پاسخ تشریحی

شیمی ۱: فصل اول

A ۱ ۴ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهدهٔ ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی آسمان بوده است. (نه پیدایش عنصرها!) گزینهٔ (۲): انسان در قلمرو علم تجربی قادر به توضیح چگونگی پیدایش هستی نیست. گزینهٔ (۳): سفر طولانی و تاریخی فضاپیماهای وویجر ۱ و ۲ برای شناخت بیشتر سامانهٔ خورشیدی بود. (نه شناخت خورشید!)

A ۲ ۱ عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): سفر تاریخی و طولانی دو فضاپیمای وویجر (۱) و (۲) برای شناخت بیشتر سامانهٔ خورشیدی (نه خورشید!) انجام شده است. عبارت (ث): عنصر گوگرد در میان هشت عنصر فراوان سیارهٔ مشتری و زمین رتبهٔ ششم را دارد.

B ۳ ۴ درصد فراوانی تمامی عنصرهای تشکیل‌دهندهٔ سیارهٔ زمین کمتر از ۵۰٪ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فراوان‌ترین عنصر در سیارهٔ مشتری، هیدروژن و فراوان‌ترین عنصر در سیارهٔ زمین، آهن است. گزینهٔ (۲): هشت عنصر فراوان سیارهٔ مشتری H ، He ، C ، O ، N ، S ، Ar و Ne هستند که تمام آن‌ها عنصرهای نافلزی‌اند. گزینهٔ (۳): سیارهٔ زمین بیشتر از جنس سنگ و سیارهٔ مشتری بیشتر از جنس گاز است.

B ۴ ۱ در میان ۸ عنصر فراوان سازندهٔ سیاره‌های زمین و مشتری، عناصر اکسیژن (O) و گوگرد (S) مشترک هستند؛ عنصر گوگرد در هر دو سیاره از نظر فراوانی در رتبهٔ ششم قرار دارد، هر چند درصد فراوانی آن در سیارهٔ زمین بیشتر از مشتری است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۳): سومین عنصر فراوان در زمین سیلیسیم بوده که یک شبه‌فلز است و سومین عنصر فراوان در مشتری کربن بوده که یک نافلز است. گزینهٔ (۴): درصد فراوانی عنصر Fe در زمین کمتر از ۵۰ درصد و درصد فراوانی هیدروژن در مشتری حدود ۹۰ درصد (بیشتر از ۵۰ درصد) است.

B ۵ ۱ در سیارهٔ زمین عناصر نافلز یافت می‌شوند که از فراوان‌ترین آن‌ها می‌توان اکسیژن و گوگرد را نام برد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): اکسیژن و گوگرد هر دو در سیاره‌های زمین و مشتری یافت می‌شوند با این تفاوت که درصد فراوانی این عناصر در سیارهٔ زمین بیشتر است. گزینهٔ (۳): سیارهٔ مشتری یک سیارهٔ گازی و بسیار بزرگ به حساب آمده و هشت عنصر فراوان‌تر در شرایط محیطی این سیاره همگی گاز هستند. گزینهٔ (۴): فراوان‌ترین عنصر در سیارهٔ مشتری، هیدروژن بوده که نزدیک به ۹۰٪ آن را دربرمی‌گیرد. در حالی که دومین عنصر فراوان، یعنی هلیم فراوانی بسیار کمی دارد. اما دو عنصر فراوان سیارهٔ زمین (آهن و اکسیژن)، درصد فراوانی نزدیک به یکدیگر دارند.

B ۶ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عنصرها به‌صورت ناهمگون در جهان هستی، توزیع شده‌اند. گزینهٔ (۲): برخی (نه همه!) دانشمندان بر این باورند که سرآغاز کیهان با انفجار مهیب (مهبانگ) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. گزینهٔ (۳): پس از مهبانگ نخستین ذره‌هایی که در آن شرایط پدید آمدند، ذره‌های زیراتمی بودند. گزینهٔ (۴): مقدار انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای بسیار بیشتر از مقدار انرژی مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی است.

B ۷ ۲ عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در واکنش‌های انجام شده درون ستاره‌ها، مجموع جرم فراورده‌های تولیدی کمتر از مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها است؛ زیرا مقداری از جرم واکنش‌دهنده‌ها به انرژی تبدیل می‌شود. عبارت (ب): سحابی‌ها با گذشت زمان و کاهش دما پس از پدید آمدن عنصرهای هیدروژن و هلیم تولید شده‌اند و نه بلافاصله پس از مهبانگ! عبارت (پ): سحابی‌ها عامل پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها هستند و از عنصرهای هیدروژن و هلیم تشکیل شده‌اند. عبارت (ت): به جای A و B به‌ترتیب می‌توان عنصرهای «هلیم» و «کربن» قرار داد که به‌ترتیب دومین و سومین عنصرهای فراوان در سیارهٔ مشتری هستند. عبارت (ث): ستاره‌ها متولد می‌شوند، رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شوند.

C ۸ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آخرین تصویری که وویجر (۱) قبل از خروج از سامانهٔ خورشیدی از سیارهٔ زمین گرفت از فاصلهٔ ۷ میلیارد کیلومتری بوده است. عبارت (ب): در متن کتاب گفته شده که پس از مهبانگ ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون پدید آمده است، پس می‌توان نتیجه گرفت که ذره‌های زیراتمی دیگری نیز وجود دارد که پس از مهبانگ پدید آمده‌اند. عبارت (پ): انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای به‌قدری زیاد است که می‌تواند صدها میلیون تن فولاد را ذوب کند. عبارت (ت): درصد فراوانی تمام عنصرهای تشکیل‌دهندهٔ سیارهٔ زمین کمتر از ۵۰٪ است. عبارت (ث): پس از مهبانگ، ابتدا ذره‌های زیراتمی و سپس هیدروژن و هلیم ایجاد شدند که با گذشت زمان و کاهش دمای این عناصر، سحابی‌ها ایجاد شدند.

A ۹ ۱ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۲): خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است. این در حالی است که خواص فیزیکی وابسته به جرم اتم‌های یک عنصر به عدد جرمی (A) وابسته است. گزینهٔ (۳): در اتم همهٔ عناصر، به جز ${}_{1}^{1}H$ ، تعداد نوترون‌ها با تعداد پروتون‌ها برابر یا از آن بیشتر است. ${}_{1}^{1}H$ فاقد نوترون است. گزینهٔ (۴): در اتمی با عدد اتمی Z ، ${}_{Z}^{A}E$ عدد پروتون و $(A-Z)$ عدد نوترون وجود دارد، پس تفاوت تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها در این عنصر برابر $(A-2Z)$ است.

A ۱۰ ۲ ابتدا تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها را در یون ${}_{53}^{127}I^-$ به‌دست می‌آوریم:

$${}_{53}^{127}I^-: p=53\ ,\quad e=53+1=54\ ,\quad n=127-53=74 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها}=74-54=20$$

سپس تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در گونه‌های داده شده در هر گزینه را محاسبه می‌کنیم:

گزینهٔ (۱): ${}_{37}^{86}Rb: p=e=37, n=86-37=49 \Rightarrow$ تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها $=49-37=12$

گزینهٔ (۲): ${}_{41}^{92}Nb: p=e=41, n=92-41=51 \Rightarrow$ تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها $=51-41=10$

گزینهٔ (۳): ${}_{30}^{65}Zn: p=e=30, n=65-30=35 \Rightarrow$ تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها $=35-30=5$

گزینهٔ (۴): ${}_{48}^{112}Cd: p=e=48, n=112-48=64 \Rightarrow$ تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها $=64-48=16$

پس اختلاف تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها در ${}_{41}^{92}Nb$ که در گزینهٔ (۲) آمده، نصف این اختلاف در ${}_{53}^{127}I^-$ است.

B ۱۱ ۲ ابتدا از اطلاعات داده شده، نسبت تعداد پروتون‌ها به الکترون‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{شمار نوترون‌ها}}{\text{شمار پروتون‌ها}}=\frac{4}{3}\quad (2)\xrightarrow{(1),(2)} n=\frac{4}{3}p \Rightarrow \frac{7}{5}e=\frac{4}{3}p \Rightarrow 21e-20p=0$$

$$\frac{\text{شمار نوترون‌ها}}{\text{شمار الکترون‌ها}}=\frac{7}{5} \Rightarrow n=\frac{7}{5}e\quad (1)$$

از آنجایی که در یون X^{3+}، شمار پروتون‌ها سه واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست، پس می‌توان این‌چنین محاسبه کرد:

$$۲۱e-۲۰p=۰ \xrightarrow{e=p-۳} ۲۱(p-۳)+۲۰p=۰ \Rightarrow p=۶۳$$

همچنین می‌دانیم شمار نوترون‌ها $\frac{۴}{۳}$ شمار پروتون‌ها است؛ بنابراین تعداد نوترون‌های این یون برابر $۸۴\ (\frac{۴}{۳}\times ۶۳)$ بوده و عدد جرمی که حاصل مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها است، برابر $۱۴۷\ (۸۴+۶۳)$ می‌باشد.

B ۱۲ ۲ موارد دوم و چهارم، عبارت تست را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی همهٔ موارد:**

مورد اول: ذرات زیراتمی باردار یعنی الکترون‌ها و پروتون‌ها:

$$CN^- \begin{cases} e=۶+۷+۱=۱۴ \\ p=۶+۷=۱۳ \end{cases} \Rightarrow ۱۳+۱۴=۲۷$$

مورد دوم: مجموع الکترون‌ها و نوترون‌ها:

$$NO_۲^+ \begin{cases} e=۷+۲(۸)-۱=۲۲ \\ n=۷+۲(۸)=۲۳ \end{cases} \Rightarrow ۲۲+۲۳=۴۵$$

مورد سوم: ذرات زیراتمی درون هسته یعنی پروتون و نوترون در یون $ClO_۲^-$ برابر است با:

$$ClO_۲^- \begin{cases} p=۱۷+۲(۸)=۳۳ \\ n=۱۸+۲(۸)=۳۴ \end{cases} \Rightarrow ۳۳+۳۴=۶۷$$

مورد چهارم: در یون $PH_۲^+$ می‌توان نوشت:

$$PH_۴^+ \begin{cases} e=۱۵+۴(۱)-۱=۱۸ \\ p=۱۵+۴(۱)=۱۹ \\ n=۱۶+۴(۰)=۱۶ \end{cases} \Rightarrow ۱۸+۱۹+۱۶=۵۳$$

B ۱۳ ۲

★ نکته در سؤالاتی که عدد اتمی و تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم داده می‌شود و از شما عدد اتمی را می‌خواهند یا بالعکس، از فرمول زیر استفاده کنید:

$$\text{عدد اتمی}=\frac{\text{عدد جرمی}-(\text{تفاوت شمار پروتون‌ها با نوترون‌ها})}{۲}$$

دقت کنید با توجه به این‌که تقریباً در تمامی اتم‌ها (به‌جز ^۱H) رابطهٔ $n \geq p$ برقرار است، پس منظور از اختلاف شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در سؤالات مقدار $(n-p)$ است.

مجموع شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۷۹ و تفاوت آن‌ها برابر ۱۱ است، از این‌رو: **روش اول (تشریحی):** $n+p=۷۹, n-p=۱۱ \Rightarrow ۲n=۹۰ \Rightarrow n=۴۵, p=۳۴$

روش دوم (تستی):

$$Z=\frac{A-(\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها})}{۲}=\frac{۷۹-۱۱}{۲}=\frac{۶۸}{۲}=۳۴$$

تعداد نوترون‌ها برابر $۴۵\ (۷۹-۳۴)$ است. در نهایت با توجه به دو روش ذکر شده، نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها به تقریب برابر $۱/۳\ (\frac{۴۵}{۳۴})$ است.

B ۱۴ ۲

★ نکته در مسائلی که، یک یون با بار الکتریکی و عدد جرمی و تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها داده شده و از شما عدد اتمی خواسته می‌شود یا بالعکس، از فرمول مقابل استفاده کنید:

$$\text{عدد اتمی}=\frac{\text{عدد جرمی}-(\text{تفاوت شمار الکترون‌ها با نوترون‌ها})+\text{بار یون}}{۲}$$

ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، عدد اتمی $^{۸۸}A^{۲+}$ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول:

$$^{۸۸}A^{۲+} \begin{cases} Z+n=۸۸ \\ n-e=۱۴ \end{cases} \xrightarrow{e=Z-۲} \begin{cases} Z+n=۸۸ \\ n-Z=۱۲ \end{cases} \Rightarrow Z+(۱۲+Z)=۸۸ \Rightarrow ۲Z+۱۲=۸۸ \Rightarrow Z=۳۸$$

روش دوم:

$$Z=\frac{A-(\text{تفاوت نوترون‌ها و الکترون‌ها})+\text{بار یون}}{۲}=\frac{۸۸-۱۴+۲}{۲}=۳۸$$

سپس تعداد ذره‌های زیراتمی موجود در $^{۸۸}A^{۲+}$ را محاسبه و نسبت تعداد ذره‌های زیراتمی موجود در هسته (یعنی مجموع نوترون و پروتون یا همان عدد جرمی) به تعداد الکترون‌های موجود در این یون را به‌دست می‌آوریم:

$$^{۸۸}_{۳۸}A^{۲+} \begin{cases} p=۳۸ \\ e=۳۸-۲=۳۶ \\ n=۸۸-۳۸=۵۰ \end{cases} \Rightarrow \frac{\text{مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها}}{\text{تعداد الکترون‌ها}}=\frac{۳۸+۵۰}{۳۶} \simeq ۲/۴۴$$

توضیح محاسبات پاسخ باید اندکی کوچک‌تر از ۲/۵ باشد. (پاسخ: ۲/۴۴)

$$\frac{۳۸+۵۰}{۳۶}=? \xrightarrow[\text{به جای ۳۸، عدد ۴۰ قرار گیرد}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{۴۰+۵۰}{۳۶}=\frac{۹۰}{۳۶}=\frac{۱۰}{۴}=۲/۵$$

B ۱۵ ۳ نماد همگانی گونه‌ها به صورت $^{\text{بار}}E^{\text{عدد جرمی}\,(A)}_{\text{عدد اتمی}\,(Z)}$ است. عدد اتمی عنصر X که نشان‌دهندهٔ تعداد پروتون‌ها است برابر با ۲۳ است. اتم این عنصر ۲ الکترون از دست داده و یون $+۲$ ایجاد می‌کند؛ بنابراین یون آن دارای ۲۱ الکترون است. حال تعداد نوترون‌ها و عدد جرمی این یون را به دست می‌آوریم:

$$n-e=۶ \Rightarrow n-۲۱=۶ \Rightarrow n=۲۷ \qquad A=n+p=۲۷+۲۳=۵۰$$

از این‌رو نماد این یون به صورت $^{۵۰}_{۲۳}X^{۲+}$ است. مقدار خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$a=۲۳, b=۵۰, n=۲ \Rightarrow b-n+a=۵۰-۲+۲۳=۷۱$$

B ۱۶ ۲ در یون $X^{۳+}$، شمار پروتون‌ها سه واحد بیشتر از شمار الکترون‌ها بوده $(e=p-۳)$ و تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها در آن برابر ۷ $(n-e=۷)$ است. از این رو شمار نوترون‌ها، ۴ واحد بیشتر از شمار پروتون‌هاست.

$$n-e=۷, e=p-۳ \Rightarrow n-(p-۳)=۷ \Rightarrow n=p+۴$$

همچنین مجموع ذره‌های زیراتمی این یون، برابر ۷۹ است؛ پس خواهیم داشت:

$$n+p+e=۷۹, n=p+۴, e=p-۳ \Rightarrow (p+۴)+p+(p-۳)=۷۹ \Rightarrow ۳p=۷۸ \Rightarrow p=۲۶$$

در این یون، شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها به ترتیب برابر ۲۶ و ۲۳ بوده و در نتیجه مجموع شمار ذره‌های باردار این یون، یعنی الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر با $۴۹\ (۲۶+۲۳)$ است.

در یون $^{14}_{7}N^{3-}$، شمار ذره‌های باردار موجود در هسته یا همان پروتون‌ها برابر ۷ است؛ پس تفاوت مجموع ذره‌های باردار یون X^{3+} و شمار ذره‌های باردار موجود در هستهٔ یون N^{3-} برابر ۴۲ (۴۹−۷) است.

C ۱۷ ۳

★ **نکته** اگر در حل مسائل مربوط به ذرات زیراتمی در یک سؤال به یک آنیون برخوردید، حواستان باشد که عبارت «اختلاف شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها» لزوماً به معنای $(n-e)$ نیست و ممکن است منظور $(e-n)$ باشد. برای تشخیص اینکه چه مواقعی عبارت «اختلاف شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها» را معادل $(n-e)$ و چه زمانی معادل $(e-n)$ در نظر بگیرید به دو نکته توجه کنید: ۱- اگر تفاوت n و e بزرگ‌تر از قدرمطلق بار آنیون بود، عبارت داده شده معادل $(n-e)$ است. **مثال** $^{80}_{35}X^{-}$ ۲- اگر تفاوت n و e کوچک‌تر یا مساوی قدرمطلق بار آنیون بود، مسئله را یکبار با عبارت $(e-n)$ و یک بار با عبارت $(n-e)$ در نظر بگیرید. **مثال** $^{31}_{15}D^{3-}$ یا $^{16}_{8}E^{2-}$

اختلاف الکترون و نوترون برابر ۲ است؛ اما چون این ذره یک آنیون با بار الکتریکی (-2) می‌باشد، نمی‌توان با قاطعیت گفت تعداد الکترون یا نوترون بیشتر است. یک بار با $n-e=2$ و یک بار با $e-n=2$، عدد اتمی را به‌دست می‌آوریم.

$$\left.\begin{array}{l}e-n=2\\e=p+2\end{array}\right\}\Rightarrow(p+3)-n=2\Rightarrow n-p=0$$
$$A=32\Rightarrow n+p=32$$
$$\Rightarrow\left\{\begin{array}{l}n=16\\p=16\end{array}\right.\Rightarrow{}_{16}S$$

$$\left.\begin{array}{l}n-e=2\\e=p+2\end{array}\right\}\Rightarrow n-(p+2)=2\Rightarrow n-p=4$$
$$A=32\Rightarrow n+p=32$$
$$\Rightarrow\left\{\begin{array}{l}n=18\\p=14\end{array}\right.\Rightarrow{}_{14}Si$$

اکنون مجموع ذره‌های باردار را در یون‌های $_{14}Si^{2-}$ و $_{16}S^{2-}$ محاسبه می‌کنیم:

$_{16}S^{2-}: p=16, e=18\Rightarrow$ مجموع $=16+18=34$

$_{14}Si^{2-}: p=14, e=16\Rightarrow$ مجموع $=14+16=30$

C ۱۸ ۴ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست می‌باشند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در یون $^{80}X^{-}$، مجموع شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۸۰ و اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۱۰ است، پس خواهیم داشت:

$$n+p=80, n-p=10\Rightarrow 2n=90\Rightarrow n=45, p=35$$

از آنجایی که در این یون (X^{-})، تعداد الکترون‌ها یک واحد بیشتر از تعداد پروتون‌ها است، پس این یون دارای ۳۶ الکترون بوده و تفاوت نوترون‌ها و الکترون‌های آن برابر ۹ می‌باشد.

عبارت (ب): در یون $^{207}M^{4+}$، مجموع شمار نوترون‌ها و شمار پروتون‌ها برابر ۲۰۷ و تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۴۷ است، پس خواهیم داشت:

$$\left\{\begin{array}{l}n+p=207\\n-e=47\end{array}\right.\xrightarrow{e=p-4}\left\{\begin{array}{l}n+p=207\\n-(p-4)=47\end{array}\right.\Rightarrow\left\{\begin{array}{l}n+p=207\\n-p=43\end{array}\right.\Rightarrow p=82$$

پس شمار الکترون‌ها در یون X^{4+} برابر ۷۸ (۴−۸۲) است. عبارت (پ): در یون $^{59}Z^{2+}$، مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها برابر ۵۹ و تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۵ است، پس تعداد ذره‌های بدون بار، یعنی نوترون‌ها در Z^{2+} برابر است با:

$$Z^{2+}\left\{\begin{array}{l}n+p=59\\n-e=5\end{array}\right.\xrightarrow{e=p-2}\left\{\begin{array}{l}n+p=59\\n-(p-2)=5\end{array}\right.\Rightarrow\left\{\begin{array}{l}n+p=59\\n-p=3\end{array}\right.\Rightarrow n=31$$

عبارت (ت): در یون $^{200}A^{2+}$، مجموع شمار نوترون‌ها با شمار پروتون‌ها برابر ۲۰۰ بوده و شمار نوترون‌ها، $\frac{3}{2}$ برابر شمار پروتون‌هاست، همچنین شمار پروتون‌ها دو واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست، پس خواهیم داشت:

$$n+p=200, n=\frac{3}{2}p\Rightarrow\frac{3}{2}p+p=200\Rightarrow p=80$$

شمار الکترون‌ها در اتم A با شمار پروتون‌های آن مساوی و برابر ۸۰ است.

A ۱۹ ۳ خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است، از این‌رو خواص شیمیایی ایزوتوپ‌های یک عنصر مشابه است.

A ۲۰ ۳ موارد چهارم و پنجم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. ایزوتوپ‌های یک عنصر از نظر تعداد پروتون‌ها، عدد اتمی، تعداد الکترون‌ها، خواص شیمیایی و مکان قرارگیری در جدول تناوبی مشابه یکدیگرند ولی از نظر تعداد نوترون‌ها، خواص فیزیکی وابسته به جرم، درصد فراوانی در طبیعت و پایداری هسته با یکدیگر تفاوت دارند.

B ۲۱ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در ایزوتوپ $^{6}_{3}Li$، نسبت تعداد نوترون‌ها به تعداد پروتون‌ها $\frac{4}{3}$ بوده و بزرگ‌تر از واحد است.

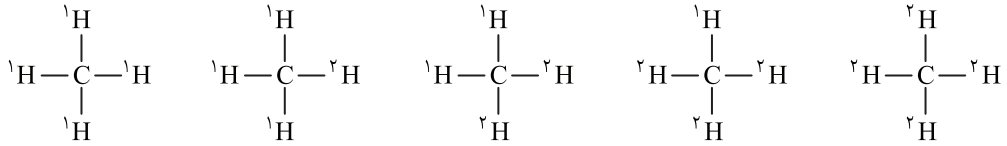
عبارت (ب): با توجه به توضیحات قسمت (الف)، درصد فراوانی ایزوتوپ $^{7}_{3}Li$ برابر ۹۴٪ است، پس درصد فراوانی ایزوتوپ $^{6}_{3}Li$ برابر ۶٪ (۱۰۰−۹۴) است.

$$\frac{\text{درصد فراوانی } {}^{7}_{3}Li}{\text{درصد فراوانی } {}^{6}_{3}Li}=\frac{94}{6}\simeq 15/7$$

عبارت (پ): ایزوتوپ‌های یک عنصر از نظر خواص شیمیایی و در نتیجه میزان تمایل برای از دست دادن الکترون کاملاً مشابه هستند. در نمونهٔ طبیعی از ایزوتوپ‌های یک عنصر، بیشتر بودن فراوانی یک ایزوتوپ، نشان‌دهندهٔ پایداری بیشتر هستهٔ آن ایزوتوپ است. با توجه به توضیحات ارائه شده و شکل صورت تست، هستهٔ ایزوتوپ سنگین‌تر لیتیم، یعنی ^{7}Li که فراوانی بیشتری دارد، پایدارتر است. عبارت (ت): در نمونهٔ ۵۰ اتمی نشان داده شده در صورت تست، ۳ ایزوتوپ $^{6}_{3}Li$ وجود دارد که هر یک دارای ۳ نوترون است. به علاوه در این نمونه ۴۷ ایزوتوپ $^{7}_{3}Li$ وجود دارد که هر یک دارای ۴ نوترون هستند، پس مجموع تعداد نوترون‌ها در چنین نمونه‌ای برابر است با:

$$\text{تعداد کل نوترون‌ها}=(3\times 3)+(47\times 4)=197$$

B ۲۲ ۴ قسمت اول: ابتدا انواع مولکول‌های متان با ایزوتوپ ^{12}C و ایزوتوپ‌های ^{1}H و ^{2}H را در نظر می‌گیریم:

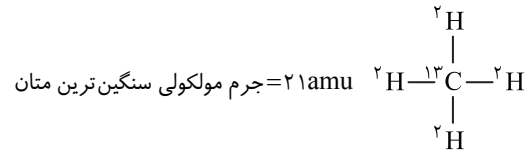


پس معادل با همین تعداد، مولکول‌هایی با ایزوتوپ ^{13}C و ایزوتوپ‌های ^{1}H و ^{2}H وجود دارد و با این ایزوتوپ‌ها مجموعاً ده نوع مولکول متان می‌توان ایجاد نمود.

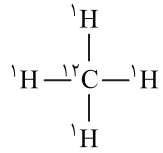
قسمت دوم:

★ **نکته** در این تیپ سؤالات، اگر عدد جرمی ایزوتوپ‌های همهٔ عناصر داده شده به‌صورت متوالی (مثل ^{12}A، ^{13}A و ^{14}A) بود، برای تعیین شمار مولکول‌های با جرم مولکولی متفاوت، می‌توان از فرمول مقابل استفاده نمود: ۱+(سبک‌ترین جرم مولکولی)−(سنگین‌ترین جرم مولکولی)=تعداد مولکول‌ها با جرم متفاوت

ابتدا جرم مولکولی سنگین‌ترین و سبک‌ترین مولکول‌ها را محاسبه می‌کنیم:



جرم مولکولی سنگین‌ترین متان = ۲۱amu



جرم مولکولی سبک‌ترین متان = ۱۶amu

شمار مولکول‌های متان با جرم متفاوت برابر ۶ (۱+۱۶−۲۱) است.

A ۲۳ ۴ اغلب (نه همه!) هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بزرگ‌تر از ۱/۵ باشد، ناپایدار هستند. برای نمونه $^{195}_{78}Pt$، دارای ۷۸ پروتون و ۱۱۷ نوترون بوده و نسبت $\frac{n}{p}$ آن برابر ۱/۵ $(\frac{117}{78})$ است ولی هستهٔ پایدار دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): به دلیل متلاشی شدن هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار در یک نمونهٔ طبیعی، کمترین درصد فراوانی مربوط به ناپایدارترین ایزوتوپ و بیشترین درصد فراوانی مربوط به پایدارترین ایزوتوپ است. گزینهٔ (۳): هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار ماندگار نیستند و اغلب بر اثر تلاشی هستهٔ آن‌ها، ذره‌های پرانرژی و مقادیر زیادی انرژی آزاد می‌شود.

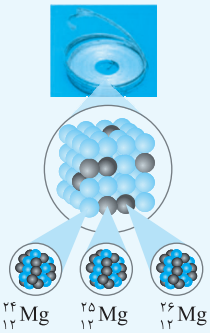
B ۲۴ ۴ ناپایدارترین ایزوتوپ منیزیم، $^{25}_{12}Mg$ و پایدارترین ایزوتوپ لیتیم، $^{7}_{3}Li$ است که در هر دوی آن‌ها، شمار نوترون‌ها یکی از شمار پروتون‌ها بیشتر است.

★ **نکته** در ارتباط با ایزومرهای طبیعی منیزیم به نکات زیر توجه کنید:

۱- شکل روبه‌رو، نمایشی از ایزوتوپ‌های منیزیم در یک نمونهٔ طبیعی از آن است. ۲- در یک نمونهٔ طبیعی از عنصر منیزیم، سه ایزوتوپ وجود دارد. ۳- مقایسهٔ درصد فراوانی و پایداری ایزوتوپ‌ها در نمونهٔ طبیعی منیزیم به‌صورت زیر می‌باشد.

مقایسهٔ درصد فراوانی: $^{24}Mg(\%78/70) > {}^{26}Mg(\%11/17) > {}^{25}Mg(\%10/13)$

مقایسهٔ پایداری: $^{24}Mg > {}^{26}Mg > {}^{25}Mg$



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پر انرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند. اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند. بنابراین در این هسته‌ها رابطهٔ $\frac{\text{شمار پروتون‌ها}}{\text{شمار نوترون‌ها}} \leq \frac{2}{3}$ برقرار است. گزینهٔ (۲): در روند تشکیل عنصرها، عنصرهای سنگین‌تر مثل آهن و طلا از عنصرهای سبک مانند لیتیم و کربن ایجاد می‌شوند. گزینهٔ (۳): در اغلب رادیوایزوتوپ‌ها داریم:

$$\frac{n}{p} \geq 1/5 \Rightarrow \frac{n}{p+e} = \frac{n}{2p} \geq 0/75$$

اما دقت کنید که در بعضی رادیو ایزوتوپ‌ها مانند $^{99}_{43}Tc$ این رابطه برقرار نیست.

C ۲۵ ۱ اگر به هستهٔ عنصر $^{40}_{18}X$، دو پروتون اضافه کنیم، به $^{42}_{20}T^{2+}$ تبدیل می‌شود که دارای ۲۲ نوترون، ۲۰ پروتون و ۱۸ الکترون است و مجموع ذرات زیراتمی آن برابر با ۶۰ خواهد بود. عنصر $^{2a+3}_{a}E$ نیز دارای a پروتون، a الکترون و a+۳ نوترون است:

$$\text{تعداد نوترون‌ها} = (2a+3)-a = a+3 \quad , \quad \text{تعداد الکترون‌ها} = a \quad , \quad \text{تعداد پروتون‌ها}: {}^{2a+3}_{a}E$$

پس در عنصر $^{2a+3}_{a}E$، در مجموع 3a+۳ ذرهٔ زیراتمی وجود دارد؛ پس a برابر است با:

$$3a+3=60 \Rightarrow 3a=57 \Rightarrow a=19$$

بنابراین $^{41}_{19}E$ با $^{39}_{19}B$ ایزوتوپ (هم‌مکان) است؛ چون عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوتی دارند. توجه داشته باشید که $^{41}_{19}E$ همان $^{41}_{19}F$ است؛ زیرا تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هر دو ذره یکسان می‌باشد.

C ۲۶ ۱ اگر $^{6x-1}_{4y+2}A$ و $^{9y+1}_{3x-2}B$ ایزوتوپ یکدیگر باشند، عدد اتمی این دو اتم با یکدیگر برابر است، پس خواهیم داشت:

عدد اتمی: $3x-2=4y+2 \Rightarrow \boxed{3x-4y=4}$ (I)

با توجه به اینکه تعداد نوترون‌ها در اتم A یک واحد بیشتر از شمار نوترون‌ها در اتم B است، خواهیم داشت:

$$\left.\begin{array}{l}\text{تعداد نوترون‌های اتم A}=\text{عدد جرمی}-\text{عدد اتمی}=(۶x-۱)-(۴y+۲)=۶x-۴y-۳\\ \text{تعداد نوترون‌های اتم B}=\text{عدد جرمی}-\text{عدد اتمی}=(۹y+۱)-(۳x-۲)=۹y-۳x+۳\end{array}\right\}\Rightarrow(۶x-۴y-۳)=(۹y-۳x+۳)+۱\Rightarrow\boxed{۹x-۱۳y=۷}\quad(II)$$

اکنون با توجه به معادله‌های (I) و (II)، مقدار x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases}۳x-۴y=۴\\ ۹x-۱۳y=۷\end{cases}\xrightarrow[\text{دو معادله - دو مجهول}]{\text{حل دستگاه}}x=۸, y=۵$$

پس حاصل نسبت $\frac{x}{y}$ برابر $\frac{۸}{۵}$ یا ۱/۶ است.

B ۲۷ ۴ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دو فضاپیما به نام‌های وویجر ۱ و ۲ برای شناخت بیشتر سامانهٔ خورشیدی مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامهٔ فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را تهیه و ارسال کنند. عبارت (ب): زمین، یک سیارهٔ سنگی و مشتری یک سیارهٔ گازی است. سیارهٔ مشتری برخلاف زمین فقط از عناصر نافلزی تشکیل شده است. عبارت (پ): این دو اتم دارای عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت هستند؛ بنابراین ایزوتوپ یکدیگر هستند. ایزوتوپ‌ها همگی خواص شیمیایی (مثل واکنش‌پذیری) یکسانی دارند، در حالی که در خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند. عبارت (ت): هر چه درصد فراوانی یک ایزوتوپ در طبیعت بیشتر باشد، پایدارتر خواهد بود؛ از این‌رو چون ^{۷}Li نسبت به ^{۶}Li فراوانی بیشتری دارد، پایدارتر است.

* **توجه** در میان ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر، هر چه درصد فراوانی یک ایزوتوپ بیشتر باشد، پایداری هستهٔ آن ایزوتوپ بیشتر است.

B ۲۸ ۴ قسمت اول: ابتدا انواع مولکول‌های آب را با ایزوتوپ‌های هیدروژن (^{۱}H، ^{۲}H و ^{۳}H) و ایزوتوپ ^{۱۶}O در نظر می‌گیریم:

$$^{۱}H-^{۱۶}O-^{۱}H \quad ^{۱}H-^{۱۶}O-^{۲}H \quad ^{۱}H-^{۱۶}O-^{۳}H \quad ^{۲}H-^{۱۶}O-^{۲}H \quad ^{۲}H-^{۱۶}O-^{۳}H \quad ^{۳}H-^{۱۶}O-^{۳}H$$

پس معادل با همین تعداد، مولکول‌هایی با ایزوتوپ‌های هیدروژن (^{۱}H، ^{۲}H و ^{۳}H) و ایزوتوپ ^{۱۷}O داریم، یعنی با این ایزوتوپ‌ها مجموعاً ۱۲ نوع مولکول $H_۲O$ می‌توان داشت.

قسمت دوم: با توجه به پرسش، ایزوتوپ ^{۳}H و ایزوتوپ ^{۱۷}O پایداری و فراوانی کمتری دارند. از این رو ناپایدارترین مولکول در این شرایط، $^{۳}H-^{۱۷}O-^{۳}H$ می‌باشد. از آن‌جایی که شمار نوترون‌ها در ^{۱۷}O برابر ۹ بوده و در ^{۳}H برابر ۲ می‌باشد، پس مجموع نوترون‌ها در ناپایدارترین مولکول آب برابر ۱۳ است.

C ۲۹ ۱ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست هستند. از آنجایی که شمار الکترون‌های یون‌های X^{+} و Y^{-} با یکدیگر برابر بوده و عدد جرمی X، ۴ واحد بیشتر از Y است، پس تعداد پروتون‌های اتم X، دو واحد بیشتر از تعداد پروتون‌های اتم Y می‌باشد، و تعداد نوترون‌های X نیز دو واحد از تعداد نوترون‌های Y بیشتر است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: همان‌طور که در بالا گفته شد، تفاوت تعداد نوترون‌ها برابر ۲ است. عبارت دوم: این دو عنصر عدد اتمی و عدد جرمی متفاوتی دارند و ایزوتوپ یکدیگر نیستند و در خواص شیمیایی و فیزیکی با یکدیگر تفاوت دارند. عبارت سوم: همان‌طور که گفته شد، تعداد پروتون‌ها در هستهٔ اتم X، دو واحد بیشتر از اتم Y است؛ از این رو عدد اتمی Y، دو واحد کمتر از عدد اتمی X می‌باشد. عبارت چهارم: اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن برابر یا بیش از ۱/۵ باشد ناپایدارتر هستند، نسبت $\frac{n}{p}$ در هیچ کدام از این عناصر مشخص نیست!

C ۳۰ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. با توجه به بار یون $M^{۲+}$، شمار پروتون‌ها دو واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست؛ از این‌رو با توجه به داده‌های مسئله می‌توان شمار ذرات زیراتمی M را حساب کرد: **روش اول (تشریحی):**

$$\begin{cases}n+p=۲۵\\ n-e=۳\end{cases}\xrightarrow{e=p-۲}\begin{cases}n+p=۲۵\\ n-(p-۲)=۳\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}n+p=۲۵\\ n-p=۱\end{cases}\Rightarrow p=۱۲, n=۱۳$$

روش دوم (تستی):

$$Z=\frac{A-(\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})\text{بار یون}}{۲}=\frac{۲۵-(۳)+۲}{۲}=۱۲\Rightarrow n=A-Z=۲۵-۱۲=۱۳$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: عنصر M همان منیزیم بوده و ۳ ایزوتوپ پایدار دارد. ($^{۲۴}_{۱۲}Mg$ ، $^{۲۵}_{۱۲}Mg$ ، $^{۲۶}_{۱۲}Mg$) عبارت دوم: در هستهٔ اتم ^{۲۶}Mg، چهارده نوترون وجود دارد اما ناپایدارترین ایزوتوپ نیست. مقایسهٔ پایداری: $^{۲۴}Mg > ^{۲۶}Mg > ^{۲۵}Mg$

عبارت سوم: منیزیم چهارمین عنصر فراوان در سیارهٔ زمین است. عبارت چهارم: در ایزوتوپ‌های منیزیم با افزایش عدد جرمی، پایداری و درصد فراوانی کاهش نمی‌یابد. مقایسهٔ پایداری و درصد جرمی: $^{۲۴}Mg > ^{۲۶}Mg > ^{۲۵}Mg$

B ۳۱ ۱ **روش اول:** با توجه به جدول مقابل، جرم هسته‌های متلاشی شده را به‌دست می‌آوریم:

زمان (برحسب ساعت)	۰	۸	۱۶	۲۴	۳۲
جرم باقی‌مانده (برحسب گرم)	۳۶	۱۸	۹	۴/۵	۲/۲۵

بنابراین پس از گذشت ۳۲ ساعت ۳۳/۷۵ (۳۶−۲/۲۵) گرم از رادیوایزوتوپ متلاشی می‌شود و با توجه به جدول، پس از گذشت ۱۶ ساعت، ۹ گرم از آن باقی می‌ماند. **روش دوم:**

$$t=۳۲h\Rightarrow n=\frac{t}{T}=\frac{۳۲}{۸}=۴$$

جرم هسته‌های متلاشی شده پس از ۳۲ ساعت برابر است با:

$$\text{جرم متلاشی‌شده}=m_{۰}-m_{۰}\left(\frac{۱}{۲}\right)^{n}=۳۶-۳۶\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۴}=۳۳/۷۵\,g$$

جرم هسته‌های باقی‌مانده پس از ۱۶ ساعت برابر است با:

$$t=۱۶h\Rightarrow n=\frac{t}{T}=\frac{۱۶}{۸}=۲$$

$$\text{جرم باقی‌مانده}=m_{۰}\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{n}=۳۶\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^{۲}=۹g$$

B ۳۲ ۳ ابتدا مقدار هسته‌های متلاشی شده پس از ۴۲ روز را محاسبه می‌کنیم:

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow n=\frac{۴۲}{۱۴}=۳$$

$$\text{جرم متلاشی شده}=m_{\circ}-m_{\circ}\times(\frac{۱}{۲})^{n}=m_{\circ}-m_{\circ}\times(\frac{۱}{۲})^{۳}=\frac{۷}{۸}m_{\circ}$$

حال مقدار جرم هسته‌های متلاشی شده پس از ۷۰ روز را به‌دست می‌آوریم:

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow n=\frac{۷۰}{۱۴}=۵$$

$$\text{جرم متلاشی شده}=m_{\circ}-m_{\circ}\times(\frac{۱}{۲})^{n}=m_{\circ}-m_{\circ}\times(\frac{۱}{۲})^{۵}=\frac{۳۱}{۳۲}m_{\circ}$$

طبق دادهٔ مسئله داریم:

$$\frac{۳۱}{۳۲}m_{\circ}-\frac{۷}{۸}m_{\circ}=۱۳/۵\Rightarrow\frac{۳}{۳۲}m_{\circ}=۱۳/۵\Rightarrow m_{\circ}=\frac{۳۲\times۱۳/۵}{۳}=۱۴۴\,g$$

توضیح محاسبات پاسخ به ۱۴۳ نزدیک است. (پاسخ: ۱۴۴)

$$\frac{۳۲\times۱۳/۵}{۳}=?\xrightarrow[\text{به جای ۳۲ عدد ۳۳ و به جای ۱۳/۵ عدد ۱۳ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}}\frac{\overset{۱۱}{\cancel{۳۳}}\times۱۳}{\underset{۱}{\cancel{۳}}}=۱۴۳$$

B ۳۳ ۳ جرم اولیهٔ هر دو عنصر را $m_{\circ}$ در نظر می‌گیریم. برای محاسبهٔ جرم متلاشی شدهٔ عنصر M داریم:

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow n=\frac{۱۵}{۳}=۵$$

$$\text{جرم متلاشی شده}=m_{\circ}-m_{\circ}\times(\frac{۱}{۲})^{n}=m_{\circ}-m_{\circ}\times(\frac{۱}{۲})^{۵}=\frac{۳۱}{۳۲}m_{\circ}$$

برای محاسبهٔ جرم باقی‌ماندهٔ عنصر N داریم:

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow n=\frac{۱۵}{۵}=۳\,,\quad\text{جرم باقی‌مانده}=m_{\circ}\times(\frac{۱}{۲})^{n}=m_{\circ}\times(\frac{۱}{۲})^{۳}=\frac{۱}{۸}m_{\circ}$$

نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\text{نسبت خواسته شده}=\frac{\frac{۳۱}{۳۲}m_{\circ}}{\frac{۱}{۸}m_{\circ}}=\frac{۳۱\times۸}{۳۲}=۷/۷۵$$

توضیح محاسبات پاسخ اندکی از ۸ کوچک‌تر است. (پاسخ: ۷/۷۵)

$$\frac{۳۱\times۸}{۳۲}=?\xrightarrow[\text{به جای ۳۱ عدد ۳۲ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}}\frac{\overset{۱}{\cancel{۳۲}}\times۸}{\underset{۳۲}{\cancel{۳۲}}}=۸$$

B ۳۴ ۱ مطابق نمودار بعد از گذشت ۹ روز، ۴۸ گرم از عنصر باقی‌مانده است. برای محاسبهٔ جرم اولیه (A) داریم:

$$\frac{۱۲/۵}{۱۰۰}A=۴۸\Rightarrow A=۳۸۴g$$

با توجه به رابطهٔ جرم باقی‌مانده، تعداد نیم‌عمر (n) را حساب می‌کنیم:

$$m=A\times(\frac{۱}{۲})^{n}\Rightarrow ۴۸=۳۸۴\times(\frac{۱}{۲})^{n}\Rightarrow n=۳$$

با توجه به اینکه در ۹ روز ۳ نیم‌عمر اتفاق افتاده، پس مدت زمان هر نیم‌عمر (T) برابر است با:

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow T=\frac{t}{n}=\frac{۹}{۳}=۳\,\text{روز}$$

حال برای محاسبهٔ B داریم:

$$m=A\times(\frac{۱}{۲})^{n}\Rightarrow ۱/۵=۳۸۴\times(\frac{۱}{۲})^{n}\Rightarrow n=۸$$

با توجه به تعداد نیم‌عمر (n)، مقدار B برابر است با:

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow B=t=nT=۸\times۳=۲۴\,\text{روز}$$

B ۳۵ ۳ موارد اول و دوم برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب هستند. **بررسی موارد نادرست:** مورد سوم: خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی آن وابسته است؛ بنابراین ایزوتوپ‌های هیدروژن همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند.

* **توجه** ایزوتوپ‌ها در خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

مورد چهارم: بیشترین نیم‌عمر در میان ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن مربوط به ایزوتوپ ${}_{۱}^{۵}H$ است. ${}_{۱}^{۵}H>{}_{۱}^{۶}H>{}_{۱}^{۴}H>{}_{۱}^{۷}H$:مقایسهٔ نیم‌عمر ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن

★ **نکته** هیدروژن دارای ۷ ایزوتوپ است:

نماد ایزوتوپ / ویژگی ایزوتوپ	${}_{۱}^{۱}H$	${}_{۱}^{۲}H$	${}_{۱}^{۳}H$	${}_{۱}^{۴}H$	${}_{۱}^{۵}H$	${}_{۱}^{۶}H$	${}_{۱}^{۷}H$
نیم‌عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$۱/۴\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۹/۱\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۹\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۳\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

۱- این عنصر ۳ ایزوتوپ طبیعی و ۴ ایزوتوپ ساختگی دارد که درصد فراوانی آن‌ها صفر است.

۲- با افزایش شمار نوترون‌ها، پایداری ایزوتوپ‌های هیدروژن همواره کاهش نمی‌یابد: ${}^{۱}H>{}^{۲}H>{}^{۳}H>{}^{۵}H>{}^{۶}H>{}^{۴}H>{}^{۷}H$:پایداری

۳- با توجه به جدول، عنصر هیدروژن، ۴ ایزوتوپ ساختگی $({}^{۴}H\,،\,{}^{۵}H\,،\,{}^{۶}H$ و $ {}^{۷}H)$، ۵ رادیوایزوتوپ $({}^{۳}H\,،\,{}^{۴}H\,،\,{}^{۵}H\,،\,{}^{۶}H$ و $ {}^{۷}H)$ و ۲ ایزوتوپ پایدار $({}^{۱}H$ و $ {}^{۲}H)$ و ۳ ایزوتوپ طبیعی $({}^{۱}H\,،\,{}^{۲}H$ و $ {}^{۳}H)$ دارد.

۴- ویژگی‌های انحصاری ایزوتوپ‌ها (ترین‌ها): ${}^{۱}H$: الف) پایدارترین ب) سبک‌ترین پ) فراوان‌ترین ت) تنها ایزوتوپ فاقد نوترون ${}^{۲}H$: الف) سنگین‌ترین ایزوتوپ پایدار ب) تنها ایزوتوپی که از ذرات زیراتمی یک عدد دارد پ) نخستین و سبک‌ترین ایزوتوپ دارای نوترون ${}^{۳}H$: الف) سبکترین رادیوایزوتوپ هیدروژن ب) سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن پ) فراوان‌ترین رادیوایزوتوپ هیدروژن ت) تنها رادیوایزوتوپ هیدروژن با نیم‌عمر بیش از ۱ ثانیه ${}^{۴}H$: نخستین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن ${}^{۵}H$: پایدارترین ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) ساختگی هیدروژن ${}^{۶}H$: - ${}^{۷}H$: الف) سنگین‌ترین ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) هیدروژن ب) ناپایدارترین ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) هیدروژن

B ۳۶ ۳ در یک نمونهٔ طبیعی عنصر هیدروژن، ۳ ایزوتوپ وجود دارد که ترتیب درصد فراوانی در طبیعت و نیم‌عمر آن‌ها به صورت ${}_1^3H < {}_1^2H < {}_1^1H$ است.
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): ${}_1^7H$ ناپایدارترین ایزوتوپ ساختگی عنصر هیدروژن بوده که هستهٔ اتم آن شامل شش نوترون و یک پروتون است که نسبت شمار نوترون‌ها به شمار پروتون‌ها در آن برابر ۶ است. از سوی دیگر ${}_1^3H$، ناپایدارترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن است که دو نوترون و یک پروتون دارد و نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها در اتم آن برابر ۲ می‌باشد، از این‌رو این نسبت در ایزوتوپ ${}_1^7H$ سه برابر ایزوتوپ ${}_1^3H$ می‌باشد. گزینهٔ (۲): مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در یک اتم همان عدد جرمی است که در عنصر هیدروژن ایزوتوپ‌هایی با عدد جرمی بزرگ‌تر از ۳ ساختگی هستند.(${}_1^4H$، ${}_1^5H$، ${}_1^6H$ و ${}_1^7H$) گزینهٔ (۴): در میان ایزوتوپ‌های هیدروژن ، ایزوتوپ‌های ${}_1^3H$، ${}_1^4H$، ${}_1^5H$، ${}_1^6H$ و ${}_1^7H$ پرتوزا بوده و رادیو ایزوتوپ هستند. در این میان تنها ایزوتوپ ${}_1^3H$ طبیعی و سایر ایزوتوپ‌ها ساختگی هستند.

B ۳۷ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن، ${}_1^5H$ است که دارای ۱ پروتون، ۱ الکترون و ۴ نوترون است. عبارت (ب): هیدروژن دارای ۵ رادیوایزوتوپ و ۴ ایزوتوپ ساختگی است.

* **توجه** همهٔ رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن ساختگی نیستند. ایزوتوپ ${}_1^3H$، تنها رادیوایزوتوپ طبیعی عنصر هیدروژن است.

عبارت (پ): ایزوتوپ ${}_1^3H$ ناپایدارترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن است که ۱ پروتون، ۱ الکترون و ۲ نوترون دارد. عبارت (ت): در رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن، یعنی ${}_1^3H$، ${}_1^4H$، ${}_1^5H$، ${}_1^6H$ و ${}_1^7H$، نسبت $\frac{p}{n} \leq \frac{1}{2}$ است. نیم‌عمر همهٔ این رادیوایزوتوپ‌ها به‌جز ${}_1^3H$ کمتر از یک ثانیه است. نیم‌عمر ${}_1^3H$ برابر ۱۲/۳۲ سال است.

B ۳۸ ۳ اغلب (نه همه!) هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مقایسهٔ نیم‌عمر ایزوتوپ‌های پرتوزای عنصر هیدروژن به‌صورت مقابل است: ${}_1^3H > {}_1^5H > {}_1^6H > {}_1^4H > {}_1^7H$:مقایسهٔ نیم‌عمر
گزینهٔ (۲): ایزوتوپ ${}_1^7H$ ناپایدارترین ایزوتوپ هیدروژن است که در هستهٔ آن ۱ پروتون و ۶ نوترون وجود دارد. گزینهٔ (۴): یک نمونهٔ طبیعی از هیدروژن، شامل سه ایزوتوپ ${}_1^1H$، ${}_1^2H$ و ${}_1^3H$ است که در بین آن‌ها هستهٔ ایزوتوپ ${}_1^3H$ ناپایدار و پرتوزا است.

* **توجه** تنها ایزوتوپ طبیعی و پرتوزای هیدروژن ${}_1^3H$ است. نیم‌عمر این رادیوایزوتوپ حدود ۱۲ سال است.

C ۳۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هیدروژن ۵ رادیوایزوتوپ دارد. نمونهٔ طبیعی منیزیم مخلوطی از سه ایزوتوپ ${}_{12}^{24}Mg$، ${}_{12}^{25}Mg$ و ${}_{12}^{26}Mg$ و نمونهٔ طبیعی لیتیم شامل دو ایزوتوپ ${}_3^6Li$ و ${}_3^7Li$ است. عبارت (ب): ایزوتوپ‌های ${}_1^3H$، ${}_1^4H$، ${}_1^5H$، ${}_1^6H$ و ${}_1^7H$ همگی بیش از یک نوترون دارند و پرتوزا هستند. عبارت (پ): ایزوتوپ ${}_1^4H$ سبک‌ترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن و ایزوتوپ ${}_3^6Li$ ایزوتوپ سبک‌تر لیتیم است. هر دو ایزوتوپ دارای ۳ نوترون در هستهٔ خود هستند. عبارت (ت): نیم‌عمر ایزوتوپ ${}_1^5H$ بیشتر از نیم‌عمر ایزوتوپ ${}_1^4H$ است. پس هستهٔ ایزوتوپ ${}_1^5H$ پایدارتر است. عبارت (ث): ناپایدارترین ایزوتوپ منیزیم ${}_{12}^{25}Mg$ و ناپایدارترین ایزوتوپ هیدروژن ${}_1^7H$ است. شمار نوترون‌ها در ${}_{12}^{25}Mg$ برابر ۱۳ (۱۲–۲۵) و عدد جرمی ${}_1^7H$ برابر ۷ است.

C ۴۰ ۱ اتم ${}_1^3H$ سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن بوده و شمار نوترون‌های آن برابر ۲ است، پس در یون A^{2+}، تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۱۴ (۷×۲) است. همچنین در میان ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن، ${}_1^5H$ بیشترین نیم‌عمر را دارد و حاوی ۴ نوترون است، پس مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها در A^{2+} برابر ۹۶ (۲۴×۴) است، پس خواهیم داشت:

روش اول (تشریحی):

$$A^{2+}\begin{cases} n+p=96 \\ n-e=14 \end{cases} \xrightarrow{e=p-2} \begin{cases} n+p=96 \\ n-(p-2)=14 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=96 \\ n-p=12 \end{cases} \Rightarrow p=42$$

روش دوم (تستی):

$$Z=\frac{A-(\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})+(\text{بار یون})}{2}=\frac{96-(14)+2}{2}=42$$

A ۴۱ ۳ اورانیم شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزاست. تکنسیم نخستین عنصر ساخت بشر می‌باشد.

A ۴۲ ۲ رادیوایزوتوپ فسفر و تکنسیم تنها برخی از رادیوایزوتوپ‌های تولیدشده در کشور ما، ایران هستند.

B ۴۳ ۴ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. تکنسیم $({}_{43}^{99}Tc)$ نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): از تکنسیم برای تشخیص بیماری‌های غدهٔ تیروئید استفاده می‌شود و کاربردی در درمان آن ندارد. عبارت (ب): همهٔ تکنسیم موجود در جهان باید به‌طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. عبارت (پ): یون یدید با یونی که حاوی ${}_{43}^{99}Tc$ است (نه یون تکنسیم!) اندازهٔ مشابهی دارد. عبارت (ت): نیم‌عمر تکنسیم کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از آن را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. عبارت (ث): شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در تکنسیم $({}_{43}^{99}Tc)$ به‌ترتیب برابر ۴۳ و ۵۶ (۴۳–۹۹) بوده و نسبت $\frac{n}{p}$ در آن کوچک‌تر از ۱/۵ است؛ ولی این عنصر پرتوزا بوده و یک رادیوایزوتوپ به‌شمار می‌آید.

B ۴۴ ۴ دانشمندان هسته‌ای ایران با تلاش بسیار موفق شدند مقدار ایزوتوپ ${}^{235}U$ را در مخلوط ایزوتوپ‌های اورانیم افزایش دهند. به این فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی گفته می‌شود. فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخهٔ تولید سوخت هسته‌ای است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نخستین فلز پرتوزایی که بشر در راکتور هسته‌ای تولید کرد، تکنسیم بود. گزینهٔ (۲): فراوانی ایزوتوپ ${}^{235}U$ در مخلوط طبیعی آن، از ۰/۷ درصد کمتر است. گزینهٔ (۳): پسماند راکتورهای اتمی خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است، از این‌رو دفع آن‌ها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

B ۴۵ ۲ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): از میان ۱۱۸ عنصر شناخته شده، ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود و ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است، پس اختلاف شمار عنصرهای ساختگی و طبیعی برابر ۶۶ (۲۶–۹۲) می‌باشد. پرسش (ب): تکنسیم $({}_{43}^{99}Tc)$ در هستهٔ خود دارای ۴۳ پروتون و ۵۶ (۴۳–۹۹) نوترون است.

پرسش (پ): فراوانی ایزوتوپ ^{235}U در نمونهٔ طبیعی اورانیم کمتر از ۰/۷ درصد است. اگر فراوانی این ایزوتوپ را به‌تقریب ۰/۷٪ در نظر بگیریم. خواهیم داشت:

$$\text{درصد فراوانی } ^{235}U = \frac{\text{تعداد ایزوتوپ‌های } ^{235}U}{\text{تعداد کل ایزوتوپ‌ها}} \times 100 \Rightarrow 0/7 = \frac{\text{تعداد ایزوتوپ‌های } ^{235}U}{1000} \times 100 \Rightarrow \text{تعداد ایزوتوپ‌های } ^{235}U = 7$$

پرسش (ت): یون یدید با یونی که حاوی $^{99}_{43}Tc$ است، اندازهٔ مشابهی دارد و غدهٔ تیروئید هنگام جذب یون یدید، این یون را نیز جذب می‌کند.

A ۴۶ ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): A یک تودهٔ سرطانی و متشکل از یاخته‌هایی است که به دلیل رشد و تقسیم سریع و غیرعادی، میزان جذب گلوکز بالایی دارد. عبارت (ب): شکل سؤال مربوط به فرایند استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها برای تشخیص نوعی تودهٔ سرطانی است و گلوکز تزریقی (B) حاوی اتم پرتوزا است. (نه اینکه همهٔ اتم‌های آن پرتوزا باشند!) عبارت (پ): C دستگاه آشکارساز است که پرتوهای تابیده شده از اتم پرتوزای گلوکزهای نشان‌دار را آشکار می‌کند. عبارت (ت): دود سیگار و قلیان مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد. مواد پرتوزا می‌توانند سبب سرطانی شدن یاخته‌ها شوند. از این‌رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند. عبارت (ث): گلوکز پرتوزا فقط در تشخیص توده‌های سرطانی کاربرد دارد. (نه درمان!)

B ۴۷ ۴ تیروئید یک غدهٔ پروانه‌ای شکل است. از تکنسیم برای تصویربرداری از آن استفاده می‌شود، زیرا یون یدید با یونی که حاوی تکنسیم است، اندازهٔ مشابهی دارد و غدهٔ تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند، با افزایش مقدار این یون در غدهٔ تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

★ **نکته** در ارتباط با عنصر تکنسیم به نکات زیر توجه کنید:

۱- تکنسیم $(^{99}_{43}Tc)$ نخستین عنصری بود که در **واکنشگاه (راکتور)** هسته‌ای ساخته شد. ۲- نماد شیمیایی این عنصر به صورت $^{99}_{43}Tc$ می‌باشد و این عنصر در **دورهٔ پنجم و گروه هفتم** جدول دوره‌ای قرار دارد. ۳- این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد. از تکنسیم $(^{99}_{43}Tc)$ برای تصویربرداری **غدهٔ تیروئید** استفاده می‌شود. **حالا چرا از تکنسیم؟!**

توضیح: زیرا یون یدید (I^-) با یونی که حاوی $^{99}_{43}Tc$ است، اندازهٔ مشابهی دارد و غدهٔ تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند و به این ترتیب با افزایش مقدار این یون در غدهٔ تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

۱- تیروئید غده‌ای پروانه‌ای شکل است که در قسمت جلوی گلو قرار گرفته است.

۲- **همهٔ** ^{99}Tc موجود در جهان به‌طور **مصنوعی** و با استفاده از واکنش‌های **هسته‌ای** ساخته می‌شود.

۳- نیم‌عمر ^{99}Tc کوتاه است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. از این‌رو بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می‌کنند.

* **توجه** اگر چه در تکنسیم $(^{99}_{43}Tc)$ نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها **کوچک‌تر** از ۱/۵ است ولی این اتم پرتوزا بوده و با گذشت زمان متلاشی می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): توده‌های سرطانی گلوکزهای معمولی و نشان‌دار را جذب کرده و با تجمع گلوکزها در تودهٔ سرطانی، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود. گزینهٔ (۲): به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان‌دار می‌گویند. گلوکز نشان‌دار توسط هر یاخته‌ای که سوخت و ساز دارد می‌تواند جذب شود. گزینهٔ (۳): از ۱۱۸ عنصر جدول دوره‌ای، ۲۶ تا از آن‌ها (حدود ۲۲٪) ساختگی بوده و فقط در واکنشگاه هسته‌ای تولید می‌شوند. معروف‌ترین عنصر ساختگی، اورانیم است.

B ۴۸ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد، از این‌رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند. عبارت دوم: به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان‌دار می‌گویند که با استفاده از آن می‌توان، توده‌های سرطانی را شناسایی نمود. عبارت سوم: با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، انسان می‌تواند طلا تولید کند اما هزینهٔ تولید آن به اندازه‌ای زیاد است که صرفهٔ اقتصادی ندارد. عبارت چهارم: پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است، از این‌رو دفع آن‌ها از جملهٔ چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید. عبارت پنجم: اورانیم شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزاست. از ایزوتوپ سبک‌تر اورانیم (^{235}U)، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی استفاده می‌شود.

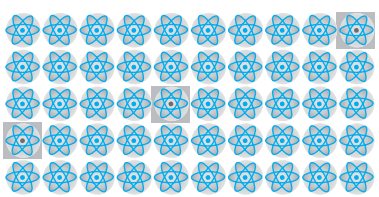
* **توجه** فراوانی (^{235}U) در مخلوط طبیعی، کمتر از ۰/۷ درصد بوده و طی فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی، مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش می‌دهند.

A ۴۹ ۴ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر ماده‌ای است که از اتم‌های یکسان تشکیل شده باشد. یک عنصر می‌تواند مخلوطی از ایزوتوپ‌های آن باشد؛ به عنوان مثال یک نمونهٔ طبیعی از عنصر لیتیم، مخلوطی از ایزوتوپ‌های $^{6}_{3}Li$ و $^{7}_{3}Li$ می‌باشد. عبارت (ب): از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شوند و مابقی (۲۶ عنصر) ساختگی هستند؛ بنابراین حدود ۷۸٪ عناصر، در طبیعت یافت می‌شوند.

$$\text{درصد عناصر طبیعی} = \frac{92}{118} \times 100 \simeq ٪78$$

عبارت (پ): با توجه به شکل فراوانی ایزوتوپ‌های لیتیم در یک نمونهٔ طبیعی آن داریم:

$$\text{درصد فراوانی } ^{6}Li = \frac{\text{تعداد ایزوتوپ‌های } ^{6}Li}{\text{تعداد کل ایزوتوپ‌ها}} \times 100 = \frac{3}{50} \times 100 = ٪6$$



$^{7}_{3}Li$ $^{6}_{3}Li$

بنابراین حدود ۶ درصد از لیتیم موجود در طبیعت، از ایزوتوپ‌های سبک آن تشکیل شده است. عبارت (ت): اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیشتر از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند.

B ۵۰ ۱ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): درصد فراوانی ایزوتوپ ^{235}U در نمونهٔ طبیعی اورانیم کمتر از ۰/۷ درصد است؛ بنابراین نمونهٔ طبیعی اورانیم قبل از فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی، کاربردی به‌عنوان سوخت راکتور ندارد. عبارت (ب): عنصر فسفر علاوه‌بر ایزوتوپ پایدار دارای رادیوایزوتوپ نیز می‌باشد که در کشور ما ایران نیز تولید می‌شود. عبارت (پ): ایزوتوپ‌ها در خواص فیزیکی وابسته به جرم با یکدیگر تفاوت دارند. در فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی، درصد ایزوتوپ‌های ^{235}U با توجه به خواص فیزیکی وابسته به جرم در نمونهٔ ایزوتوپ‌ها افزایش می‌یابد. عبارت (ت): تکنسیم دارای ۴۳ پروتون و ۵۶ نوترون است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{تعداد نوترون‌ها}}{\text{تعداد پروتون‌ها}} = \frac{56}{43} < 1/5$$

* **توجه** با اینکه نسبت $\frac{n}{p}$ در تکنسیم $(^{99}_{43}Tc)$ کوچک‌تر از ۱/۵ است، ولی این عنصر پرتوزا است.

عبارت (ث): برای مثال، در مورد عنصر لیتیم با اینکه نسبت $\frac{n}{p}$ در $^{7}_{3}Li$ نسبت به $^{6}_{3}Li$ به ۱/۵ نزدیک‌تر است، امّا هستهٔ $^{7}_{3}Li$ پایدارتر است.

B ۵۱ ۳ برای یون $^{69}X^{3+}$ داریم:

روش اول (تشریحی):

$$\begin{cases} n+p=69 \\ n-e=10 \end{cases} \xrightarrow{e=p-3} \begin{cases} n+p=69 \\ n-(p-3)=10 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=69 \\ n-p=7 \end{cases} \Rightarrow p=31, n=38$$

روش دوم (تستی):

$$Z=\frac{A-(\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})}{2}=\frac{69-(10)+3}{2} \Rightarrow p=31, n=A-Z=69-31=38$$

از این‌رو درمی‌یابیم که اتم Z و اتم X هر دو عدد اتمی مشابه دارند، اما عدد جرمی آن‌ها متفاوت است، پس ایزوتوپ یکدیگر هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت شده و ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. یعنی حدود ۲۲٪ $(\frac{26}{118}\times 100)$ عناصر موجود در جدول تناوبی ساختگی هستند. گزینهٔ (۲): تکنسیم در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شده و از آنجایی که نیم‌عمر آن کم است، نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. گزینهٔ (۴): ^{235}U ایزوتوپ سبک‌تر اورانیم بوده و درصد فراوانی آن در طبیعت کمتر از ۰/۷ درصد است. $^{2}_{1}H$ سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی و پایدار هیدروژن بوده و فراوانی آن حدود ۰/۰۱٪ می‌باشد، از این‌رو درصد فراوانی ایزوتوپ ^{235}U بیشتر از ایزوتوپ ^{2}H است.

C ۵۲ ۳ موارد دوم، سوم و پنجم جمله را به درستی کامل نمی‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در کلیهٔ رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن برخلاف تکنسیم، نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها بزرگ‌تر از ۱/۵ است. عبارت دوم: طلای تولید شده توسط انسان و یا طلای استخراج شده از معادن، عدد اتمی یکسانی داشته و خواص شیمیایی مشابهی دارند اما خواص فیزیکی آن‌ها با توجه به تنوع ایزوتوپ‌های آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد. عبارت سوم: سلول‌هایی که رشد سریع و غیرعادی دارند، هم گلوکز معمولی و هم گلوکز نشان‌دار را به میزان زیادی جذب می‌کنند و برای این سلول‌ها، تفاوتی میان گلوکز معمولی با گلوکز نشان‌دار وجود ندارد. عبارت چهارم: نیم‌عمر نخستین عنصر ساخت بشر کم می‌باشد ولی نیم‌عمر ^{235}U (ایزوتوپ سبک‌تر شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا) طولانی بوده و در طبیعت برای سالیان دراز باقی می‌ماند و امکان ذخیره‌سازی اورانیم وجود دارد. عبارت پنجم: تکنسیم با عدد اتمی ۴۳ همانند رادیوایزوتوپ فسفر در کشور ما تولید می‌شود.

* **توجه** از رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در کشور ما ایران، می‌توان تکنسیم و فسفر را نام برد. علاوه‌بر آن غنی‌سازی ایزوتوپی نیز در کشور ما انجام می‌شود.

A ۵۳ ۴ به درسنامه رجوع کنید!

A ۵۴ ۲ در جدول دوره‌ای (تناوبی)، عنصرها براساس افزایش عدد اتمی (Z) سازماندهی شده‌اند.

A ۵۵ ۴ موارد (الف)، (ب) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی موارد:** مورد (الف): از میان ۱۱۸ عنصر جدول دوره‌ای، فقط نماد ۱۳ عنصر به‌صورت یک‌حرفی و نماد ۱۰۵ عنصر دیگر دوحرفی است. مورد (ب): عنصر هلیم با عدد اتمی ۲ یک گاز نجیب بوده و متعلق به گروه ۱۸ جدول دوره‌ای است. مورد (پ): در جدول دوره‌ای، هر ردیف افقی که نشان‌دهندهٔ چیدمان عنصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد. مورد (ت): هر خانه از جدول دوره‌ای به یک عنصر معین تعلق دارد و حاوی برخی اطلاعات شیمیایی آن عنصر مانند عدد اتمی، نماد شیمیایی، نام و جرم اتمی میانگین است.

* **توجه** عدد جرمی متعلق به یک اتم است و میان ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر متفاوت است؛ بنابراین در جدول دوره‌ای برای یک عنصر، جرم اتمی میانگین ذکر می‌شود.

A ۵۶ ۴ فقط مورد (ب) درست است. X ، A ، B و Y به ترتیب عدد اتمی، نماد شیمیایی، نام و جرم اتمی میانگین عنصر هستند. **بررسی موارد:** عبارت (الف): X عدد اتمی عنصر است که برابر با شمار پروتون‌های موجود در هستهٔ عنصر است و می‌تواند عددی بین ۱ تا ۱۱۸ باشد. دقت کنید که شمار پروتون‌های هر عنصر همواره عددی طبیعی بوده و هیچگاه نمی‌تواند اعشاری باشد. عبارت (ب): در جدول تناوبی، هر عنصر را با نماد یک یا دوحرفی نشان می‌دهند. در واقع نماد شیمیایی از نام لاتین هر عنصر گرفته شده است و حرف اول آن به صورت بزرگ و حرف دوم، در صورت وجود، با حرف کوچک نوشته می‌شود. عبارت (پ): Y جرم اتمی میانگین عناصر است. از آنجایی که اغلب در یک نمونهٔ طبیعی از عنصرها، اتم‌ها جرم یکسانی ندارند؛ به عبارت دیگر، اغلب عناصر دارای چند ایزوتوپ طبیعی هستند؛ بنابراین در جدول تناوبی از جرم اتمی میانگین استفاده می‌شود. جرم اتمی میانگین اغلب عناصر طبیعی جدول تناوبی، مقداری اعشاری است. عبارت (ت): X عدد اتمی است و برابر شمار پروتون‌های عنصر مورد نظر است. Y نیز جرم اتمی میانگین عنصر است و برابر مجموع جرم پروتون‌ها، الکترون‌ها و نوترون‌های موجود در اتم برحسب amu است؛ بنابراین مقدار Y همواره عددی بزرگ‌تر از X خواهد بود.

B ۵۷ ۲ تعداد عنصرهای دورهٔ دوم، سوم و ششم به‌ترتیب برابر با ۸، ۸ و ۳۲ است. تفاوت تعداد عناصر دوره‌های ششم و سوم برابر ۲۴ $(32-8)$ بوده و سه برابر تعداد عناصر دورهٔ دوم است. $(\frac{24}{8}=3)$ **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در هر ستون (گروه) جدول تناوبی، خواص شیمیایی عنصرها مشابه است ولی خواص فیزیکی متفاوت است. گزینهٔ (۳): در دورهٔ دوم جدول دوره‌ای، سه عنصر لیتیم $(_{3}Li)$، بریلیم $(_{4}Be)$ و نئون $(_{10}Ne)$ دارای نماد دوحرفی هستند. گزینهٔ (۴): با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به‌طور مشابه تکرار می‌شود. به همین دلیل، جدول تناوبی عنصرها نامیده می‌شود.

B ۵۸ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. عنصرهای A ، B ، C ، D و E به‌ترتیب $_{26}Fe$ ، $_{6}C$ ، $_{15}P$ ، $_{8}O$ و $_{2}He$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): نسبت عدد اتمی فسفر به عدد اتمی کربن برابر است با:

$$\frac{\text{عدد اتمی فسفر } (_{15}P)}{\text{عدد اتمی کربن } (_{6}C)}=\frac{15}{6}=2/5$$

عبارت (ب): عنصر آهن $(_{26}Fe)$ در گروه ۸ جدول تناوبی قرار دارد. عدد اتمی عنصر اکسیژن $(_{8}O)$ برابر ۸ است. عبارت (پ): عنصر گوگرد $(_{16}S)$ در گروه ۱۶ و دورهٔ ۳ جدول دوره‌ای، زیر عنصر اکسیژن $(_{8}O)$ قرار دارد. این اتم در حالت خنثی ۱۶ پروتون و ۱۶ الکترون (جمعاً ۳۲ ذرهٔ باردار) دارد. عبارت (ت): برای ایجاد یون Fe^{2+}، اتم $_{26}Fe$ دو الکترون از دست می‌دهد. پس این یون ۲۴ الکترون دارد. برای محاسبهٔ تعداد نوترون‌ها داریم:

$$n-e=6 \Rightarrow n-24=6 \Rightarrow n=30$$

پس عدد جرمی برابر است با:

$$A=n+Z \Rightarrow A=30+26=56$$

عبارت (ث): تکنسیم $(_{43}Tc)$ نخستین عنصر ساخت بشر است که در گروه ۷ و دورهٔ ۵ جدول دوره‌ای قرار دارد. عنصر A در گروه ۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته است.

C ۵۹ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): جدول دوره‌ای عنصرها شامل ۷ دوره و ۱۸ گروه است. عبارت (ب): دورهٔ دوم و سوم هر یک دارای ۸ عنصر و دورهٔ اول دارای ۲ عنصر است. عبارت (پ): دوره‌های چهارم و پنجم هر یک دارای ۱۸ عنصر و دوره‌های ششم و هفتم هر یک دارای ۳۲ عنصر هستند. عبارت (ت): در جدول دوره‌ای عنصرها، گروه‌های ۱ و ۱۸ هر یک دارای ۷ عنصر، گروه‌های ۲ و ۱۳ تا ۱۷ هر یک دارای ۶ عنصر و گروه‌های ۴ تا ۱۲ نیز هر یک دارای ۴ عنصر هستند.

* **توجه** دو ردیف پایینی جدول تناوبی که هر یک دارای ۱۴ عنصر است، متعلق به گروه ۳ جدول است، بنابراین گروه ۳ جدول دوره‌ای مجموعاً دارای ۳۲ عنصر است.

عبارت (ث): نماد شیمیایی عناصر لیتیم (Li)، بریلیم (Be) و نئون (Ne) از دورهٔ دوم جدول دوره‌ای به‌صورت دوحرفی بوده و نماد شیمیایی عناصر فسفر (P) و گوگرد (S) از دورهٔ سوم جدول دوره‌ای به‌صورت یک‌حرفی است.

★ **نکته** تعداد عناصر در دوره‌ها و گروه‌های مختلف جدول تناوبی

- تعداد عناصر موجود در هر گروه و دورهٔ جدول دوره‌ای در مقابل آورده شده است:

شمارهٔ گروه	۱	۲	۳	۴ تا ۱۲	۱۳ تا ۱۷	۱۸
تعداد عناصر	۷	۶	۳۲	هر کدام ۴	هر کدام ۶	۷

- دقت کنید تعداد عناصر گروه ۳ به این دلیل ۳۲ مورد است که تمامی عناصر دستهٔ f را جزء این گروه در نظر می‌گیرند. مثلاً اورانیم عنصری از گروه ۳ است!

شمارهٔ دوره	۱	۲ و ۳	۴ و ۵	۶ و ۷
تعداد عناصر	۲	هر کدام ۸	هر کدام ۱۸	هر کدام ۳۲

- تعداد عناصر دوره‌های ۶ و ۷ همانند گروه سوم ۳۲ عدد است؛ زیرا علاوه‌بر ۱۸ عنصر از دسته‌های s، d و p، هر کدام ۱۴ عنصر از دستهٔ f دارند.

B ۶۰ ۴ شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا اورانیم $(_{92}U)$ است که در گروه سوم و دورهٔ هفتم جدول قرار دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): دورهٔ ششم جدول دارای ۳۲ عنصر و دورهٔ چهارم دارای ۱۸ عنصر است. داریم:

$$\frac{\text{تعداد عناصر دورهٔ ششم}}{\text{تعداد عناصر دورهٔ چهارم}}=\frac{۳۲}{۱۸}>۱/۵$$

گزینهٔ (۲): در جدول دوره‌ای عنصرها، جرم اتمی میانگین عنصر تکنسیم $(_{43}Tc)$ برخلاف سایر عنصرها معین نشده است. گزینهٔ (۳): نماد عنصر آلومینیم به‌صورت Al و نماد عنصر آرگون به‌صورت Ar است.

B ۶۱ ۴ عنصر D در خانهٔ شمارهٔ ۱۶ جدول دوره‌ای جای دارد، پس دارای ۱۶ پروتون است و چون تعداد نوترون‌ها و پروتون‌هایش برابر است، عدد جرمی آن برابر ۳۲ است. عنصر E در خانهٔ شمارهٔ ۳۳ جدول جای دارد، پس عدد اتمی آن برابر ۳۳ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عنصر C با عدد اتمی ۶ در گروه ۱۴ و دورهٔ ۲ جدول دوره‌ای قرار دارد و عدد اتمی عنصر هم‌گروه آن در دورهٔ پنجم برابر ۵۰ است. گزینهٔ (۲): عنصری با عدد اتمی ۸ در گروه ۱۶ و دورهٔ ۲ جدول دوره‌ای جای دارد، پس با عنصر D هم‌گروه است. عنصرهای هم‌گروه خواص شیمیایی مشابهی دارند و بار یون‌های پایدار آن‌ها یکسان است. گزینهٔ (۳): عنصر B در گروه دهم و عنصر A در گروه دوم جدول دوره‌ای قرار دارند.

B ۶۲ ۳ برای دو یون داده شده داریم:

$$^{49}X^{4+}: n+Z=49 \cdot n-e=n-(Z-4)=9 \Rightarrow n-Z=5 \Rightarrow \begin{cases} n+Z=49 \\ n-Z=5 \end{cases} \Rightarrow n=27, Z=22$$

$$Y^{2-}: e=Z+2=\underbrace{22-4=18}_{\text{تعداد e در } X^{4+}} \Rightarrow Z=16$$

موارد اول و سوم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: عنصر $_{16}Y$ در دورهٔ سوم جدول دوره‌ای قرار دارد و عدد جرمی ایزوتوپ طبیعی لیتیم با درصد فراوانی کمتر $(_3Li^6)$ برابر ۶ است. مورد دوم: فراوان‌ترین نافلز موجود در ساختار زمین، اکسیژن $(_8O)$ است و بین $_8O$ و $_{16}Y$، ۵ عنصر با نماد دو حرفی (Ne، Na، Mg، Al و Si) وجود دارند. مورد سوم: عدد جرمی Y برابر است با: $A=n+Z=16+16=32$ مورد چهارم: در ساختار یون X^{4+}، ۲۲ پروتون و ۱۸ الکترون و در مجموع ۴۰ ذرهٔ زیراتمی باردار (الکترون و پروتون) وجود دارد، در حالی‌که عدد اتمی سومین عنصر دورهٔ پنجم جدول تناوبی، برابر با ۳۹ است.

A ۶۳ ۲ به درسنامه رجوع کنید.

A ۶۴ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu و جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ amu است، بنابراین از روی عدد جرمی یک اتم می‌توان جرم اتمی آن را (برحسب amu) تخمین زد. برای یک اتم، مقدار عددی جرم اتمی تقریباً (نه دقیقاً) برابر عدد جرمی است. عبارت (ب): دقت باسکول‌های تنی تا یک‌صدم تن (ده کیلوگرم) و دقت ترازوی زرگری تا یک‌صدم گرم (۱۰ میلی‌گرم) است.

B ۶۵ ۱ جرم پروتون و نوترون به تقریب با یکدیگر برابر و در حدود ۱ amu است؛ این در حالی است که جرم دقیق پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب برابر ۱/۰۰۷۳ amu، ۱/۰۰۸۷ amu و ۰/۰۰۰۵ amu است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): جرم یک اتم هیدروژن $(_1^1H)$ برابر با مجموع جرم یک پروتون و یک الکترون است و به تقریب برابر ۱/۰۰۸ amu می‌باشد. گزینهٔ (۳): نماد الکترون، پروتون و نوترون به ترتیب به صورت $_{-1}^{0}e$، $_{+1}^{1}p$ و $_{0}^{1}n$ است. همانطور که مشاهده کردید، عددهای سمت چپ بالا، جرم نسبی و عددهای سمت چپ پایین، بار نسبی ذره را مشخص می‌کند. گزینهٔ (۴): عدد جرمی از حاصل‌جمع شمار پروتون‌ها و نوترون‌های موجود در هستهٔ هر عنصر به دست می‌آید و عددی صحیح است، اما جرم اتمی حاصل‌جمع جرم ذرات زیراتمی بوده و از آنجایی که جرم پروتون و نوترون برحسب amu برابر ۱/۰۰۷۳ و ۱/۰۰۸۷ است؛ بنابراین مقدار عددی جرم اتمی از عدد جرمی بیشتر بوده و عددی غیرصحیح (اعشاری) است.

B ۶۶ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. شکل داده شده، الگویی برای نمایش یکای جرم اتمی (amu) است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): $\frac{۱}{۱۲}$ جرم یک ایزوتوپ کربن-۱۲ را یک واحد جرم اتمی یا ۱ amu می‌نامند. ایزوتوپ کربن-۱۲ $(_6^{12}C)$ دارای ۶ نوترون، ۶ پروتون و ۶ الکترون است. عبارت (ب): جرم پروتون و نوترون حدوداً ۱ amu است، اما توجه کنید که جرم دقیق پروتون و نوترون به‌ترتیب ۱/۰۰۷۳ amu و ۱/۰۰۸۷ amu است. جرم الکترون نیز ناچیز و در حدود ۰/۰۰۰۵ amu می‌باشد.

اتم $^{1}_{1}H$ دارای یک پروتون و یک الکترون است. پس جرم اتمی دقیق آن برابر ۱/۰۰۸amu است. عبارت (پ): هستهٔ اتم هیدروژن متشکل از ۱ پروتون است، پس جرم آن را می‌توان حدوداً برابر ۱ amu در نظر گرفت؛ اما جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{1}{2000}$ amu است. عبارت (ت): هستهٔ اتم هلیم $(^{4}_{2}He)$ دارای ۲ پروتون و ۲ نوترون است، پس جرم اتمی آن را می‌توان حدوداً برابر ۴ amu در نظر گرفت.

نام ذره	نماد	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	$^{0}_{-1}e$	−۱	۰/۰۰۰۵
پروتون	$^{1}_{+1}p$	+۱	۱/۰۰۷۳
نوترون	$^{1}_{0}n$	۰	۱/۰۰۸۷

B ۶۷ ۲ عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: بار الکتریکی نسبی الکترون و پروتون به‌ترتیب برابر −۱ و +۱ است.

* **توجه** بار الکتریکی یک الکترون و یک پروتون به‌ترتیب برابر $-1/6\times10^{-19}$ و $+1/6\times10^{-19}$ کولن است.

عبارت دوم: در نماد ذره‌های زیراتمی، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به‌ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کنند. عبارت سوم: جرم الکترون حدوداً برابر با ۰/۰۰۰۵ amu است. عبارت چهارم: نوترون سنگین‌ترین ذرهٔ زیراتمی است. فراوان‌ترین ایزوتوپ هیدروژن $^{1}_{1}H$ است که فاقد نوترون است.

عبارت پنجم: جرم نوترون، پروتون و الکترون در مقیاس amu به‌ترتیب برابر ۱/۰۰۸۷، ۱/۰۰۷۳ و ۰/۰۰۰۵ است. جرم اتمی $^{1}_{1}H$ برابر ۱/۰۰۸ amu است، پس خواهیم داشت:

مقایسه براساس جرم: $^{1}_{0}n > {}^{1}_{1}H > {}^{1}_{+1}p > amu > {}^{0}_{-1}e$

B ۶۸ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پروتون و نوترون جزء ذرات زیراتمی موجود در هسته هستند که در مقیاس amu، جرم این دو ذره به تقریب با یکدیگر برابر بوده و در حدود ۱ amu است و با ترازویی فرضی که می‌تواند ۱ amu را نمایش دهد می‌توان جرم آن‌ها را اندازه‌گیری کرد. عبارت (ب): هلیم $(^{4}_{2}He)$ دارای عدد اتمی ۲ و عدد جرمی ۴ است. ذرات زیراتمی باردار موجود در هسته همان پروتون است که جرم آن به تقریب برابر ۱ amu است. هر اتم هلیم دارای ۲ پروتون در هستهٔ خود است، پس مجموع جرم پروتون‌ها در حدود ۲amu بوده و با ترازوی فرضی که ۲amu را نمایش می‌دهد، می‌توان جرم آن را نشان داد. عبارت (پ): سومین عنصر جدول تناوبی لیتیم است که دارای دو ایزوتوپ $^{6}_{3}Li$ و $^{7}_{3}Li$ است؛ بنابراین هر اتم از این عنصر دارای ۳ پروتون و ۳ یا ۴ نوترون است و جرم تقریبی ایزوتوپ سبک‌تر آن، ۶amu و ایزوتوپ سنگین‌تر آن ۷amu است و با ترازویی که ۳amu را نمایش می‌دهد، نمی‌توان جرم تقریبی ^{6}Li یا ^{7}Li را نمایش داد. عبارت (ت): هیدروژن دارای سه ایزوتوپ طبیعی $^{1}_{1}H$، $^{2}_{1}H$ و $^{3}_{1}H$ است. جرم تقریبی سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن $(^{3}_{1}H)$ برابر ۳amu است و با ترازویی که می‌تواند ۳amu را نمایش دهد، می‌توان جرم $^{3}_{1}H$ را به طور تقریبی نمایش داد.

B ۶۹ ۴ جرم فراوان‌ترین ایزوتوپ کربن ۱۲amu بوده و جرم یک الکترون تقریباً برابر ۰/۰۰۰۵ amu است. پس:

$$\frac{\text{جرم یک اتم } {}^{12}C}{\text{جرم یک الکترون}} = \frac{12\ amu}{0/0005\ amu} = 24000$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): جرم پروتون، نوترون و الکترون برحسب amu به‌ترتیب برابر ۱/۰۰۷۳، ۱/۰۰۸۷ و ۰/۰۰۰۵ است. همان‌طور که می‌دانید دقت ترازو باید برابر یا کمتر از کوچک‌ترین مرتبهٔ متفاوت در سه ذرهٔ زیراتمی باشد. به عبارتی ترازو باید بتواند بین رقم سوم اعشار اعداد ۱/۰۰۷۳ و ۱/۰۰۸۷ تفاوت قائل شود. پس دقت آن باید حداقل ۰/۰۰۱amu باشد. گزینهٔ (۲): پایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن، $^{5}_{1}H$ است که جرم آن را می‌توان حدوداً برابر ۵amu در نظر گرفت. گزینهٔ (۳): لیتیم دارای دو ایزوتوپ $^{6}_{3}Li$ و $^{7}_{3}Li$ است. هیدروژن دارای دو ایزوتوپ پایدار $^{1}_{1}H$ و $^{2}_{1}H$ است.

$$\frac{\text{جرم اتمی } {}^{6}_{3}Li}{\text{جرم اتمی } {}^{2}_{1}H} = \frac{6\ amu}{2\ amu} = 3$$

B ۷۰ ۱ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): سبک‌ترین مولکول NH_3 باید از سبک‌ترین ایزوتوپ‌های نیتروژن و هیدروژن و سنگین‌ترین مولکول NH_3 باید از سنگین‌ترین ایزوتوپ‌های نیتروژن و هیدروژن ساخته شود. پس سبک‌ترین مولکول NH_3 از یک ایزوتوپ ^{14}N و سه ایزوتوپ ^{1}H و سنگین‌ترین مولکول NH_3 از یک ایزوتوپ ^{15}N و سه ایزوتوپ ^{3}H ساخته می‌شود.

$$\left.\begin{array}{l}\text{جرم سبک‌ترین مولکول} = 14+3(1) = 17\ amu \\ \text{جرم سنگین‌ترین مولکول} = 15+3(3) = 24\ amu\end{array}\right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم} = 24-17 = 7$$

پرسش (ب): **روش اول:** مولکول H_2O متشکل از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن است. انواع حالت‌های ممکن برای یک مولکول H_2O به‌صورت زیر است:

$^{16}_{1}H\,{}^{16}O\,{}^{1}_{1}H \Rightarrow$ (۱۸ amu) $\quad$ $^{17}_{1}H\,{}^{17}O\,{}^{1}_{1}H \Rightarrow$ ۱۹ amu $\quad$ $^{18}_{1}H\,{}^{18}O\,{}^{1}_{1}H \Rightarrow$ ۲۰ amu

$^{16}_{2}H\,{}^{16}O\,{}^{2}_{2}H \Rightarrow$ ۲۰ amu $\quad$ $^{17}_{2}H\,{}^{17}O\,{}^{2}_{2}H \Rightarrow$ ۲۱ amu $\quad$ $^{18}_{2}H\,{}^{18}O\,{}^{2}_{2}H \Rightarrow$ ۲۲ amu

$^{16}_{3}H\,{}^{16}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ ۲۲ amu $\quad$ $^{17}_{3}H\,{}^{17}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ ۲۳ amu $\quad$ $^{18}_{3}H\,{}^{18}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ (۲۴ amu)

$^{16}_{1}H\,{}^{16}O\,{}^{2}_{2}H \Rightarrow$ ۱۹ amu $\quad$ $^{17}_{1}H\,{}^{17}O\,{}^{2}_{2}H \Rightarrow$ ۲۰ amu $\quad$ $^{18}_{1}H\,{}^{18}O\,{}^{2}_{2}H \Rightarrow$ ۲۱ amu

$^{16}_{2}H\,{}^{16}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ ۲۱ amu $\quad$ $^{17}_{2}H\,{}^{17}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ ۲۲ amu $\quad$ $^{18}_{2}H\,{}^{18}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ ۲۳ amu

$^{16}_{1}H\,{}^{16}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ ۲۰ amu $\quad$ $^{17}_{1}H\,{}^{17}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ ۲۱ amu $\quad$ $^{18}_{1}H\,{}^{18}O\,{}^{3}_{3}H \Rightarrow$ ۲۲ amu

بنابراین در مجموع ۱۸ (۶×۳) نوع مولکول آب ساخته می‌شود که با حذف کردن مولکول‌های با جرم یکسان، ۷ مولکول با جرم‌های متفاوت می‌توان در نظر گرفت.

روش دوم: در چنین مسائلی، اگر جرم مولکول‌های ساخته شده به‌صورت متوالی (مولکول‌هایی با ۱ واحد اختلاف در جرم مولکولی) باشد، می‌توان از فرمول زیر، تعداد مولکول‌های با جرم متفاوت را به‌دست آورد.

تعداد مولکول‌های با جرم متفاوت = (تفاوت جرم سبک‌ترین و سنگین‌ترین مولکول) + ۱

برای مولکول‌های H_2O، سبک‌ترین $18\,amu$ و سنگین‌ترین $24amu$ است، پس خواهیم داشت: تعداد مولکول‌های آب با جرم متفاوت $= (24-18)+1=7$

پرسش (پ): سنگین‌ترین مولکول NO_2 از یک ایزوتوپ ^{15}N و دو ایزوتوپ ^{18}O و سبک‌ترین مولکول H_2O_2 از دو ایزوتوپ ^{1}H و دو ایزوتوپ ^{16}O ساخته می‌شود.

$$\left.\begin{array}{l}\text{جرم سنگین‌ترین مولکول } NO_2 = 15+2(18)=51\,amu \\ \text{جرم سبک‌ترین مولکول } H_2O_2 = 2(1)+2(16)=34amu\end{array}\right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم} = 51-34=17$$

B ۷۱ ۱ عدد اتمی تکنسیم برابر ۴۳ است. پس خواهیم داشت:

$$Z+e=43,\ e=Z-3 \Rightarrow Z+(Z-3)=43 \Rightarrow Z=23$$

یون $^{50}_{23}X^{3+}$، ۲۰ الکترون دارد و عدد جرمی آن برابر ۵۰ است؛ نسبت خواسته شده می‌شود:

$$\frac{\text{مجموع جرم الکترون‌ها در یون}}{\text{جرم یون}} = \frac{20\times(\frac{1}{2000})amu}{50\,amu} = 2\times10^{-4}$$

B ۷۲ ۳ واحد جرم نسبی جدید (amu') برابر است با:

$$1amu' = \frac{1}{10}\times10/8 = 1/08amu$$

حال جرم اتم $^{32}_{16}S$ را برحسب amu' به‌دست می‌آوریم:

$$?\,amu' = 32amu\times\frac{1\,amu'}{1/08amu} \simeq 29/63\,amu'$$

B ۷۳ ۴

$$?\ \text{کولن} = 7/2\times10^{-3}\,g\,e\times\frac{1\,e}{9\times10^{-28}\,g\,e}\times\frac{1/6\times10^{-19}\ \text{کولن}}{1\,e} = 1/28\times10^{6}\ \text{کولن}$$

توضیح محاسبات پاسخ باید از جنس ۱۲۸ باشد (پاسخ: $1/28\times10^{6}$)

$$\frac{7/2\times10^{-3}\times1/6\times10^{-19}}{9\times10^{-28}} = ? \xrightarrow[\text{و ساده کردن}]{\text{حذف صفر و اعشار}} \frac{\overset{8}{\cancel{72}}\times16}{\underset{9}{\cancel{}}} = 8\times16 = 128$$

B ۷۴ ۳ به کمک ترازوی زرگری جرم اجسامی را می‌توان اندازه‌گیری کرد که جرم آن‌ها از دقت اندازه‌گیری ترازو بیشتر یا با آن برابر باشد. دقت اندازه‌گیری ترازوی زرگری یک‌صدم گرم (۱۰ میلی‌گرم) است.

$$?\,e = 10\times10^{-3}\,g\,e\times\frac{1\,e}{9\times10^{-28}\,g\,e} = 1/1\times10^{25}\,e,\ ?\ \text{کولن} = 1/1\times10^{25}\,e\times\frac{1/6\times10^{-19}\ \text{کولن}}{1\,e} = 1/76\times10^{6}\ \text{کولن}$$

C ۷۵ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: جرم ایزوتوپ کربن - ۱۲ $(^{12}_{6}C)$ دقیقاً برابر با $12\,amu$ در نظر گرفته می‌شود. فراوان‌ترین ایزوتوپ هیدروژن، ^{1}H است که هر اتم آن جرمی برابر $1/008\,amu$ دارد؛ بنابراین جرم ۱۲ عدد از ^{1}H، اندکی از جرم یک اتم ^{12}C بیشتر است.

$$\text{جرم ۱۲ اتم هیدروژن}\,(^{1}H) = 12\times1/008\,amu = 12/096\,amu$$

عبارت دوم: جرم پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب برابر $1/0073amu$، $1/0087amu$ و $0/0005\,amu$ است. بنابراین:

$$\text{مجموع جرم پروتون و الکترون} = 1/0073+0/0005 = 1/0078amu < 1/0087amu\ \text{(جرم یک نوترون)}$$

عبارت سوم: ابتدا شمار نوترون‌ها و الکترون‌های موجود در X^+ را به دست می‌آوریم:

$$X^+\begin{cases}n+e+p=71\\ n-e=4\end{cases}\xrightarrow{p=e+1}\begin{cases}n+e+(e+1)=71\\ n-e=4\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}n+2e=70\\ n-e=4\end{cases}\Rightarrow e=22,\ n=26$$

جرم تقریبی نوترون و الکترون به ترتیب برابر $1\,amu$ و $0/0005\,amu$ است؛ بنابراین:

$$\frac{\text{جرم نوترون‌ها}}{\text{جرم الکترون‌ها}} = \frac{26\times1\,amu}{22\times0/0005\,amu} = \frac{26}{0/011} \simeq 2364$$

عبارت چهارم: دقت کنید که نماد ذرات زیراتمی با حرف کوچک نمایش داده می‌شوند؛ بنابراین نماد پروتون به صورت $^{1}_{+1}p$ خواهد بود و همچنین جرم هر پروتون برابر $1/0073amu$ است.

*** توجه** برای این‌که نماد ذرات زیراتمی و عناصر اشتباه نشود، نماد ذرات زیراتمی برخلاف عناصر، همواره با حرف کوچک نمایش داده می‌شود.

A ۷۶ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در نمونه‌های طبیعی عنصرها، ایزوتوپی که هستهٔ ناپایدارتری دارد، درصد فراوانی کمتری دارد. گزینهٔ (۲): کلر دارای دو ایزوتوپ $^{35}_{17}Cl$ و $^{37}_{17}Cl$ است. اختلاف جرم تقریبی این دو ایزوتوپ برابر $2amu\ (35-37)$ است. گزینهٔ (۳): برای محاسبهٔ جرم اتمی میانگین کلر داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2} = \frac{(35\times75/8)+(37\times24/2)}{100} = 35/48amu$$

گزینهٔ (۴): همانطور که ملاحظه کردید، جرم اتمی میانگین کلر، به جرم ایزوتوپ سبک‌تر نزدیک‌تر است.

B ۷۷ ۱ درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر را F_2 در نظر می‌گیریم. مجموع درصد فراوانی در ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر برابر ۱۰۰ است، پس:

$$F_1+F_2=100 \Rightarrow F_1=100-F_2$$

روش اول (تشریحی): طبق رابطهٔ جرم اتمی میانگین داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2} \Rightarrow 69/8 = \frac{(69\times(100-F_2))+(71\times F_2)}{100} \Rightarrow 6980 = 6900-69F_2+71F_2 \Rightarrow F_2 = \%40$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1) \Rightarrow 69/8 = 69+\frac{F_2}{100}(71-69) \Rightarrow 0/8 = \frac{F_2}{100}(2) \Rightarrow F_2 = \%40$$

B ۷۸ ۲ اگر درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را با F_1 و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر را با F_2 نشان دهیم، داریم:

$$\begin{cases} F_2 = 4F_1 \\ F_1 + F_2 = 100 \end{cases} \Rightarrow F_1 + 4F_1 = 100 \Rightarrow F_1 = \%20 , F_2 = \%80$$

از طرفی با توجه به جرم اتمی میانگین داده شده و با استفاده از رابطهٔ زیر، می‌توان جرم اتمی ایزوتوپ سبک‌تر را محاسبه کرد.

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) \Rightarrow 28/2 = M_1 + \frac{80}{100}(2) \Rightarrow M_1 = 26/6 amu$$

با توجه به اینکه تفاوت جرم دو ایزوتوپ برای ۲ واحد است، پس جرم اتمی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر با $28/6 amu$ است.

B ۷۹ ۴ در شکل، ۳۰ دایره داده شده است. تعداد دایره‌های مربوط به ^{27}X را که باید سیاه‌رنگ باشد برابر y و تعداد ایزوتوپ‌های ^{24}X را که باید سفید باشد را برابر $(30-y)$ درنظر می‌گیریم؛ پس خواهیم داشت:

$$\bar{M} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 26/7 = \frac{24(30-y) + 27(y)}{30} \Rightarrow 801 = 720 - 24y + 27y \Rightarrow 3y = 81 \Rightarrow y = 27$$

پس ۲۷ دایره باید سیاه رنگ باشند.

B ۸۰ ۳ روش اول (تشریحی): جرم اتم ^{x}M را $X\ amu$ در نظر می‌گیریم. داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + M_3F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 65/44 = \frac{(64\times50) + (66\times28) + (X\times22)}{100} \Rightarrow 6544 = 3200 + 1848 + 22X \Rightarrow 22X = 1496 \Rightarrow X = 68$$

پس ایزوتوپ $^{68}_{30}M$ دارای $38 (30-68)$ نوترون است.

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) \Rightarrow 65/44 = 64 + \frac{28}{100}(66-64) + \frac{22}{100}(X-64) \Rightarrow 1/44 = \frac{28}{100}(2) + \frac{22}{100}(X-64)$$

$$\Rightarrow 144 = 56 + 22X - 1408 \Rightarrow 22X = 1496 \Rightarrow X = \frac{1496}{22} = 68$$

پس ایزوتوپ $^{68}_{30}M$ دارای $38 (30-68)$ نوترون است.

B ۸۱ ۲ تعداد ایزوتوپ‌های ^{28}Si را در نمونهٔ طبیعی ۲۰ عددی، F_1 در نظر می‌گیریم. از آنجا که تعداد ایزوتوپ $^{29}Si (F_2)$، ۱/۵ برابر تعداد ایزوتوپ $^{30}Si (F_3)$ و مجموع تعداد ایزوتوپ‌ها برابر ۲۰ است، خواهیم داشت:

$$\left.\begin{array}{ll} F_2 = 1/5F_3 & (I) \\ F_1 + F_2 + F_3 = 20 & (II) \end{array}\right\} \xrightarrow{(I),(II)} F_1 + 1/5F_3 + F_3 = 20 \Rightarrow F_1 = 20 - 2/5F_3 \quad (III)$$

روش اول (تشریحی): طبق رابطهٔ جرم اتمی میانگین داریم:

$$\xrightarrow{(I),(III)} \bar{M} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + M_3F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 28/35 = \frac{(28(20 - 2/5F_3)) + (29\times1/5F_3) + (30F_3)}{20}$$

$$567 = 560 - 70F_3 + 43/5F_3 + 30F_3 \Rightarrow F_3 = 2 , \quad F_1 = 20 - 2/5(2) = 15$$

روش دوم (تناسب):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) \Rightarrow 28/35 = 28 + \frac{1/5F_3}{20}(29-28) + \frac{F_3}{20}(30-28) \Rightarrow 0/35 = \frac{1/5F_3}{20}(1) + \frac{F_3}{20}(2)$$

$$\Rightarrow 7 = 1/5F_3 + 2F_3 \Rightarrow 3/5F_3 = 7 \Rightarrow F_3 = 2 , F_1 = 20 - 2/5(2) = 15$$

بنابراین در یک نمونهٔ ۲۰ عددی از ایزوتوپ‌های سیلیسیم، ۱۵ ایزوتوپ ^{28}Si وجود دارد.

B ۸۲ ۴ یون X^{2+} دارای ۱۰ الکترون است، پس این عنصر دارای ۱۲ پروتون بوده و عدد اتمی آن برابر ۱۲ است و عدد جرمی سه ایزوتوپ X با ۱۲، ۱۳ و n نوترون به ترتیب برابر ۲۴، ۲۵ و «n+12» است ($^{24}_{12}X$، $^{25}_{12}X$ و $^{12+n}_{12}X$). اکنون به کمک جرم اتمی میانگین و شکل داده شده، تعداد نوترون‌های ایزوتوپ دیگر را به دست می‌آوریم:

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + M_3F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 24/3 = \frac{(24\times40) + (25\times5) + (M_3\times5)}{40+5+5} \Rightarrow 1215 = 960 + 125 + 5M_3 \Rightarrow 5M_3 = 130 \Rightarrow M_3 = 26$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) \Rightarrow 24/3 = 24 + \frac{5}{50}(25-24) + \frac{5}{50}(M_3 - 24)$$

$$\Rightarrow 0/3 = 0/1(1) + 0/1(M_3 - 24) \Rightarrow 0/2 = 0/1(M_3 - 24) \Rightarrow 2 = M_3 - 24 \Rightarrow M_3 = 26$$

بنابراین عدد جرمی ایزوتوپ سوم برابر ۲۶ بوده و شمار نوترون‌های ایزوتوپ سوم برابر $14 (12-26)$ است.

B ۸۳ ۳ قسمت اول: روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + M_3F_3}{100} = \frac{(24\times40) + (25\times10) + (26\times30)}{100} = \frac{1440 + 250 + 780}{100} = 24/7\ amu$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) = 24 + \frac{10}{100}(25-24) + \frac{30}{100}(26-24) = 24 + 0/1(1) + 0/3(2) = 24/7 amu$$

قسمت دوم: در بین ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر، هر چه فراوانی یک ایزوتوپ کمتر باشد، پایداری هستهٔ آن ایزوتوپ کمتر است؛ بنابراین در بین ایزوتوپ‌های این عنصر، کمترین پایداری مربوط به ^{25}X است.

* **توجه** در نمونه‌های طبیعی از یک عنصر، درصد فراوانی نشان‌دهندهٔ پایداری ایزوتوپ‌ها است. اما دقت کنید طی فرایندهایی مانند غنی‌سازی که درصد فراوانی یک ایزوتوپ به طور مصنوعی افزایش می‌یابد، این افزایش درصد فراوانی به معنای افزایش پایداری ایزوتوپ مورد نظر نیست.

B ۸۴ ۲ با توجه به داده‌های مسئله می‌توان دریافت که فراوانی ایزوتوپ سوم ۱۵ درصد و فراوانی ایزوتوپ چهارم ۲۰ درصد می‌باشد.

$$F_۱+F_۲=٪۶۵\,,\ F_۳=٪۱۵\Rightarrow F_۴=۱۰۰-(F_۱+F_۲+F_۳)=۲۰$$

روش اول: برای حل این تست از فرمول مقابل استفاده می‌کنیم:

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳+M_۴F_۴}{F_۱+F_۲+F_۳+F_۴}$$

برای محاسبهٔ درصد فراوانی ایزوتوپ‌های اول و دوم یعنی ^{۴۹}A و ^{۵۱}A خواهیم داشت:

$$۵۰/۹۵=\frac{۴۹(F_۱)+۵۱(۶۵-F_۱)+۵۳(۱۵)+۵۴(۲۰)}{۱۰۰}\Rightarrow F_۱=٪۴۷/۵$$

بنابراین فراوانی ایزوتوپ ^{۴۹}A برابر با ۴۷/۵ و فراوانی ایزوتوپ ^{۵۱}A برابر با $(۶۵-۴۷/۵)\,٪۱۷/۵$ است.

روش دوم (تستی): برای حل اینگونه مسائل بهتر است از فرمول تستی زیر استفاده کنید:

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)+\frac{F_۴}{۱۰۰}(M_۴-M_۱)\Rightarrow ۵۰/۹۵=۴۹+\frac{F_۲}{۱۰۰}(۵۱-۴۹)+\frac{۱۵}{۱۰۰}(۵۳-۴۹)+\frac{۲۰}{۱۰۰}(۵۴-۴۹)$$

$$\Rightarrow ۱/۹۵=۰/۰۲F_۲+۰/۶+۱\Rightarrow F_۲=٪۱۷/۵$$

فراوانی ایزوتوپ ^{۵۱}A برابر ٪۱۷/۵ و فراوانی ایزوتوپ ^{۴۹}A برابر $(۶۵-۱۷/۵)\,٪۴۷/۵$ است.

B ۸۵ ۲ ابتدا به کمک عدد جرمی و درصد فراوانی عناصر داده شده، جرم اتمی میانگین هر یک از عناصر A و B را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{۱۰۰}$$

$$\bar{M}_A=\frac{(۴۰\times۲۵)+(۴۲\times۴۰)+(۴۴\times۳۵)}{۱۰۰}=\frac{۱۰۰۰+۱۶۸۰+۱۵۴۰}{۱۰۰}=۴۲/۲۰\,amu\,,\quad \bar{M}_B=\frac{(۶۵\times۶۴)+(۶۷\times۳۶)}{۱۰۰}=\frac{۴۱۶۰+۲۴۱۲}{۱۰۰}=۶۵/۷۲\,amu$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)+\cdots$$

$$\bar{M}_A=۴۰+\frac{۴۰}{۱۰۰}(۴۲-۴۰)+\frac{۳۵}{۱۰۰}(۴۴-۴۰)=۴۰+۰/۸+۱/۴=۴۲/۲\,amu\,,\quad \bar{M}_B=۶۵+\frac{۳۶}{۱۰۰}(۶۷-۶۵)=۶۵+۰/۷۲=۶۵/۷۲\,amu$$

اکنون با توجه به جرم اتمی میانگین دو عنصر A و B، جرم مولکولی میانگین $A_۳B_۲$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مولکولی میانگین } A_۳B_۲=۳\times(\text{جرم اتمی میانگین A})+۲\times(\text{جرم اتمی میانگین B})=۳\times(۴۲/۲۰)+۲(۶۵/۷۲)=۱۲۶/۶+۱۳۱/۴۴=۲۵۸/۰۴\,amu$$

B ۸۶ ۳ ابتدا عدد جرمی هر سه ایزوتوپ این عنصر را مشخص می‌کنیم: ایزوتوپ سنگین‌تر $(A_۳)$:

$$A_۳\begin{cases}n+p=۴۴\\ n-p=۴\end{cases}\Rightarrow n=۲۴\,,\ p=۲۰\Rightarrow {}^{۴۴}_{۲۰}A_۳$$

با توجه به این‌که تعداد پروتون‌های ایزوتوپ‌های یک عنصر برابر است، می‌توانیم عدد جرمی دو ایزوتوپ دیگر را به‌دست آوریم:

ایزوتوپ با جرم متوسط $(A_۲)$: $A_۲\begin{cases}p=۲۰\\ n=p+۲\end{cases}\Rightarrow n=۲۲\Rightarrow {}^{۴۲}_{۲۰}A_۲$ ایزوتوپ سبک‌تر $(A_۱)$: $A_۱\begin{cases}p=۲۰\\ n=p\end{cases}\Rightarrow n=۲۰\Rightarrow {}^{۴۰}_{۲۰}A_۱$

اکنون با توجه به این‌که درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر $(^{۴۰}A_۱)$ برابر ٪۶۰ است، درصد فراوانی ایزوتوپ متوسط $(^{۴۲}A_۲)$، یعنی مقدار $F_۲$ را به‌دست می‌آوریم:

$$F_۱+F_۲+F_۳=۱۰۰\,,\ F_۱=٪۶۰\Rightarrow ۶۰+F_۲+F_۳=۱۰۰\Rightarrow F_۳=۴۰-F_۲$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{۱۰۰}\Rightarrow ۴۱=\frac{(۴۰\times۶۰)+(۴۲\times F_۲)+(۴۴\times(۴۰-F_۲))}{۱۰۰}\Rightarrow ۴۱۰۰=۲۴۰۰+۴۲F_۲+۱۷۶۰-۴۴F_۲\Rightarrow ۲F_۲=۶۰\Rightarrow F_۲=٪۳۰$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)+\cdots\Rightarrow ۴۱=۴۰+\frac{F_۲}{۱۰۰}(۴۲-۴۰)+\frac{۴۰-F_۲}{۱۰۰}(۴۴-۴۰)\Rightarrow ۱۰۰=۲F_۲+۴(۴۰-F_۲)=۲F_۲+۱۶۰-۴F_۲$$

$$\Rightarrow ۲F_۲=۶۰\Rightarrow F_۲=٪۳۰$$

درصد فراوانی ایزوتوپ سبک $(A_۱)$ و ایزوتوپ متوسط $(A_۲)$ به ترتیب برابر ٪۶۰ و ٪۳۰ است؛ بنابراین به ازای هر ایزوتوپ متوسط، دو ایزوتوپ سبک وجود دارد.

B ۸۷ ۳ با توجه به اطلاعات مسئله، اگر عدد جرمی ایزوتوپ متوسط برابر M باشد، عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر $(M-۱)$ و عدد جرمی ایزوتوپ سنگین‌تر $(M+۲)$ است و همچنین اگر فراوانی ایزوتوپ متوسط را برابر ۱ در نظر بگیریم، فراوانی ایزوتوپ سنگین، ۲ و فراوانی ایزوتوپ سبک برابر ۴ خواهد بود پس داریم:

۲=فراوانی، $M+۲$=عدد جرمی سنگین ۱=فراوانی، M=عدد جرمی متوسط ۴=فراوانی، $M-۱$=عدد جرمی سبک

روش اول (تشریحی):
$$\text{جرم اتمی میانگین}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3}{100}=\frac{(M-1)\times4+M\times1+(M+2)\times2}{7}=M$$

روش دوم (تستی):
$$\text{جرم اتمی میانگین}=M_1+P_1(M_2-M_1)+P_2(M_3-M_1)+\cdots=(M-1)+\frac{1}{7}\underbrace{(M-(M-1))}_{1}+\frac{2}{7}\underbrace{((M+2)-(M-1))}_{3}$$
$$=(M-1)+\frac{1}{7}(1)+\frac{2}{7}(3)=(M-1)+1=M$$

۸۸ | ۱ | C ایزوتوپ سنگین‌تر را ${}^{a+2}_{Z}X$ و ایزوتوپ سبک‌تر را ${}^{a}_{Z}X$ در نظر می‌گیریم. به ازای هر ۶ اتم ${}^{a}_{Z}X$، ۴ اتم ${}^{a+2}_{Z}X$ وجود دارد، پس خواهیم داشت:

روش اول (تشریحی):
$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}=121/8=\frac{(a\times6)+((a+2)\times4)}{10}\Rightarrow1218=6a+4a+8\Rightarrow1210=10a\Rightarrow a=121$$

روش دوم (تستی):
$$\bar{M}=M_1+P_2(M_2-M_1)+\cdots\Rightarrow121/8=a+\frac{4}{10}\underbrace{((a+2)-a)}_{2}\Rightarrow121/8=a+0/8\Rightarrow a=121$$

پس عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر برابر ۱۲۱ است؛ بنابراین خواهیم داشت:
$${}^{a}_{Z}X\begin{cases}n-e=19\\n+Z=121\end{cases}\xrightarrow{e=Z}\begin{cases}n-Z=19\\n+Z=121\end{cases}\Rightarrow2Z=102\Rightarrow Z=51$$

۸۹ | ۲ | C عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): روش اول (تشریحی):
$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}=\frac{(6\times3)+(7\times47)}{3+47}=6/94\text{amu}$$

روش دوم (تستی):
$$\bar{M}=M_1+P_2(M_2-M_1)=M_1+\frac{47}{50}(7-1)=M_1+0/94\Rightarrow\bar{M}=M_1+0/94$$

تفاوت جرم اتمی میانگین وجرم ایزوتوپ سنگین‌تر برابر ۰/۰۶amu است. عبارت (ب):
$$\text{تعداد نوترون‌ها}=2000\times\frac{3}{50}\times3+2000\times\frac{47}{50}\times4=7880$$

عبارت (پ): با توجه به شکل صورت تست، کاملاً نادرست است. عبارت (ت): در میان ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن، ${}^{5}_{1}H$ بیشترین نیم‌عمر را دارد که دارای ۴ نوترون است. در ایزوتوپ سنگین‌تر عنصر لیتیم $({}^{7}_{3}Li)$ نیز چهار نوترون وجود دارد.

۹۰ | ۲ | C با توجه به اطلاعات مسئله، اگر تعداد ایزوتوپ‌های ${}^{66}Cu$ و ${}^{63}Cu$ به‌ترتیب برابر $3x$ و $2x$ باشد، تعداد ایزوتوپ‌های ${}^{64}Cu$ برابر $(40-5x)$ است. با توجه به جرم اتمی میانگین نمونه، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

روش اول:
$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3}{F_1+F_2+F_3}\Rightarrow64/2=\frac{63(2x)+64(40-5x)+66(3x)}{40}\Rightarrow x=2$$

پس در این نمونه که حاوی ۴۰ اتم است، ۳۰ اتم ${}^{64}Cu$ هستند:
$$40-5x=40-5(2)=30$$

بنابراین درصد فراوانی ${}^{64}Cu$ برابر ۷۵٪ $(\frac{30}{40}\times100)$ است. این مسئله را می‌توانستید با مجموع اختلاف شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها نیز حل کنید.

روش دوم: اختلاف شمار نوترون و پروتون‌ها در ${}^{66}_{29}Cu$، ${}^{63}_{29}Cu$ و ${}^{64}_{29}Cu$ به‌ترتیب برابر ۵، ۸ و ۶ است؛ پس خواهیم داشت:
$$\text{مجموع اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها}=(3x\times8)+(2x\times5)+((40-5x)\times6)=248\Rightarrow24x+10x+240-30x=248$$
$$\Rightarrow4x+240=248\Rightarrow4x=8\Rightarrow x=2$$

پس در این نمونه که حاوی ۴۰ اتم است، ۳۰ اتم ${}^{64}Cu$ است $(40-5(2)=30)$ و درصد فراوانی این ایزوتوپ برابر ۷۵٪ $(\frac{30}{40}\times100)$ می‌باشد.

۹۱ | ۱ | C قسمت اول: ابتدا به کمک شکل داده شده، جرم اتمی میانگین عنصر X را به دست می‌آوریم:

روش اول (تشریحی):
$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3}{F_1+F_2+F_3}=\frac{(31\times9)+(32\times7)+(33\times4)}{9+7+4}\Rightarrow\bar{M}=\frac{279+224+132}{20}=\frac{635}{20}=31/75\text{ amu}$$

روش دوم (تستی):
$$\bar{M}=M_1+P_2(M_2-M_1)+P_3(M_3-M_1)=31+\frac{7}{20}(32-31)+\frac{4}{20}(33-31)\Rightarrow\bar{M}=31+0/35+0/40=31/75\text{ amu}$$

قسمت دوم: با حذف تعدادی از ایزوتوپ‌های سبک‌تر، طبیعتاً جرم اتمی میانگین عنصر افزایش می‌یابد؛ بنابراین طی این فرایند جرم اتمی میانگین X، ۰/۲۵ amu افزایش یافته و برابر ۳۲ (۳۱/۷۵+۰/۲۵) می‌شود. اکنون با توجه به جرم اتمی میانگین جدید و شمار اتم‌های دو ایزوتوپ دیگر، تعداد ایزوتوپ‌های سبک حذف شده (n) از نمونهٔ اولیه را به‌دست می‌آوریم:
$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3}{F_1'+F_2+F_3}\Rightarrow32=\frac{(31\times(9-n))+(32\times7)+(33\times4)}{(9-n)+7+4}$$
$$\Rightarrow32(20-n)=31(9-n)+(32\times7)+(33\times4)\Rightarrow640-32n=279-31n+224+132\Rightarrow n=5$$

پس طی این فرایند ۵ عدد از ایزوتوپ‌های ${}^{31}X$ از نمونه حذف شده است.

A ۹۲ ۱ اتم‌ها به‌طور باورنکردنی ریز هستند به‌طوری که نمی‌توان با هیچ دستگاهی و حتی با شمردن تک‌تک آن‌ها، شمار آن‌ها را به‌دست آورد.

B ۹۳ ۱ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (پ): جرم پروتون و نوترون به‌تقریب برابر ۱ amu است. از آنجا که هر واحد جرم اتمی (amu) معادل $۱/۶۶\times۱۰^{-۲۴}\,g$ است، پس جرم پروتون و نوترون را می‌توان تقریباً $۱/۶۶\times۱۰^{-۲۴}\,g$ در نظر گرفت. عبارت (ت): جرم یک مول اتم ^{۱}H به‌تقریب برابر یک گرم است:

$$۱\,g\,{}^{۱}H\times\frac{۱\,mol\,{}^{۱}H}{۱\,g\,{}^{۱}H}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,{}^{۱}H}{۱\,mol\,{}^{۱}H}=۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,{}^{۱}H$$

عبارت (ث): جرم نوترون، پروتون و الکترون به‌ترتیب برابر ۱/۰۰۸۷ amu، ۱/۰۰۷۳ amu و ۰/۰۰۰۵ amu است. بنابراین:

$$\frac{\text{جرم پروتون}-\text{جرم نوترون}}{\text{جرم الکترون}}=\frac{۱/۰۰۸۷-۱/۰۰۷۳}{۰/۰۰۰۵}=۲/۸$$

B ۹۴ ۲ ابتدا عدد جرمی عنصر X را به‌دست می‌آوریم:

$$_{۲۷}^{A}X^{۲+}:p=۲۷,\quad e=p-۲=۲۷-۲=۲۵,\quad n-e=۷\xrightarrow{e=۲۵}n=۳۲$$

تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های عنصر X به ترتیب برابر ۲۷ و ۳۲ است، پس عدد جرمی عنصر X برابر ۵۹ (۲۷+۳۲) است. همان‌طور که می‌دانید، مقدار عددی جرم اتمی را می‌توانیم برابر عدد جرمی در نظر بگیریم؛ بنابراین جرم اتمی عنصر X برابر ۵۹ amu است. اکنون جرم یک اتم ^{۵۹}X را برحسب گرم به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,{}^{۵۹}X=۱\,atom\,X\times\frac{۵۹\,amu}{۱\,atom\,X}\times\frac{۱/۶۶\times۱۰^{-۲۴}\,g}{۱\,amu}=۹/۷۹۴\times۱۰^{-۲۳}\,g$$

B ۹۵ ۳ قسمت اول: ابتدا جرم اتمی عنصر مورد نظر را برحسب یکای amu به‌دست می‌آوریم. می‌دانیم که هر amu معادل $۱/۶۶\times۱۰^{-۲۴}\,g$ است:

$$?\,amu\,(\text{جرم اتمی})=۱atom\times\frac{۱/۳۲۸\times۱۰^{-۲۲}\,g}{۱atom}\times\frac{۱amu}{۱/۶۶\times۱۰^{-۲۴}\,g}=\frac{۱۳۲/۸}{۱/۶۶}=۸۰amu$$

همان‌طور که می‌دانید، مقدار عددی جرم اتمی عنصر را می‌توان به تقریب برابر عدد جرمی آن در نظر گرفت؛ پس عدد جرمی این ایزوتوپ برابر ۸۰ بوده و تعداد پروتون‌های این ایزوتوپ برابر ۳۵ (۴۵−۸۰) است؛ بنابراین عنصر مورد نظر $_{۳۵}^{۸۰}Br$ می‌باشد. قسمت دوم: جرم اتمی ایزوتوپ $_{۶}^{۱۲}C$ برابر ۱۲ amu است؛ بنابراین نسبت جرم اتمی $_{۳۵}^{۸۰}Br$ به $_{۶}^{۱۲}C$ به تقریب برابر ۶/۶۷ $(\frac{۸۰}{۱۲})$ است.

B ۹۶ ۴ هر یون $NH_۴^+$ متشکل از ۱ اتم $_{۷}^{۱۴}N$ و ۴ اتم $_{۱}^{۱}H$ است:

$$NH_۴^+:p=۷+۴(۱)=۱۱,\quad n=(۱۴-۷)+۴(۰)=۷,\quad e=Z-۱=۱۱-۱=۱۰$$

پس هر یون $NH_۴^+$ در مجموع ۲۸ (۱۱+۷+۱۰) ذرهٔ زیراتمی دارد. پس خواهیم داشت:

$$\text{ذرهٔ زیراتمی}\ ?=۴/۵g\,NH_۴^+\times\frac{۱\,mol\,NH_۴^+}{۱۸\,g\,NH_۴^+}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,ion\,NH_۴^+}{۱\,mol\,NH_۴^+}\times\frac{\text{ذرهٔ زیراتمی}\ ۲۸}{۱\,ion\,NH_۴^+}=۴/۲۱۴\times۱۰^{۲۴}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۴/۵\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۲۸}{۱۸}=?\xrightarrow[\text{به جای ۶/۰۲، عدد ۶ قرار گیرد}]{\text{تخمین زدن}}\frac{۴/۵\times\overset{۱۸}{\overset{\downarrow}{۶}}\times۱۰^{۲۳}\times۲۸}{}=\frac{\overset{۱/۵}{\overset{\downarrow}{۴/۵}}\times۱۰^{۲۳}\times۲۸}{\overset{\downarrow}{۳}}=۱/۵\times۱۰^{۲۳}\times۲۸=۴/۲\times۱۰^{۲۴}$$

پاسخ باید اندکی بزرگ‌تر از $۴/۲\times۱۰^{۲۴}$ باشد. (پاسخ: $۴/۲۱۲\times۱۰^{۲۴}$)

B ۹۷ ۱ **روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا تعداد اتم‌های هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,atom\,H=۹/۶g\,C_{۱۰}H_۸\times\frac{۱\,mol\,C_{۱۰}H_۸}{۱۲۸g\,C_{۱۰}H_۸}\times\frac{۸mol\,H}{۱\,mol\,C_{۱۰}H_۸}\times\frac{N_A\,atom\,H}{۱\,mol\,H}=۰/۶N_A\,atom\,H$$

اکنون جرم $C_۶H_{۱۲}O_۶$ را که در آن $۰/۶N_A$ اتم کربن وجود دارد به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,C_۶H_{۱۲}O_۶=۰/۶N_A\,atom\,C\times\frac{۱\,mol\,atom\,C}{N_A\,atom\,C}\times\frac{۱\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۶\,mol\,atom\,C}\times\frac{۱۸۰g\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}=۱۸g\,C_۶H_{۱۲}O_۶$$

روش دوم (تستی):

$$H\ \text{اتم}:\frac{\text{تعداد اتم}}{\text{زیروند اتم}\times N_A}=\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{۸\times N_A}=\frac{۹/۶}{۱۲۸}\Rightarrow x=۰/۶N_A\,atom\,H$$

$$C\ \text{اتم}:\frac{\text{تعداد اتم}}{\text{زیروند اتم}\times N_A}=\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۰/۶N_A}{۶\times N_A}=\frac{y}{۱۸۰}\Rightarrow y=۱۸g\,C_۶H_{۱۲}O_۶$$

A ۹۸ ۲ جرم مولی $HNO_۳$ برابر است با:

$$\text{جرم مولی}=۱+۱۴+۳(۱۶)=۶۳g.mol^{-۱}$$

جرم نمونه‌ای از آن که دارای $۷/۵۲۵\times۱۰^{۲۲}$ اتم است را به‌دست می‌آوریم:

$$۷/۵۲۵\times۱۰^{۲۲}\,\text{اتم}\times\frac{۱\,mol\,\text{اتم}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\text{اتم}}\times\frac{۱\,mol\,HNO_۳}{۵mol\,\text{اتم}}\times\frac{۶۳g\,HNO_۳}{۱\,mol\,HNO_۳}=۱/۵۷۵g\,HNO_۳$$

B ۹۹ ۱

★ **نکته** بر اساس تعریف عدد آووگادرو، تعداد $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ از هر ذره را یک مول از آن ذره می‌نامند. لذا برای مقایسهٔ شمار این ذرات در چند نمونه، نیازی نیست شمار اتم‌ها یا مولکول‌ها را محاسبه کنید و کافی است فقط شمار مول‌های آن‌ها را به‌دست آورده و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱):

$$?\,atom=۱۷g\,H_۲O_۲\times\frac{۱mol\,H_۲O_۲}{۳۴g\,H_۲O_۲}\times\frac{۴mol\,atom}{۱mol\,H_۲O_۲}\times\frac{N_A\,atom}{۱mol\,atom}=۲N_A\,atom$$

گزینهٔ (۲):

$$?\,atom=۴/۸g\,CH_۴\times\frac{۱mol\,CH_۴}{۱۶g\,CH_۴}\times\frac{۵mol\,atom}{۱mol\,CH_۴}\times\frac{N_A\,atom}{۱mol\,atom}=۱/۵N_A\,atom$$

گزینهٔ (۳):

$$?\,atom=۲۴/۵g\,H_۲SO_۴\times\frac{۱mol\,H_۲SO_۴}{۹۸g\,H_۲SO_۴}\times\frac{۷mol\,atom}{۱mol\,H_۲SO_۴}\times\frac{N_A\,atom}{۱mol\,atom}=۱/۷۵N_A\,atom$$

گزینهٔ (۴):

$$?\,atom=۹/۲g\,C_۲H_۵OH\times\frac{۱mol\,C_۲H_۵OH}{۴۶g\,C_۲H_۵OH}\times\frac{۹mol\,atom}{۱mol\,C_۲H_۵OH}\times\frac{N_A\,atom}{۱mol\,atom}=۱/۸N_A\,atom$$

B ۱۰۰ **۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف):

$$?\,atom=۲۰g\,SO_۳\times\frac{۱mol\,SO_۳}{۸۰g\,SO_۳}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,SO_۳}{۱mol\,SO_۳}\times\frac{۴atom}{۱molecule\,SO_۳}=۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom$$

عبارت (ب):

$$?\,mol\,Ca=۲۱/۰۷\times۱۰^{۲۳}\,atom\times\frac{۱mol\,Ca}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,Ca}=۳/۵mol\,Ca$$

عبارت (پ):

$$?\,g\,CH_۳OH=۶mol\,CH_۳OH\times\frac{۳۲g\,CH_۳OH}{۱mol\,CH_۳OH}=۱۹۲g\,CH_۳OH$$

عبارت (ت): فراوان‌ترین ایزوتوپ منیزیم ^{۲۴}Mg است. بنابراین جرم یک اتم از آن برابر است با: $(۱amu=۱/۶۶\times۱۰^{-۲۴}g)$

$$\text{جرم یک اتم }{}^{۲۴}Mg=۲۴\,amu\times\frac{۱/۶۶\times۱۰^{-۲۴}g}{۱amu}\simeq۴\times۱۰^{-۲۳}g$$

B ۱۰۱ **۲** ابتدا جرم سدیم تیوسیانات را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Na_۲S_۲O_۳=۱۹/۲g\,S\times\frac{۱mol\,S}{۳۲g\,S}\times\frac{۱mol\,Na_۲S_۲O_۳}{۲mol\,S}\times\frac{۱۵۸g\,Na_۲S_۲O_۳}{۱mol\,Na_۲S_۲O_۳}=۴۷/۴g\,Na_۲S_۲O_۳$$

✚ **توضیح محاسبات**

$$\frac{۱۹/۲\times۱۵۸}{۳۲\times۲}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{\overset{۰/۶}{۱۹/۲}\times۱۵۸}{۳۲\times۲}=\frac{\overset{۰/۳}{۰/۶}\times۱۵۸}{۲}=۰/۳\times۱۵۸=۰/۳(۱۶۰-۲)=۴۸-۰/۶=۴۷/۴$$

سپس جرم آرگون را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,Ar=۳mol\,Ar\times\frac{۳۹/۵g\,Ar}{۱mol\,Ar}=۱۱۸/۵g\,Ar$$

اکنون نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم سدیم تیوسیانات}}{\text{جرم آرگون}}=\frac{۴۷/۴}{۱۱۸/۵}=۰/۴$$

B ۱۰۲ **۲**

* **توجه** شمار الکترون‌های موجود در یون‌های چندتایی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

شمار الکترون‌های یون‌های چندتایی = (مجموع شمار پروتون‌های اتم‌ها) − بار یون

با توجه به فرمول بالا داریم:

$$\text{شمار الکترون‌های یون }SO_۴^{۲-}=[(\text{شمار پروتون‌های S})+۴\times(\text{شمار پروتون‌های O})]-[\text{بار یون}]=[۱(۱۶)+۴(۸)]-(-۲)=۴۸-(-۲)=۵۰\,e^-$$

اکنون شمار الکترون‌های موجود در $۹/۶g$ از $SO_۴^{۲-}$ را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,\text{تعداد الکترون‌ها}=۹/۶g\,SO_۴^{۲-}\times\frac{۱mol\,SO_۴^{۲-}}{۹۶g\,SO_۴^{۲-}}\times\frac{۵۰mol\,e^-}{۱mol\,SO_۴^{۲-}}=۵mol\,e^-$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }SO_۴^{۲-}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول الکترون}}{\text{تعداد الکترون‌ها}}\Rightarrow\frac{۹/۶}{۹۶}=\frac{x\,mol\,e^-}{۵۰}\Rightarrow x=۵mol\,e^-$$

بنابراین شمار اتم‌های موجود در $۱۵۲\,g$ از $N_۲O_x$ برابر $۱۰\,mol$ است. اکنون مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,atom=۱۵۲g\,N_۲O_x\times\frac{۱mol\,N_۲O_x}{(۲(۱۴)+x(۱۶))g\,N_۲O_x}\times\frac{(۲+x)\,mol\,\text{اتم}}{۱mol\,N_۲O_x}=۱۰mol\,atom$$

$$\Rightarrow۱۵۲(x+۲)=۱۰(۲۸+۱۶x)\Rightarrow۱۵۲x+۳۰۴=۲۸۰+۱۶۰x\Rightarrow۸x=۲۴\Rightarrow x=۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }N_۲O_x}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد مول اتم‌ها}}{\text{تعداد اتم‌ها در مولکول}}\Rightarrow\frac{۱۵۲}{۲(۱۴)+x(۱۶)}=\frac{۱۰}{۲+x}\Rightarrow x=۳$$

B ۱۰۳ ۲ ابتدا مجموع جرم مواد موجود در ظرف A را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,N_2O_5=9/03\times10^{23}\,molecule\,N_2O_5\times\frac{1\,mol\,N_2O_5}{6/02\times10^{23}\,molecule\,N_2O_5}\times\frac{108\,g\,N_2O_5}{1\,mol\,N_2O_5}=162\,g\,N_2O_5$$

$$?\,g\,C_3H_6O=0/5\,mol\,C_3H_6O\times\frac{58\,g\,C_3H_6O}{1\,mol\,C_3H_6O}=29\,g\,C_3H_6O,\quad \text{مجموع جرم مواد ظرف A}=162+29=191$$

جرم مولی عنصر X را M فرض می‌کنیم. مجموع جرم مواد موجود در ظرف B برابر است با:

$$?\,g\,X_2=0/4\,mol\,X_2\times\frac{2M\,g}{1\,mol\,X_2}=0/8M\,g\,X_2$$

$$?\,g\,I_2=0/5\,mol\,I_2\times\frac{254\,g\,I_2}{1\,mol\,I_2}=127\,g\,I_2$$

$$\text{مجموع جرم مواد موجود در ظرف B}=127+0/8M$$

از آنجا که جرم محتویات ظرف‌های A با B برابر است، M را به‌دست می‌آوریم:

$$191=127+0/8M\Rightarrow M=80$$

پس X، عنصر $_{80}Br$ است.

B ۱۰۴ ۴ ابتدا شمار اتم‌های اکسیژن موجود در نمونهٔ گاز SO_3 را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,atom\,O=0/2\,mol\,S\times\frac{1\,mol\,SO_3}{1\,mol\,S}\times\frac{3\,mol\,O}{1\,mol\,SO_3}\times\frac{N_A\,atom\,O}{1\,mol\,O}=0/6N_A\,atom\,O$$

سپس شمار اتم‌های نیتروژن موجود در نمونهٔ گاز N_2O_5 را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,atom\,N=3/01\times10^{22}\,\text{مولکول}\,N_2O_5\times\frac{1\,mol\,N_2O_5}{6/02\times10^{23}\,\text{مولکول}\,N_2O_5}\times\frac{2\,mol\,N}{1\,mol\,N_2O_5}\times\frac{N_A\,atom\,N}{1\,mol\,N}=0/1\,N_A\,atom\,N$$

در نتیجه در نمونهٔ اتانوئیک اسید باید $0/5N_A$ $(0/6N_A-0/1N_A)$ اتم هیدروژن وجود داشته باشد.

$$?\,g\,CH_3COOH=0/5N_A\,atom\,H\times\frac{1\,mol\,H}{N_A\,atom\,H}\times\frac{1\,mol\,CH_3COOH}{4\,mol\,H}\times\frac{60\,g\,CH_3COOH}{1\,mol\,CH_3COOH}=7/5\,g\,CH_3COOH$$

B ۱۰۵ ۱ با توجه به اینکه در این مخلوط فقط مولکول‌های استون دارای اکسیژن هستند می‌توان از تعداد اتم‌های اکسیژن، جرم استون را در مخلوط محاسبه کرد:

$$9/03\times10^{22}\,O\times\frac{1\,mol\,O}{6/02\times10^{23}\,O}\times\frac{1\,mol\,C_3H_6O}{1\,mol\,O}\times\frac{58\,g\,C_3H_6O}{1\,mol\,C_3H_6O}=8/7\,g\,C_3H_6O$$

پس در این مخلوط $8/7g$ استون (C_3H_6O) و $8/6g$ $(17/3-8/7)$ هگزان (C_6H_{14}) وجود دارد. اکنون مقدار مول کربن را در هر ماده محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,C\,(\text{در استون})=9/03\times10^{22}\,O\times\frac{1\,mol\,O}{6/02\times10^{23}\,O}\times\frac{3\,mol\,C}{1\,mol\,O}=0/45\,mol\,C$$

$$?\,mol\,C\,(\text{در هگزان})=8/6\,g\,C_6H_{14}\times\frac{1\,mol\,C_6H_{14}}{86\,g\,C_6H_{14}}\times\frac{6\,mol\,C}{1\,mol\,C_6H_{14}}=0/6\,mol\,C$$

در مجموع $1/05\,mol$ $(0/45+0/6)$ کربن در مخلوط وجود دارد.

B ۱۰۶ ۲ بررسی گزینه‌های نادرست: گزینهٔ (۱): بار الکتریکی نسبی پروتون $(_{+1}^{1}p)$ و الکترون $(_{-1}^{0}e)$ به ترتیب برابر ۱+ و ۱− است. این در حالی است که بار مطلق پروتون و الکترون در واحد SI به ترتیب برابر $+1/6\times10^{-19}C$ و $-1/6\times10^{-19}C$ است. گزینهٔ (۳): تعداد اتم‌ها در ۶۴ گرم Cu:

$$?\,atom\,Cu=6/4\,g\,Cu\times\frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu}\times\frac{N_A\,atom\,Cu}{1\,mol\,Cu}=0/1\,N_A\,atom\,Cu$$

تعداد اتم‌ها در ۰/۰۲ مول Al:

$$?\,atom\,Al=0/02\,mol\,Al\times\frac{N_A\,atom\,Al}{1\,mol\,Al}=0/02N_A\,atom\,Al$$

تعداد اتم‌ها در دو نمونه یکسان نیست! گزینهٔ (۴): عنصر هیدروژن به صورت مولکول‌های دواتمی H_2 است، پس خواهیم داشت:

$$?\,mole\,H_2=1\,g\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2}\times\frac{6/02\times10^{23}\,molecule\,H_2}{1\,mol\,H_2}=3/01\times10^{23}\,molecule\,H_2$$

B ۱۰۷ ۳ ابتدا جرم مولی (جرم یک مول) ترکیب A_2O را به‌دست می‌آوریم:

$$1\,mol\times\frac{6/02\times10^{23}}{1\,mol}\times\frac{3/23g}{3/01\times10^{22}}=64/6g$$

اکنون جرم مولی A را به‌دست می‌آوریم:

$$2M_A+16=64/6\Rightarrow M_A=24/3\,g.mol^{-1}$$

مقدار عددی جرم مولی (برحسب گرم بر مول) را می‌توان برابر مقدار عددی جرم اتمی میانگین (برحسب amu) در نظر گرفت:

$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}\Rightarrow24/3=\frac{23F_1+25F_2}{F_1+F_2},\ F_1+F_2=100\Rightarrow F_1=35,\ F_2=65$$

درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر برابر ۳۵ و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر ۶۵ است. نسبت فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر به سنگین‌تر برابر است با: $\frac{35}{65}\simeq0/54$

۱۰۸ **۳** مرحلهٔ اول: مقدار عددی جرم اتمی عناصر را می‌توانیم به تقریب برابر عدد جرمی آن‌ها در نظر بگیریم؛ بنابراین جرم اتمی D، A و E به ترتیب برابر x، ۲x و ۴x گرم بر مول است. اکنون به کمک مجموع جرم اتم‌های موجود در ظرف، مقدار x را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,A=0/5\,mol\,A\times\frac{(x)g\,A}{1\,mol\,A}=0/5x\,g\,A \qquad ?\,g\,E=1\,mol\,E\times\frac{(4x)g\,E}{1\,mol\,E}=4x\,g\,E$$

$$?\,g\,D=12/04\times10^{23}\,atom\,D\times\frac{1\,mol\,D}{6/02\times10^{23}\,atom\,D}\times\frac{(2x)g\,D}{1\,mol\,D}=4x\,g\,D$$

مجموع جرم اتم‌های موجود در ظرف برابر ۸۵g بوده است؛ بنابراین: $0/5x+4x+4x=85\Rightarrow 8/5x=85\Rightarrow x=10$ = مجموع جرم اتم‌های موجود در ظرف

مرحلهٔ دوم: منظور از ذرات زیراتمی باردار درون هسته، همان پروتون‌ها است. در اتم‌های A، D و E به ترتیب y، x و 2x پروتون وجود دارد. ابتدا شمار پروتون‌های موجود در این سه نمونه را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,(\text{پروتون در نمونهٔ }A)=0/5\,mol\,A\times\frac{(y)mol\,\text{پروتون}}{1\,mol\,A}=0/5y\,mol\,\text{پروتون}$$

$$?\,mol\,(\text{پروتون در نمونهٔ }D)=12/04\times10^{23}\,atom\,D\times\frac{1\,mol\,D}{6/02\times10^{23}\,atom\,D}\times\frac{(x)mol\,\text{پروتون}}{1\,mol\,D}=2x\,mol\,\text{پروتون}$$

$$?\,mol\,(\text{پروتون در نمونهٔ }E)=1\,mol\,E\times\frac{(2x)\,mol\,\text{پروتون}}{1\,mol\,E}=2x\,mol\,\text{پروتون}$$

مجموع شمار مول پروتون‌های موجود در ظرف برابر ۴۲/۵ مول بوده است، پس y برابر است با:

$$\text{مجموع تعداد مول پروتون‌های سه نمونه}=0/5y+2x+2x=42/5\xrightarrow{x=10}0/5y+2(10)+2(10)=42/5\Rightarrow 0/5y+40=42/5\Rightarrow 0/5y=2/5\Rightarrow y=5$$

۱۰۹ **۱** ابتدا جرم اتمی میانگین اتم کلر را محاسبه می‌کنیم:

$$\overline{Cl}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}=\frac{(35+75)+(37\times25)}{75+25}=35/5\,amu$$

اگر جرم اتمی میانگین نیکل را x در نظر بگیریم، جرم مولی ترکیب $NiCl_2$ برابر است با:

$$\text{جرم مولی }NiCl_2=x+2(35/5)=(71+x)g.mol^{-1}$$

با توجه به تعداد اتم‌های موجود در ۱۴/۴ گرم از این ترکیب داریم:

$$14/4g\,NiCl_2\times\frac{1\,mol\,NiCl_2}{(71+x)g\,NiCl_2}\times\frac{6\times10^{23}\,molecule}{1\,mol\,NiCl_2}\times\frac{3atom}{1\,molecule}=2\times10^{23}\,atom\Rightarrow x=58/6g.mol^{-1}$$

پس جرم اتمی میانگین نیکل برابر 58/6amu است. درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را F_1 در نظر می‌گیریم، پس خواهیم داشت: $F_1+F_2=100\Rightarrow F_2=100-F_1$

$$\overline{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}=\frac{58F_1+60(100-F_1)}{100}=58/6\Rightarrow5860=58F_1+6000-60F_1\Rightarrow140=2F_1\Rightarrow F_1=70,\,F_2=30$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{70}{30}=\frac{7}{3}$$

۱۱۰ **۲** ابتدا باید جرم آهن موجود در استوانه را محاسبه کنیم:

$$\text{جرم آهن}=\frac{75}{100}\times\overbrace{(\text{حجم}\times\text{چگالی})}^{\text{جرم استوانه}}=\frac{75}{100}\times[3/1(3\times2^2\times3)]=83/7g$$

پس از محاسبهٔ جرم آهن، باید تعداد مول آهن را به‌دست آوریم، در نتیجه باید جرم مولی آهن را محاسبه کنیم و برای محاسبهٔ جرم مولی لازم است که جرم اتمی میانگین آهن را به‌دست آوریم:

$$?\,mol\,Fe=83/7g\,Fe\times\frac{1\,mol\,Fe}{55/8g\,Fe}=1/5\,mol\,Fe \qquad \text{جرم مولی آهن}=\text{(جرم اتمی میانگین)}=\frac{(90\times56)+(10\times54)}{100}=55/8$$

۹۰٪ از این ۱/۵ مول آهن را $^{56}_{26}Fe$ تشکیل می‌دهد که هر اتم آن ۳۰ نوترون دارد و ۱۰٪ بقیه را $^{54}_{26}Fe$ تشکیل می‌دهد که هر اتم آن ۲۸ نوترون دارد. بنابراین مجموع تعداد نوترون‌ها برابر است با:

$$\text{تعداد نوترون‌ها در }^{56}_{26}Fe=1/5\times\frac{90}{100}\times30\times N_A=40/5N_A$$

$$\text{تعداد نوترون‌ها در }^{54}_{26}Fe=1/5\times\frac{10}{100}\times28\times N_A=4/2N_A \qquad \text{مجموع تعداد نوترون‌ها}=40/5N_A+4/2N_A=44/7N_A$$

۱۱۱ **۳** جرم آمونیاک را x گرم و جرم متان را $(20-x)$ گرم در نظر می‌گیریم و جرم اتم‌های هیدروژن را برحسب x محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,H=xg\,NH_3\times\frac{1\,mol\,NH_3}{17g\,NH_3}\times\frac{3mol\,H}{1\,mol\,NH_3}\times\frac{1g\,H}{1\,mol\,H}=\frac{3}{17}xg\,H$$

$$?\,g\,H=(20-x)g\,CH_4\times\frac{1\,mol\,CH_4}{16g\,CH_4}\times\frac{4mol\,H}{1\,mol\,CH_4}\times\frac{1g\,H}{1\,mol\,H}=\frac{(20-x)}{4}g\,H$$

از آنجا که جرم اتم‌های هیدروژن مخلوط برابر ۴ گرم است، می‌توان مقدار x را به‌دست آورد:

$$\frac{3}{17}x+\frac{1}{4}(20-x)=4\Rightarrow x=13/6g\,(\text{جرم آمونیاک})$$

به این ترتیب در این مخلوط ۶/۴ گرم متان وجود دارد. جرم متان $=۲۰-۱۳/۶=۶/۴g$

اکنون شمار اتم‌های کربن را به‌دست می‌آوریم: $?\,\text{اتم C}=۶/۴g\,CH_۴\times\frac{۱mol\,CH_۴}{۱۶g\,CH_۴}\times\frac{۱mol\,C}{۱mol\,CH_۴}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\text{اتم C}}{۱mol\,C}=۲/۴۰۸\times۱۰^{۲۳}\,\text{اتم C}$

۱۱۲ **۴** **C** قسمت اول: در صورت مسئله گفته شده که عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر برابر ۲۴ بوده (^{۲۴}X) و ایزوتوپ سنگین‌تر آن ۴ نوترون بیشتر از ایزوتوپ سبک‌تر دارد، بنابراین عدد جرمی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر ۲۸ خواهد بود (^{۲۸}X). ابتدا جرم اتمی میانگین عنصر X را به دست می‌آوریم: (درصد فراوانی ایزوتوپ‌های ^{۲۴}X و ^{۲۸}X به ترتیب برابر ۷۵٪ و ۲۵٪ است.) روش اول (تشریحی):

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{۱۰۰}=\frac{(۲۴\times۷۵)+(۲۸\times۲۵)}{۱۰۰}=\frac{۱۸۰۰+۷۰۰}{۱۰۰}=۲۵\,amu$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)=۲۴+\frac{۲۵}{۱۰۰}(۲۸-۲۴)=۲۴+\frac{۱}{۴}(۴)=۲۵\,amu$$

می‌دانیم که مقدار عددی جرم اتمی یک عنصر برحسب amu، با جرم مولی آن عنصر برحسب یکای $g.mol^{-۱}$ برابر است. اکنون شمار ایزوتوپ‌های عنصر سبک‌تر را در ۲۰۰ گرم از عنصر X محاسبه می‌کنیم: $?\,atom\,^{۲۴}X=۲۰۰g\,X\times\frac{۱mol\,X}{۲۵g\,X}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,X}{۱mol\,X}\times\frac{۷۵\,atom\,^{۲۴}X}{۱۰۰\,atom\,X}=۳/۶۱۲\times۱۰^{۲۴}\,atom\,^{۲۴}X$

قسمت دوم: ابتدا جرم اتمی میانگین عنصر Y را به‌دست می‌آوریم: (درصد فراوانی ^{۳۵}Y و ^{۳۷}Y را به ترتیب برابر $F_۱$ و $F_۲$ در نظر می‌گیریم.)

$$F_۱+F_۲=۱۰۰,F_۲=\frac{۱}{۴}F_۱\Rightarrow F_۱+\frac{۱}{۴}F_۱=۱۰۰\Rightarrow\frac{۵}{۴}F_۱=۱۰۰\Rightarrow F_۱=٪۸۰,\ F_۲=٪۲۰$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{۱۰۰}=\frac{(۳۵\times۸۰)+(۳۷\times۲۰)}{۱۰۰}=\frac{۲۸۰۰+۷۴۰}{۱۰۰}=۳۵/۴\,amu$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)=۳۵+\frac{۲۰}{۱۰۰}(۳۷-۳۵)=۳۵+۰/۲(۲)=۳۵/۴amu$$

اکنون جرم مولکولی میانگین $XY_۲$ را به دست می‌آوریم: جرم مولکولی میانگین $XY_۲=۱(\text{جرم اتمی X})+۲(\text{جرم اتمی Y})=۱(۲۵)+۲\times(۳۵/۴)=۹۵/۸\,amu$

۱۱۳ **۴** **A** دمای اجسام بسیار داغ را نمی‌توان با ابزاری مانند دماسنج به‌طور مستقیم تعیین کرد؛ زیرا دماسنج در این دماها ذوب می‌شود.

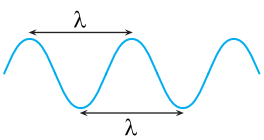
۱۱۴ **۲** **A** خورشید و دیگر اجرام آسمانی از ما بسیار دور هستند و ویژگی‌های آن‌ها را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. دانشمندان با دستگاهی به نام طیف‌سنج می‌توانند از پرتوهای گسیل‌شده از مواد گوناگون اطلاعات ارزشمندی دربارهٔ آن‌ها به‌دست آورند. مثلاً پی ببرند یک ستاره یا سیاره از چه ساخته شده و دمای آن چقدر است.

۱۱۵ **۱** **A** فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دانشمندان با دستگاهی به نام طیف‌سنج از پرتوهای گسیل شده از مواد گوناگون اطلاعات ارزشمندی به‌دست می‌آورند. عبارت (ب): هر چه طول موج یک پرتو الکترومغناطیسی کوتاه‌تر باشد، آن موج انرژی بیشتری دارد و برعکس. $(E\propto\frac{۱}{\lambda\,(\text{طول موج})}\ (\text{انرژی}))$

* **توجه** طیف‌سنج جرمی، دستگاهی است که جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کند.

عبارت (پ): چشم می‌تواند گسترهٔ محدودی از نور را ببیند که به آن، گسترهٔ مرئی می‌گویند. عبارت (ت): نور خورشید شامل گسترهٔ بسیار بزرگی از پرتوهای الکترومغناطیس است که گسترهٔ مرئی تنها بخش کوچکی از آن است. گسترهٔ مرئی امواج الکترومغناطیس شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است که این گستره، رنگ سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش را در برمی‌گیرد.

۱۱۶ **۳** **B** طبق تعریف، فاصلهٔ بین دو قلهٔ متوالی یا دو درهٔ متوالی یک موج طول موج نامیده می‌شود و آن را با نماد (λ) نشان می‌دهند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): میزان شکست پرتو در منشور با طول موج پرتو رابطهٔ معکوس و با انرژی پرتو رابطهٔ مستقیم دارد. پس در میان پرتوهای مرئی، بیشترین میزان انحراف مربوط به پرتوهای بنفش و کمترین انحراف مربوط به پرتوهای سرخ است. گزینهٔ (۲): در گسترهٔ امواج الکترومغناطیسی، طول موج پرتوهای فرابنفش کمتر از ۴۰۰ نانومتر و طول موج پرتوهای فروسرخ بیشتر از ۷۰۰ نانومتر است. گزینهٔ (۴): به کمک دوربین‌های حساس به پرتوهای فرابنفش می‌توان از خورشید تصویربرداری نمود.



۱۱۷ **۲** **B** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نور مرئی، بخش کوچکی از گسترهٔ امواج الکترومغناطیسی در ناحیهٔ ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر را در برمی‌گیرد. عبارت‌های (ب) و (ث): میزان شکست پرتو در منشور با طول موج پرتو رابطهٔ معکوس و با انرژی پرتو رابطهٔ مستقیم دارد. پس میزان انحراف پرتوهای آبی بیشتر از پرتوهای زرد است. عبارت (پ): در گسترهٔ امواج الکترومغناطیسی، از سمت امواج رادیویی به پرتوهای گاما، طول موج کاهش و انرژی موج افزایش می‌یابد؛ بنابراین انرژی پرتوهای گاما بیشتر از پرتوهای ایکس و طول موج پرتوهای فرابنفش کوتاه‌تر از ریزموج‌هاست. عبارت (ت): نور خورشید شامل گسترهٔ بزرگی از پرتوهای الکترومغناطیسی است که با خود انرژی حمل می‌کنند. نور مرئی نیز بخش کوچکی از این گستره است.

۱۱۸ **۴** **A** میزان شکست نور در منشور با طول موج رابطهٔ معکوس دارد، پس میزان انحراف نور بنفش بیشتر از نور نیلی است.

* **توجه** مقایسهٔ طول موج و انرژی پرتوهای مرئی به‌صورت روبه‌رو است: سرخ > نارنجی > زرد > سبز > آبی > نیلی > بنفش : مقایسهٔ طول موج
بنفش > نیلی > آبی > سبز > زرد > نارنجی > سرخ : مقایسهٔ انرژی

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به گسترهٔ امواج الکترومغناطیس، ریزموج‌ها نسبت به پرتوهای فروسرخ طول موج بلندتر و انرژی کمتری دارند. گزینهٔ (۲): دمای نور با انرژی نور رابطهٔ مستقیم و با طول موج رابطهٔ عکس دارد. پس دمای نور زرد بیشتر از نور نارنجی است. گزینهٔ (۳): نور آبی نسبت به نور سبز طول موج کمتر و انرژی بیشتری دارد.

B ۱۱۹ ۱ فقط مورد (ث) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): انرژی و دمای نور سرخ کمتر از نور زرد است. عبارت (پ): مقایسهٔ انرژی پرتوها به صورت مقابل است: پرتوی فروسرخ > نور سرخ > نور زرد : انرژی

بنابراین اختلاف انرژی نور سرخ با پرتوی فروسرخ، بیشتر از اختلاف انرژی نور سرخ با پرتوی فروسرخ است. عبارت (ت): میزان انحراف در منشور با طول موج پرتو، رابطهٔ معکوس دارد. پس میزان انحراف نور زرد بیشتر از نور سرخ است. عبارت (ث): مقایسهٔ طول موج پرتوها به صورت مقابل است: پرتوی فرابنفش > نور زرد > نور سرخ : طول موج

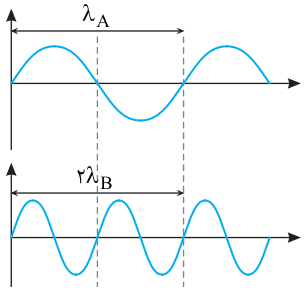
بنابراین اختلاف طول موج نور سرخ با پرتوی فرابنفش بیشتر از اختلاف طول موج نور زرد با پرتوی فرابنفش است.

B ۱۲۰ ۳ بیشترین طول موج در میان پرتوهای رنگی متعلق به نور سرخ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مقایسهٔ انرژی پرتوهای مرئی به‌صورت زیر است: نور آبی > نور زرد > نور سرخ: مقایسهٔ انرژی

بنابراین دماهای $1750^\circ C$، $800^\circ C$ و $2750^\circ C$ را می‌توان به‌ترتیب به وسایل (ب)، (الف) و (پ) نسبت داد. گزینهٔ (۲): هر چه طول موج یک پرتو بیشتر باشد، میزان انحراف آن هنگام عبور از منشور کمتر است. نور زرد > نور سبز: مقایسهٔ طول موج

نور سبز > نور زرد: مقایسهٔ میزان شکست هنگام عبور از منشور

گزینهٔ (۴): طول موج نور آبی کمتر از نور زرد است، پس در گسترهٔ امواج الکترومغناطیس، نور آبی به پرتوهای ایکس نزدیک‌تر است و اختلاف طول موج آن با پرتوهای ایکس کمتر از میزان اختلاف طول موج نور زرد با پرتوهای ایکس است.



B ۱۲۱ ۱ **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مطابق نمودار طول موج‌ها داریم: $\lambda_A = 2\lambda_B$

پس اگر طول موج A، ۶۰۰nm باشد، طول موج B، ۳۰۰nm است. طول موج نور مرئی در بازهٔ ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. پس موج B در گسترهٔ پرتوهای فرابنفش بوده و نامرئی است. عبارت (ب): طول موج پرتوی B نصف پرتوی A است. بنابراین اگر پرتوی A پرتویی از ناحیهٔ مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) باشد، طول موج پرتوی B می‌تواند بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ نانومتر باشد که در ناحیهٔ فرابنفش قرار می‌گیرد. عبارت (پ): طول موج پرتوی B نصف طول موج پرتوی A است. بنابراین اگر طول موج پرتوی A برابر ۱۰۰ نانومتر باشد، آن‌گاه طول موج پرتوی B برابر ۵۰ نانومتر خواهد بود. پس پرتوی B پرتویی فرابنفش است.

C ۱۲۲ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در یون M^{2-}، رابطهٔ $e=p+2$ برقرار است. بنابراین:

$$n-e=39,\ n+e=211 \Rightarrow n=125,\ e=86$$

عدد اتمی این عنصر ۸۴ است. عبارت (ب): ابتدا نسبت جرم مولی B به A را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \text{تعداد اتم‌ها در } m \text{ گرم عنصر } A = \dfrac{m}{\text{جرم مولی } A} \times N_A \\ \text{تعداد اتم‌ها در } m \text{ گرم عنصر } B = \dfrac{m}{\text{جرم مولی } B} \times N_A \end{cases} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\frac{m}{\text{جرم مولی } A} \times N_A}{\frac{m}{\text{جرم مولی } B} \times N_A} = \frac{\text{جرم مولی } B}{\text{جرم مولی } A} \Rightarrow \text{جرم مولی } B = \frac{4}{3} \text{جرم مولی } A$$

سپس جرم $\frac{1}{6}$ مول A و $\frac{1}{8}$ مول B را حساب کرده و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی } A \times \frac{1}{6} = \text{جرم } \frac{1}{6} \text{ مول از عنصر } A \qquad \text{جرم مولی } A \times \frac{4}{3} \times \frac{1}{8} = \text{جرم } \frac{1}{8} \text{ مول از عنصر } B$$

عبارت (پ): این مقایسه براساس میزان انرژی این پرتوها انجام شده و هرچه انرژی بیشتر باشد، طول موج کمتر است. هرچه انرژی یک پرتوی رنگی بیشتر باشد، هنگام عبور از منشور میزان انحراف بیشتری پیدا می‌کند؛ بنابراین مقایسهٔ انجام شده صدق می‌کند. هرچه طول موج یک پرتوی رنگی بیشتر باشد، طول موج آن با طول موج پرتوهای x (که انرژی بیشتر و طول موج کمتری نسبت به پرتوهای مرئی دارند) اختلاف بیشتری دارد؛ در نتیجه مقایسهٔ صحیح به صورت « زرد > سبز > نیلی »است.

فاصلهٔ میان دو قلهٔ متوالی همان طول موج است، بنابراین مقایسهٔ انجام شده تنها در ۱ مورد از موارد ذکر شده صادق است. عبارت (ت): طول موج پرتوهای سبز از طول موج پرتوهای زرد کوتاه‌تر است؛ بنابراین اگر پرتوی (A) مربوط به پرتوی زرد باشد، پرتوی (B) مربوط به پرتوی سبز خواهد بود.

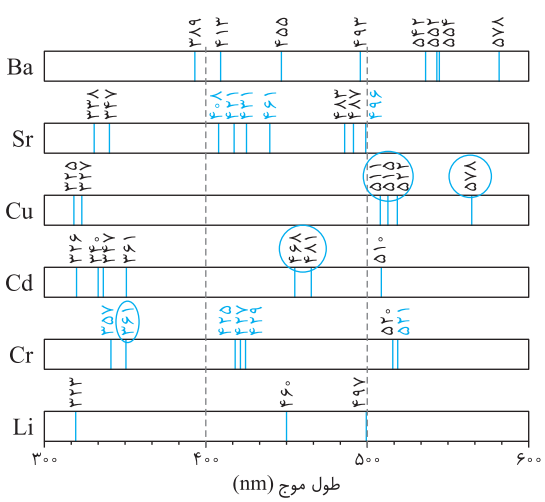
A ۱۲۳ ۲ در اثر عبور نور نشر شده از شعلهٔ ترکیب یک عنصر از منشور، الگویی خطی و غیرپیوسته از خطوط رنگی به‌دست می‌آید که به آن طیف نشری خطی آن عنصر می‌گویند.

A ۱۲۴ ۳ به کمک طیف نشری خطی یک ماده، می‌توان به عناصر موجود در آن پی برد. در طیف نشری خطی نمونه موردنظر، طیف فلزات D و F قابل مشاهده است و می‌توان گفت این فلزات در نمونه موردنظر یافت می‌شود.

A ۱۲۵ ۱ با توجه به شکل مقابل که خطوط طیفی نمونهٔ (۱) با دایره و خطوط طیفی نمونهٔ (۲) با رنگ دیگری مشخص شده، می‌توان نتیجه گرفت که نمونهٔ (۱) حاوی فلزهای Cu، Cd و Cr بوده و نمونهٔ (۲) حاوی فلزهای Sr و Cr است.

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): هر سه فلز موجود در نمونهٔ (۱) با حرف انگلیسی C آغاز می‌شوند.

گزینهٔ (۲): در نمونهٔ (۱) برخلاف نمونهٔ (۲)، عنصر Cu وجود دارد. گزینهٔ (۴): در میان فلزات داده شده، در نمونهٔ (۱) تعداد بیشتری فلز نسب به نمونهٔ (۲) وجود دارد.



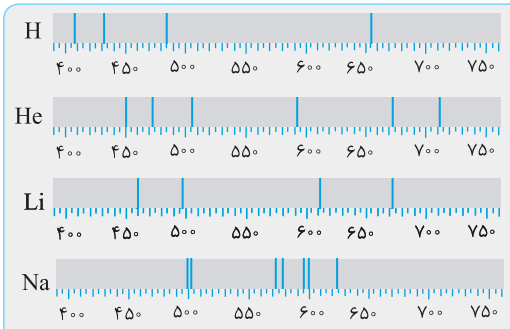
A ۱۲۶ ۲ موارد اول و پنجم درست هستند. **بررسی رنگ همهٔ مواد:**

- رنگ شعلهٔ فلز سدیم، بخار آن و ترکیب‌های گوناگون آن زرد رنگ است.
- رنگ شعلهٔ لیتیم و ترکیب‌های گوناگون آن سرخ رنگ است.
- رنگ شعلهٔ شمع زرد است.
- رنگ شعلهٔ فلز مس و ترکیب‌های گوناگون آن سبز رنگ است.
- نور نشر شده از لامپ نئون سرخ فام است.
- رنگ شعلهٔ گاز شهری آبی رنگ است.

B ۱۲۷ ۲ در آزمایش رنگ شعله می‌توان از خود فلز یا نمک فلز در حالت جامد و یا محلول نمک فلز در آب یا اتانول استفاده کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نور نشر شده از شعلهٔ یک عنصر می‌تواند شامل پرتوهای الکترومغناطیسی در گسترهٔ مرئی و غیرمرئی (فرابنفش، فروسرخ و ...) باشد. گزینهٔ (۳): طیف نشری خطی برای شناسایی عنصرهای نافلزی نیز کاربرد دارد. گزینهٔ (۴): رنگ شعلهٔ فلز لیتیم و همهٔ ترکیب‌های آن مانند لیتیم نیترات، لیتیم سولفات، لیتیم کلرید و ... سرخ رنگ است.

B ۱۲۸ ۲ طیف‌های نشری خطی شمارهٔ (۱) تا (۴) به‌ترتیب مربوط به عنصرهای هیدروژن، هلیم، سدیم و لیتیم است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): رنگ شعلهٔ فلز لیتیم و ترکیب‌های گوناگون آن، سرخ‌رنگ است. گزینهٔ (۲): از نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ رنگ استفاده می‌شود (نه سدیم!). گزینهٔ (۳): هلیم جزء گازهای نجیب بوده و در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار دارد. این عنصر همانند دیگر گازهای نجیب تمایلی به انجام واکنش‌های شیمیایی ندارد. گزینهٔ (۴): هیدروژن فراوان‌ترین عنصر سازندهٔ سیارهٔ مشتری است.

نکته‌ترکیبی **طیف نشری خطی عناصر هیدروژن، هلیم، لیتیم و سدیم:** در کتاب درسی، طیف نشری خطی چهار عنصر هیدروژن، هلیم، لیتیم و سدیم نمایش داده شده است:



در مورد هر عنصر، به نکات زیر توجه نمائید:

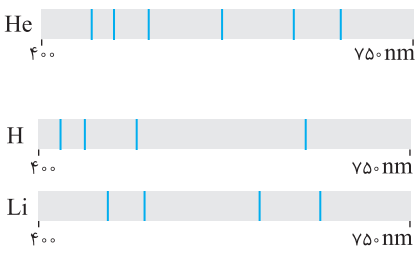
- هیدروژن: الف) فراوان‌ترین عنصر سازندهٔ مشتری است و بیش از ۹۰ درصد این سیاره را هیدروژن تشکیل می‌دهد. ب) پس از مهبانگ به دنبال به‌وجود آمدن ذرات زیراتمی پروتون، نوترون و الکترون، عناصر هیدروژن و هلیم پا به عرصهٔ جهان گذاشتند. پ) نخستین عنصر ساخته شده در روند تشکیل عنصرها در انفجار بزرگ (مهبانگ) است. ت) گرما و نور خیره‌کنندهٔ خورشید به علت واکنش هسته‌ای تبدیل هیدروژن به هلیم است. ث) این عنصر ۷ ایزوتوپ دارد که ۳ ایزوتوپ اول (سبک‌تر) طبیعی هستند؛ در حالی‌که ۴ ایزوتوپ سنگین‌تر ساختگی هستند.

در میان ایزوتوپ‌های هیدروژن، ۵ رادیوایزوتوپ وجود دارد که ترتیب پایداری آن‌ها به‌صورت « $^{3}H < ^{5}H < ^{6}H < ^{4}H < ^{7}H$ » می‌باشد و دو ایزوتوپ ^{1}H و ^{2}H آن کاملاً پایدار است. ج) هیدروژن نخستین و سبک‌ترین عنصر جدول تناوبی است. چ) در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، ۴ خط با رنگ‌های قرمز، آبی، نیلی و بنفش وجود دارد.

- هلیم: الف) فراوان‌ترین گاز نجیب سیارهٔ مشتری و دومین عنصر فراوان این سیاره است. ب) این عنصر پس از تولید ذرات زیراتمی به دنبال مهبانگ به‌طور مستقیم از ذرات زیراتمی پدید آمد و پس از آن در ستاره‌ها طی واکنش‌های هسته‌ای از اتم‌های هیدروژن پدید می‌آید. پ) هلیم همانند هیدروژن در تشکیل سحابی‌ها و ستاره‌ها نقش دارد. ت) در ستاره‌ها عناصری همچون لیتیم و کربن به‌طور مستقیم از هلیم تولید می‌شوند. ث) در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی هلیم، ۶ نوار رنگی دیده می‌شود.
- لیتیم: الف) جزء نخستین عنصرهایی است که از واکنش‌های هسته‌ای هلیم در ستاره‌ها تولید می‌شود. ب) یک نمونهٔ طبیعی از لیتیم شامل ۲ ایزوتوپ ^{6}Li و ^{7}Li است که درصد فراوانی آن‌ها به ترتیب برابر ۶٪ و ۹۴٪ می‌باشد. پ) رنگ شعلهٔ لیتیم و ترکیبات آن سرخ است. ت) در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی لیتیم همانند هیدروژن ۴ خط رنگی وجود دارد.
- سدیم: الف) سومین عنصر گروه اول و دومین فلز قلیایی است. ب) رنگ شعلهٔ سدیم و ترکیبات آن زرد است. پ) نور زرد رنگ لامپ‌هایی که شب‌هنگام آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازد به علت وجود بخار سدیم در آن‌ها است. ت) طیف نشری خطی آن در ناحیهٔ مرئی حاوی ۷ خط رنگی است.

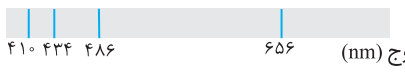
B ۱۲۹ ۳ فقط عبارت (پ) نادرست است. طیف‌های نشری خطی از بالا به پایین مربوط به عنصرهای هیدروژن، هلیم، سدیم و لیتیم است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): طیف نشری خطی هیدروژن و لیتیم در گسترهٔ مرئی هر یک دارای ۴ خط یا طول موج رنگی است. عبارت (ب): طیف نشری خطی عنصر سدیم با ۷ خط یا طول موج رنگی، دارای بیشترین خطوط رنگی در میان این چهار طیف است. عبارت (پ): کوتاه‌ترین طول موج رنگی مربوط به رنگ بنفش است که در طیف نشری خطی هیدروژن دیده می‌شود. عبارت (ت): طیف نشری خطی هلیم در گسترهٔ مرئی، دارای ۶ خط یا طول موج رنگی است.

B ۱۳۰ ۴ همهٔ مطالب به جز مورد چهارم، درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: رنگ شعلهٔ فلز لیتیم و همهٔ ترکیب‌های آن به رنگ سرخ است. عبارت دوم: طیف نشری خطی هلیم در گسترهٔ مرئی، شامل شش خط یا طول موج رنگی است.



عبارت سوم: از لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ‌فام استفاده می‌شود. عبارت چهارم: طول موج رنگی آبی کوتاه‌تر از رنگ سرخ است، پس نسبت طول موج آبی به طول موج قرمز، کوچک‌تر از یک است. عبارت پنجم: نور زرد لامپ‌هایی که شب‌هنگام، آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازند به دلیل وجود بخار سدیم در آن‌هاست. عبارت ششم: طیف نشری خطی هیدروژن همانند طیف نشری خطی لیتیم شامل چهار خط یا نوار رنگی است.

B ۱۳۱ ۴ طیف نشری خطی هیدروژن دارای ۴ خط است که در فاصلهٔ ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر، نوار رنگی وجود ندارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): رنگ شعلهٔ لیتیم و ترکیب‌های آن سرخ‌رنگ و رنگ شعلهٔ سدیم و ترکیب‌های آن زرد رنگ است. طول موج نور سرخ بیشتر از نور زرد است، از این‌رو انرژی نور سرخ کمتر از نور زرد می‌باشد. گزینهٔ (۲): ایزوتوپ‌های یک عنصر در شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها یکسان‌اند و در شمار نوترون‌ها با یکدیگر تفاوت دارند. خطوط طیف نشری خطی ایزوتوپ‌های یک عنصر یکسان است. گزینهٔ (۳): رنگ شعلهٔ فلز مس و ترکیب‌های آن سبز رنگ است، اما این بدان معنی نیست که هر ترکیبی که در شعله، رنگ سبز ایجاد کند قطعاً حاوی عنصر مس است.

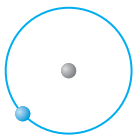


B ۱۳۲ ۳ همهٔ موارد به‌جز مورد (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): رنگ شعلهٔ عناصری که در یک گروه از جدول تناوبی قرار دارند، یکسان نیست. به عنوان مثال لیتیم و سدیم هم‌گروه هستند ولی رنگ شعلهٔ لیتیم سرخ و سدیم زرد است. عبارت (ب): بیشترین درصد فراوانی در میان عناصر سازندهٔ سیارهٔ مشتری، متعلق به عناصر هیدروژن و هلیم است که در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی خود به ترتیب دارای ۴ و ۶ خط طیفی هستند. عبارت (پ): طیف نشری خطی سدیم، در گسترهٔ مرئی، شامل ۷ خط رنگی است.



B ۱۳۳ ۱ عناصر لیتیم و هلیم در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی خود به ترتیب دارای ۴ و ۶ نوار رنگی هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): به عنوان مثال نقض، عدد اتمی لیتیم بیشتر از عدد اتمی هلیم است، اما تعداد خطوط رنگی در طیف نشری خطی هلیم بیشتر است. گزینهٔ (۳): هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فرد و ویژهٔ خود را دارد و مانند اثر انگشت می‌توان از آن برای شناسایی عنصر استفاده کرد. توجه داشته باشید که تعداد خطوط موجود در طیف نشری خطی، منحصر به فرد نبوده و عناصر مختلف می‌توانند تعداد خطوط طیفی یکسانی در طیف خود داشته باشند. گزینهٔ (۴): نور خورشید پس از عبور از منشور تجزیه می‌شود و گستره‌ای پیوسته از رنگ‌ها را ایجاد می‌کند. این گسترهٔ رنگی شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است.

A ۱۳۴ ۴ اتم هیدروژن به عنوان ساده‌ترین اتم، تنها دارای یک پروتون در هسته و یک الکترون پیرامون آن است و در گسترهٔ مرئی از طیف نشری خطی به دست آمده از اتم‌های آن، وجود چهار خط یا نوار رنگی با طول موج و انرژی معین تأیید شده است. از آنجا که هر نوار رنگی در طیف نشری خطی، نوری با طول موج و انرژی معین را نشان می‌دهد، نیلز بور بر این باور بود که از بررسی تعداد و جایگاه آن‌ها، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از ساختار اتم هیدروژن به‌دست آورد. او پس از پژوهش‌های بسیار توانست مدلی برای اتم هیدروژن ارائه کند. اگرچه مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند، اما توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها را نداشت.


اتم هیدروژن در مدل بور

* **توجه** نیلز بور با در نظر گرفتن اینکه الکترون در اتم هیدروژن انرژی معینی دارد؛ مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. مدل اتمی بور اگرچه عمر زیادی نداشت ولی گام مهمی برای بهبود نگرش دانشمندان نسبت به ساختار اتم بود. پس از وی، دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عنصرها و نیز چگونگی نشر نور از اتم‌ها، ساختاری لایه‌ای برای اتم ارائه کردند.

A ۱۳۵ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست است. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): مدل بور تنها قادر به توجیه طیف نشری خطی عنصر هیدروژن بود و توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عناصر را نداشت. عبارت (پ): همانطور که در عبارت (الف) گفتیم، بور تنها قادر به توجیه طیف نشری خطی عنصر هیدروژن بود و توانست مدلی برای اتم هیدروژن ارائه دهد.

A ۱۳۶ ۳ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): مطابق این مدل هر بخش پررنگ در شکل، نشان دهندهٔ مهم‌ترین بخش از یک لایهٔ الکترونی است که الکترون‌های آن لایه، **بیشتر** وقت خود را در آن فاصله از هسته سپری می‌کنند. در واقع براساس این مدل، الکترون در هر لایه‌ای که باشد، در همهٔ نقاط اطراف هسته حضور می‌یابد اما در بخش پررنگ هر لایه احتمال حضور بیشتری دارد. گزینهٔ (۲): از آنجا که مدل اتمی بور فقط توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه نماید بنابراین دانشمندان برای توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عنصرها و چگونگی نشر نور توسط اتم‌ها، این ساختار لایه‌ای را برای اتم ارائه کردند. گزینهٔ (۴): براساس این مدل، الکترون‌ها در اتم برای تبادل انرژی هنگام انتقال بین لایه‌ها با محدودیت مشابهی همانند بالا رفتن از پلکان یا نردبان (نه سطح شیبدار یا سربالایی) مواجه هستند.

A ۱۳۷ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در مدل لایه‌ای، دادوستد انرژی به‌صورت کوانتومی یا پیمانه‌ای است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایهٔ دیگر، انرژی را به‌صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند. عبارت (ب): انرژی همانند ماده، در نگاه ماکروسکوپی، پیوسته اما در نگاه میکروسکوپی گسسته یا کوانتومی است. عبارت (پ): در مدل کوانتومی الکترون‌ها با جذب مقادیر معینی انرژی، از لایه‌ای به لایهٔ بالاتر انتقال می‌یابند که این مقدار انرژی دقیقاً برابر با تفاوت سطح انرژی لایه‌های مبدأ و مقصد است. عبارت (ت): الکترون برای جابه‌جایی از لایه‌ای به لایهٔ بالاتر مقادیر معینی انرژی جذب می‌کند و هنگام جابه‌جایی از لایه‌ای به لایهٔ پایین‌تر، مقادیر معینی نور با طول موج معین نشر می‌کند.

A ۱۳۸ ۱ **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): براساس مدل کوانتومی، الکترون‌ها در هر لایه آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است، به‌طوری که گفته می‌شود اتم در حالت پایه قرار دارد. عبارت (ب): در مدل کوانتومی، انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته فزونی می‌یابد. عبارت (پ): در مدل لایه‌ای، دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایهٔ دیگر، کوانتومی یا گسسته است. به عبارت دیگر الکترون‌ها تنها می‌توانند مقادیر معینی انرژی داشته باشند.

B ۱۳۹ ۴ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اتم‌های برانگیخته پرانرژی و ناپایدارند، از این‌رو تمایل دارند دوباره با از دست دادن انرژی به حالت پایدارتر و در نهایت حالت پایه برگردند. عبارت (ب): از آنجا که برای الکترون، نشر نور مناسب‌ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترون‌ها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند. عبارت (پ): هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوی نشر شده هنگام بازگشت الکترون از لایهٔ بالاتر به لایهٔ پایین‌تر را نشان می‌دهد. عبارت (ت): انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هستهٔ هر اتم، ویژهٔ همان اتم بوده و به عدد اتمی (تعداد پروتون‌های هسته) آن وابسته است.

B ۱۴۰ ۳ از آنجا که هیچ‌کس نمی‌تواند جایی میان پله‌های نردبان بایستد، الکترون‌ها نیز میان دو لایه، انرژی معین و تعریف شده‌ای ندارند. این شیوهٔ نردبانی دریافت یا از دست دادن انرژی توسط الکترون‌ها را شیوهٔ کوانتومی می‌نامند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): بور با بررسی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، توانست اطلاعات ارزشمندی از ساختار اتم به‌دست آورد ولی از لایه‌های الکترونی صحبتی نکرد. وجود لایهٔ الکترونی در اتم‌ها پس از بور و در مدل لایه‌ای (کوانتومی) مطرح شد و ارتباطی با مدل بور ندارد. گزینهٔ (۲): انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هستهٔ هر اتم ویژهٔ همان اتم بوده و به عدد اتمی آن وابسته است. گزینهٔ (۴): الکترون در هر لایه‌ای که باشد در تمام نقاط پیرامون هسته حضور می‌یابد، اما در محدوده‌های مشخصی از یک لایه، احتمال حضور بیشتری دارد.

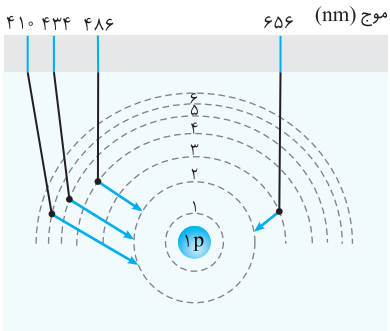
B ۱۴۱ ۱ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های اول و سوم: شیمی‌دان‌ها با دادن انرژی به اتم‌ها و دریافت پرتوهای گسیل شده از آن‌ها از درون آن باخبر می‌شوند و با تعیین دقیق طول موج نوارهای یاد شده می‌توان به تصویر دقیقی از انرژی لایه‌های الکترونی و در واقع آرایش الکترونی اتم دست یافت. در واقع هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون‌ها را از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر نشان می‌دهد. از آنجا که انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هستهٔ هر اتم، ویژهٔ همان اتم بوده و به عدد اتمی آن وابسته است، پس انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آن‌ها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است و انتظار می‌رود هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فردی ایجاد کند. عبارت دوم: در اتم برانگیختهٔ هیدروژن، هر چه فاصلهٔ الکترون از لایهٔ اول بیشتر باشد، هنگام انتقال به حالت پایه (یعنی لایهٔ اول)؛ انرژی نور آزاد شده بیشتر و طول موج آن کوتاه‌تر خواهد بود. عبارت چهارم: بر اساس مدل کوانتومی، انرژی دادوستد شده هنگام انتقال الکترون در اتم، کوانتومی است و انرژی در پیمانه‌های معینی، جذب یا نشر می‌شود. عبارت پنجم: مدل لایه‌ای اتم بر مبنای کوانتومی بودن دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون، از یک لایه به لایهٔ دیگر است. اگر چنین نبود و الکترون هنگام انتقال به صورت غیرکوانتومی عمل می‌کرد، تعیین انرژی لایه‌ها و زیرلایه‌ها و دستیابی به آرایش الکترونی اتم ممکن نبود.

B ۱۴۲ ۴ اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی با افزایش n کم می‌شود. یعنی اختلاف سطح انرژی لایهٔ $n=2$ با لایهٔ $n=3$ کمتر از اختلاف سطح انرژی لایهٔ $n=1$ با لایهٔ $n=2$ است. از طرفی میزان انرژی لازم برای انتقال الکترون از لایه‌ای به لایهٔ بالاتر، برابر با تفاوت سطح انرژی دو لایه است. پس برای انتقال الکترون از لایهٔ $n=2$ به $n=3$ انرژی کمتری نسبت به انتقال از لایهٔ $n=1$ به $n=2$ نیاز است.

B ۱۴۳ ۱ شکل داده شده مربوط به چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی اتم‌های هیدروژن است؛ زیرا در هستهٔ آن یک پروتون وجود دارد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نوارهای رنگی موجود در شکل، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون از لایهٔ بالاتر به لایه‌های پایین‌تر (نه صرفاً یک لایهٔ پایین‌تر) را نشان می‌دهد. گزینهٔ (۲): بر اساس مدل کوانتومی اتم، الکترون‌ها در اتم برانگیخته هنگام بازگشت به لایه‌های پایین‌تر، انرژی معینی (به اندازهٔ اختلاف سطح انرژی میان دو لایه) از دست می‌دهند.

* **توجه** از آنجا که برای الکترون نشر نور مناسب‌ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترون‌ها در اتم برانگیخته هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند.

گزینهٔ (۳): نوار های رنگی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به بازگشت الکترون از لایه های $n=۳,۴,۵,۶$ به لایهٔ $n=۲$ است. هر چه تفاوت انرژی بین دو لایه بیشتر باشد، انرژی آزاد شده بیشتر است؛ بنابراین در بین این ۴ نوار، بیشترین انرژی و کمترین طول موج متعلق به انتقال الکترون از لایهٔ ۶ به لایهٔ ۲ می‌باشد. گزینهٔ (۴): طبق مدل کوانتومی، انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته، افزایش می‌یابد.



B ۱۴۴ ۳ عبارت‌های اول و دوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به شکل مقابل که مربوط به لایه‌های الکترونی و چگونگی ایجاد نوارهای رنگی در طیف نشری خطی اتم هیدروژن است، اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی یکسان نبوده و با دور شدن از هستهٔ اتم و افزایش n (عدد کوانتومی اصلی)، این اختلاف کمتر می‌شود. به عبارت دیگر مثلاً اختلاف سطح انرژی لایهٔ دوم و سوم بیشتر از این اختلاف در میان لایه‌های سوم و چهارم است. به همین دلیل نیز در طیف نشری خطی اتم هیدروژن، با افزایش طول موج، فاصلهٔ بین خطوط رنگی افزایش می‌یابد. عبارت دوم: در طیف نشری خطی هیدروژن با انتقال الکترون از لایهٔ $n=۶$ به لایهٔ $n=۲$ نواری به رنگ بنفش با طول موج $۴۱۰nm$ ایجاد می‌شود. عبارت سوم: انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آن‌ها در اتم عنصرهای گوناگون متفاوت است. عبارت چهارم: هر بخش پررنگ در ساختار لایه‌ای، نشان دهندهٔ ناحیه‌ای است که احتمال حضور الکترون در آن بیشتر است.

B ۱۴۵ ۴ در انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر حالت‌های مختلفی وجود دارد. برای نمونه در اتم هیدروژن، الکترون برانگیخته که در لایهٔ ششم قرار دارد با از دست دادن انرژی به لایه‌های پایین‌تر برمی‌گردد، حال این لایه ممکن است حالت پایه $(n=۱)$ باشد یا به لایه‌های بالاتری مانند $n=۳$ که حالت پایه نیست بازگردد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با دور شدن الکترون از هسته، انرژی آن افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۲): در اتم هیدروژن و هلیم، وجود الکترون یا الکترون‌ها در لایهٔ $n=۱$ حالت پایه به شمار می‌رود و در دیگر اتم‌ها در حالت پایه، در لایه‌های بالاتر نیز الکترون وجود دارد. گزینهٔ (۳): در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، کمترین مقدار انرژی به نوار قرمز رنگ مربوط است که بیشترین طول موج را دارد.

B ۱۴۶ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): میزان انرژی جذب یا نشر شده هنگام انتقال الکترون بین دو لایه با هم مساوی و برابر اختلاف سطح انرژی دو لایه است. عبارت (ب): اختلاف انرژی دو لایه در انتقال (۲) بیشتر از انتقال (۱) است. پس پرتوی حاصل از انتقال (۲) انرژی بیشتر و طول موج کوتاه‌تری دارد. عبارت (پ): هر چه از هسته دور شویم، سطح انرژی لایه‌ها بالاتر می‌رود اما تفاوت سطح انرژی لایه‌های متوالی کمتر می‌شود. عبارت (ت): در طیف نشری خطی هیدروژن، پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر به لایهٔ $n=۳$، در محدودهٔ فروسرخ قرار می‌گیرد. عبارت (ث): در سایر اتم‌ها به‌جز هیدروژن و هلیم، در حالت پایه، الکترون‌ها در لایه‌های بالاتر نیز قرار می‌گیرند.

B ۱۴۷ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شکل صورت سؤال، چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. گزینهٔ (۲): طیف نشری خطی یک عنصر وابسته به تعداد پروتون‌های هسته و آرایش الکترونی آن عنصر است و شمار نوترون‌ها تأثیری بر طیف نشری خطی ندارد، به همین دلیل ایزوتوپ‌های یک عنصر، طیف نشری خطی یکسانی دارند. گزینهٔ (۳): اختلاف سطح انرژی لایهٔ $n=۴$ با $n=۳$ بیشتر از اختلاف انرژی لایهٔ $n=۶$ با $n=۵$ است، پس در طیف نشری خطی عنصر هیدروژن تفاوت طول موج پرتوهای قرمز و آبی بیشتر از این اختلاف در پرتوهای نیلی و بنفش است. گزینهٔ (۴): با توجه به اینکه در این شکل که مربوط به طیف نشری خطی اتم هیدروژن است، پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایهٔ هفتم به لایهٔ دوم را نمی‌بینیم، پس حتماً این پرتو در ناحیهٔ غیرمرئی قرار می‌گیرد و چون انرژی بالاتری نسبت به انتقال از لایهٔ ششم به دوم دارد، پس حتماً در ناحیهٔ فرابنفش قرار می‌گیرد.

B ۱۴۸ ۲ فقط مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد:** مورد اول: طیف نشری خطی هیدروژن در گسترهٔ مرئی دارای ۴ خط است که حاصل بازگشت الکترون‌ها از لایه‌های $n=۳,۴,۵,۶$ به لایهٔ $n=۲$ است.

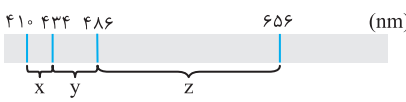
* **توجه** پرتوی نشر شده هنگام انتقال الکترون از لایهٔ ۶ به لایهٔ ۱ در محدودهٔ پرتوهای فرابنفش قرار می‌گیرد.

مورد دوم: در اتم هیدروژن، بازگشت الکترون از لایهٔ ۵ به لایهٔ ۲ نوری نیلی با طول موج ۴۳۴ نانومتر ایجاد می‌کند. مورد سوم: در اتم هیدروژن، بازگشت الکترون از لایهٔ ۴ به لایهٔ ۲ نوری آبی با طول موج ۴۸۶ نانومتر ایجاد می‌کند. مورد چهارم: بازگشت الکترون از لایهٔ ۳ به لایهٔ ۲، نوری قرمزرنگ با طول موج ۶۵۶ نانومتر در طیف نشری خطی هیدروژن ایجاد می‌کند. مورد پنجم: طیف نشری خطی هیدروژن در ناحیهٔ مرئی حاصل بازگشت الکترون‌ها از لایه‌های ۳ تا ۶ به لایهٔ ۲ است. پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایهٔ ۷ به لایهٔ ۲ در ناحیهٔ فرابنفش قرار می‌گیرد.

B ۱۴۹ ۳ هر چه فاصلهٔ بین دو لایه بیشتر باشد، انرژی ساطع شده حاصل از انتقال، بیشتر خواهد بود؛ بنابراین انرژی انتقال a از c بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در اتم هیدروژن لایهٔ اول حالت پایه است، با انتقال الکترون به لایه‌های بالاتر، حالت برانگیخته پیدا می‌کند. انتقال f از لایهٔ اول به سوم است و الکترون حالت برانگیخته خواهد داشت. گزینهٔ (۲): در اتم هیدروژن انتقال از لایهٔ پنجم به لایهٔ دوم، رنگ نیلی گسیل می‌کند که طول موج آن برابر با ۴۳۴ نانومتر است. گزینهٔ (۴): انتقال از لایه‌های بالاتر به لایهٔ اول (مانند d) در ناحیهٔ فرابنفش و انتقال از لایه‌های بالاتر به لایهٔ چهارم (مانند e) در ناحیهٔ فروسرخ قرار می‌گیرند.

B ۱۵۰ ۳ بیشترین انرژی و کمترین طول موج در گسترهٔ مرئی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به رنگ بنفش با طول موج ۴۱۰ نانومتر است. این پرتو حاصل بازگشت الکترون از لایهٔ ۶ به لایهٔ ۲ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند. گزینهٔ (۲): اختلاف سطح انرژی لایهٔ ۵ با لایهٔ ۲ بیشتر از اختلاف سطح انرژی لایهٔ ۴ با لایهٔ ۲ است. پس نور نشر شده هنگام انتقال الکترون از لایهٔ ۴ به لایهٔ ۲ طول موج بلندتر و انرژی کمتری دارد.

گزینهٔ (۴): در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، هر چه به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر و انرژی بیشتر می‌رویم، خطوط رنگی به هم نزدیک‌تر می‌شوند. با توجه به شکل مقابل که مربوط به ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی هیدروژن است، مقایسهٔ فاصلهٔ خطوط طیفی به‌صورت $x<y<z$ است.

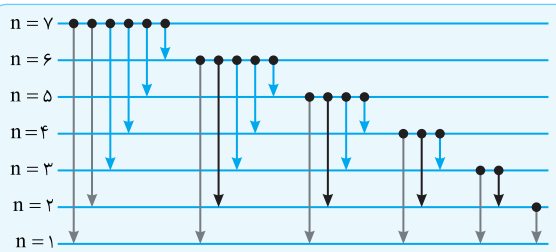


★ **نکته** در توجیه این پدیده می‌توان گفت که اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی با افزایش n کمتر می‌شود. مثلاً اختلاف سطح انرژی لایهٔ ۴ با لایهٔ ۳ کمتر از اختلاف سطح انرژی لایهٔ ۳ با لایهٔ ۲ است.

۱۵۱ B ۱ فقط عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در هنگام بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر، هر چه اختلاف سطح انرژی میان دو لایه‌ای که الکترون بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود بیشتر باشد، نور نشر شده، انرژی بیشتر و طول موج کمتری خواهد داشت اما انتقال‌هایی که به لایهٔ دوم می‌آیند، مرئی هستند. عبارت دوم: در طیف نشری خطی هیدروژن، کمترین طول موج متعلق به رنگ بنفش با طول موج ۴۱۰nm است که مربوط به انتقال الکترون از لایهٔ ۶ به لایهٔ ۲ است. عبارت سوم: در طیف نشری خطی هیدروژن، انتقال الکترون از لایهٔ ۳ به ۲ ، نور سرخ با طول موج ۶۵۶nm و انتقال الکترون از لایهٔ ۴ به ۲ نور آبی با طول موج ۴۸۶nm ایجاد می‌کند. از طرفی می‌دانیم که میزان انحراف نور در منشور با طول موج نور رابطهٔ معکوس دارد، پس میزان انحراف نور سرخ کمتر از نور آبی است. عبارت چهارم: در طیف نشری خطی هیدروژن، انتقال الکترون از لایهٔ ۵ به لایهٔ ۲ با آزادسازی نور نیلی رنگ با طول موج ۴۳۴nm همراه است.

۱۵۲ B ۱

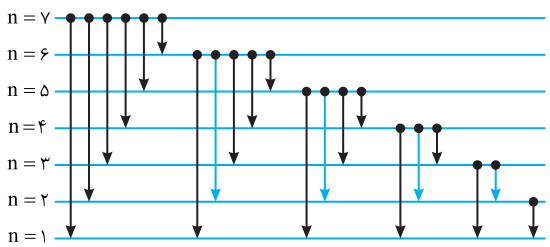
★ **نکته** در اثر برانگیخته شدن اتم هیدروژن، با بازگشت آن به حالت پایه، امکان ایجاد ۲۱ نوع پرتو با طول موج و انرژی متفاوت وجود دارد که در شکل مقابل انتقال اتمی که سبب ایجاد این ۲۱ نوع پرتو می‌شود، رسم شده است. در این شکل، انتقالاتی را که سبب ایجاد پرتوهای فرابنفش می‌شوند با رنگ طوسی، انتقالاتی را که باعث ایجاد پرتوهای مرئی می‌شوند با رنگ سیاه و انتقالاتی را که سبب ایجاد پرتوهای فروسرخ می‌شوند با رنگ آبی مشخص کرده‌ایم. (۷ پرتوی فرابنفش، ۴ پرتوی مرئی و ۱۰ پرتوی فروسرخ). برای جمع‌بندی مطالب بالا خواهیم داشت:



انتقالات الکترونی:
- بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایهٔ اول ← نشر پرتوی فرابنفش
- بازگشت الکترون از لایه‌های سوم تا ششم به لایهٔ دوم ← نشر پرتوی مرئی
- بازگشت الکترون از لایهٔ هفتم به لایهٔ دوم ← نشر پرتوی فرابنفش
- بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های سوم تا ششم ← نشر پرتوی فروسرخ

فقط عبارت (ت) درست است. پرانرژی‌ترین پرتو در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به رنگ بنفش است که حاصل انتقال الکترون از لایهٔ $n=6$ به $n=2$ است و طول موجی در حدود ۴۱۰ نانومتر دارد. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت (الف): انتقال الکترون از لایهٔ $n=5$ به $n=2$ پرتوی نیلی با طول موج ۴۳۴ نانومتر در طیف نشری خطی هیدروژن ایجاد می‌کند. عبارت (ب): در اتم هیدروژن انتقال الکترون از لایهٔ $n=5$ به $n=2$ (انتقال A)، پرتوی مرئی ایجاد می‌کند. از طرفی انتقال الکترون از لایهٔ $n=6$ به $n=3$ (انتقال C) انرژی کمتری نسبت به انتقال A آزاد می‌کند. پس نور حاصل از انتقال C انرژی کمتر و طول موج بلندتری از نور حاصل از انتقال A دارد. عبارت (پ): در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایهٔ $n=7$ به $n=1$ (انتقال B) همانند انتقال C نامرئی است، ولی برخلاف آن در محدودهٔ فرابنفش قرار می‌گیرد.

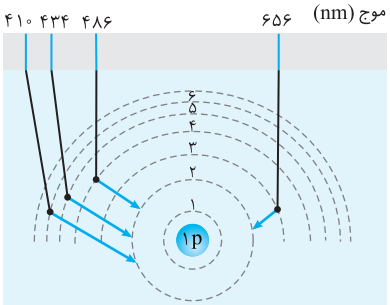
۱۵۳ C ۱ فقط عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در اتم هیدروژن هر چه به سمت لایه‌های بالاتر می‌رویم، اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی کمتر می‌شود. بنابراین انرژی آزاد شده در انتقال الکترون از لایهٔ $n=5$ به لایهٔ $n=3$ کمتر از انرژی مورد نیاز برای برانگیخته کردن الکترون از لایهٔ $n=2$ به لایهٔ $n=4$ است. همچنین حتی اگر پرتوی حاصل از یک انتقال بزرگ‌تر از انرژی لازم برای برانگیخته کردن الکترون از لایهٔ $n=2$ به لایهٔ $n=4$ باشد، باز هم الکترون از جای خود جابه‌جا نمی‌شود؛ زیرا برای انجام این انتقال باید پرتویی دقیقاً به اندازهٔ تفاوت سطح انرژی لایه‌های دوم و چهارم به الکترون داده شود. عبارت دوم: انرژی الکترون‌ها با افزایش فاصله از هسته افزایش می‌یابد. توجه کنید که به دلیل کمتر بودن تفاوت سطح انرژی لایه‌های دورتر از هسته، نور حاصل از انتقال الکترون از لایهٔ ۷ به ۶ طول موجی بلندتر و انرژی کمتری نسبت به سایرین دارد. عبارت سوم: انحراف نور هنگام عبور از منشور، با طول موج نور رابطهٔ عکس دارد. در میان پرتوهای مرئی اتم هیدروژن، نور حاصل از انتقال الکترون از لایهٔ ۶ به ۲ دارای کمترین طول موج است، پس بیشترین میزان انحراف در منشور نیز مربوط به همین نور است. عبارت چهارم: اتم‌های برانگیخته پرانرژی و ناپایدارند؛ از این‌رو تمایل دارند با از دست دادن انرژی و نشر نور با طول موج معین، به حالت پایدارتر برگردند؛ ولی یک الکترون که مثلاً در لایهٔ هفتم وجود دارد، لزوماً با از دست دادن یک پرتو، به لایهٔ اول (حالت پایهٔ هیدروژن) برنمی‌گردد و ممکن است ابتدا به لایهٔ سوم انتقال یابد و سپس از لایهٔ ۳ به ۱ برگردد و طی این فرایند با آزاد کردن ۲ پرتو به حالت پایه برگشته است.



۱۵۴ C ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در طیف نشری خطی اتم هیدروژن در مجموع ۲۱ نشر داریم که تنها ۴ مورد از آن‌ها در گسترهٔ مرئی قرار دارند. در شکل مقابل، تمام انتقالات الکترونی در اتم هیدروژن مشخص شده است. انتقالاتی که با رنگ آبی رسم شده، پرتوهایی در ناحیهٔ مرئی ایجاد می‌کنند.

$$\text{درصد پرتوهای مرئی} = \frac{۴}{۲۱} \times ۱۰۰ \simeq ٪۱۹$$

عبارت (ب): در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایهٔ $n=5$ به لایهٔ $n=2$ نوری نیلی رنگ با طول موج ۴۳۴nm ایجاد می‌کند. عبارت (پ): در اتم هیدروژن انتقال الکترون از لایه‌های $n=3,4,5,6$ به لایهٔ $n=2$ ، نوری در محدودهٔ مرئی ایجاد می‌کند؛ اما انتقال الکترون از هر لایه به لایهٔ اول، پرتویی در ناحیهٔ فرابنفش ایجاد می‌کند. پس پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایهٔ $n=3$ به لایهٔ $n=1$ در ناحیهٔ فرابنفش قرار می‌گیرد. عبارت (ت): به علت اینکه در اتم هیدروژن، با دور شدن از هسته، تفاوت انرژی لایه‌های متوالی کاهش می‌یابد، در طیف نشری خطی هیدروژن، هرچه به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر می‌رویم، فاصلهٔ نوارهای رنگی کمتر می‌شود. عبارت (ث): با توجه به طیف نشری خطی هیدروژن، در محدودهٔ ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر خط رنگی وجود ندارد.



۱۵۵ A ۳ لایهٔ اول دارای یک زیرلایه از نوع s با گنجایش ۲ الکترون و لایهٔ دوم دارای دو زیرلایه از نوع s و p با گنجایش ۲ و ۶ الکترون است. لایهٔ دوم برخلاف لایهٔ اول یکپارچه نیست. **بررسی گزینهٔ (۴):** اتم عنصرهای دورهٔ دوم دارای دو لایه هستند. در اتم این عنصرها هر دو لایه دارای الکترون بوده به طوری که لایهٔ اول پر شده و لایهٔ دوم در حال پر شدن است.

B ۱۵۶ ۱

نکته‌ترکیبی **عدد کوانتومی اصلی:** ۱- این عدد مشخص‌کنندهٔ سطح انرژی الکترون و به نوعی آدرس لایهٔ الکترونی است. ۲- مقدار آن اعداد طبیعی ۱ تا ۷ را شامل می‌شود. ۳- عدد کوانتومی اصلی آخرین الکترون موجود در آرایش الکترونی تمامی عناصر یک دوره با هم برابر است. ۴- گنجایش هر لایه با عدد کوانتومی اصلی n برابر $2n^2$ الکترون است.

به‌جز عبارت سوم، بقیهٔ عبارت‌ها درست هستند. در اطراف هستهٔ هر اتم ۷ لایهٔ الکترونی وجود دارد. این لایه‌ها از داخل به بیرون از ۱ تا ۷ شماره‌گذاری می‌شوند. عدد کوانتومی اصلی (n) در یک اتم، شمارهٔ لایه را نشان می‌دهد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: انرژی الکترون‌ها با دور شدن از هسته افزایش می‌یابد؛ بنابراین هر چه مقدار n بزرگ‌تر باشد. الکترون در لایهٔ دورتری از هسته قرار گرفته و انرژی بیشتری نیز دارد. عبارت دوم: با افزایش مقدار n، فاصلهٔ لایه‌های الکترونی از هسته افزایش یافته و در نتیجه لایه بزرگ‌تر می‌شود. عبارت سوم: هر چه فاصلهٔ بین دو لایه که انتقال الکترون میان آن دو صورت می‌گیرد، بیشتر باشد، اختلاف انرژی آن دو لایه بیشتر و در نتیجه انرژی پرتو جذب یا نشر شده نیز بیشتر خواهد بود. می‌دانیم که در امواج الکترومغناطیسی، هر چه انرژی پرتویی بیشتر باشد، طول موج آن کمتر خواهد بود. عبارت چهارم: همان‌طور که در عبارت اول گفتیم، انرژی الکترون با افزایش فاصله از هسته، افزایش می‌یابد. همچنین هر چه انرژی یک الکترون بیشتر باشد، آن الکترون ناپایدارتر خواهد بود. عبارت پنجم: گنجایش لایه‌های الکترونی از رابطه $2n^2$ به‌دست می‌آید؛ بنابراین هر چه مقدار n بزرگ‌تر باشد، گنجایش آن لایه نیز بیشتر خواهد بود. عبارت ششم: حداکثر شمار زیرلایه‌هایی که می‌تواند در هر لایه وجود داشته باشد برابر با عدد کوانتومی اصلی آن لایه، یعنی همان n است.

B ۱۵۷ ۱

نکته‌ترکیبی **عدد کوانتومی فرعی:** ۱- مشخص‌کنندهٔ نوع زیرلایه‌ها است. ۲- عدد کوانتومی فرعی آخرین الکترونی که اتم پذیرفته است برای تمامی عناصر یک دسته $(s, p, d, \ldots)$ یکسان است. ۳- هر عدد کوانتومی فرعی را با نماد مخصوص به خود نمایش می‌دهند. ۴- گنجایش هر زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی l برابر $4l+2$ است. ۵- هر لایهٔ الکترونی با عدد کوانتومی اصلی n، دارای n عدد زیرلایه است که عدد کوانتومی فرعی آن‌ها از صفر شروع می‌شود و حداکثر به $n-1$ می‌رسد. ۶- برای مقایسهٔ سطح انرژی دو زیرلایه، نخست مقدار $n+l$ آن‌ها را مقایسه می‌کنیم. اگر این مقدار برای زیرلایه‌ای کمتر از دیگری باشد، این زیرلایه سطح انرژی پایین‌تری دارد و زودتر الکترون دریافت می‌کند، اما اگر با هم برابر باشند سراغ مقدار n آن‌ها می‌رویم. در این حالت زیرلایه‌ای اول الکترون دریافت می‌کند که مقدار n آن کمتر باشد که نشان‌دهندهٔ اولویت دریافت الکترون با زیرلایهٔ با سطح انرژی کمتر است.

عدد کوانتومی	صفر	۱	۲	۳
نماد	s	p	d	f

عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در مدل کوانتومی اتم، نماد هر زیرلایهٔ معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود؛ به دیگر سخن، هر زیرلایه را می‌توان با نماد nl نمایش داد. عبارت دوم: مقدار مجاز l برای زیرلایه‌های یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n، از ۰ تا $(n-1)$ است. برای نمونه مقدار مجاز l برای زیرلایه‌های لایهٔ دوم برابر صفر و یک است. عبارت سوم: لایهٔ الکترونی دوم دارای دو زیرلایهٔ s و p است که گنجایش آن‌ها به‌ترتیب برابر ۲ و ۶ الکترون است.

نماد زیرلایه	s	p	d	f
عدد کوانتومی فرعی A	۰	۱	۲	۳
گنجایش	۲	۶	۱۰	۱۴

عبارت چهارم: گنجایش هر زیرلایه را می‌توان از رابطهٔ $4l+2$ به‌دست آورد. l عدد کوانتومی فرعی است. $(l \geq 0)$ عبارت پنجم: لایهٔ چهارم دارای چهار زیرلایهٔ s، p، d و f است که عدد کوانتومی فرعی آن‌ها به ترتیب برابر صفر، ۱، ۲ و ۳ است که مجموع آن‌ها برابر ۶ است.

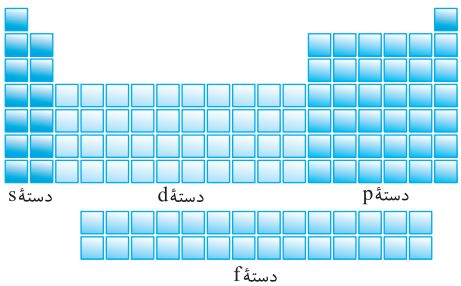
A ۱۵۸ ۳ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): در مدل کوانتومی اتم، انرژی الکترون‌ها با افزایش فاصلهٔ آن‌ها از هسته، افزایش می‌یابد. در واقع هر چه الکترون در لایه‌های دورتری از هسته قرار داشته باشد، انرژی آن بیشتر است. عبارت (ت): هر زیرلایه را به کمک دو عدد کوانتومی اصلی (n) و عدد کوانتومی فرعی (l) تعریف می‌کنند. اما دقت کنید که در نشان دادن نماد یک زیرلایه، ابتدا عدد کوانتومی اصلی و سپس عدد کوانتومی فرعی نمایش داده می‌شود؛ بنابراین نماد هر زیرلایه به‌صورت nl خواهد بود.

B ۱۵۹ ۴ زیرلایه‌ای با گنجایش ۱۴ الکترون زیرلایهٔ f است که در لایه‌های الکترونی چهارم و به بعد مشاهده می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در عنصرهای دورهٔ سوم، هر سه لایه دارای الکترون است، به‌طوری که لایهٔ اول و دوم پر شده و لایهٔ سوم در حال پر شدن است.

گزینهٔ (۲): لایهٔ الکترونی اول تنها شامل یک زیرلایهٔ s با گنجایش ۲ الکترون است. در نتیجه برخلاف لایه‌های دیگر یکپارچه است. زیرلایهٔ d با عدد کوانتومی فرعی $l=2$ حداکثر گنجایش ۱۰ الکترون را دارد.

حداکثر گنجایش یک زیرلایه $= 4l+2 = 4\times2+2 = 10$

گزینهٔ (۳): عنصرهای جدول تناوبی را می‌توان براساس زیرلایهٔ در حال پر شدن در چهار دسته به‌صورت روبه‌رو طبقه‌بندی کرد.



B ۱۶۰ ۱ فقط مورد (ب) جمله را به درستی کامل نمی‌کند. **بررسی هریک از موارد:** مورد (الف): زیرلایهٔ d با عدد کوانتومی فرعی $l=2$، حداکثر گنجایش ۱۰ الکترون دارد در حالی‌که زیرلایهٔ s با عدد کوانتومی فرعی $l=0$، حداکثر گنجایش ۲ الکترون را دارد. مورد (ب): زیرلایهٔ p با عدد کوانتومی فرعی $l=1$، حداکثر گنجایش ۶ الکترون را دارد. دورهٔ دوم شامل ۸ عنصر است. مورد (پ): زیرلایه‌ای با عدد کوانتومی فرعی $l=4$، حداکثر گنجایش ۱۸ الکترون را دارد. لایهٔ الکترونی سوم، دارای سه زیرلایهٔ s، p و d است که گنجایش آن‌ها به‌ترتیب برابر ۲، ۶ و ۱۰ است که در مجموع گنجایش لایهٔ سوم برابر ۱۸ می‌باشد.

★ **نکته** گنجایش لایهٔ الکترونی با عدد کوانتومی اصلی (n) را می‌توان به‌طور مستقیم از رابطهٔ $2n^2$ محاسبه کرد.

مورد (ت): زیرلایهٔ f با $(l=3)$ حداکثر گنجایش ۱۴ الکترون را دارد. دورهٔ ششم جدول تناوبی شامل عنصرهای شمارهٔ ۵۵ تا ۸۶ (۳۲ عنصر) است.

B ۱۶۱ ۳ زیرلایه‌ای با عدد کوانتومی فرعی $l=4$، در صورت وجود، حداکثر گنجایش ۱۸ الکترون را دارد.

گنجایش زیرلایه $= 4l+2 = 4\times4+2 = 18$

* **توجه** گنجایش زیرلایه‌ها، مستقل از n است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): مقدار مجاز l برای زیرلایه‌های یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n، از ۰ تا $(n-1)$ است. پس لایهٔ الکترونی سوم دارای سه زیرلایهٔ $3s$، $3p$ و $3d$ با اعداد کوانتومی فرعی $l=0$، $l=1$ و $l=2$ است. گزینهٔ (۲): در یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n حداکثر مقدار مجاز عدد کوانتومی فرعی (l) برای زیرلایه برابر $(n-1)$ است. پس زیرلایهٔ $3f$ ($l=3$ و $n=3$) وجود خارجی ندارد. گزینهٔ (۴): زیرلایهٔ $l=2$ با عدد کوانتومی فرعی $l=2$ حداکثر گنجایش ۱۰ الکترون را دارد. این زیرلایه در لایهٔ الکترونی سوم و لایه‌های بعد از آن دیده می‌شود.

B ۱۶۲ ۳ حداکثر مجاز برای عدد کوانتومی فرعی (l) در یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n، برابر $n-1$ است؛ بنابراین آخرین زیرلایهٔ موجود در لایهٔ الکترونی ششم با عدد کوانتومی اصلی $n=6$، دارای عدد کوانتومی فرعی $l=5$ خواهد بود. همچنین گنجایش هر زیرلایه از رابطهٔ $4l+2$ به‌دست می‌آید؛ بنابراین گنجایش زیرلایهٔ با $l=5$ برابر $4(5)+2=22$ می‌باشد. همچنین گنجایش الکترونی هر لایهٔ اصلی از رابطهٔ $2n^2$ به‌دست می‌آید؛ بنابراین حداکثر گنجایش الکترونی در لایه‌ای با $n=3$ برابر $2\times3^2=18$ است. در نهایت اختلاف خواسته شده در صورت سؤال برابر $22-18=4$ خواهد بود. اختلاف به‌دست آمده با عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) برابر نیست. حال به بررسی هر یک از عبارت‌ها می‌پردازیم: عبارت (الف): در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، ۴ نوار رنگی با طول موج‌های ۴۱۰، ۴۳۴، ۴۸۶ و ۶۵۶ نانومتر وجود دارد. عبارت (ب): در دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای ۱۸ عنصر از دسته‌های s، p و d وجود دارد. عبارت (پ): در اتم‌ها چهار زیرلایهٔ s، p، d و f با اعداد کوانتومی ۰، ۱، ۲ و ۳ وجود دارد. چهارمین زیرلایه از لحاظ عدد کوانتومی فرعی، زیرلایهٔ f است که گنجایش ۱۴ الکترون دارد. عبارت (ت):

$$^{64}_{29}Cu^{2+}: p=29,\quad e=p-2=29-2=27,\quad n=A-p=64-29=35$$

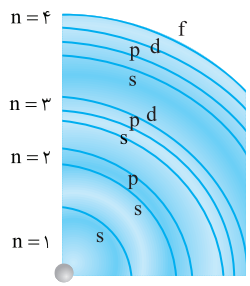
بنابراین اختلاف شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در این گونه برابر $35-27=8$ است. عبارت (ث): هیدروژن در مجموع دارای هفت ایزوتوپ است که از میان آن‌ها، ۳ ایزوتوپ ^1_1H، ^2_1H و ^3_1H طبیعی و چهار ایزوتوپ ^4_1H، ^5_1H، ^6_1H و ^7_1H ساختگی هستند.

B ۱۶۳ ۲ عبارت‌های (ب) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): تعداد زیرلایه‌های هر لایهٔ الکترونی با عدد کوانتومی اصلی (n)، برابر n است. مثلاً لایهٔ دوم با $n=2$، دارای دو زیرلایهٔ $(2s, 2p)$ و لایهٔ سوم با $n=3$، دارای سه زیرلایهٔ $(3s, 3p, 3d)$ است. عبارت (ب): طبق رابطهٔ $2n^2$، لایهٔ چهارم حداکثر گنجایش ۳۲ الکترون و لایهٔ سوم حداکثر گنجایش ۱۸ الکترون را دارد، پس نسبت خواسته شده برابر $\frac{32}{18}=1/77$ است. عبارت (پ): گنجایش زیرلایه‌ها برحسب عدد کوانتومی فرعی $(l\geq0)$ دنباله‌ای عددی به‌صورت $2, 6, 10, 14, \ldots$ می‌سازد. فرمول عمومی این دنباله به‌صورت $4l+2$ است و اختلاف هر دو جملهٔ متوالی آن برابر ۴ می‌باشد. عبارت (ت): مجموع تعداد زیرلایه‌های موجود در سه لایهٔ الکترونی اول، برابر ۶ است. زیرلایهٔ $4p$ با $l=1$ نیز حداکثر گنجایش ۶ الکترون را دارد. عبارت (ث): عدد کوانتومی فرعی هفتمین نوع زیرلایه برابر ۶ است، پس گنجایش این زیرلایه برابر است با:

گنجایش هفتمین نوع زیرلایه $=4l+2=4(6)+2=26$

گنجایش لایهٔ دوم و سوم به ترتیب برابر ۸ و ۱۸ الکترون است که در مجموع برابر $(8+18)26$ می‌باشد.

عدد کوانتومی (n)	نماد زیرلایه‌ها	شمار زیرلایه‌ها
$n=1$	$1s$	۱
$n=2$	$2s$	۲
	$2p$	
$n=3$	$3s$	۳
	$3p$	
	$3d$	



B ۱۶۴ ۴ زیرلایه‌های f و p که به‌ترتیب دارای اعداد کوانتومی فرعی $l=3$ و $l=1$ هستند، به‌ترتیب حداکثر گنجایش ۱۴ و ۶ الکترون را دارند. دورهٔ دوم شامل ۸ عنصر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): دورهٔ چهارم شامل ۱۸ عنصر است. حداکثر گنجایش لایهٔ چهارم با $n=4$ برابر ۳۲ الکترون می‌باشد. گزینهٔ (۲): گنجایش لایهٔ چهارم برابر 2×4^2 (۳۲) الکترون ولی مجموع گنجایش سه لایهٔ اول برابر ۲۸ است.

مجموع گنجایش سه لایهٔ اول اتم $=2(1)^2+2(2)^2+2(3)^2=28$

گزینهٔ (۳): مطابق شکل روبه‌رو، زیرلایهٔ p لایهٔ دوم $(2p)$، سومین زیرلایه از سمت هسته بوده و مقدار $n+l$ برای این زیرلایه برابر $(1+2)3$ است.

C ۱۶۵ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، نور قرمز با طول موج ۶۵۶nm، کم‌انرژی‌ترین پرتو و نور بنفش با طول موج ۴۱۰nm، پرانرژی‌ترین پرتو است.

اختلاف طول موج $=656-410=246nm$

عبارت (ب): در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایهٔ $n=4$ به لایهٔ $n=2$ پرتویی آبی رنگ با طول موج ۴۸۶nm ایجاد می‌کند. رنگ شعلهٔ فلز مس و ترکیب‌های گوناگون آن سبز است. عبارت (پ): در طیف نشری خطی هیدروژن انتقال الکترون از لایهٔ سوم به لایهٔ دوم پرتوی قرمز رنگ و از لایهٔ چهارم به لایهٔ دوم پرتوی آبی رنگ ایجاد می‌کند. عبارت (ت): گنجایش زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی (l) از رابطهٔ $4l+2$ و گنجایش لایهٔ اصلی با عدد کوانتومی اصلی (n) از رابطهٔ $2n^2$ به‌دست می‌آید:

گنجایش زیرلایهٔ با $l=1$ $=4l+2=18$ گنجایش لایهٔ الکترونی با $n=3$ $=2n^2=18$

عبارت (ث): در میان زیرلایه‌ها، زیرلایه‌های $6s$، $5p$، $4d$ و $3f$ دارای $n+l$ برابر ۶ هستند ولی از میان آن‌ها $3f$ مجاز نیست و در یک اتم وجود ندارد؛ زیرا در لایهٔ سوم فقط سه زیرلایهٔ s، p و d وجود دارد و زیرلایهٔ f وجود ندارد.

A ۱۶۶ ۳ طبق قاعدهٔ آفبا، در اتم عنصرهای دورهٔ سوم تنها دو زیرلایهٔ $3s$ و $3p$ در حال پر شدن است و زیرلایهٔ $3d$ در عنصرهای دورهٔ چهارم شروع به پر شدن می‌کند.

A ۱۶۷ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ت): مطابق قاعدهٔ آفبا، هنگام افزودن الکترون به زیرلایه‌ها، نخست زیرلایه‌های نزدیک‌تر به هسته پر می‌شوند که دارای انرژی کمتری هستند و سپس زیرلایه‌های بالاتر پر خواهند شد. عبارت (ب): انرژی زیرلایه‌ها به n و $n+l$ وابسته است به‌طوری که اگر $n+l$ برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با n بزرگ‌تر، انرژی بیشتری دارد، پس دیرتر پر می‌شود. عبارت (پ): داده‌های طیف‌سنجی نشان می‌دهد که آرایش الکترونی برخی اتم‌ها از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند. برای نمونه هر یک از اتم‌های کروم $(_{24}Cr)$ و مس $(_{29}Cu)$ در بیرونی‌ترین زیرلایهٔ خود تنها یک الکترون دارند.

A ۱۶۸ ۴ اگر چه ترتیب پر شدن زیرلایه‌های یک اتم براساس قاعدهٔ آفبا‌ست، ولی نحوهٔ قرارگیری زیرلایه‌های حاوی الکترون در اطراف هستهٔ اتم براساس n می‌باشد. آرایش الکترونی اتم $_{33}As$ به‌صورت روبه‌رو است:

$$_{33}As: 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^{10}\,4s^2\,4p^3$$

اگر از هسته به سمت بیرون حرکت کنیم، بیست و سومین الکترون در زیرلایهٔ $3d$ با $(n=3)$ و $(l=2)$ و سی و یکمین الکترون در زیرلایهٔ $4p$ با $(n=4)$ و $(l=1)$ قرار دارد.

A ۱۶۹ ۲ **روش اول (بررسی گزینه‌ها):** آرایش الکترونی اتم‌ها و نسبت خواسته شده در آن‌ها به‌صورت زیر است:

$_{34}Se: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^6 3d^{10}}_{\text{لایهٔ سوم}} \underbrace{4s^2 4p^4}_{\text{لایهٔ چهارم}} \Rightarrow \frac{2+6+10}{2+4}=3$

$_{24}Cr: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^6 3d^5}_{\text{لایهٔ سوم}} \underbrace{4s^1}_{\text{لایهٔ چهارم}} \Rightarrow \frac{2+6+5}{1}=13$

$_{32}Ge: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^6 3d^{10}}_{\text{لایهٔ سوم}} \underbrace{4s^2 4p^2}_{\text{لایهٔ چهارم}} \Rightarrow \frac{2+6+10}{2+2}=4/5$

$_{22}Ti: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^6 3d^2}_{\text{لایهٔ سوم}} \underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ چهارم}} \Rightarrow \frac{2+6+2}{2}=5$

روش دوم: برای حل سریع‌تر تست، توجه داشته باشید که تا وقتی که زیرلایه‌های 3s و 3p از الکترون پر نشوند، یعنی در لایهٔ سوم ۸ الکترون وجود نداشته باشد، لایهٔ چهارم شروع به پر شدن نمی‌کند. در چنین شرایطی نسبت تعداد الکترون‌های لایهٔ سوم به چهارم برابر ۴ $(\frac{8}{2})$ یا ۸ $(\frac{8}{1})$ است.

$_{20}Ca: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^6}_{\text{لایهٔ سوم}} \underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ چهارم}} \Rightarrow \frac{8}{2}=4$

$_{19}K: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^6}_{\text{لایهٔ سوم}} \underbrace{4s^1}_{\text{لایهٔ چهارم}} \Rightarrow \frac{8}{1}=8$

از طرفی تا زمانی که زیرلایهٔ 3d از الکترون پر نشود، الکترون وارد زیرلایهٔ 4p نمی‌شود، پس زمانی که در لایهٔ سوم ۱۸ الکترون وجود دارد، زیرلایهٔ 4p شروع به پر شدن می‌کند. در این شرایط اگر قرار باشد، نسبت شمار الکترون‌های لایهٔ سوم به چهارم برابر ۳ باشد، پس تعداد الکترون‌ها در لایهٔ چهارم باید ۶ $(\frac{18}{3})$ باشد، پس آرایش لایهٔ چهارم به‌صورت $4s^2 4p^4$ خواهد بود. عنصری با آرایش لایهٔ آخر $4s^2 4p^4$، سلنیم $(_{34}Se)$ است.

$_{34}Se: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^6 3d^{10}}_{\text{لایهٔ سوم}} \underbrace{4s^2 4p^4}_{\text{لایهٔ چهارم}} \Rightarrow \frac{\text{تعداد الکترون‌های لایهٔ سوم}}{\text{تعداد الکترون‌های لایهٔ چهارم}}=\frac{18}{6}=3$

B ۱۷۰ ۲ انرژی زیرلایه‌ها به $n+l$ وابسته است، به‌طوری که هر چه این مقدار برای زیرلایه‌ای کوچک‌تر باشد، آن زیرلایه انرژی کمتر و پایداری بیشتری دارد و زودتر از الکترون اشغال می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): دورهٔ چهارم شامل عنصرهای شمارهٔ ۱۹ تا ۳۶ است که در بین آن‌ها، آرایش الکترونی عنصرهای شمارهٔ ۲۴ و ۲۹، یعنی کروم و مس، از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند.

$_{29}Cu: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

$_{24}Cr: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$

گزینهٔ (۳): قاعدهٔ آفبا آرایش الکترونی اتم اغلب عنصرها را به‌درستی پیش‌بینی می‌کند، اما برای اتم برخی عنصرهای جدول نارسایی دارد. امروزه به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی چنین اتم‌هایی را با دقت تعیین می‌کنند. گزینهٔ (۴): زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی ۲ همان زیرلایهٔ d است:

$_{26}Fe: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underline{3d^6} 4s^2 \Rightarrow$ ۶ الکترون در زیرلایهٔ d

زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی ۱ همان زیرلایهٔ p است:

$_{18}Ar: 1s^2 2s^2 \underline{2p^6} 3s^2 \underline{3p^6} \Rightarrow$ ۱۲ الکترون در زیرلایهٔ p

B ۱۷۱ ۴ آرایش الکترونی فشردهٔ این سه عنصر به‌صورت زیر است:

آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ d $(l=2)$ شده است $\Rightarrow {}_{29}Cu: [{}_{18}Ar] 3d^{10} 4s^1$

, آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ d $(l=2)$ شده است $\Rightarrow {}_{26}Fe: [{}_{18}Ar] 3d^6 4s^2$

آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ s $(l=0)$ شده است $\Rightarrow {}_{19}K: [{}_{18}Ar] 4s^1$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): تنها دو زیرلایهٔ 3s و 2p دارای مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی ۳ هستند (دقت کنید که در اتم زیرلایهٔ 1d و 0f وجود ندارد).

$2p \Rightarrow n+l$ حاصل $=2+1=3$, $3s \Rightarrow n+l$ حاصل $=3+0=3$

گزینهٔ (۲): آرایش الکترونی فشردهٔ کروم $(_{24}Cr)$ به‌صورت مقابل است:

$_{24}Cr: [{}_{18}Ar] 3d^5 4s^1$

عنصر کروم در آخرین زیرلایهٔ خود (4s) دارای یک الکترون است. اما دقت کنید که آرایش الکترونی آن از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند. گزینهٔ (۳): ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها به مقدار $n+l$ و n آن‌ها بستگی دارد. به گونه‌ای که هر چه حاصل $n+l$ کوچک‌تر باشد، آن زیرلایه زودتر الکترون می‌گیرد. اما دقت کنید که پس از پر شدن زیرلایه‌ها، ترتیب قرارگیری آن‌ها براساس عدد کوانتومی اصلی آن‌ها (n) خواهد بود. هر چه مقدار عدد کوانتومی اصلی زیرلایه‌ای کوچک‌تر باشد، آن زیرلایه زودتر نوشته می‌شود.

B ۱۷۲ ۱ آرایش الکترونی اتم کروم $(_{24}Cr)$ به‌صورت مقابل است:

$_{24}Cr: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$

لایهٔ ظرفیت اتم کروم به‌صورت $3d^5 4s^1$ است.

- مجموع $n+l$ الکترون $\Rightarrow$ یک الکترون در زیرلایهٔ 4s دارد $\Rightarrow 4+0=4$
- مجموع $n+l$ هر الکترون $\Rightarrow$ پنج الکترون در زیرلایهٔ 3d دارد $\Rightarrow 3+2=5$

B ۱۷۳ ۴ در آغاز با توجه به اینکه در چهار لایه از اتم A الکترون وجود دارد آرایش الکترونی اتم عنصر A را می‌نویسیم:

$A: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underline{\underline{3d^8}} 4s^2$

در نتیجه تنها زیرلایهٔ d موجود $(l=2)$، هشت الکترون قرار دارد. اکنون آرایش الکترونی $_{22}M$ را می‌نویسیم:

$_{22}M: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$

در آرایش الکترونی اتم $_{22}M$، چهار زیرلایهٔ دو الکترونی s و یک زیرلایهٔ دو الکترونی d مشاهده می‌شود، پس نسبت خواسته شده برابر است با:

$\text{نسبت خواسته شده} = \frac{8}{5}=1/6$

۱۷۴ B ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ایزوتوپ‌های یک عنصر عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوتی دارند، در حالی‌که $^{60}_{27}M$ و $^{60}_{28}A$ عدد جرمی یکسان و عدد اتمی متفاوتی دارند، پس ایزوتوپ یکدیگر نیستند. عبارت (ب): در اتم $^{60}_{27}M$، ۲۷ پروتون و ۳۳ نوترون (۶۰−۲۷) وجود دارد. تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌های این عنصر برابر ۶ است.

$$n-p=۳۳-۲۷=۶$$

عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصر $_{27}M$ به‌صورت زیر است:

$$_{27}M:\underline{1s^2}/\underline{2s^2}\underline{2p^6}/\underline{3s^2}\underline{3p^6}3d^7/\underline{4s^2}\Rightarrow\begin{cases}۸=\text{شمار الکترون‌های با } l=0 \text{ (زیرلایهٔ s)}\\ ۱۲=\text{شمار الکترون‌های با } l=1 \text{ (زیرلایهٔ p)}\end{cases}$$

بنابراین مجموع شمار الکترون های موجود در زیرلایه‌های با $l=0$ و $l=1$ (یعنی s و p) برابر ۲۰ (۸+۱۲) است. عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم $_{24}X$ به‌صورت $[_{18}Ar]3d^5 4s^1$ است. شمار الکترون‌های زیرلایهٔ d در اتم $_{24}X$ برابر ۵ است و با توجه به آرایش الکترونی $_{27}M$ که در بالا رسم شده، در زیرلایهٔ d اتم $_{27}M$، ۷ الکترون وجود دارد. بنابراین اختلاف شمار الکترون‌های زیرلایهٔ d در این دو عنصر برابر ۲ (۵−۷) است.

۱۷۵ B ۱ در میان عناصر جدول دوره‌ای، عناصر گروه‌های ۱، ۶، ۱۱ و ۱۳ جدول دوره‌ای در آخرین زیرلایهٔ خود دارای یک الکترون هستند؛ بنابراین در میان ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای، عناصر هیدروژن ($_1H$)، لیتیم ($_3Li$)، سدیم ($_{11}Na$) و پتاسیم ($_{19}K$) از گروه ۱، عناصر کروم ($_{24}Cr$) و مس ($_{29}Cu$) به ترتیب از گروه‌های ۶ و ۱۱ و عناصر بور ($_5B$)، آلومینیم ($_{13}Al$) و گالیم ($_{31}Ga$) از گروه ۱۳ در آخرین زیرلایهٔ خود، تنها یک الکترون دارند. به آرایش الکترونی این ۹ عنصر توجه کنید:

$$\text{گروه ۱}\Rightarrow {}_1H:1s^1\ ,\ {}_3Li:[He]2s^1\ ,\ {}_{11}Na:[_{10}Ne]3s^1\ ,\ {}_{19}K:[_{18}Ar]4s^1 \qquad \text{گروه ۶}\Rightarrow {}_{24}Cr:[_{18}Ar]3d^5 4s^1$$

$$\text{گروه ۱۱}\Rightarrow {}_{29}Cu:[_{18}Ar]3d^{10}4s^1 \qquad \text{گروه ۱۳}\Rightarrow {}_5B:[_2He]2s^2 2p^1\ ,\ {}_{13}Al:[_{10}Ne]3s^2 3p^1\ ,\ {}_{31}Ga:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^1$$

۱۷۶ B ۱ مطابق قاعدهٔ آفبا، زیرلایهٔ 3d ($n+l=5$) دارای انرژی کمتری نسبت به 5p ($n+l=6$) بوده و به همین علت زیرلایهٔ 3d زودتر از زیرلایهٔ 5p از الکترون پر می‌شود؛ بنابراین هر گاه زیرلایهٔ 5p در حال پر شدن باشد، زیرلایهٔ 3d می‌بایست پیش از آن از الکترون پر شده باشد. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۲): انرژی هر لایه (الکترون) در اتم، به عدد اتمی آن اتم وابسته است؛ به همین دلیل جابه‌جایی الکترون، حتی بین لایه‌های یکسان، در اتم‌های متفاوت، پرتو با طول موج‌های متفاوت ایجاد می‌کند. گزینهٔ (۳): زیرلایهٔ d ($l=2$) از عنصر اسکاندیم ($_{21}Sc$) شروع به پر شدن می‌کند؛ بنابراین عناصری با عدد اتمی ۱ تا ۲۰، دارای الکترون در این زیرلایه نیستند. گزینهٔ (۴): انرژی هر زیرلایه به $n+l$ و n آن زیرلایه وابسته است؛ به طوری که ابتدا به مقایسهٔ $n+l$ پرداخته و در صورت برابر بودن این مقدار، از مقایسهٔ n برای مقایسهٔ سطح انرژی زیرلایه‌ها استفاده می‌کنیم؛ بنابراین با مقایسهٔ میان زیرلایهٔ 6s ($n+l=6+0=6$) و 4d ($n+l=4+2=6$) می‌توان بیان داشت که از آن جایی که $n+l$ برای هر دو زیرلایه یکسان است، پس زیرلایهٔ 6s به‌دلیل بیشتر بودن مقدار n، انرژی بیشتری دارد.

۱۷۷ B ۲ رفتار شیمیایی هر اتم به تعداد الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به‌طوری که می‌توان هشت‌تایی شدن لایهٔ ظرفیت و دست‌یابی به آرایش گاز نجیب را مبنای میزان واکنش‌پذیری آن دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند و پایدارتر شوند. شمار الکترون‌های ظرفیتی در آرایش الکترونی فشردهٔ اتم عنصرهای اصلی و واسطه مشخص است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): آرایش الکترونی اتم هیدروژن ($_1H$) را نمی‌توان به صورت فشرده (با استفاده از گاز نجیب) مشخص کرد. گزینهٔ (۳): در نوشتن آرایش الکترونی فشردهٔ عنصرهای دستهٔ p، علاوه بر لایهٔ ظرفیت (الکترون‌های زیرلایه‌های s و p لایهٔ آخر)، زیرلایهٔ d لایهٔ ماقبل آخر نیز نوشته می‌شود: برای نمونه، برای عنصر $_{35}Br$ داریم:

$$_{35}Br:[_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

گزینهٔ (۴): در عناصر گروهی که زیرلایهٔ p آن‌ها در حال پر شدن است، رقم یکان شمارهٔ گروه با شمارهٔ الکترون‌های ظرفیت آن اتم برابر است؛ به عبارت دیگر داریم:

$$\text{شمارهٔ گروه عنصر} = \text{شمار الکترون‌های ظرفیتی اتم عنصر} + ۱۰$$

۱۷۸ B ۳ عبارت‌های (الف) و (ث) نادرست هستند. در دورهٔ چهارم جدول تناوبی، عنصر کروم ($_{24}Cr$) از گروه ۶ جدول تناوبی و عنصر سلنیم ($_{34}Se$) از گروه ۱۶ جدول تناوبی، دارای ۶ الکترون ظرفیت هستند. آرایش الکترونی فشردهٔ این دو عنصر به‌صورت زیر است:

$$_{34}Se:[_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \qquad _{24}Cr:[_{18}Ar]\underbrace{3d^5 4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

دقت کنید که در عناصر دستهٔ p از دورهٔ چهارم به بعد، زیرلایهٔ d جزء لایهٔ ظرفیت محسوب نمی‌شود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی این دو عنصر، کروم دارای ۱۳ الکترون و سلنیم دارای ۱۸ الکترون در لایهٔ سوم خود هستند.

$$_{34}Se:1s^2/2s^2 2p^6/\underbrace{3s^2 3p^6 3d^{10}}_{\text{۱۸ الکترون}}/4s^2 4p^4 \qquad _{24}Cr:1s^2/2s^2 2p^6/\underbrace{3s^2 3p^6 3d^5}_{\text{۱۳ الکترون}}/4s^1$$

عبارت (ب): کروم (Cr)، دارای دو زیرلایهٔ 4s و 3d نیمه‌پر است. عبارت (پ): سلنیم (Se) دارای ۴ الکترون در آخرین زیرلایهٔ خود، یعنی 4p است. عبارت (ت): عنصر کروم از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند. عبارت (ث): مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های لایهٔ ظرفیت این دو عنصر به‌صورت زیر است:

$$_{24}Cr:[_{18}Ar]3d^5 4s^1\Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های لایهٔ ظرفیت}=5\underbrace{(3+2)}_{3d}+1\underbrace{(4-0)}_{4s}=25+4=29$$

$$_{34}Se:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^4\Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های لایهٔ ظرفیت}=2\underbrace{(4+0)}_{4s}+4\underbrace{(4+1)}_{4p}=8+20=28$$

همان‌طور که مشاهده کردید، مجموع $n+l$ الکترون‌های لایهٔ ظرفیت هیچ‌کدام از این دو عنصر برابر ۲۶ نیست.

۱۷۹ **۱** فقط عبارت چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آرایش الکترونی دو عنصر $_{33}As$ و $_{28}Ni$ به‌صورت زیر است:

$$_{28}Ni: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^8\ 4s^2 \Rightarrow \text{دارای ۶ زیرلایهٔ پر از الکترون است}, \quad _{33}As: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \underbrace{3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}}_{\text{۱۸ الکترون}}\ 4s^2\ 4p^3$$

عنصر $_{33}As$ دارای ۱۸ الکترون در لایهٔ سوم خود است. همچنین $_{28}Ni$، ۶ زیرلایهٔ پر شده از الکترون دارد. عبارت دوم: در میان عناصر دورهٔ سوم جدول دوره‌ای، در دما و فشار اتاق، ۲ عنصر کلر و آرگون به‌صورت گازی هستند. عبارت سوم: حداکثر گنجایش الکترونی هر لایه از رابطهٔ $2n^2$ به‌دست می‌آید؛ بنابراین لایه‌ای با $n=3$ حداکثر گنجایش $2(3)^2=18$ الکترون را دارد. همچنین سه زیرلایهٔ $5s$، $4p$ و $3d$ دارای مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی ۵ هستند. اگر چه مجموع n و l برای زیرلایهٔ $2f$ برابر ۵ است ولی چنین زیرلایه‌ای مجاز نیست و اصلاً وجود ندارد، زیرا لایهٔ دوم فقط زیرلایهٔ s و p دارد. عبارت چهارم: آرایش الکترونی فشردهٔ دو عنصر $_{20}Ca$ و $_{31}Ga$ به‌صورت مقابل خواهد بود:

$$_{20}Ca: [_{18}Ar]\,4s^2 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ بیرونی‌ترین زیرلایه}=4+0=4$$

$$_{31}Ga: [_{18}Ar]\,3d^{10}4s^2 4p^1 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ بیرونی‌ترین زیرلایه}=4+1=5$$

بنابراین حاصل $n+l$ بیرونی‌ترین زیرلایهٔ این دو عنصر با یکدیگر برابر نیست.

۱۸۰ **۲**

نکته‌ترکیبی **دسته‌بندی عناصر:** عنصرها را براساس آخرین زیرلایه‌ای که الکترون پذیرفته است در چهار دسته قرار می‌دهند:
- **دستهٔ s**: شامل عناصر گروه‌های اول و دوم و عنصر هلیم است. این دسته ۱۴ عنصر دارد و همهٔ الکترون‌های ظرفیت عناصر آن مربوط به زیرلایهٔ s هستند.
- **دستهٔ p**: شامل عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ به‌جز هلیم است. این دسته ۳۶ عنصر دارد و اکثر نافلزها به همراه تمامی شبه‌فلزها و برخی از فلزها در آن یافت می‌شوند؛ بنابراین تنوع خواص عناصر در آن زیاد است. الکترون‌های ظرفیت عناصر دستهٔ p شامل الکترون‌های آخرین زیرلایه‌های s و p آرایش الکترونی است. عناصر این دسته در دوره‌های دوم تا هفتم قرار دارند.
- **دستهٔ d**: عناصر گروه‌های ۳ تا ۱۲ جدول تناوبی را در برمی‌گیرد. شامل ۴۰ عنصر است که همگی فلزند. الکترون‌های ظرفیت این عناصر شامل الکترون‌های آخر زیرلایهٔ s به همراه الکترون‌های زیرلایهٔ d لایهٔ ماقبل آخر آن می‌شود. عناصر این دسته در دوره‌های چهارم تا هفتم قرار دارند.
- **دستهٔ f**: عناصر این دسته تماماً در گروه سوم قرار دارند، همانند دستهٔ d همگی فلز هستند و در دوره‌های ۶ و ۷ جدول تناوبی یافت می‌شوند.

عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هلیم اگرچه عنصری از دستهٔ s است ولی به همراه ۳۶ عنصر دستهٔ p در گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته‌اند. عبارت (ب): دستهٔ d شامل گروه‌های ۳ تا ۱۲ جدول تناوبی (۱۰ گروه) و دوره‌های ۴ تا ۷ جدول تناوبی (۴ دوره) است و جمعاً ۴۰ عنصر را در خود جای داده است. عبارت (پ): در دوره‌های اول تا چهارم جدول تناوبی به ترتیب ۲، ۸، ۸ و ۱۸ عنصر وجود دارد که در مجموع برابر ۳۶ عنصر می‌شود. شمار عنصرهای دستهٔ p نیز برابر ۳۶ عنصر است. عبارت (ت): دستهٔ s، d و f به‌ترتیب شامل ۱۴، ۴۰ و ۲۸ عنصر هستند.

۱۸۱ **۳** عناصر لیتیم ($_3Li$)، بریلیم ($_4Be$) و نئون ($_{10}Ne$) از دورهٔ دوم و عناصر سدیم ($_{11}Na$)، منیزیم ($_{12}Mg$)، آلومینیم ($_{13}Al$)، سیلیسیم ($_{14}Si$)، کلر ($_{17}Cl$) و آرگون ($_{18}Ar$) از دورهٔ سوم، دارای نماد شیمیایی دوحرفی هستند؛ بنابراین در مجموع ۹ عنصر از دوره‌های دوم و سوم جدول دارای نماد شیمیایی دوحرفی‌اند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): گروه‌های ۴ تا ۱۲ جدول تناوبی، هر یک شامل ۴ عنصر بوده و همگی از دستهٔ d هستند. در سایر گروه‌های جدول تناوبی، بیش از ۴ عنصر وجود دارد.

*** توجه** عناصر دستهٔ f جدول تناوبی که شامل ۲۸ عنصر هستند، جزو گروه ۳ جدول به شمار می‌آیند. در واقع گروه سوم جدول تناوبی با ۳۲ عنصر (۲۸ عنصر از دستهٔ f و ۴ عنصر از دستهٔ d)، بزرگ‌ترین گروه جدول تناوبی به شمار می‌رود.

گزینهٔ (۲): عناصر دستهٔ f شامل ۱۴ عنصر در دورهٔ ششم (عناصر ۵۷ تا ۷۰) و ۱۴ عنصر در دورهٔ هفتم (عناصر ۸۹ تا ۱۰۲) جدول تناوبی هستند که در مجموع در این دسته ۲۸ عنصر وجود دارد. گزینهٔ (۴): نخستین عنصر ساخته شده توسط بشر، تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) بوده و آرایش الکترونی فشردهٔ این عنصر به‌صورت $_{43}Tc: [_{36}Kr]\,4d^5 5s^2$ است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ d این عنصر شده است؛ بنابراین این عنصر جزو عناصر دستهٔ d جدول تناوبی به شمار می‌آید.

۱۸۲ **۲** با دانستن جایگاه یک عنصر در جدول دوره‌ای، می‌توان به شمارهٔ دوره و شمارهٔ گروه آن عنصر پی برد، همچنین می‌توان فهمید که عدد اتمی این عنصر چند است و چون در یک اتم، شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها با یکدیگر مساوی بوده و برابر عدد اتمی است، می‌توان به شمار پروتون‌ها و الکترون‌های آن اتم نیز پی برد. این در حالی است که شمار نوترون‌های اتم مشخص نمی‌شود، به عدد جرمی (مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها) و تعداد ایزوتوپ (هم‌مکان)های یک عنصر نیز نمی‌توان پی برد.

۱۸۳ **۴** **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها، رفتار شیمیایی آن‌ها را تعیین می‌کند. به الکترون‌های موجود در لایهٔ ظرفیت، الکترون‌های ظرفیت اتم گفته می‌شود.

گزینهٔ (۲): در عنصرهای گروه‌های ۱ تا ۱۲، شمارهٔ گروه با تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت برابر است. در عنصرهای گروه‌های ۱۳ تا ۱۸، شمارهٔ گروه برابر است با (۱۰+تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت)، به عبارت دیگر، تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت برابر با یکان شمارهٔ گروه عنصرها است. البته به‌جز He که دو الکترون ظرفیت دارد ولی در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته است!

نکته‌ترکیبی **شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر هر دسته:**
- دستهٔ s: ۱ و ۲ الکترون ظرفیت
- دستهٔ p: ۳ تا ۸ الکترون ظرفیت
- دستهٔ d: ۳ تا ۱۲ الکترون ظرفیت
- دستهٔ f: ۳ تا ۱۶ الکترون ظرفیت

گزینهٔ (۳): لایهٔ ظرفیت عنصرهای دستهٔ s و p، بیرونی‌ترین لایهٔ اتم این عنصرها است، در حالی که در عنصرهای دستهٔ d، لایهٔ ظرفیت علاوه‌بر بیرونی‌ترین لایه، زیرلایهٔ d لایهٔ ماقبل آخر را نیز شامل می‌شود. به‌عنوان مثال:

$$_{11}Na: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \underline{3s^1} \qquad _{17}Cl: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \underline{3s^2\ 3p^5} \qquad _{21}Sc: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \underline{3d^1 4s^2}$$

*** توجه** ضابطهٔ کلی لایهٔ ظرفیت در عنصرهای دستهٔ s به‌صورت ns، در عنصرهای دستهٔ p به‌صورت $ns\ np$ و در عنصرهای دستهٔ d به‌صورت $(n-1)d\ ns$ است.

گزینهٔ (۴): به عنوان مثال در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای، عنصر هلیم دارای ۲ الکترون ظرفیت است ولی سایر عناصر این گروه ($_{10}Ne$، $_{18}Ar$، $_{36}Kr$ و ...) دارای ۸ الکترون ظرفیت هستند.

B ۱۸۴ ۳ نسبت خواسته شده را برای چهار عنصر محاسبه می‌کنیم. بیشترین نسبت متعلق به عنصر روی $({}_{30}Zn)$ است.

نماد و آرایش الکترونی عنصر	شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت / شمار زیرلایه‌های اشغال شده
${}_{7}N: 1s^2 2s^2 2p^3$	$\frac{2+3}{3} \simeq 1/66$
${}_{16}S: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	$\frac{2+4}{5} = 1/2$
${}_{30}Zn: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$	$\frac{2+10}{7} \simeq 1/71$
${}_{35}Br: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$	$\frac{2+5}{8} = 0/875$

B ۱۸۵ ۱ ابتدا آرایش الکترونی دو عنصر ${}_{24}M$ و ${}_{28}A$ را رسم کرده و شمار الکترون‌های با $l=1$ و مجموع شمار الکترون‌های با $l=0$ و $l=2$ را برای هر کدام به‌دست می‌آوریم:

عنصر	آرایش الکترونی	شمار الکترون‌های با $l=1$	مجموع شمار الکترون‌های با $l=0$ و $l=2$
${}_{24}M$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	۱۲	۷+۵=۱۲
${}_{28}A$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$	۱۲	۸+۸=۱۶

بنابراین بین دو عنصر ${}_{24}M$ و ${}_{28}A$ باید ${}_{24}M$ را انتخاب کنیم. در لایهٔ ظرفیت عنصر ${}_{24}M$ همانند لایهٔ ظرفیت ${}_{16}X$، تعداد ۶ الکترون وجود دارد:

$${}_{16}X: [{}_{10}Ne]\underbrace{3s^2 3p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \qquad {}_{24}M: [{}_{18}Ar]\underbrace{3d^5 4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

B ۱۸۶ ۲ ابتدا از آرایش الکترونی فشردهٔ ${}_{19}K$، مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی لایهٔ ظرفیت آن را به‌دست می‌آوریم:

$${}_{19}K: [{}_{18}Ar]\underbrace{4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های لایهٔ ظرفیت} = 1\underbrace{(4+0)}_{4s} = 4$$

اکنون آرایش الکترونی عناصر (الف) تا (ث) را رسم کرده و مجموع $n+l$ الکترون‌های لایهٔ آخر آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

عبارت (الف): ${}_{31}A: [{}_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^1}_{\text{لایهٔ آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های لایهٔ آخر} = 2\underbrace{(4+0)}_{4s} + 1\underbrace{(4+1)}_{4p} = 13$

عبارت (ب): ${}_{24}B: [{}_{18}Ar]3d^5\underbrace{4s^1}_{\text{لایهٔ آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های لایهٔ آخر} = 1\underbrace{(4+0)}_{4s} = 4$

عبارت (پ): ${}_{25}C: [{}_{18}Ar]3d^5\underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های لایهٔ آخر} = 2\underbrace{(4+0)}_{4s} = 8$

عبارت (ت): ${}_{27}D: [{}_{18}Ar]3d^7\underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های لایهٔ آخر} = 2\underbrace{(4+0)}_{4s} = 8$

عبارت (ث): ${}_{29}E: [{}_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^1}_{\text{لایهٔ آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های لایهٔ آخر} = 1\underbrace{(4+0)}_{4s} = 4$

بنابراین مجموع $n+l$ الکترون‌های لایهٔ آخر دو عنصر ${}_{24}B$ و ${}_{29}E$ با مجموع $n+l$ الکترون‌های ظرفیت ${}_{19}K$ برابر است.

B ۱۸۷ ۲ ابتدا آرایش الکترونی فشردهٔ هر یک از این عناصر را رسم می‌کنیم و حاصل $n+l$ را برای الکترون‌های ظرفیت آن‌ها به‌دست می‌آوریم:

$${}_{24}Cr: [{}_{18}Ar]\underbrace{3d^5 4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 5\underbrace{(3+2)}_{3d} + 1\underbrace{(4+0)}_{4s} = 29$$

$${}_{15}P: [{}_{10}Ne]\underbrace{3s^2 3p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\underbrace{(3+0)}_{3s} + 3\underbrace{(3+1)}_{3p} = 18$$

$${}_{22}Ti: [{}_{18}Ar]\underbrace{3d^2 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\underbrace{(3+2)}_{3d} + 2\underbrace{(4+0)}_{4p} = 18$$

$${}_{9}F: [{}_{2}He]\underbrace{2s^2 2p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\underbrace{(2+0)}_{2s} + 5\underbrace{(2+1)}_{2p} = 19$$

$${}_{34}Se: [{}_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\underbrace{(4+0)}_{4s} + 4\underbrace{(4+1)}_{4p} = 28$$

$${}_{16}S: [{}_{10}Ne]\underbrace{3s^2 3p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\underbrace{(3+0)}_{3s} + 4\underbrace{(3+1)}_{3p} = 22$$

مجموع $n+l$ الکترون‌های ظرفیت در دو عنصر ${}_{15}P$ و ${}_{22}Ti$ با یکدیگر برابر است.

B ۱۸۸ **۴** آرایش الکترونی دو عنصر $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ به‌صورت زیر خواهد بود:

$_{29}Cu: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^1$ $\qquad$ $_{24}Cr: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4s^1$

در هر دوی این عناصر ۷ زیرلایه از الکترون اشغال شده است. / $_{24}Cr$ دارای ۵ الکترون در زیرلایهٔ $3d\ (l=2)$ و $_{29}Cu$ دارای ۱۰ الکترون در زیرلایهٔ $3d$ است. هر دوی این عناصر دارای ۳ زیرلایهٔ دو الکترونی ($1s^2$، $2s^2$، $3s^2$) هستند. / شمار الکترون‌های زیرلایه‌های s هر دوی این عناصر برابر ۷ است. / شمار الکترون‌های ظرفیت $_{24}Cr$ برابر ۶ و $_{29}Cu$ برابر ۱۱ است. / در لایهٔ آخر هر دوی این عناصر یک الکترون وجود دارد. / آرایش الکترونی این دو عنصر از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند. / آخرین زیرلایهٔ هر دوی این عناصر مشابه و به‌صورت $4s^1$ بوده و به همین دلیل مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های این زیرلایه در هر دوی آن‌ها یکسان و برابر ۴ $((4+0)(1))$ است.

B ۱۸۹ **۴** همهٔ عبارت‌ها درست است. در لایهٔ سوم به‌ترتیب زیرلایه‌های $3s$، $3p$ و $3d$ الکترون می‌پذیرند. عنصری که در لایهٔ سوم خود ۱۰ الکترون داشته باشد، در زیرلایه‌های $3s$ و $3p$ آن به‌ترتیب ۲ و ۶ الکترون وجود دارد و زیرلایهٔ $3d$ آن دارای ۲ الکترون است. $3s^2 \rightarrow 3p^6 \rightarrow 3d^2$

پس آرایش الکترونی این اتم به‌صورت مقابل است: $X: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^2\ 4s^2$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): این عنصر جزء عنصرهای دستهٔ d بوده و لایهٔ ظرفیت آن به‌صورت $3d^2\ 4s^2$ است. شمارهٔ گروه این عنصر برابر با تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت آن (۴) می‌باشد. عبارت (ب): در این اتم جمعاً ۵ زیرلایه دارای ۲ الکترون هستند. $X: \underline{1s^2}\ \underline{2s^2}\ 2p^6\ \underline{3s^2}\ 3p^6\ \underline{3d^2}\ \underline{4s^2}$

عبارت (پ): دستهٔ d با ۴۰ عنصر دارای بیشترین تعداد عنصر است. عبارت (ت): با توجه به آرایش الکترونی عنصر مورد نظر، خواهیم داشت:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^2\ 4s^2 \Rightarrow \frac{\text{تعداد الکترون‌های لایهٔ چهارم}}{\text{تعداد الکترون‌های لایهٔ دوم}} = \frac{2}{2+6} = \frac{1}{4}$$

B ۱۹۰ **۲** آرایش اتم منگنز، به صورت مقابل است: $_{25}Mn: [Ar]\ \underbrace{3d^5\ 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$

هر اتم منگنز دارای ۷ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین برای حل این تست، ابتدا حجم قطعهٔ منگنز را محاسبه کرده و تعداد مول الکترون‌های ظرفیت موجود در اتم منگنز این قطعه را به دست می‌آوریم:

$$\text{حجم مکعب} = a^3 = 4^3 = 64\,cm^3$$

$$?\,mol\,e^-(\text{ظرفیت}) = 64\,cm^3 \times \frac{7/5\,g\,Mn}{1\,cm^3} \times \frac{1\,mol\,Mn}{55\,g\,Mn} \times \frac{7\,mol\,e^-(\text{ظرفیت})}{1\,mol\,Mn} \simeq 61/1\,mol\,e^-(\text{ظرفیت})$$

C ۱۹۱ **۲** عبارت‌های اول، سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: همان‌طور که می‌دانید، هر زیرلایه را با نماد nl نمایش می‌دهند، به‌طوری‌که n عدد کوانتومی اصلی و برابر ضریب زیرلایه است و l عدد کوانتومی فرعی است و برای زیرلایه‌های s، p، d و f به ترتیب برابر ۰، ۱، ۲ و ۳ است. اکنون حاصل $n+l$ را برای زیرلایه‌های $4d$ و $3s$ محاسبه می‌کنیم:

$$4d \Rightarrow n+l = 4+2 = 6, \quad 3s \Rightarrow n+l = 3+0 = 3$$

نسبت $n+l$ برابر زیرلایهٔ $4d$ به $3s$ برابر $2\ (\frac{6}{3})$ است. عبارت دوم: $_{58}^{140}Z^{3+}: p = 58, \quad e = p - \text{بار یون} = 58-3 = 55, \quad n = A-p = 140-58 = 82$

تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در این یون برابر ۲۷ $(82-55)$ است. عبارت سوم: آرایش الکترونی عنصر مورد نظر به‌صورت زیر است:

$_{26}D: 1s^2\ 2s^2\ (2p^6)\ 3s^2\ (3p^6)\ (3d^6)\ 4s^2$

با توجه به آرایش الکترونی عنصر D، زیرلایه‌های $2p$، $3p$ و $3d$ دارای ۶ الکترون هستند. عبارت چهارم: آرایش الکترونی فشردهٔ دو عنصر به‌صورت زیر است:

$_{24}X: [_{18}Ar]\ \underbrace{3d^5\ 4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{شمار الکترون‌های ظرفیت} = 5+1 = 6$ $\qquad$ $_{33}A: [_{18}Ar]\ 3d^{10}\ \underbrace{4s^2\ 4p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{شمار الکترون‌های ظرفیت} = 2+3 = 5$

عبارت پنجم: براساس قاعدهٔ آفبا، ابتدا زیرلایه‌هایی که انرژی کمتری داشته و به هسته نزدیک‌تر هستند، پر می‌شوند. انرژی زیرلایه‌ها به مقدار n و $n+l$ آن‌هاست، به گونه‌ای که زیرلایهٔ با $n+l$ کوچک‌تر، انرژی کمتری داشته و سریع‌تر پر می‌شود. همچنین اگر $n+l$ دو زیرلایه برابر باشند، زیرلایه‌ای که n کوچک‌تری دارد، زودتر الکترون می‌گیرد. حاصل $n+l$ برای زیرلایه‌های $4s$ و $3d$ به ترتیب برابر ۴ و ۵ است؛ بنابراین در عناصر واسطهٔ دورهٔ چهارم، زیرلایهٔ $4s$ زودتر از زیرلایهٔ $3d$ از الکترون اشغال می‌شود.

C ۱۹۲ **۳** **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در دورهٔ چهارم جدول تناوبی در مجموع ۱۸ عنصر وجود دارد که از این ۱۸ عنصر، سه عنصر $_{19}K$، $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ دارای زیرلایهٔ نیمه‌پر $4s^1$، عنصر $_{25}Mn$ دارای زیرلایهٔ نیمه‌پر $3d^5$، عنصر $_{33}As$ دارای زیرلایهٔ نیمه‌پر $4p^3$ است. برای تمرین آرایش الکترونی این پنج عنصر را بنویسید.

گزینهٔ (۲): در عناصر گروه‌های ۱ تا ۱۲ دورهٔ چهارم جدول تناوبی به ترتیب ۱ تا ۱۲ الکترون ظرفیت وجود دارد. شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ دورهٔ چهارم نیز به ترتیب ۳ تا ۸ الکترون است؛ بنابراین شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ برابر با شمار این الکترون‌ها در عناصر گروه‌های ۳ تا ۸ است و در مجموع ۱۲ عنصر با تعداد الکترون‌های ظرفیت متفاوت در این دوره داریم.

* **توجه** شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های ۳ تا ۸ دستهٔ d جدول تناوبی برابر شمار این الکترون‌ها در عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ دستهٔ p (به جز $_2He$) است.

گزینهٔ (۳): در دورهٔ چهارم جدول تناوبی، شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های ۱ تا ۱۲ از چپ به راست افزایش می‌یابد. اما از گروه ۱۲ به گروه ۱۳، تعداد الکترون‌های ظرفیت از ۱۲ به ۳ کاهش می‌یابد و از گروه ۱۳ تا ۱۸ دوباره افزایش می‌یابد؛ پس شمار الکترون‌های ظرفیت در عناصر دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای، از چپ به راست همواره افزایش نمی‌یابد.

گزینهٔ (۴): از ۱۸ عنصر دورهٔ چهارم جدول تناوبی، تنها دو عنصر پتاسیم $(_{19}K)$ و وانادیم $(_{23}V)$ دارای نماد شیمیایی تک‌حرفی هستند.

نکته ترکیبی دربارهٔ عناصر دورهٔ چهارم جدول تناوبی به نکات زیر توجه کنید: ۱- عناصری که حداقل یک زیرلایهٔ نیمه‌پر دارند: $_{19}K$، $_{24}Cr$، $_{29}Cu$ و $_{33}As$ ۲- عناصری که تنها یک زیرلایهٔ نیمه‌پر دارند: $_{19}K$، $_{29}Cu$ و $_{33}As$ ۳- عنصری که دارای بیش از یک زیرلایهٔ نیمه‌پر است: $_{24}Cr$ ۴- عناصری که آخرین الکترونی که می‌پذیرند در یک زیرلایهٔ نیمه‌پر قرار دارد: $_{19}K$، $_{24}Cr$ و $_{33}As$ ۵- عناصری که دارای زیرلایهٔ ۳d پر هستند: $_{29}Cu$، $_{30}Zn$، $_{31}Ga$، $_{32}Ge$، $_{33}As$، $_{34}Se$، $_{35}Br$ و $_{36}Kr$ ۶- عناصری که آرایش الکترونی آن‌ها به زیرلایهٔ تک‌الکترون ختم می‌شود: $_{19}K$، $_{24}Cr$، $_{29}Cu$ و $_{31}Ga$ ۷- عناصری که ۸ الکترون ظرفیت دارند: $_{36}Kr$ و $_{26}Fe$ ۸- عناصری که آرایش الکترونی آن‌ها از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند: $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ ۹- عناصری که شمار الکترون‌های با $l=2$ برابر دارند: $_{24}Cr$ و $_{25}Mn$ / $_{29}Cu$ و $_{30}Zn$، $_{31}Ga$، $_{32}Ge$، $_{33}As$، $_{34}Se$، $_{35}Br$ و $_{36}Kr$ ۱۰- عناصری که در میان فراوان‌ترین عناصر سیارهٔ زمین دیده می‌شوند: $_{26}Fe$ و $_{28}Ni$ ۱۱- عنصری که مجموع $n+l$ الکترون‌های ظرفیت اتم آن، برابر عدد اتمی است: $_{23}V$

$$_{23}V:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\underbrace{3d^3\,4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l = 3\underbrace{(3+2)}_{3d} + 2\underbrace{(4+0)}_{4s} = 23$$

A ۱۹۳ ۲ $_{15}P$ و $_{33}As$ هر دو در گروه ۱۵ و $_{19}K$ و $_{35}Br$ هر دو در تناوب چهارم جدول قرار دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): $_{5}B$ در گروه ۱۳ و $_{32}Ge$ در گروه ۱۴ قرار دارد. $_{37}Rb$ و $_{52}Te$ هر دو متعلق به تناوب پنجم هستند. گزینهٔ (۳): $_{10}Ne$ و $_{36}Kr$ هر دو در گروه ۱۸ قرار دارند. $_{53}I$ متعلق به تناوب پنجم و $_{56}Ba$ متعلق به تناوب ششم است. گزینهٔ (۴): $_{21}Sc$ در گروه ۳ و $_{13}Al$ در گروه ۱۳ قرار دارد. $_{26}Fe$ متعلق به تناوب چهارم و $_{17}Cl$ متعلق به تناوب سوم است.

B ۱۹۴ ۴ آرایش الکترونی $_{31}Ga$ و لایهٔ ظرفیت آن به صورت مقابل است: $_{31}Ga:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^{10}\,\underbrace{4s^2\,4p^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow$ تعداد الکترون‌های ظرفیت $=3$

با توجه به توضیحات متن تست، شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم عنصر A نیز برابر ۳ است. حال شروع به رسم آرایش الکترونی عنصر A می‌کنیم، به شرطی که این عنصر دارای ۸ الکترون در زیرلایه‌های s (با عدد کوانتومی $l=0$) باشد و در لایهٔ ظرفیت خود ۳ الکترون داشته باشد. $A:\underline{1s^2}\ \underline{2s^2\,2p^6}\ \underline{3s^2\,3p^6}\ \underbrace{3d^1\,4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$

با توجه به آرایش الکترونی عنصر A، این عنصر همان $_{21}Sc$ است که در دورهٔ چهارم و گروه سوم جدول تناوبی قرار دارد. در زیر آرایش الکترونی فشردهٔ عناصر موجود در گزینه‌ها رسم شده است و با توجه به الکترون‌های ظرفیت آن‌ها، شمارهٔ گروه هر کدام تعیین شده است:

$_{13}Al:[_{10}Ne]\,\underbrace{3s^2\,3p^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \xrightarrow{\text{دستهٔ p}}$ شمارهٔ گروه $=13$

$_{47}Ag:[_{36}Kr]\,\underbrace{4d^{10}\,5s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \xrightarrow{\text{دستهٔ d}}$ شمارهٔ گروه $=11$

$_{39}Y:[_{36}Kr]\,\underbrace{4d^1\,5s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \xrightarrow{\text{دستهٔ d}}$ شمارهٔ گروه $=3$

$_{42}Mo:[_{36}Kr]\,\underbrace{4d^5\,5s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \xrightarrow{\text{دستهٔ d}}$ شمارهٔ گروه $=6$

B ۱۹۵ ۳ عبارت (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. آرایش الکترونی این دو عنصر به‌صورت زیر می‌باشد:

$_{12}Mg:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$

$_{28}Ni:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^8\,4s^2$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصر Mg متعلق به دستهٔ s و عنصر Ni متعلق به دستهٔ d است. دستهٔ s، ۱۴ عنصر و دستهٔ d، ۴۰ عنصر دارد. عبارت (ب): شمارهٔ گروه عنصر Mg، ۲ و شمارهٔ گروه عنصر Ni، ۱۰ است. عبارت‌های (پ) و (ت): $Mg:\underline{1s^2}/\underline{2s^2\,2p^6}/\underline{3s^2} \Rightarrow l=0$ با ۶ الکترون و $n=2$ با ۸ الکترون

$Ni:1s^2/2s^2\,2p^6/\underline{3s^2\,3p^6\,3d^8}/4s^2 \Rightarrow l=2$ با ۸ الکترون و $n=3$ با ۱۶ الکترون

B ۱۹۶ ۱ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): عدد کوانتومی فرعی زیرلایه‌های p برابر ۱ است. طبق قاعدهٔ آفبا ترتیب پر شدن زیرلایه‌های p باید به‌صورت $2p \leftarrow 3p \leftarrow 4p$ باشد؛ بنابراین عنصری که جمعاً ۱۵ الکترون در زیرلایه‌های p خود دارد، در زیرلایهٔ 4p خود دارای ۳ الکترون است: $2p^6 \rightarrow 3p^6 \rightarrow 4p^3$

پس آرایش الکترونی فشردهٔ اتم مورد نظر به‌صورت مقابل است: $X:[Ar]\,3d^{10}\,\underbrace{4s^2\,4p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$

این عنصر متعلق به دستهٔ p است و شمارهٔ گروه آن برابر ۱۵ (تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت $+10$) است. پرسش (ب): نخستین عنصر دستهٔ p، عنصری است که اولین زیرلایهٔ p آن الکترون می‌پذیرد: $_{5}B:1s^2\,2s^2\,\underline{\underline{2p^1}}$

نخستین عنصر دستهٔ d، عنصری است که اولین زیرلایهٔ d آن الکترون می‌پذیرد: $_{21}Sc:[Ar]\,\underline{\underline{3d^1}}\,4s^2$

اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۱۶ (۵-۲۱) است. پرسش (پ): حداکثر مقدار مجاز l برای یک زیرلایه برابر $(n-1)$ است. بنابراین l باید کوچک‌تر از n باشد: $n=7, l=0 \Rightarrow 7s$ $\quad n=6, l=1 \Rightarrow 6p$ $\quad n=5, l=2 \Rightarrow 5d$ $\quad l<n, n+l=7 \Rightarrow n=4, l=3 \Rightarrow 4f$

B ۱۹۷ ۱ **روش اول:** ابتدا براساس اطلاعات صورت سؤال، عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها) عنصر X را به‌دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l} n+p=79 \\ n-e=9 \\ e=p+2 \end{array}\right\} \Rightarrow n-(p+2)=9 \Rightarrow n-p=11 \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} n+p=79 \\ n-p=11 \end{array}\right. \Rightarrow p=34$$

روش دوم: $Z=\frac{A-(\text{تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها})+\text{بار یون}}{2}\Rightarrow Z=\frac{۷۹-(۹)+(-۲)}{2}=۳۴$

عدد اتمی گازهای نجیب آرگون و کریپتون به ترتیب برابر ۱۸ و ۳۶ است. این دو عنصر گازهای نجیب دوره‌های سوم و چهارم هستند. از آنجا که عدد اتمی عنصر مورد نظر ما برابر ۳۴ است، پس این عنصر در دورهٔ چهارم قرار دارد. توجه داشته باشید که شمارهٔ دورهٔ این عنصر را می‌توان با آرایش الکترونی آن نیز تعیین کرد ولی این روش بسیار وقت‌گیر است. به این منظور، از آرایش الکترونی عنصر مورد نظر استفاده می‌کنیم:

$_{۳۴}X:[_{۱۸}Ar]۳d^{۱۰}\underbrace{۴s^{۲}۴p^{۴}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow \text{شمارهٔ دوره}=۴$

B ۱۹۸ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): طبق قاعدهٔ آفبا، تا وقتی که لایه‌های اول و دوم یک اتم به‌طور کامل از الکترون پر نشود، لایهٔ سوم شروع به پر شدن نمی‌کند و تا زمانی‌که زیرلایهٔ ۴s الکترون نگیرد، زیرلایهٔ ۳d شروع به پر شدن نمی‌کند. با توجه به این توضیحات، آرایش الکترونی این عنصر را رسم می‌کنیم (دقت کنید که در چنین شکل‌هایی، هر دایرهٔ پر رنگ نشان‌دهندهٔ یک لایهٔ الکترونی است.):

$A:\underbrace{۱s^{۲}}_{\text{لایهٔ اول}}/\underbrace{۲s^{۲}۲p^{۶}}_{\text{لایهٔ دوم}}/\underbrace{۳s^{۲}۳p^{۶}۳d^{۸}}_{\text{لایهٔ سوم}}/\underbrace{۴s^{۲}}_{\text{لایهٔ چهارم}}$

با توجه به آرایش الکترونی عنصر A، عدد اتمی آن برابر ۲۸ است. عبارت‌های (ب) و (پ): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، این عنصر در زیرلایهٔ $l=۲$ که همان زیرلایهٔ ۳d است، دارای ۸ الکترون بوده و این زیرلایه پرنشده است. عبارت (ت): آرایش الکترونی فشردهٔ این عنصر به‌صورت زیر است:

$A:[_{۱۸}Ar]\underbrace{۳d^{۸}۴s^{۲}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow \text{شمارهٔ دوره}=۴\ ,\quad \text{شمارهٔ گروه}=۱۰$

B ۱۹۹ ۴ آرایش الکترونی بیرونی‌ترین زیرلایه در عناصر دورهٔ دوم جدول تناوبی به صورت زیر است:

شمارهٔ گروه	۱	۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
نماد عنصر	$_{۳}Li$	$_{۴}Be$	$_{۵}B$	$_{۶}C$	$_{۷}N$	$_{۸}O$	$_{۹}F$	$_{۱۰}Ne$
آرایش الکترونی بیرونی‌ترین زیرلایه	$۲s^{۱}$	$۲s^{۲}$	$۲p^{۱}$	$۲p^{۲}$	$۲p^{۳}$	$۲p^{۴}$	$۲p^{۵}$	$۲p^{۶}$

با توجه به اینکه مجموع شمار الکترون‌ها در بیرونی‌ترین زیرلایهٔ اتم این دو عنصر برابر با ۹ است، این دو عنصر می‌توانند «$_{۱۰}Ne$ و $_{۷}N$» یا «$_{۹}F$ و $_{۸}O$» باشند.

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): شمار الکترون‌های ظرفیت در اتم $_{۸}O$ و $_{۹}F$ به ترتیب برابر با ۶ و ۷ بوده و تفاوت آن‌ها برابر یک است. گزینهٔ (۲): در عناصر $_{۱۰}Ne$ و $_{۷}N$، آخرین زیرلایهٔ اتم به ترتیب پر و نیمه‌پر است. گزینهٔ (۳): نسبت عدد اتمی $_{۷}N$ به $_{۱۰}Ne$ برابر با $۰/۷\ (\frac{۷}{۱۰})$ است. گزینهٔ (۴): در عناصر $_{۹}F$ و $_{۸}O$، تفاوت عدد اتمی برابر با یک و در عناصر $_{۱۰}Ne$ و $_{۷}N$ تفاوت عدد اتمی برابر با ۳ است که در هر دو حالت، تفاوت عدد اتمی دو عنصر، عددی فرد است.

B ۲۰۰ ۴ در آرایش الکترونی اتم عنصر Y، زیرلایهٔ ۳d، آخرین زیرلایه‌ای است که الکترون می‌گیرد؛ بنابراین این عنصر که همان کروم است در دستهٔ d قرار دارد. عنصر $_{۴۵}Rh$ نیز در دستهٔ d جدول دوره‌ای قرار گرفته است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): لایهٔ ظرفیت عنصر D به صورت $۴s^{۲}۴p^{۳}$ است؛ از این‌رو این عنصر در دورهٔ چهارم و گروه پانزدهم $(۱۵=۳+۲+۱۰)$ قرار دارد. گزینهٔ (۲): در آرایش الکترونی اتم عنصر Y؛ زیرلایه‌های ۴s و ۳d نیمه‌پر هستند و در آرایش الکترونی اتم عنصر D نیز زیرلایهٔ ۴p نیمه‌پر است. گزینهٔ (۳): در آرایش الکترونی عنصر X، همهٔ زیرلایه‌ها از الکترون پر شده‌اند، در حالی‌که در آرایش الکترونی عنصر D، همهٔ زیرلایه‌ها به‌جز زیرلایهٔ ۴p از الکترون پر شده‌اند.

C ۲۰۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): D، نماد شیمیایی عنصری از دستهٔ d است که در زیرلایهٔ ۳d آن یک الکترون وجود دارد.

$D:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}\underline{۳d^{۱}}۴s^{۲}$

با شمارش الکترون‌ها و با توجه به اینکه در اتم‌ها تعداد پروتون‌ها با تعداد الکترون‌ها برابر است، می‌توان نتیجه گرفت که عدد اتمی عنصر D برابر ۲۱ می‌باشد.

عبارت (ب): عدد اتمی عنصر A برابر ۱۲ است. آرایش الکترونی اتم A به‌صورت زیر است:

$_{۱۲}A:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}\Rightarrow \text{تعداد الکترون‌های با } l=۰=۲+۲+۲=۶\ ,\ l=۱=\text{تعداد الکترون‌های با } l=۰=۶$

عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصر $_{۲۸}B$ و $_{۲۱}D$ به‌صورت زیر است:

$_{۲۱}D:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}\underbrace{۳d^{۱}۴s^{۲}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\ ,\ _{۲۸}B:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}\underbrace{۳d^{۸}۴s^{۲}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow\frac{\text{تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت B}}{\text{تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت D}}=\frac{۸+۲}{۱+۲}\simeq ۳/۳۳$

عبارت (ت): عدد اتمی عنصر C برابر ۷ است. برای پی بردن به هم‌گروهی دو عنصر، از دو روش می‌توان استفاده کرد: **روش اول:** آرایش الکترونی دو عنصر را نوشته و آرایش لایهٔ ظرفیت آن‌ها را مقایسه می‌کنیم:

$_{۷}N:۱s^{۲}\underbrace{۲s^{۲}۲p^{۳}}_{}\Rightarrow \text{شمارهٔ گروه}=۱۰+(\text{تعداد الکترون‌های ظرفیت})=۱۰+(۳+۲)=۱۵$

$_{۳۴}Se:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}۳d^{۱۰}\underbrace{۴s^{۲}۴p^{۴}}_{}\Rightarrow \text{شمارهٔ گروه}=۱۰+(\text{تعداد الکترون‌های ظرفیت})=۱۰+(۲+۴)=۱۶$

روش دوم: برای مشخص کردن عدد اتمی عنصرهای هم‌گروه می‌توان از عدد اتمی گاز نجیب قبل یا بعد عنصر استفاده نمود. به این منظور باید عدد اتمی گازهای نجیب را به خاطر داشته باشید. برای عنصرهای دستهٔ p اگر اختلاف عدد اتمی دو یا چند عنصر از گاز نجیب بعدشان با یکدیگر یکسان باشد؛ آن عنصرها هم‌گروه هستند.

نماد گاز نجیب	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn	Og
عدد اتمی	۲	۱۰	۱۸	۳۶	۵۴	۸۶	۱۱۸

عبارت (ث): با توجه به آرایش عناصر A و B، در عنصر B، ۱۶ الکترون با $n=۳$ و در عنصر A، ۶ الکترون با $l=۱$ وجود دارد.

B ۲۰۲ ۲ موارد دوم، سوم و چهارم درست هستند. عنصر مورد نظر، همان مس ($_{29}Cu$) است. همان‌طور که در زیر مشاهده می‌کنید، در این عنصر ۱۰ الکترون در زیرلایهٔ ۳d (با اعداد کوانتومی $n=3$ و $l=2$) و ۷ الکترون در زیرلایه‌های s (با اعداد کوانتومی $l=0$) وجود دارد:

$$_{29}Cu: (1s^2)(2s^2)\ 2p^6\ (3s^2)\ 3p^6\ \underline{3d^{10}}\ (4s^1) \Rightarrow 3d \text{ زیرلایهٔ } s,\ l=10 \text{ شمار الکترون‌های } = 7$$

بررسی موارد: مورد اول و دوم: مس فلزی از دستهٔ d بوده که دارای ۱۱ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین این عنصر در گروه ۱۱ جدول دوره‌ای قرار دارد. از آنجا که بزرگ‌ترین شمارهٔ دوره برابر ۴ است، پس این عنصر در دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای قرار دارد. مورد سوم: آرایش الکترونی $_{22}Ti$ به صورت زیر است:

$$_{22}Ti: 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^2\,4s^2$$

در هر دو عنصر $_{29}Cu$ و $_{22}Ti$، ۱۲ الکترون دارای $l=1$ هستند، یعنی در زیرلایه‌های p قرار دارند. مورد چهارم: آرایش الکترونی فشردهٔ اسکاندیم ($_{21}Sc$) به صورت مقابل است. شمار الکترون‌های ظرفیت در این عنصر برابر سه است.

$$_{21}Sc: [_{18}Ar]\ \underbrace{3d^1 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

شمار الکترون‌ها در آخرین زیرلایهٔ $_{29}Cu$ برابر یک است؛ بنابراین نسبت مورد نظر عبارت، برابر $\frac{1}{3}$ است.

C ۲۰۳ ۱ قسمت اول: ابتدا به کمک اعداد جرمی و نسبت فراوانی‌ها، جرم اتمی میانگین این عنصر را به‌دست می‌آوریم: (فراوانی ^{64}M، ^{66}M و ^{68}M را به ترتیب F_1، F_2 و F_3 در نظر می‌گیریم.)

$$F_1+F_2+F_3=100,\ F_1=2F_2,\ F_1=2F_3 \Rightarrow F_1+\frac{1}{2}F_1+\frac{1}{2}F_1=100 \Rightarrow 2F_1=100 \Rightarrow F_1=50,\ F_2=25,\ F_3=25$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3}{100}=\frac{(64\times50)+(66\times25)+(68\times25)}{100}=\frac{3200+1650+1700}{100}=\frac{6550}{100}=65/5\ amu$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M}=M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1)+\frac{F_3}{100}(M_3-M_2)+\cdots \Rightarrow \bar{M}=64+\frac{25}{100}(66-64)+\frac{25}{100}(68-64)=64+0/5+1=65/5 amu$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه در ایزوتوپ سبک‌تر، یعنی ^{64}M، شمار نوترون‌ها به عدد اتمی (پروتون‌ها) برابر $\frac{17}{15}$ است. ابتدا شمار پروتون‌ها (عدد اتمی) عنصر M را به‌دست می‌آوریم:

$$^{64}M: n+p=64,\ \frac{n}{p}=\frac{17}{15} \Rightarrow \frac{17}{15}p+p=64 \Rightarrow \frac{32}{15}p=64 \Rightarrow p=30$$

سپس آرایش الکترونی عنصر $_{30}M$ را رسم می‌کنیم:

همان‌طور که مشاهده می‌کنید این عنصر دارای ۱۲ الکترون ظرفیت است.

$$_{30}M: [_{18}Ar]\ \underbrace{3d^{10}4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

C ۲۰۴ ۳

$$_{26}Fe: \underline{1s^2}\ \underline{2s^2}\,\underline{2p^6}\,\underline{3s^2}\,\underline{3p^6}\,3d^6\,\underline{4s^2} \Rightarrow \text{تعداد زیر لایه‌های کاملاً پر شده} = 6$$

$$_{8}O: 1s^2\,\underline{2s^2\,2p^4} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت} = 2+4=6$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای، عنصرهای $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کنند و در بیرونی‌ترین زیرلایهٔ خود، یعنی زیرلایهٔ 4s، تنها یک الکترون دارند. داخلی‌ترین زیرلایهٔ همهٔ اتم‌ها 1s است که گنجایش آن برابر ۲ الکترون می‌باشد.

$$_{16}S: \underbrace{1s^2}_{\text{داخلی‌ترین زیرلایه}}\ 2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$$

گزینهٔ (۲): در دورهٔ چهارم، عنصرهای $_{29}Cu$ و $_{30}Zn$ از دستهٔ d و هر ۶ عنصر موجود در دستهٔ p زیرلایهٔ 3d کاملاً پر دارند (جمعاً ۸ عنصر). خارجی‌ترین زیرلایهٔ اتم نیکل ($_{28}Ni$) دارای ۲ الکترون است:

$$_{28}Ni: [_{18}Ar]\,3d^8\,\underline{4s^2}$$

گزینهٔ (۴): چهار عنصر $_{19}K$، $_{24}Cr$، $_{29}Cu$ و $_{31}Ga$ از دورهٔ چهارم، در آخرین زیرلایهٔ خود یک الکترون دارند. سی‌وسومین عنصر جدول دوره‌ای همان $_{33}As$ است که ۵ الکترون ظرفیت دارد:

$$_{33}As: 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^{10}\,\underbrace{4s^2 4p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

C ۲۰۵ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): انرژی زیرلایه‌ها به $n+l$ وابسته است؛ به‌طوری‌که اگر این مقدار برای دو یا چند زیرلایهٔ یکسان باشد، زیرلایهٔ با n بزرگ‌تر، انرژی بیشتری دارد. مقایسهٔ سطح انرژی: $4s<3d<4p<5s$

زیرلایه \ نماد	n	l	n+l
3d	3	2	5
4s	4	0	4
4p	4	1	5
5s	5	0	5

عبارت (ب): آرایش الکترونی عنصر $_{32}Ge$ به‌صورت زیر بوده و مجموع $n+l$ زیرلایه‌های 3d و 4p برابر ۵ است:

$$_{32}Ge: 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\underline{3d^{10}}\,4s^2\,\underline{4p^2} \Rightarrow \frac{\text{تعداد الکترون‌های موجود در زیرلایه‌های با } n+l=5}{\text{تعداد کل الکترون‌ها}}\times100=\frac{12}{32}\times100=37/5$$

عبارت (پ): اتم هلیم ($_2He$) گاز نجیب دورهٔ اول بوده و در گروه ۱۸ جدول تناوبی قرار دارد. در حالی که این اتم متعلق به دستهٔ s است و در لایهٔ ظرفیت خود ۲ الکترون دارد. عبارت (ت): طبق قاعدهٔ آفبا، زیرلایهٔ 3d بعد از پر شدن کامل زیرلایهٔ 3p الکترون می‌پذیرد، پس در اتم مورد نظر، زیرلایهٔ 3p، ۶ الکترون و زیرلایهٔ 3d، ۳ الکترون دارد.

(گروه ۵ جدول دوره‌ای) $5=3+2=$ تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت = شمارهٔ گروه $\Rightarrow$ $_{23}V: 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\underbrace{3d^3 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$

B ۲۰۶ ۱ ابتدا آرایش الکترونی فشردهٔ $_{50}B$ را رسم می‌کنیم.

$$_{50}B: [_{36}Kr]\,4d^{10}\,\underbrace{5s^2 5p^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

$_{۵۰}B$ عنصری از دستهٔ p بوده و دارای ۴ الکترون ظرفیت است؛ پس در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد، همچنین نخستین عنصری که زیرلایهٔ ۳d آن نیمه‌پر است، همان کروم ($_{۲۴}Cr$) می‌باشد که در دورهٔ چهارم جدول قرار دارد. در نتیجه عنصر A نیز در دورهٔ چهارم جدول قرار داشته (۴= شمارهٔ لایهٔ ظرفیت) و آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت آن به‌صورت $4s^2 4p^2$ است:

$$A:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} \underbrace{4s^2 4p^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

عنصر A دارای ۱۴ الکترون در زیرلایه‌های p خود است؛ بنابراین مقدار x برابر با ۱۴ خواهد بود. همچنین دو زیرلایهٔ ۳d و ۴p دارای $n+l\geq 5$ هستند و مجموع شمار الکترون‌های موجود در آن‌ها برابر ۱۲ است. در نتیجه مقدار y نیز برابر ۱۲ بوده و میان x و y رابطهٔ «$x-y=2$» برقرار است.

B ۲۰۷ ۱ $Z+۱۸۶=$تعداد ذره‌های زیراتمی، $۱۸۶-2Z=$اختلاف تعداد پروتون و نوترون، $۱۸۶-Z=$تعداد نوترون، $Z=$تعداد پروتون: $_{Z}^{۱۸۶}A$

$$\Rightarrow \frac{۱۸۶+Z}{۱۸۶-2Z}=۷/۲۵\Rightarrow Z=۷۵$$

پس تعداد الکترون‌های عنصر B برابر ۲۰ ($\frac{۷۵}{۳/۷۵}$) است. آرایش الکترونی این عنصر به‌صورت زیر است:

$$_{۲۰}B:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{شمارهٔ دوره}=۴, \text{شمارهٔ گروه}=۲$$

C ۲۰۸ ۳ موارد اول، سوم و چهارم ایزوتوپ‌های $_{۳۲}Ge$ هستند. ایزوتوپ‌ها عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند. باید در هر گونه عدد اتمی و عدد جرمی را محاسبه کنیم:

گونهٔ A:

$$\begin{cases} p+n=۷۶ \\ n-e=۱۲ \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} p+n=۷۶ \\ n-p=۱۲ \end{cases} \Rightarrow n=۴۴, p=۳۲, Z=۳۲$$

گونهٔ مورد نظر، $_{۳۲}^{۷۶}A$ است و یکی از ایزوتوپ‌های $_{۳۲}Ge$ است.

گونهٔ B:

$$\begin{cases} p+n=۷۵ \\ (p+e)-n=۲۴ \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} p+n=۷۵ \\ ۲p-n=۲۴ \end{cases} \Rightarrow p=۳۳, n=۴۲ \Rightarrow Z=۳۳, A=۴۲+۳۳=۷۵$$

گونهٔ مورد نظر، $_{۳۳}^{۷۵}D$ است که ایزوتوپ $_{۳۲}Ge$ نیست. چون عدد اتمی متفاوتی دارد. گونهٔ C: عناصری با عدد اتمی ۲۹ تا ۳۸، تعداد ۱۰ الکترون با $l=2$ ($3d^{10}$) دارند. در بین این عناصر، عنصری با عدد اتمی ۳۲، ۴ الکترون ظرفیت دارد؛ پس عدد اتمی گونهٔ C با $_{۳۲}Ge$ برابر است. عدد جرمی گونهٔ C برابر ۷۲ (۳۲+۴۰) است. بنابراین گونهٔ C همان $_{۳۲}^{۷۲}Ge$ است و یکی از ایزوتوپ‌های $_{۳۲}Ge$ است. گونهٔ D: فراوان‌ترین عنصر تشکیل‌دهندهٔ زمین، آهن است که در تناوب چهارم قرار دارد و $_{۲۶}C$ در گروه ۱۴ قرار گرفته است؛ بنابراین گونهٔ D در گروه ۱۴ و تناوب ۴ قرار دارد و عدد اتمی آن برابر ۳۲ است.

$$\text{شمار نوترون‌ها}=۱۰+۳۲=۴۲\Rightarrow A=p+n=۳۲+۴۲=۷۴$$

گونهٔ مورد نظر $_{۳۲}^{۷۴}D$ است و یکی از ایزوتوپ‌های $_{۳۲}Ge$ می‌باشد.

C ۲۰۹ ۱ فقط عبارت چهارم درست است. در رابطه با اتم A، می‌دانیم که زیرلایهٔ ۴p همواره پس از پر شدن زیرلایهٔ ۴s شروع به پر شدن می‌کند؛ بنابراین تعداد الکترون‌های موجود در این زیرلایه، ۳ برابر گنجایش زیرلایهٔ ۴s بوده و برابر ۶ است. آرایش الکترونی این عنصر به‌صورت مقابل خواهد بود: $A:[_{۱۸}Ar]3d^{10}4s^2 4p^6$

بنابراین این عنصر گاز نجیب کریپتون ($_{۳۶}Kr$) بوده و در دورهٔ چهارم و گروه هجدهم جدول قرار دارد. در رابطه با اتم B نیز می‌دانیم که در عناصر دستهٔ d دورهٔ چهارم جدول، زیرلایهٔ ۳d پس از زیرلایهٔ ۴s شروع به پر شدن می‌کند؛ بنابراین با توجه به ۵ برابر بودن شمار الکترون‌های این زیرلایه نسبت به زیرلایهٔ ۴s، دو حالت برای آرایش الکترونی آن ممکن است:

حالت (۱): $B:[_{۱۸}Ar]3d^5 4s^1 \Rightarrow _{۲۴}B \Rightarrow$ دورهٔ چهارم و گروه ۶

حالت (۲): $B:[_{۱۸}Ar]3d^{10}4s^2 \Rightarrow _{۳۰}B \Rightarrow$ دورهٔ چهارم و گروه ۱۲

با توجه به اطلاعات داده شده، به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم: عبارت اول: دیدیم که عنصر A، گاز نجیب دورهٔ چهارم جدول تناوبی بوده و عدد اتمی آن برابر ۳۶ است. عبارت دوم: عنصر A همان گاز نجیب $_{۳۶}Kr$ است اما توجه کنید که اتم B، عنصری از دستهٔ d در دورهٔ چهارم جدول تناوبی است. دقت کنید که زیرلایهٔ d نخستین بار در عناصر دورهٔ چهارم پر می‌شود. عبارت سوم: عنصر B می‌تواند دو عنصر با عددهای اتمی ۲۴ و ۳۰ باشد که در حالت اول (یعنی $_{۲۴}B$) شمار الکترون‌های موجود در زیرلایهٔ $l=0$ (s) آن برابر با ۷ و در حالت دوم (یعنی $_{۳۰}B$) برابر با ۸ است. عبارت چهارم: آرایش الکترونی فشردهٔ دو عنصر $_{۴۲}X$ و $_{۴۸}Y$ به‌صورت زیر است:

$$_{۴۸}Y:[_{۳۶}Kr]\underbrace{4d^{10}5s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{دورهٔ پنجم و گروه } ۱۲$$

$$_{۴۲}X:[_{۳۶}Kr]\underbrace{4d^5 5s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{دورهٔ پنجم و گروه } ۶$$

عنصر B نیز همانند دو عنصر $_{۴۲}X$ و $_{۴۸}Y$ در گروه ۶ یا ۱۲ از دورهٔ چهارم جدول قرار دارد و می‌تواند با یکی از این دو عنصر هم‌گروه باشد.

C ۲۱۰ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. آرایش الکترونی فشردهٔ تکنسیم به‌صورت مقابل است:

$$_{۴۳}Tc:[_{۳۶}Kr]4d^5 5s^2$$

از آنجا که عنصر A دارای ۸ الکترون در زیرلایهٔ با $l=0$ (s) است، یعنی زیرلایه‌های ۱s، ۲s، ۳s، ۴s پر شده‌اند و ۵s هنوز پر نشده است؛ از این رو عنصر A در دورهٔ چهارم جدول تناوبی قرار داشته است و شمار الکترون‌های ظرفیت آن همانند تکنسیم برابر ۷ بوده است. در زیر آرایش الکترونی عنصر A رسم شده است:

$$A:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{3d^5 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

بنابراین عنصر A همان $_{25}Mn$ بوده است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عدد اتمی عنصر مورد نظر برابر ۲۵ بوده و گاز نجیب دورهٔ پنجم نیز $_{54}Xe$ است. اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر با ۲۹ (۵۴−۲۵) است، اما آخرین عنصر دستهٔ d دورهٔ چهارم، Zn با عدد اتمی ۳۰ است. عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، این عنصر دارای ۷ الکترون ظرفیت است. عبارت (پ): ابتدا آرایش الکترونی $_{25}Mn$ را رسم کرده و عدد کوانتومی هر زیرلایه‌ای که از الکترون پرشده را تعیین می‌کنیم:

$$_{25}Mn: \underbrace{1s^2}_{l=0}\ \underbrace{2s^2}_{l=0}\ \underbrace{2p^6}_{l=1}\ \underbrace{3s^2}_{l=0}\ \underbrace{3p^6}_{l=1}\ 3d^5\ \underbrace{4s^2}_{l=0}$$

مجموع عدد کوانتومی فرعی زیرلایه‌هایی از این عنصر که از الکترون پرشده‌اند، برابر ۲ است. عبارت (ت): بیرونی‌ترین زیرلایهٔ این اتم 4s است که دارای عدد کوانتومی اصلی ۴ و عدد کوانتومی فرعی صفر است؛ بنابراین حاصل $n+l$ و $n-l$ برای این زیرلایه یکسان و برابر ۴ خواهد بود. عبارت (ث): زیرلایه‌های 3p و 4s دارای $n+l$ برابر ۴ و زیرلایهٔ 3d دارای $n+l$ برابر ۵ است. از ۲۵ الکترون موجود در این عنصر، ۱۳ الکترون آن در زیرلایه‌های 3p، 4s و 3d قرار گرفته‌اند؛ بنابراین ٪۵۲ $(\frac{13}{25}\times 100)$ الکترون‌های این عنصر در زیرلایه‌های با $n+l\geq 4$ قرار دارند.

A ۲۱۱ ۲ گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک‌اتمی یافت می‌شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند، از این‌رو پایدارند. در لایهٔ ظرفیت این اتم‌ها هشت الکترون وجود دارد، البته به‌جز هلیم $(_2He)$ که در تنها لایهٔ الکترونی خود دو الکترون دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد، به‌طوری که اگر آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت گونه‌ای همانند آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت یک گاز نجیب باشد، آن گونه واکنش‌پذیری چندانی ندارد.

A ۲۱۲ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۲) و (۴): در آرایش الکترون-نقطه‌ای، الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود. در عنصرهای دستهٔ s، الکترون‌های ظرفیت، همان الکترون‌های بیرونی‌ترین زیرلایه هستند، اما در عنصرهای دستهٔ p و d، علاوه‌بر الکترون‌های بیرونی‌ترین زیرلایه، الکترون‌های زیرلایهٔ ما قبل آخر نیز جزء الکترون‌های ظرفیت محسوب می‌شود.

مثال $_{15}P:[_{10}Ne]\underbrace{3s^2 3p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow$ تعداد الکترون‌های ظرفیت $=5 \Rightarrow$ آرایش الکترون-نقطه‌ای: $\cdot\ddot{P}\cdot$

گزینهٔ (۳): اگر آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت گونه‌ای، همانند آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت یک گاز نجیب باشد، آن گونه واکنش‌پذیری چندانی ندارد. آرایش هشت‌تایی و دوتایی گاز نجیب در آرایش الکترون-نقطه‌ای به‌ترتیب به‌صورت ۴ جفت و ۱ جفت نقطه در اطراف نماد عنصر نمایش داده می‌شود.

B ۲۱۳ ۲ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ث) درست هستند. با توجه به تعداد نقطه‌های پیرامون نماد شیمیایی اتم‌ها، عنصر A دارای ۲ الکترون ظرفیت و عنصر B دارای ۵ الکترون ظرفیت است. از آنجا که هر دو عنصر در تناوب سوم جدول دوره‌ای قرار دارند، می‌توان نتیجه گرفت که لایهٔ ظرفیت عنصر A به‌صورت $3s^2$ و لایهٔ ظرفیت عنصر B به‌صورت $3s^2 3p^3$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شمارهٔ گروه اتم‌ها را می‌توان از آرایش الکترونی محاسبه کرد:

$$A: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow s \text{ شمارهٔ گروه عنصرهای دستهٔ } = \text{تعداد الکترون‌های ظرفیت} = 2$$

$$B: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow p \text{ شمارهٔ گروه عنصرهای دستهٔ } = \text{تعداد الکترون‌های ظرفیت} + 10 = 15$$

عبارت (ب): عنصر A متعلق به دستهٔ s و عنصر B متعلق به دستهٔ p است. عبارت (پ): عنصر A با از دست دادن ۲ الکترون و ایجاد کاتیون دو بار مثبت (A^{2+}) به آرایش گاز نجیب قبل از خود $(_{10}Ne)$ و عنصر B با دریافت ۳ الکترون و ایجاد آنیون سه بار منفی (B^{3-}) به آرایش گاز نجیب پس از خود $(_{18}Ar)$ می‌رسد.

$$A: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow A^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 \text{ یا } [_{10}Ne] \qquad B: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 \Rightarrow B^{3-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \text{ یا } [_{18}Ar]$$

عبارت (ت): عنصر B در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود $(\cdot\ddot{B}\cdot)$ دارای ۳ الکترون جفت‌نشده است. عنصر قبل از عنصر B در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد و آرایش الکترونی و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت مقابل است:

$$_{14}Si: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \cdot\dot{Si}\cdot$$

پس عنصر قبل از B در جدول دوره‌ای دارای ۴ الکترون جفت‌نشده است. عبارت (ث): با توجه به آرایش الکترونی عناصر A و B می‌توان دریافت که عدد اتمی این دو عنصر به ترتیب برابر ۱۲ و ۱۵ است و میان این دو در جدول دوره‌ای، ۲ عنصر دیگر با اعداد اتمی ۱۳ و ۱۴ وجود دارد.

B ۲۱۴ ۲ عدد کوانتومی فرعی (l) برای زیرلایهٔ p، برابر ۱ است. اولین زیرلایهٔ p که الکترون می‌پذیرد زیرلایهٔ 2p است. پس آرایش الکترونی این اتم به‌صورت زیر می‌باشد:

$$A: 1s^2 \underbrace{2s^2 2p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌های ظرفیت} = 7 \Rightarrow \text{آرایش الکترون-نقطه‌ای: } :\ddot{A}\cdot$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در آرایش الکترون-نقطه‌ای، تعداد نقاط پیرامون نماد شیمیایی عنصر، برابر تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت است. گزینهٔ (۳): عنصر X دارای ۷ الکترون ظرفیت است و در دورهٔ سوم جدول دوره‌ای قرار دارد. پس آرایش الکترونی آن به‌صورت زیر است. عنصر X همان $_{17}Cl$ است.

$$X: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{عدد اتمی} = \text{شمار الکترون‌ها} = 17$$

گزینهٔ (۴): عنصری با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\cdot\dot{X}$، با از دست دادن دو الکترون ظرفیت خود و ایجاد کاتیون X^{2+}، به آرایش گاز نجیب قبل از خود می‌رسد.

B ۲۱۵ ۱ فقط مورد (الف) جمله را به‌درستی کامل می‌کند. **بررسی هرکدام از موارد:** مورد (الف): عنصر $_{14}Si$ متعلق به گروه ۱۴ جدول تناوبی است و در لایهٔ ظرفیت خود ۴ الکترون دارد. پس آرایش الکترون-نقطه‌ای این عنصر به‌صورت $\cdot\dot{Si}\cdot$ است.

$$_{14}Si:[_{10}Ne]\underbrace{3s^2 3p^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

* **توجه** در میان عنصرهای دستهٔ s و p، بیشترین تعداد الکترون جفت‌نشده متعلق به عنصرهای گروه ۱۴ جدول تناوبی است. مورد (ب): در آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم Mg برخلاف اتم N، الکترون‌های جفت‌شده وجود ندارد.

$$_{12}Mg:1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow Mg\cdot \qquad _{7}N:1s^2 \underbrace{2s^2 2p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \cdot\ddot{N}\cdot$$

مورد (پ): اتم $_{35}Br$ در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود، دارای ۳ جفت‌الکترون و ۱ الکترون جفت‌نشده است.

$$_{35}Br:[_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow :\ddot{Br}\cdot$$

مورد (ت): اتم $_{16}S$ در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود دارای ۴ الکترون جفت‌شده و اتم $_{20}Ca$ در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود دارای ۲ الکترون جفت‌نشده است.

$$_{16}S:[_{10}Ne]\underbrace{3s^2 3p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow :\ddot{S}\cdot \qquad _{20}Ca:[_{18}Ar]\underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow Ca\cdot$$

B ۲۱۶ ۴ عبارت گزینهٔ (۴) برخلاف دیگر گزینه‌ها نادرست است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳): از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون، نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم‌هاست. رفتار شیمیایی اتم‌ها به شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت آن‌ها بستگی دارد به‌طوری که می‌توان دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای رفتار آن‌ها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون، به آرایش یک گاز نجیب برسند تا پایدارتر شوند. گزینهٔ (۴): در عناصر گروه ۱۸ جدول دوره‌ای، آرایش الکترون-نقطه‌ای هلیم برخلاف سایر عناصر این گروه به صورت «$He:$» است.

نکته ترکیبی **شباهت‌ها و تفاوت‌های آرایش لایهٔ ظرفیت، الکترون- نقطه‌ای و لایهٔ آخر اتم‌ها:**

• لایهٔ ظرفیت: به الکترون‌های بیرونی‌ترین (نه آخرین!) لایهٔ هر اتم لایهٔ ظرفیت می‌گویند. این الکترون‌ها برخلاف الکترون‌های دیگر در تعیین خواص شیمیایی اتم نقش دارند و در واکنش‌های شیمیایی اتم نیز همین الکترون‌ها درگیر می‌شوند. در جدول تناوبی، عناصری که لایهٔ ظرفیت مشابه داشته باشند در یک گروه قرار می‌گیرند (البته به جز هلیم که در گروه ۱۸ قرار گرفته) و خواص شیمیایی مشابهی هم دارند؛ البته منظور از لایهٔ ظرفیت مشابه، صرفاً شمار الکترون‌های برابر نیست و علاوه‌بر برابری تعداد الکترون‌های ظرفیت، دو عنصر باید زیرلایه‌های حاوی الکترون‌های ظرفیت مشابهی داشته باشند. مثلاً $_{32}Ge$ و $_{22}Ti$ شمار الکترون‌های ظرفیت برابری دارند اما لایه‌های ظرفیت آن‌ها متفاوت است و به دنبال آن خواص شیمیایی کاملاً متفاوتی دارند:

$$_{32}Ge:[Ar]3d^{10}\boxed{4s^2 4p^2} \qquad _{22}Ti:[Ar]\boxed{3d^2 4s^2}$$

برای عناصر گروه‌های ۱ تا ۱۲ شمار الکترون‌های ظرفیت برابر شمارهٔ گروه و برای عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ برابر یکان شمارهٔ گروه است (به‌جز هلیم).

• آرایش الکترون-نقطه‌ای: نحوهٔ قرارگیری الکترون‌های ظرفیت را نشان می‌دهد و نخستین بار توسط لوویس ارائه شد؛ بنابراین به آرایش لوویس نیز معروف است. به کمک ساختار لوویس می‌توان رفتار شیمیایی یک عنصر را به‌طور کلی پیش‌بینی کرد و با استفاده از آن می‌توان علت تفاوت رفتار عنصرها را توجیه کرد و به نوعی مکمل آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت است. عناصری که در آرایش الکترون-نقطه‌ای آن‌ها همهٔ الکترون‌ها به‌صورت جفت هستند، واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری اندکی دارند. عناصر گروه ۱۸ جدول دوره‌ای (گازهای نجیب) چنین آرایش الکترون-نقطه‌ای دارند.

• آرایش الکترونی لایهٔ آخر: به آرایش الکترونی لایه‌ای از اتم گفته می‌شود که بزرگ‌ترین عدد کوانتومی اصلی (n) را دارد و با آخرین لایه‌ای از اتم که الکترون پذیرفته متفاوت است.

مثال در اتم آهن داریم: $Fe:[Ar]3d^6 4s^2 \Rightarrow$ آرایش لایهٔ آخر: $4s^2$، آخرین لایه‌ای که الکترون گرفته: ۳

B ۲۱۷ ۳ فقط عبارت (ب) نادرست است. در ساختار لایه‌ای اتم، هر بخش پر رنگ‌تر نشان‌دهندهٔ یک لایهٔ الکترونی است؛ بنابراین خواهیم داشت:

A: تنها در لایهٔ اول این اتم، ۲ الکترون وجود دارد: $A:1s^2 \Rightarrow {}_2He$

B: لایهٔ اول این اتم پر بوده و لایهٔ دوم آن دارای ۸ الکترون است: $B:1s^2 2s^2 2p^6 \Rightarrow {}_{10}Ne$

C: لایهٔ اول و دوم از الکترون پر بوده و در لایهٔ سوم آن ۲ الکترون وجود دارد: $C:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow {}_{12}Mg$

D: لایهٔ اول و دوم از الکترون پر بوده و لایهٔ سوم حاوی ۱۶ الکترون و در لایهٔ چهارم، ۲ الکترون وجود دارد: $D:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2 \Rightarrow {}_{28}Ni$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اتم C همان منیزیم از گروه ۲ جدول تناوبی است که با از دست دادن دو الکترون، به آرایش هشتایی گاز نجیب نئون می‌رسد:

$$_{12}Mg:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow Mg^{2+}:1s^2 \underbrace{2s^2 2p^6}_{\text{آرایش هشت‌تایی}}$$

عبارت (ب): عنصر C جزو عناصر گروه دوم و دستهٔ s جدول تناوبی است، اما عنصر D همان $_{28}Ni$ است که در گروه ۱۰ و عناصر دستهٔ d جدول قرار گرفته است.

عبارت (پ): اتم‌های A و B به ترتیب گازهای نجیب دوره‌های اول (هلیم $_2He$) و دوم $(_{10}Ne)$ جدول تناوبی هستند. عناصر گروه ۱۸ (گازهای نجیب) از لحاظ شیمیایی پایدار بوده و تمایلی به شرکت در واکنش شیمیایی ندارند. عبارت (ت): همان‌طور که گفته شد، آرایش الکترونی عنصر D به‌صورت زیر است. در اتم‌های این عنصر تنها لایه‌های اول و دوم به‌طور کامل از الکترون پرشده‌اند. $D:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$

B ۲۱۸ **۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اتم‌ها می‌توانند با گرفتن یا از دست دادن و یا از طریق به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب دست یابند. عبارت (ب): اغلب اتم‌هایی که شمار الکترون‌های ظرفیت آن‌ها برابر یا کمتر از ۳ است در شرایط مناسب با از دست دادن همهٔ الکترون‌های ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب دست یافته و کاتیون پایدار ایجاد می‌کنند.

* **توجه** بریلیم ($_{4}Be$) و بور ($_{5}B$) به‌ترتیب دارای ۲ و ۳ الکترون ظرفیت هستند، اما یون تک‌اتمی پایدار ایجاد نمی‌کنند.

عبارت (پ): اتم عنصرهای گروه‌های ۱ و ۲ در شرایط مناسب به‌ترتیب با از دست دادن ۱ و ۲ الکترون ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب دورهٔ قبل از خود می‌رسند. عبارت (ت): اتم‌های عنصر خانهٔ ۱۳ با از دست دادن ۳ الکترون و ایجاد یون سه بار مثبت به آرایش گاز نجیب نئون و اتم‌های عنصر خانهٔ ۱۵ با گرفتن ۳ الکترون و ایجاد یون سه بار منفی به آرایش گاز نجیب آرگون می‌رسند. پس اندازهٔ بار یون‌های تک‌اتمی حاصل از این دو عنصر با هم برابر است.

B ۲۱۹ **۳** اتم A همان بور ($_{5}B$) است. اتم بور در ترکیب با دیگر اتم‌ها یون تشکیل نمی‌دهد. اتم $:\dot{\ddot{B}}\cdot$ با گرفتن ۲ الکترون و ایجاد آنیون (B^{2-}) به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسد. عنصرهای غیرفلزی و شبه‌فلزی گروه ۱۴ جدول تناوبی که دارای ۴ الکترون ظرفیت هستند، یون تشکیل نمی‌دهند و با به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی پایدار دست می‌یابند. اتم D همان اتم هلیم $(He:)$ است و یون تشکیل نمی‌دهد.

C ۲۲۰ **۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. اتم A با از دست دادن ۳ الکترون و اتم B با گرفتن ۲ الکترون به آرایش گاز نجیب آرگون با عدد اتمی ۱۸ دست یافته‌اند. پس اتم A دارای ۲۱ الکترون و اتم B دارای ۱۶ الکترون است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۵ (۱۶–۲۱) است.

عبارت (ب): آرایش الکترونی عنصر B به‌صورت روبه‌رو است: $B:1s^2\,2s^2\,2p^6\,\underbrace{3s^2\,3p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow :\dot{\ddot{B}}\cdot$

عبارت (پ):
$$\left.\begin{array}{l} {}_{21}A:\underline{\underline{1s^2}}\ \underline{\underline{2s^2}}\,2p^6\,\underline{\underline{3s^2}}\,3p^6\,3d^1\,\underline{\underline{4s^2}}\Rightarrow l=0\text{ مجموع الکترون‌های با}=2+2+2+2=8 \\ {}_{16}B:1s^2\,2s^2\,\underline{\underline{2p^6}}\,3s^2\,\underline{\underline{3p^4}}\Rightarrow l=1\text{ مجموع الکترون‌های با}=6+4=10 \end{array}\right\}\Rightarrow \text{اختلاف}=10-8=2$$

عبارت (ت): در عنصر A و B به‌ترتیب ۶ و ۴ زیرلایه از الکترون پر شده است. (دور زیرلایه‌های کاملاً پر دایره رسم شده است.)

$A:\textcircled{1s^2}\,\textcircled{2s^2}\,\textcircled{2p^6}\,\textcircled{3s^2}\,\textcircled{3p^6}\,3d^1\,\textcircled{4s^2}$ $\qquad$ $B:\textcircled{1s^2}\,\textcircled{2s^2}\,\textcircled{2p^6}\,\textcircled{3s^2}\,3p^4$

عبارت (ث): A و B به ترتیب دارای عدد اتمی ۲۱ و ۱۶ هستند و این دو عنصر به ترتیب در گروه‌های ۳ و ۱۶ جدول دوره‌ای قرار دارند. اختلاف شمارهٔ گروه این دو عنصر برابر ۱۳ (۳–۱۶) است.

B ۲۲۱ **۲** موارد (الف) و (ت)، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. آرایش الکترونی فشردهٔ یون‌ها و عناصر ذکر شده در تست به‌صورت زیر است:

مورد (الف): $_{17}Cl:[_{10}Ne]\,3s^2\,\underbrace{3p^5}_{\text{زیرلایهٔ آخر}}\Rightarrow$ ۵ الکترون در زیرلایهٔ آخر $\qquad$ $_{25}Mn^{2+}:[_{18}Ar]\,3d^5\Rightarrow l=2$ با ۵ الکترون

مورد (ب): $_{53}I:[_{36}Kr]\,4d^{10}\,5s^2\,\underbrace{5p^5}_{\text{زیرلایهٔ آخر}}\Rightarrow$ ۵ الکترون در زیرلایهٔ آخر $\qquad$ $_{28}Ni^{3+}:[_{18}Ar]\,3d^7\Rightarrow l=2$ با ۷ الکترون

مورد (پ): $_{15}P:[_{10}Ne]\,3s^2\,\underbrace{3p^3}_{\text{زیرلایهٔ آخر}}\Rightarrow$ ۳ الکترون در زیرلایهٔ آخر $\qquad$ $_{22}Ti^{2+}:[_{18}Ar]\,3d^2\Rightarrow l=2$ با ۲ الکترون

مورد (ت): $_{6}C:[_{2}He]\,2s^2\,\underbrace{2p^2}_{\text{زیرلایهٔ آخر}}\Rightarrow$ ۲ الکترون در زیرلایهٔ آخر $\qquad$ $_{23}V^{3+}:[_{18}Ar]\,3d^2\Rightarrow l=2$ با ۲ الکترون

C ۲۲۲ **۴** با توجه به تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها، آرایش الکترون-نقطه‌ای آن‌ها را تعیین می‌کنیم:

$_{34}Y:[_{18}Ar]\,3d^{10}\,\underbrace{4s^2\,4p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow$ تعداد الکترون‌های ظرفیت $=6\Rightarrow :\ddot{Y}\cdot$ $\qquad$ $_{13}X:[_{10}Ne]\,\underbrace{3s^2\,3p^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow$ تعداد الکترون‌های ظرفیت $=3\Rightarrow \cdot\dot{X}\cdot$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): لایهٔ ظرفیت و آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم‌های $_{8}O$ و $_{20}Ca$ به‌صورت زیر است:

$_{20}Ca:[_{18}Ar]\,\underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow$ تعداد الکترون‌های جفت‌نشده $=2\Rightarrow \dot{Ca}\cdot$ $\qquad$ $_{8}O:1s^2\,\underbrace{2s^2\,2p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow$ تعداد جفت الکترون‌ها $=2\Rightarrow :\ddot{O}\cdot$

گزینهٔ (۲): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای و شمارهٔ دورهٔ این دو اتم، آرایش الکترونی آن‌ها را می‌نویسیم:

$\cdot\ddot{Y}\cdot\Rightarrow$ دورهٔ ۲ $\Rightarrow$ آرایش الکترونی: $1s^2\,2s^2\,2p^3$ $\qquad$ $:\ddot{\dot{X}}\cdot\Rightarrow$ دورهٔ ۳ $\Rightarrow$ آرایش الکترونی: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$

عدد اتمی X برابر ۱۷ و عدد اتمی Y برابر ۷ است، پس اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۱۰ (۷–۱۷) است. گزینهٔ (۳): عدد اتمی سیلیسیم برابر ۱۴ است.

به آرایش الکترونی آن توجه کنید: $_{14}Si:\underline{\underline{1s^2}}\,\underline{\underline{2s^2}}\,2p^6\,\underline{\underline{3s^2}}\,3p^2\Rightarrow l=0$ مجموع الکترون‌های با $=2+2+2=6$

این عنصر دارای ۴ الکترون ظرفیت است، پس آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت $\cdot\dot{\ddot{Si}}\cdot$ است. نسبت خواسته شده برابر است با: $\frac{l=0\text{ تعداد الکترون‌های با}}{\text{تعداد الکترون‌های جفت‌نشده}}=\frac{6}{4}=1/5$

B ۲۲۳ **۱** عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر $_{9}F$ با گرفتن یک الکترون و ایجاد آنیون F^- به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب هم‌تناوب خود، یعنی نئون $(_{10}Ne)$ و عنصر $_{19}K$ با از دست دادن تنها الکترون ظرفیت خود و ایجاد کاتیون K^+ به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب تناوب قبل از خود، یعنی آرگون $(_{18}Ar)$ می‌رسد.

عبارت (ب): هر دو عنصر دارای دو الکترون ظرفیت هستند، اما عنصر هلیم جزء گازهای نجیب بوده و واکنش‌ناپذیر است و آرایش دوتایی دارد.

$_{12}Mg:[Ne]3s^2 \Rightarrow \overset{\cdot}{Mg}\cdot$ $\qquad$ $_{2}He:1s^2 \Rightarrow He:$

عبارت (پ): آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم مورد نظر به‌صورت $\cdot\overset{\cdot}{X}\cdot$ است. این اتم ۳ الکترون ظرفیت دارد، پس متعلق به گروه ۱۳ جدول تناوبی است. شکل کلی آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عنصرهای گروه ۱۳ به‌صورت ns^2np^1 بوده و در بیرونی‌ترین زیرلایهٔ عنصرهای این گروه، یک الکترون وجود دارد. عبارت (ت): عنصرهای $_4Be$ ، $_5B$ و $_6C$ در واکنش با دیگر اتم‌ها یون تک‌اتمی پایدار تشکیل نمی‌دهند و با به اشتراک گذاشتن الکترون پایدارتر می‌شوند.

B ۲۲۴ **۴** آرایش الکترونی $_{15}P^{3-}$ به‌صورت زیر است:

$$\left.\begin{array}{l} {}_{15}P^{3-}:\underline{1s^2}\ \underline{2s^2}\ 2p^6\ \underline{3s^2}3p^6 \Rightarrow l=0 \text{ مجموع الکترون‌های با } = 2+2+2=6 \\ {}_{15}P^{3-}:1s^2\ 2s^2\ \underline{\underline{2p^6}}\ 3s^2\ \underline{\underline{3p^6}} \Rightarrow l=1 \text{ مجموع الکترون‌های با } = 6+6=12 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{l=1 \text{ تعداد الکترون‌های با }}{l=0 \text{ تعداد الکترون‌های با }} = \frac{12}{6} = 2$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): همهٔ عنصرهای گروه دوم به‌جز بریلیم $(_4Be)$ و بور $(_5B)$ با تشکیل یون پایدار به آرایش گاز نجیب می‌رسند. گزینهٔ (۲): اتم X با از دست دادن ۲ الکترون و ایجاد یون X^{2+} به آرایش گاز نجیب Ar رسیده است، پس عنصر X همان $_{20}Ca$ می‌باشد.

$$_{20}Ca:\underbrace{1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6}_{\text{آرایش الکترونی آرگون}}\ 4s^2 \Rightarrow n=3 \text{ تعداد الکترون‌های با } = 2+6=8$$

گزینهٔ (۳): اتم X با گرفتن ۲ الکترون و ایجاد یون X^{2-} به آرایش گاز نجیب $_{36}Kr$ رسیده است. پس عنصر X، ۳۴ الکترون دارد.

$$\left.\begin{array}{l} {}_{34}Se:1s^2\ 2s^2\ \underline{\underline{2p^6}}\ 3s^2\ \underline{\underline{3p^6}}\ 3d^{10}\ 4s^2\ \underline{\underline{4p^4}} \Rightarrow l=1 \text{ مجموع الکترون‌های با } = 6+6+4=16 \\ {}_{34}Se:\underline{1s^2}\ \underline{2s^2}\ 2p^6\ \underline{3s^2}\ 3p^6\ 3d^{10}\ \underline{4s^2}\ 4p^4 \Rightarrow l=0 \text{ مجموع الکترون‌های با } = 2+2+2+2=8 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{l=1 \text{ تعداد الکترون‌های با }}{l=0 \text{ تعداد الکترون‌های با }} = \frac{16}{8} = 2$$

B ۲۲۵ **۲** آرایش الکترونی عنصرهای $_{20}A$ و $_{29}B$ به‌صورت زیر است:

$_{20}A:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 \Rightarrow {}_{20}Ca$ $\qquad$ $_{29}B:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1 \Rightarrow {}_{29}Cu$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عنصر A دارای ۸ الکترون و عنصر B دارای ۷ الکترون در زیرلایه‌های $l=0$ (زیرلایهٔ s) هستند. گزینهٔ (۲): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عنصر A همان کلسیم از گروه دوم و عنصر B همان مس از گروه ۱۱ جدول تناوبی هستند. گزینهٔ (۳): آرایش الکترونی کاتیون‌های این دو عنصر به‌صورت مقابل است: $_{29}B^{2+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$ $\qquad$ $_{20}A^{2+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

با توجه به آرایش‌های رسم شده، کاتیون B^{2+} برخلاف A^{2+} به آرایش گاز نجیب نمی‌رسد. گزینهٔ (۴): با توجه به آرایش الکترونی عناصر A و B، در اتم عنصر A برخلاف عنصر B، زیرلایهٔ 4s نیمه‌پر است.

C ۲۲۶ **۲** ابتدا جرم اتمی هر یک از ایزوتوپ‌های عنصر M را به کمک جرم اتمی میانگین آن به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} M_1 = A \\ M_2 = A+2 \\ \bar{M} = 63/5 \end{cases} \qquad \begin{cases} F_1 + F_2 = 100 \\ \dfrac{F_1}{F_2} = 3 \end{cases} \Rightarrow 4F_2 = 100 \Rightarrow F_2 = \%25 , F_1 = \%75$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{100} \Rightarrow 63/5 = \frac{(A\times 75)+((A+2)\times 25)}{100} \Rightarrow 6350 = 75A + 25A + 50 \Rightarrow 100A = 6300 \Rightarrow A = 63$$

عدد جرمی ایزوتوپ‌های M برابر ۶۳ و ۶۵ است.

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) \Rightarrow 63/5 = A + \frac{25}{100}((A+2)-A) \Rightarrow 63/5 = A + 0/5 \Rightarrow A = 63$$

عدد جرمی ایزوتوپ‌های M برابر ۶۳ و ۶۵ است. همان‌طور که می‌دانید، هر چه درصد فراوانی ایزوتوپی از یک عنصر در مخلوطی طبیعی از ایزوتوپ‌های آن بیشتر باشد، پایداری آن ایزوتوپ نیز بیشتر است؛ بنابراین ایزوتوپ پایدارتر این عنصر، ^{63}M است. اکنون تعداد پروتون‌های این عنصر را که همان عدد اتمی است به‌دست می‌آوریم:

روش اول (تشریحی):

$$^{63}M \Rightarrow \begin{cases} n+p=63 \\ n-p=5 \end{cases} \Rightarrow n=34 , p=29$$

روش دوم (تستی):

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت نوترون و پروتون})}{2} = \frac{63-5}{2} = 29$$

بنابراین عدد اتمی این عنصر برابر ۲۹ است و آرایش الکترونی آن به‌صورت زیر خواهد بود:

$$_{29}M:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1 \xrightarrow{-1e^-} {}_{29}M^+:\underline{1s^2}\ \underline{2s^2}\ \underline{2p^6}\ \underline{3s^2}\ \underline{3p^6}\ \underline{3d^{10}}$$

در کاتیون M^+، ۱۰ الکترون با $l=2$ (در زیرلایهٔ 3d) و ۶ الکترون با $l=0$ (زیرلایه‌های s) وجود دارد که نسبت آن‌ها برابر $\frac{5}{3}\left(\frac{10}{6}\right)$ است.

B ۲۲۷ **۳** عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول:

$^{64}_{29}Cu^{2+}: e=29-2=27 , n=64-29=35 \Rightarrow 35-27=8$

عبارت دوم: آرایش الکترونی عنصر $_{22}Ti$ به صورت زیر است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در این اتم، ۷ زیرلایه از الکترون اشغال شده است.

$_{22}Ti:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$

عبارت سوم: آرایش الکترونی $_{24}Cr^{2+}$ به صورت مقابل است: $_{24}Cr^{2+}:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^4$

در لایهٔ الکترونی سوم این یون، دوازده الکترون وجود دارد. عبارت چهارم: آرایش الکترونی یون $^{45}_{21}Sc^{3+}$ به صورت مقابل است: $_{21}Sc^{3+}:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6$

همان‌طور که می‌بینید، در این یون، ۵ زیرلایه از الکترون پر شده‌اند.

C ۲۲۸ ۱ آرایش الکترونی عنصری با ۱۶ الکترون در زیرلایه‌های با $l=1$ (زیرلایهٔ p) به‌صورت مقابل است: $X:1s^2\,2s^2\,\underline{2p^6}\,3s^2\,\underline{3p^6}\,3d^{10}\,4s^2\,\underline{4p^4}$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): لایهٔ ظرفیت این عنصر، به‌صورت $4s^2\,4p^4$ بوده و دارای ۶ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت $\dot{\ddot{X}}\cdot$ می‌باشد.

آنیون $_{16}S^{2-}$ به آرایش گاز نجیب آرگون $(_{18}Ar)$ رسیده است و دارای ۸ الکترون ظرفیت است: $_{16}S^{2-}:1s^2\,2s^2\,2p^6\,\underbrace{3s^2\,3p^6}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow :\ddot{S}:$

گزینهٔ (۲): این عنصر در گروه ۱۶ و دورهٔ چهارم جدول قرار داشته و یک نافلز است. نافلزها از طریق گرفتن و یا به اشتراک گذاشتن الکترون، به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسند.

گزینهٔ (۳): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عدد اتمی این عنصر برابر ۳۴ بوده و در نتیجه در خانهٔ ۳۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. گزینهٔ (۴): همان‌طور که گفتیم، این عنصر با گرفتن ۲ الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم‌دورهٔ خود $(_{36}Kr)$ می‌رسد؛ بنابراین: $_{34}X^{2-}:p=34\,,\underbrace{e=36\,,n-e=9}_{n=45}\Rightarrow A=n+p=45+34=79$

در نتیجه عدد جرمی این عنصر برابر ۷۹ بوده و جرم اتمی آن نیز حدوداً برابر ۷۹ amu است.

B ۲۲۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آرایش الکترونی اتم‌های B و D و یون‌های حاصل از آن‌ها به‌صورت زیر است:

$_{15}D:[_{10}Ne]\,3s^2\,3p^3\Rightarrow {}_{15}D^{3-}:[_{10}Ne]\,3s^2\,3p^6\Rightarrow[_{18}Ar]$

$_{19}B:[_{18}Ar]\,4s^1\Rightarrow {}_{19}B^{+}:[_{18}Ar]$

هر دوی این یون‌ها به آرایش پایدار گاز نجیب آرگون $(_{18}Ar)$ می‌رسند. عبارت (ب): آرایش الکترونی فشردهٔ این عنصرها به‌صورت زیر است:

$_{20}E:[_{18}Ar]\,\underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$ ، گروه اول ⇒ عنصری از دستهٔ s با یک الکترون ظرفیت ⇒ $_{3}G:[_{2}He]\,\underbrace{2s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$ ⇒ گروه دوم ⇒ عنصری از دستهٔ s با دو الکترون ظرفیت

عبارت (پ): آرایش الکترونی فشردهٔ عنصر $_{20}E$ به‌صورت مقابل است: $_{20}E:[_{18}Ar]\,\underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$ ⇒ گروه دوم ⇒ عنصری از دستهٔ s با دو الکترون ظرفیت

بنابراین آرایش الکترون-نقطه‌ای E به‌صورت $\dot{E}\cdot$ خواهد بود. دقت کنید که عنصر X همان هلیم است که دارای ۲ الکترون ظرفیت است و چون لایهٔ اول آن پر شده است، پس پایدار است و در گروه ۱۸ جدول تناوبی قرار دارد. عبارت (ت): آرایش الکترونی فشردهٔ دو عنصر $_{9}A$ و $_{35}M$ نام برده شده به‌صورت زیر است:

$_{35}M:[_{18}Ar]\,3d^{10}\,\underbrace{4s^2\,4p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$ ، گروه هفدهم ⇒ عنصری با ۷ الکترون از دستهٔ p ⇒ $_{9}A:[_{2}He]\,\underbrace{2s^2\,2p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$ ⇒ گروه هفدهم ⇒ عنصری با ۷ الکترون از دستهٔ p

عنصر $_{9}A$ در گروه هفدهم قرار داشته و با تشکیل آنیون پایدار یک بار منفی به آرایش گاز نجیب نئون $(_{10}Ne)$ می‌رسد: $_{9}A^{-}:[_{2}He]\,2s^2\,2p^6\Rightarrow {}_{10}Ne$

B ۲۳۰ ۲ ابتدا آرایش الکترونی اتم عنصر X را به‌دست می‌آوریم: $X^{3+}:[Ar]\,3d^3\rightarrow X:[Ar]\,3d^5\,4s^1$

بنابراین عنصر X، همان عنصر کروم $(_{24}Cr)$ است. عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در آرایش الکترونی اتم عنصر کروم، زیرلایه‌های $4s^1$ و $3d^5$ نیمه‌پر هستند. عبارت (ب): در آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عنصر کروم $(3d^5\,4s^1)$، بزرگ‌ترین n برابر ۴ بوده، پس در دورهٔ چهارم قرار دارد و دارای ۶ الکترون ظرفیتی است، بنابراین در گروه ششم قرار گرفته است. عبارت (پ): آرایش الکترونی فشردهٔ عنصر کروم به صورت $[Ar]\,3d^5\,4s^1$ است. عبارت (ت): آرایش الکترونی کامل آن به صورت $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^5\,4s^1$، است که دارای ۷ زیرلایه است و در آن ۱۲ تا از الکترون‌ها در زیرلایه‌های p با $l=1$ قرار دارند.

C ۲۳۱ ۱ فقط عبارت سوم نادرست است. آرایش الکترونی یون‌های A^{3-} ، B^{3+} و C^{2+} و اتم‌های سازندهٔ آن‌ها به‌صورت زیر است:

$C^{2+}:[_{18}Ar]\,3d^4\xrightarrow{+2e^-}C:[_{18}Ar]\,3d^5\,4s^1$ $\qquad$ $A^{3-}:[_{18}Ar]\,3d^{10}\,4s^2\,4p^6\xrightarrow{-3e^-}A:[_{18}Ar]\,3d^{10}\,4s^2\,4p^3$

$B^{3+}:[_{10}Ne]\,3s^2\,3p^6\xrightarrow{+3e^-}B:[_{10}Ne]\,3s^2\,3p^6\,3d^1\,4s^2$ یا $[_{18}Ar]\,3d^1\,4s^2$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به آرایش الکترونی اتم A، در این عنصر ۶ الکترون در زیرلایهٔ 2p، ۶ الکترون در زیرلایهٔ 3p و ۳ الکترون در زیرلایهٔ 4p آن وجود دارد که در مجموع ۱۵ الکترون در زیرلایهٔ با $l=1$ (زیرلایهٔ p) آن وجود دارد. عبارت دوم: آرایش الکترونی فشردهٔ اتم C به‌صورت زیر است:

$C:[_{18}Ar]\,\underbrace{3d^5\,4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow$ مجموع $n+l$ الکترون‌های لایهٔ ظرفیت $=5(\underbrace{3+2}_{3d})+1(\underbrace{4+0}_{4s})=29$

عبارت سوم: آرایش الکترونی اتم B به‌صورت $B:[_{18}Ar]\,3d^1\underline{4s^2}$ است. بیرونی‌ترین زیرلایه در عنصر B، 4s با اعداد کوانتومی $l=0$ و $n=4$ است. عبارت چهارم:

آرایش الکترونی اتم C به‌صورت مقابل است: $C:1s^2\,\underline{2s^2\,2p^6}\,\underline{3s^2\,3p^6}\,\underline{\underline{3d^5}}\,\underline{4s^1}$

این عنصر دارای ۷ الکترون با $l=0$ و ۵ الکترون با $l=2$ است؛ بنابراین: $\frac{\text{شمار الکترون‌ها با } l=0}{\text{شمار الکترون‌ها با } l=2}=\frac{7}{5}=1/4$

C ۲۳۲ ۲ ابتدا تعداد الکترون‌های موجود در $^{85}X^{+}$ را به‌دست می‌آوریم: $^{85}X^{+}: n+p=85, n-e=12 \xrightarrow{e=p-1} n+p=85, n-p=11 \Rightarrow p=37$

پس تعداد الکترون‌های گونهٔ $^{85}_{37}X^{+}$ برابر ۳۶ عدد است، بنابراین خواهیم داشت:

$$_{37}Rb^{+}: 1s^2\ 2s^2 2p^6\ 3s^2 3p^6 3d^{10}\ \overbrace{4s^2 4p^6}^{\text{لایهٔ چهارم}} \Rightarrow \begin{cases} n=4 \text{ تعداد الکترون‌های با } \\ l=0 \text{ تعداد الکترون‌های با } \end{cases} \begin{matrix} =8 \\ =8 \end{matrix}, \quad 8=2+2+2+2=\text{مجموع الکترون‌های با } l=0$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): عنصرهای $_7N$، $_8O$ و $_9F$ با ایجاد آنیون‌های N^{3-}، O^{2-} و F^{-} و عنصرهای $_{11}Na$، $_{12}Mg$ و $_{13}Al$ با ایجاد کاتیون‌های Na^{+}، Mg^{2+} و Al^{3+} می‌توانند به آرایش گاز نجیب نئون دست یابند (جمعاً ۶ عنصر). گزینهٔ (۳): همهٔ گازهای نجیب (به‌جز هلیم) متعلق به دستهٔ p جدول دوره‌ای هستند. هلیم $(_2He)$ جزء عنصرهای دستهٔ s است. گزینهٔ (۴): برای نمونه، عناصر کربن، سیلیسیم و ژرمانیم از گروه ۱۴ جدول دوره‌ای در آخرین زیرلایهٔ خود ۲ الکترون دارند (ns^2np^2) اما قادر به تشکیل X^{2+} نیستند.

B ۲۳۳ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) برای تکمیل جمله مناسب هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر $_3Li$ با آرایش الکترون-نقطه‌ای $Li^{\cdot}$ با ایجاد یون Li^{+} به آرایش دوتایی پایدار گاز نجیب هلیم می‌رسد. عبارت (ب): عنصر $_{16}S$ با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\ddot{S}^{\cdot}$ با ایجاد یون S^{2-} به آرایش گاز نجیب تناوب سوم $(_{18}Ar)$ می‌رسد. عبارت (پ): عنصر $_6C$ با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\dot{C}^{\cdot}$، یون تشکیل نمی‌دهد و فقط با به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی پایدار دست می‌یابد. عبارت (ت): عنصر $_{35}Br$ با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\ddot{Br}^{\cdot}$ با ایجاد یون پایدار Br^{-} به آرایش گاز نجیب کریپتون $(_{36}Kr)$ می‌رسد. عنصر $_{38}Sr$ با آرایش الکترون-نقطه‌ای $Sr^{\cdot}$ با ایجاد یون Sr^{2+} به آرایش گاز نجیب کریپتون $(_{36}Kr)$ می‌رسد. پس هر دو یون، ۳۶ الکترون دارند.

C ۲۳۴ ۳ بیرونی‌ترین زیرلایهٔ عناصر دستهٔ s و d زیرلایهٔ ns و بیرونی‌ترین زیرلایهٔ عناصر دستهٔ p، زیرلایهٔ np است؛ بنابراین بیرونی‌ترین (آخرین) زیرلایهٔ عنصر X، یکی از زیرلایه‌های ns^2 یا np^2 می‌باشد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): همان‌طور که گفتیم آخرین زیرلایهٔ عناصر دسته‌های s، d زیرلایهٔ ns و عناصر دستهٔ p زیرلایهٔ np می‌باشد؛ بنابراین عنصر X می‌تواند به هر یک از این ۳ دسته تعلق داشته باشد. گزینهٔ (۲): لایهٔ ظرفیت عنصر X می‌تواند به یکی از شکل‌های ns^2، ns^2np^2 و یا $(n-1)d^x ns^2$ باشد و عنصر X نمی‌تواند با عنصر $_{19}K$ که در گروه اول جدول قرار گرفته است، هم‌گروه باشد. گزینهٔ (۳): چنان‌چه عنصر X مربوط به دستهٔ s جدول دوره‌ای باشد، یک فلز بوده و با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار هشت‌تایی می‌رسد. اما اگر این عنصر مربوط به دسته‌های p یا d جدول باشد، لایهٔ ظرفیت آن به ترتیب به صورت ns^2np^2 و $(n-1)d^x ns^2$ خواهد بود و در گروه چهاردهم و یا در یکی از گروه‌های سوم تا دوازدهم جدول جای دارد. در عناصر گروه ۱۴ جدول کربن، سیلیسیم و ژرمانیم با به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب پس از خود می‌رسند و در عناصر گروه‌های سوم تا دوازدهم، فقط عناصر گروه ۳ با از دست دادن الکترون به آرایش هشت‌تایی می‌رسند و عناصر سایر گروه‌ها به چنین آرایشی نمی‌رسند. گزینهٔ (۴): آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عناصر گروه‌های ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۷ به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\text{عناصر گروه ۱۷} \Rightarrow ns^2np^5 \qquad \text{عناصر گروه ۱۳} \Rightarrow ns^2np^1 \qquad \text{عناصر گروه ۱۱} \Rightarrow (n-1)d^{10}ns^1 \qquad \text{عناصر گروه ۶} \Rightarrow (n-1)d^5ns^1$$

با توجه به اینکه آخرین زیرلایهٔ عنصر X دواتمی است؛ بنابراین در هیچ‌کدام از گروه‌های ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۷ نمی‌تواند قرار داشته باشد.

C ۲۳۵ ۱ فقط مورد (پ) برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب نیست. **بررسی موارد:** عبارت (الف): عنصر نیتروژن $(_7N)$ اولین عنصری است که با ایجاد آنیونی پایدار به آرایش پایدار هشت‌تایی گاز نجیب $(_{10}Ne)$ می‌رسد. عبارت (ب): طبق قاعدهٔ آفبا نخستین‌بار در اتمی با ۸ الکترون این رابطه برقرار است:

$$_8O: 1s^2 2s^2 2p^4$$

عبارت (پ): نخستین عنصری از جدول دوره‌ای که لایهٔ الکترونی سوم آن به‌طور کامل از الکترون پر شده است، اتم مس $(_{29}Cu)$ می‌باشد.

$$_{29}Cu: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$$

* **توجه** آرایش الکترونی برخی اتم‌ها مثل مس و کروم از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند و این اتم‌ها در بیرونی‌ترین زیرلایهٔ s خود تنها یک الکترون دارند.

عبارت (ت): عنصر سدیم $(_{11}Na)$ نخستین عنصری است که می‌تواند با از دست دادن الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب قبل از خود $(_{10}Ne)$ برسد.

* **توجه** نخستین عنصری که می‌تواند با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب دست یابد، لیتیم $(_3Li)$ است، ولی به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب نمی‌رسد، بلکه به آرایش دوتایی پایدار گاز نجیب هلیم $(_2He)$ می‌رسد.

عبارت (ث): نخستین و سبک‌ترین عنصری که در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود، الکترون جفت شده دارد، هلیم است. عدد اتمی هلیم برابر ۲ می‌باشد.

C ۲۳۶ ۲ ردیف‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آرایش الکترونی نخستین عنصری که در لایهٔ سوم خود ۱۳ الکترون دارد، به‌صورت مقابل است:

$$X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$$

بنابراین عدد اتمی نخستین عنصری که در لایهٔ سوم $(n=3)$ خود ۱۳ الکترون دارد، برابر ۲۴ است. عبارت (ب): آرایش الکترونی عنصری که در خانهٔ ۲۹ جدول قرار دارد به‌صورت مقابل است:

$$_{29}Cu: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$$

در آرایش الکترونی این عنصر، ۷ الکترون با $l=0$ (زیرلایه‌های s) و ۱۰ الکترون با $l=2$ (زیرلایهٔ d) وجود دارد؛ بنابراین نسبت الکترون‌های با $l=0$ به الکترون‌های با $l=2$ برابر $0/7\left(\frac{7}{10}\right)$ است. عبارت (پ): در آرایش الکترونی تمامی عناصر دورهٔ چهارم به‌جز عناصر گروه‌های ۱، ۶، ۱۱، زیرلایه‌های 1s، 2s، 3s و 4s از الکترون پر شده است و دارای ۸ الکترون در زیرلایه‌های با $l=0$ خود هستند. در عناصر گروه‌های ۱، ۶ و ۱۱، زیرلایهٔ 4s دارای یک الکترون بوده و در مجموع دارای ۷ الکترون در زیرلایه‌های s خود هستند که آرایش الکترونی این سه عنصر در زیر رسم شده است:

$_{19}K:[_{18}Ar]4s^1$: گروه اول $\qquad _{24}Cr:[_{18}Ar]3d^5 4s^1$: گروه ششم $\qquad _{29}Cu:[_{18}Ar]3d^{10}4s^1$: گروه یازدهم

عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم $_{31}M$ و کاتیون آن به‌صورت مقابل است: $_{31}M:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}4s^2 4p^1 \Rightarrow {}_{31}M^{3+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$

این کاتیون دارای ۱۰ الکترون در زیرلایهٔ $3d\,(l=2)$ و ۲ الکترون در زیرلایهٔ $3s\,(n=3, l=0)$ است که نسبت آن‌ها برابر $5\left(\frac{10}{2}\right)$ می‌باشد.

C ۲۳۷ ۴ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر (۱) در لایهٔ $n=2$ دارای ۵ الکترون است. مطابق قاعدهٔ آفبا، آرایش الکترونی آن به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^3$ است. پس عدد اتمی آن برابر ۷ است. ناپایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن، ایزوتوپ $_1^7H$ با عدد جرمی ۷ است. عبارت (ب): عنصر (۲) در لایهٔ $n=3$ دارای ۴ الکترون است. مطابق قاعدهٔ آفبا، آرایش الکترونی آن به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ است. پس این عنصر در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای جای دارد. دستهٔ f جدول تناوبی شامل ۲۸ عنصر است. عبارت (پ): عنصر (۳) در لایهٔ $n=3$ دارای ۱۳ الکترون و در لایهٔ $n=4$ دارای یک الکترون است. پس آرایش الکترونی آن به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ است. این آرایش متعلق به اتم $_{24}Cr$ است. پس خواهیم داشت: $A=n+Z \Rightarrow 52=n+24 \Rightarrow n=28$

عنصری با عدد اتمی ۲۸ دارای ۲۸ الکترون است و آرایش آن به‌صورت $[Ar]3d^8 4s^2$ است. با توجه به لایهٔ ظرفیت این عنصر، این اتم متعلق به گروه ۱۰ جدول دوره‌ای است. عبارت (ت): عنصر (۴) در لایهٔ $n=3$ دارای ۱۸ الکترون و در لایهٔ $n=4$ دارای ۷ الکترون است. مطابق قاعدهٔ آفبا آرایش الکترونی آن به‌صورت $[Ar]3d^{10}4s^2 4p^5$ است. این عنصر در لایهٔ ظرفیت خود ۷ الکترون دارد و در واکنش با سدیم یک الکترون می‌گیرد و با ایجاد یون یک بار منفی به آرایش هشت‌تایی می‌رسد.

$$Na\cdot \rightarrow \cdot\ddot{Br}: \rightarrow Na^+[:\ddot{Br}:]^- \rightarrow NaBr$$

C ۲۳۸ ۱ تمامی عبارت‌ها نادرست هستند. آرایش الکترونی یون X^{3+} به‌صورت مقابل خواهد بود: $X^{3+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی رسم شدهٔ این کاتیون دارای ۶ زیرلایه اشغال‌شده از الکترون است. عبارت (ب): در آخرین لایهٔ الکترونی X^{3+}، ۱۱ الکترون در زیرلایه‌های $3s^2$، $3p^6$ و $3d^3$ وجود دارد. عبارت (پ): کاتیون X^{3+} دارای ۳ الکترون در زیرلایهٔ $3d\ (l=2)$ خود می‌باشد. عبارت (ت): در آرایش الکترونی این یون، زیرلایهٔ نیمه‌پر وجود ندارد. عبارت (ث): هنگام افزودن الکترون به کاتیون‌های عناصر دستهٔ d دورهٔ چهارم، ابتدا دو الکترون به زیرلایهٔ 4s می‌دهیم و مابقی الکترون‌ها مربوط به زیرلایهٔ 3d می‌باشد. اما در عنصر X از آنجایی که با افزودن ۲ الکترون به زیرلایهٔ 4s، زیرلایهٔ 3d چهار الکترونی می‌شود $(3d^4 4s^2)$؛ بنابراین ۲ الکترون به زیرلایهٔ 3d و یک الکترون به زیرلایهٔ 4s می‌افزاییم. آرایش الکترونی عنصر X به‌صورت مقابل است: $X:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$

عدد اتمی این عنصر برابر ۲۴ بوده و عنصری از دستهٔ d است. این عنصر دارای ۶ الکترون ظرفیت است؛ از این رو در گروه ششم جدول تناوبی جای دارد.

C ۲۳۹ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز مورد اول درست هستند. آرایش الکترونی کاتیون‌های A^{3+} و B^{3+} و اتم‌های A و B به صورت زیر خواهد بود:

$$A^{3+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{3d^5}_{\text{بیرونی‌ترین زیرلایه}} \xrightarrow{+3e^-} A:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$$

$$B^{3+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{3d^{10}}_{\text{بیرونی‌ترین زیرلایه}} \xrightarrow{+3e^-} B:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}4s^2 4p^1$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول، دوم و سوم: آرایش الکترونی فشردهٔ عناصر A و B به‌صورت زیر است:

$$A:[_{18}Ar]\underbrace{3d^6 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow {}_{26}Fe \qquad B:[_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow {}_{31}Ga$$

با توجه به آرایش الکترونی عناصر، عنصر A متعلق به دستهٔ d جدول (عناصر واسطه) و عنصر B متعلق به دستهٔ p جدول دوره‌ای است. همچنین عدد اتمی عنصر A برابر با ۲۶ و عنصر B برابر با ۳۱ بوده و اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۵ (۲۶–۳۱) است. عبارت چهارم: برم ($_{35}Br$) عنصری از گروه ۱۷ و دورهٔ چهارم جدول تناوبی است:

$$_{35}Br:[_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{شمارهٔ دوره}=4\text{ , شمارهٔ گروه}=17$$

با توجه به آرایش الکترونی عناصر A، B که در بالا رسم شده است، هر سه عنصر در دورهٔ چهارم جدول تناوبی قرار دارند.

C ۲۴۰ ۱ عبارت‌های دوم و پنجم درست هستند. در میان عناصر دورهٔ چهارم، زیرلایهٔ 1s اولین و زیرلایهٔ 4s یا 4p بیرونی‌ترین زیرلایه هستند. با توجه به اینکه زیرلایهٔ 1s در همهٔ این عناصر ۲ الکترون دارد، باید به دنبال عناصری بگردیم که در زیرلایهٔ 4s یا 4p خود یک الکترون داشته باشند. در تناوب چهارم، $_{19}K$، $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ در زیرلایهٔ 4s خود یک الکترون و $_{31}Ga$ در زیرلایهٔ 4p خود یک الکترون دارد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: شمار الکترون‌های ظرفیت در K، Cr، Cu و Ga به ترتیب برابر ۱، ۶، ۱۱ و ۳ است. در هیچ‌کدام از این عناصر ۵ الکترون ظرفیت وجود ندارد.

عبارت دوم: الکترون‌هایی با $n=2$ و $l=1$، الکترون‌های زیرلایهٔ $2p$ هستند. در همهٔ این عناصر زیرلایهٔ $2p$، ۶ الکترون دارد، پس باید به دنبال عنصری باشیم که ۳ الکترون با $n=4$ داشته باشد. در آرایش الکترونی $_{31}Ga$، ۳ الکترون با $n=4$ وجود دارد:

$$_{31}Ga:[Ar]3d^{10}\underline{4s^2}\underline{4p^1}$$

عبارت سوم: هیچ‌کدام از این عناصر با تشکیل کاتیونی با بار $+3$، به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند. عبارت چهارم: عنصری با عدد اتمی ۶ در گروه ۱۴ قرار دارد. هیچ‌کدام از عناصر مورد نظر در گروه ۱۴ قرار ندارند.

گروه ۱۳: $_{31}Ga$ گروه ۱۱: $_{29}Cu$ گروه ۶: $_{24}Cr$ گروه ۱: $_{19}K$

عبارت پنجم: نماد عنصر پتاسیم $(_{19}K)$ به صورت تک‌حرفی است.

A ۲۴۱ ۲ موارد (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی موارد:** هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. در یک ترکیب یونی، مجموع تعداد کاتیون‌ها با مجموع تعداد آنیون‌ها لزوماً برابر نیست. به‌عنوان مثال در Al_2O_3 به ازای دو یون Al^{3+}، سه یون O^{2-} وجود دارد. ضمناً به این نکته توجه کنید که یون تک‌اتمی، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است (نه یک نوع اتم!) برای نمونه O_2^{2-} که پراکسید نام دارد، از یک نوع اتم تشکیل شده ولی یون تک‌اتمی نیست.

A ۲۴۲ ۳ فراوردهٔ واکنش اتم‌های سدیم و گاز کلر، سدیم کلرید (نمک خوراکی) است. این ترکیب، جامدی سفید رنگ با ساختار بلوری است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عنصر (۱)، فلز سدیم و عنصر (۲) گاز دواتمی کلر است. در واکنش تولید سدیم کلرید، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون و ایجاد کاتیون یک بار مثبت (Na^+) به آرایش گاز نجیب پیش از خود، یعنی $_{10}Ne$ می‌رسد. گزینهٔ (۲): در این واکنش، اتم‌های کلر با گرفتن یک الکترون از اتم‌های سدیم و ایجاد آنیون یک بار منفی (Cl^-) به آرایش گاز نجیب هم‌دورهٔ خود، یعنی $_{18}Ar$ می‌رسند. گزینهٔ (۴): کاتیون تشکیل‌دهندهٔ ترکیب سدیم کلرید، به آرایش گاز نجیب نئون و آنیون تشکیل‌دهندهٔ آن به آرایش گاز نجیب آرگون رسیده است.

$$_{11}Na:[_{10}Ne]3s^1 \Rightarrow {}_{11}Na^+:1s^2 2s^2 2p^6 \text{ یا } [_{10}Ne] \qquad {}_{17}Cl:[_{10}Ne]3s^2 3p^5 \Rightarrow {}_{17}Cl^-:[_{10}Ne]3s^2 3p^6 \text{ یا } [_{18}Ar]$$

A ۲۴۳ ۱ عبارت‌های (الف) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): کلر در دما و فشار اتاق به‌صورت مولکول‌های دواتمی است. به عبارت دیگر، دو اتم کلر در کنار هم قرار می‌گیرند و مولکول دواتمی کلر را می‌سازند. گاز کلر زرد رنگ بوده و متعلق به گروه ۱۷ جدول تناوبی است. آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم کلر به‌صورت مقابل است:

$$_{17}Cl:[_{10}Ne]\underbrace{3s^2 3p^5}_{2+5=7} \Rightarrow \text{آرایش الکترون-نقطه‌ای: } :\ddot{Cl}\cdot$$

عبارت (پ): مقایسهٔ اندازهٔ اتم‌های سدیم و کلر و یون‌های سدیم و کلرید به‌صورت مقابل است:

$$\text{مقایسهٔ اندازه: } Na^+ < Cl^- \qquad \text{مقایسهٔ اندازه: } Cl < Na$$

عبارت (ت): نمک خوراکی از آنیون $_{17}Cl^-$ و کاتیون $_{11}Na^+$ ساخته می‌شود.

$$\left.\begin{matrix} {}_{17}Cl^-:[_{10}Ne]3s^2 3p^6 \\ {}_{11}Na^+:[_{2}He]2s^2 2p^6 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \text{اختلاف تعداد الکترون‌ها} = 18-10 = 8$$

B ۲۴۴ ۴ هرگاه اتم‌های کلسیم و اکسیژن در شرایط مناسب کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می‌دهند به‌طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های Ca^{2+} و O^{2-} تبدیل می‌شوند. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید (CaO)، تنها از دو عنصر ساخته شده و یک ترکیب یونی دوتایی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اتم اکسیژن $(_8O)$ با گرفتن دو الکترون به آرایش گاز نجیب هم‌تناوب خود، یعنی نئون $(_{10}Ne)$ و اتم کلسیم $(_{20}Ca)$ با از دست دادن دو الکترون ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب تناوب قبل از خود، یعنی آرگون $(_{18}Ar)$ می‌رسد. گزینهٔ (۲): برای تشکیل یک مول کلسیم اکسید، دو مول الکترون میان اتم‌های سازندهٔ آن مبادله می‌شود.

$$Ca\cdot + \cdot\ddot{O}: \rightarrow Ca^{2+}[:\ddot{O}:]^{2-}$$

گزینهٔ (۳): فلز کلسیم متعلق به گروه ۲ جدول تناوبی و در لایهٔ ظرفیت خود دارای ۲ الکترون است. آرایش الکترون-نقطه‌ای این فلز به‌صورت $\dot{Ca}\cdot$ است.

A ۲۴۵ ۱ نام و فرمول شیمیایی صحیح هر ترکیب یونی، در جدول زیر نمایش داده شده است:

نام	منیزیم یدید	لیتیم نیترید	سدیم برمید	پتاسیم اکسید	کلسیم سولفید	لیتیم فسفید
فرمول شیمیایی	MgI_2	Li_3N	NaBr	K_2O	CaS	Li_3P

B ۲۴۶ ۲ در ترکیب‌های اول و سوم، آنیون و کاتیون به آرایش الکترونی گاز نجیب یکسانی رسیده‌اند. **بررسی ترکیب‌ها:**

ترکیب اول: سدیم نیترید
- کاتیون ⇒ یون سدیم $\xrightarrow{\text{نماد یون}} Na^+ \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{11}Na^+:[_{10}Ne]$
- آنیون ⇒ یون نیترید $\xrightarrow{\text{نماد یون}} N^{3-} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{7}N^{3-}:[_{10}Ne]$

ترکیب دوم: لیتیم کلرید
- کاتیون ⇒ یون لیتیم $\xrightarrow{\text{نماد یون}} Li^+ \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{3}Li^+:[_{2}He]$
- آنیون ⇒ یون کلرید $\xrightarrow{\text{نماد یون}} Cl^- \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{17}Cl^-:[_{18}Ar]$

ترکیب سوم: کلسیم فسفید
- کاتیون ⇒ یون کلسیم $\xrightarrow{\text{نماد یون}} Ca^{2+} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{20}Ca^{2+}:[_{18}Ar]$
- آنیون ⇒ یون فسفید $\xrightarrow{\text{نماد یون}} P^{3-} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{15}P^{3-}:[_{18}Ar]$

ترکیب چهارم: منیزیم برمید
- کاتیون ⇒ یون منیزیم $\xrightarrow{\text{نماد یون}} Mg^{2+} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{12}Mg^{2+}:[_{10}Ne]$
- آنیون ⇒ یون برمید $\xrightarrow{\text{نماد یون}} Br^- \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{35}Br^-:[_{36}Kr]$

B ۲۴۷ ۴ همهٔ موارد به جز مورد دوم برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب نیستند. **بررسی موارد:**

مورد اول: $\dot{A} \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۱ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} A^{+}$ ، $:\ddot{B}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۶ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} B^{۲-}$ $\xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} A_۲B$

مورد دوم: $\cdot\dot{A}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۳ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} A^{۳+}$ ، $:\ddot{B}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۷ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} B^{-}$ $\xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} AB_۳$

مورد سوم: $\dot{A}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۲ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} A^{۲+}$ ، $\cdot\ddot{B}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۵ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} B^{۳-}$ $\xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} A_۳B_۲$

مورد چهارم: $\dot{A}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۲ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} A^{۲+}$ ، $:\ddot{B}: \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۷ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} B^{-}$ $\xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} AB_۲$

مورد پنجم: $\dot{A}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۲ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} A^{۲+}$ ، $:\ddot{B}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۶ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} B^{۲-}$ $\xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} AB$

مورد ششم: $\cdot\dot{A}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۳ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} A^{۳+}$ ، $:\ddot{B}\cdot \xrightarrow{\text{تعداد الکترون ظرفیت}} ۶ \xrightarrow{\text{یون پایدار}} B^{۲-}$ $\xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} A_۲B_۳$

B ۲۴۸ ۱ آرایش الکترونی $_{۷}X$ و $_{۲۰}Y$ به‌صورت مقابل است:

$$_{۷}X:۱s^{۲}\underbrace{۲s^{۲}۲p^{۳}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \quad ,\quad _{۲۰}Y:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}\underbrace{۴s^{۲}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

بنابراین دو عنصر X و Y به ترتیب دارای ۵ و ۲ الکترون ظرفیت هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۲) و (۴): عنصر X با دریافت ۳ الکترون و تشکیل آنیون $X^{۳-}$ و عنصر Y با از دست دادن ۲ الکترون و تشکیل کاتیون $Y^{۲+}$ پایدار می‌شود؛ بنابراین فرمول ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به‌صورت $Y_۳X_۲$ است. گزینهٔ (۳): فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به‌صورت $Y_۳X_۲$ است. به کمک یکی از روابط زیر می‌توان شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل هر مول ترکیب یونی را به‌دست آورد:

$$|\text{بار آنیون}| \times \text{زیروند آنیون} = \text{شمار الکترون‌های مبادله شده} \qquad \text{بار کاتیون} \times \text{زیروند کاتیون} = \text{شمار الکترون‌های مبادله شده}$$

بنابراین مول الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول $Y_۳X_۲$، برابر ۶ (۲×۳ یا ۳×۲) است.

B ۲۴۹ ۱ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در این ترکیب یونی به ازای هر ۲ کاتیون $A^{۳+}$، ۳ آنیون $D^{۲-}$ وجود دارد؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به‌صورت $A_۲D_۳$ است. عبارت (ب): هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. عبارت (پ): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای A، این عنصر دارای ۳ الکترون ظرفیت است. عناصر Al، Fe و Cr به‌ترتیب دارای ۳، ۸ و ۶ الکترون ظرفیت هستند؛ بنابراین عنصر A نمی‌تواند Fe یا Cr باشد.

$$_{۲۴}Cr:[_{۱۸}Ar]\underbrace{۳d^{۵}۴s^{۱}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \qquad _{۲۶}Fe:[_{۱۸}Ar]\underbrace{۳d^{۶}۴s^{۲}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \qquad _{۱۳}Al:[_{۱۰}Ne]\underbrace{۳s^{۲}۳p^{۱}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

عبارت (ت): برای مثال در ترکیب یونی $Al_۲O_۳$، کاتیون‌های $Al^{۳+}$ و آنیون‌های $O^{۲-}$ هر دو به آرایش الکترونی گاز نجیب $_{۱۰}Ne$ رسیده‌اند.

$$_{۸}O:[_{۲}He]۲s^{۲}۲p^{۴} \xrightarrow{+۲e^{-}} {}_{۸}O^{۲-}:[_{۲}He]۲s^{۲}۲p^{۶}:[_{۱۰}Ne] \qquad _{۱۳}Al:[_{۱۰}Ne]۳s^{۲}۳p^{۱} \xrightarrow{-۳e^{-}} {}_{۱۳}Al^{۳+}:[_{۱۰}Ne]$$

عبارت (ث): شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل هر ترکیب یونی را می‌توان به کمک یکی از روابط زیر به‌دست آورد:

$$|\text{بار آنیون}| \times \text{زیروند آنیون} = \text{شمار الکترون‌های مبادله شده} \qquad \text{بار کاتیون} \times \text{زیروند کاتیون} = \text{شمار الکترون‌های مبادله شده}$$

بنابراین مقدار مول الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول $A_۲D_۳$ برابر ۶ است: $۲\times(+۳)=۳(|-۲|)=۶\ \text{mol e}^{-}$ = شمار الکترون‌های مبادله شده در $A_۲D_۳$

B ۲۵۰ ۳ ابتدا شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول لیتیم سولفید را به‌دست می‌آوریم:

★ نکته **الکترون‌های مبادله شده:** مقدار مول الکترون مبادله شده برای تشکیل یک مول از یک ترکیب یونی را می‌توان از یکی از روابط زیر به‌دست آورد:

$$\text{زیروند کاتیون} \times \text{بار کاتیون} = \text{تعداد مول الکترون‌های مبادله شده} \qquad \text{زیروند آنیون} \times \text{قدرمطلق بار آنیون} = \text{تعداد مول الکترون‌های مبادله شده}$$

برای مثال، به ازای تشکیل ۴/۵ گرم ترکیب یونی $Li_۲O$، به میزان $۹/۰۳\times۱۰^{۲۲}$ الکترون بین فلز و نافلز مبادله می‌شود. زیرا شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول ترکیب برابر ۲ مول است:

$$\text{مقدار مول الکترون‌های مبادله شده} = ۲(+۱)=۱(|-۲|)=۲\ \text{mol e}^{-}$$

پس شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل ۴/۵ گرم $Li_۲O$ برابر است با:

$$?\,\text{mol e}^{-}=۴/۵\,\text{g Li}_۲\text{O}\times\frac{۱\,\text{mol Li}_۲\text{O}}{۳۰\,\text{g Li}_۲\text{O}}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\text{e}^{-}}{۱\,\text{mol Li}_۲\text{O}}=۹/۰۳\times۱۰^{۲۲}\,\text{e}^{-}$$

برای لیتیم سولفید $(Li_۲S)$ داریم:

$$\text{زیروند یون لیتیم} \times \text{بار یون لیتیم} = \text{تعداد الکترون‌های مبادله شده} = (+۱)\times(۲)=۲\ \text{mol}$$

حال مقدار مول الکترون مبادله شده برای تشکیل ۰/۶ مول Li_2S را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,e^- = 0/6\,mol\,Li_2S \times \frac{2\,mol\,e}{1\,mol\,Li_2S} = 1/2\,mol\,e^-$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱):

$$\text{تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول } NaBr = |-1| \times 1 = 1\,mol\,e^- = (+1) \times 1 = \text{تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول } NaBr$$

$$?\,mol\,e^- = 0/9\,mol\,NaBr \times \frac{1\,mol\,e}{1\,mol\,NaBr} = 0/9\,mol\,e^-$$

گزینهٔ (۲):

$$\text{تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول } CaS = (+2) \times 1 = 2\,mol\,e^- ,\ ?\,mol\,e^- = 1/2\,mol\,CaS \times \frac{2\,mol\,e}{1\,mol\,CaS} = 2/4\,mol\,e^-$$

گزینهٔ (۳):

$$\text{تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول } Al_2O_3 = (+3) \times 2 = 6\,mol\,e^- ,\ ?\,mol\,e^- = 0/2\,mol\,Al_2O_3 \times \frac{6\,mol\,e}{1\,mol\,Al_2O_3} = 1/2\,mol\,e^-$$

گزینهٔ (۴):

$$\text{تعداد مول الکترون‌های مبادله‌شده به ازای تشکیل یک مول } Li_3N = (+1) \times 3 = 3\,mol\,e^- ,\ ?\,mol\,e^- = 0/3\,mol\,Li_3N \times \frac{3\,mol\,e}{1\,mol\,Li_3N} = 0/9\,mol\,e^-$$

B ۲۵۱ ۴ بررسی گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱):

$$\text{یون کلسیم: کلسیم برمید} \Rightarrow Ca^{2+} ,\ \text{یون برمید} \Rightarrow Br^- \Rightarrow CaBr_2 \xrightarrow{\text{تعداد یون‌ها در هر واحد فرمولی}} 1+2=3$$

$$\text{یون پتاسیم: پتاسیم اکسید} \Rightarrow K^+ ,\ \text{یون اکسید} \Rightarrow O^{2-} \Rightarrow K_2O \xrightarrow{\text{تعداد یون‌ها در هر واحد فرمولی}} 2+1=3$$

گزینهٔ (۲):

$$\text{یون منیزیم: منیزیم سولفید} \Rightarrow Mg^{2+} ,\ \text{یون سولفید} \Rightarrow S^{2-} \Rightarrow Mg_2S_2 \Rightarrow MgS \xrightarrow{\text{نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها}} \frac{1}{1}=1$$

$$\text{یون لیتیم: لیتیم فلوئورید} \Rightarrow Li^+ ,\ \text{یون فلوئورید} \Rightarrow F^- \Rightarrow LiF \xrightarrow{\text{نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها}} \frac{1}{1}=1$$

گزینهٔ (۳):

$$\text{یون کلسیم: کلسیم فسفید} \Rightarrow \text{آرایش کاتیون} \Rightarrow {}_{20}Ca^{2+}:[{}_{18}Ar] ,\ \text{یون فسفید} \Rightarrow \text{آرایش آنیون} \Rightarrow {}_{15}P^{3-}:[{}_{18}Ar]$$

$$\text{یون منیزیم: منیزیم فلوئورید} \Rightarrow \text{آرایش کاتیون} \Rightarrow {}_{12}Mg^{2+}:[{}_{10}Ne] ,\ \text{یون فلوئورید} \Rightarrow \text{آرایش آنیون} \Rightarrow {}_{9}F^-:[{}_{10}Ne]$$

گزینهٔ (۴):

$$\text{یون سدیم: سدیم فلوئورید} \Rightarrow Na^+ \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{11}Na^+:[{}_{10}Ne] ,\ \text{یون فلوئورید} \Rightarrow F^-$$

$$\text{یون کلسیم: کلسیم کلرید} \Rightarrow Ca^{2+} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{20}Ca^{2+}:[{}_{18}Ar] ,\ \text{یون کلرید} \Rightarrow Cl^-$$

B ۲۵۲ ۳ یون‌ها به آرایش یک گاز نجیب رسیده‌اند، پس تعداد الکترون‌های یون‌ها با هم برابر است:

$$A_2B_3: \begin{cases} \text{کاتیون} \Rightarrow {}_{Z_1}A^{3+} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = Z_1 - 3 \\ \text{آنیون} \Rightarrow {}_{Z_2}B^{2-} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = Z_2 + 2 \end{cases} \Rightarrow Z_1 - 3 = Z_2 + 2 \Rightarrow Z_1 - Z_2 = 5$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): عنصر ${}_{20}X$ با گاز نجیب قبل از خود $({}_{18}Ar)$ دو خانه در جدول تناوبی فاصله دارد، پس در گروه ۲ جدول قرار داشته و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت $\dot{X}\cdot$ است. عنصر ${}_{17}Y$ با گاز نجیب بعد از خود $({}_{18}Ar)$ یک خانه در جدول تناوبی فاصله دارد، پس در گروه ۱۷ جدول قرار داشته و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت $(\cdot\ddot{Y}:)$ است.

$$X\cdot + \cdot\ddot{Y}: \rightarrow X^{2+} + 2[:\ddot{Y}:]^- \rightarrow XY_2$$

گزینهٔ (۲):

$$\text{یون پتاسیم: کاتیون} \Rightarrow \text{آنیون} ,\ \text{یون اکسید} \xrightarrow{\text{نماد یون}} {}_{19}K^+ \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{19}K^+:[{}_{18}Ar]$$

$$\text{سدیم فسفید: کاتیون} \Rightarrow \text{آنیون} ,\ \text{یون فسفید} \xrightarrow{\text{نماد یون}} {}_{15}P^{3-} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} {}_{15}P^{3-}:[{}_{18}Ar]$$

گزینهٔ (۴): با توجه به فرمول شیمیایی ترکیب حاصل خواهیم داشت:

$$K_2A: \text{کاتیون} \Rightarrow {}_{19}K^+ \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = 19-1=18 ,\ \text{آنیون} \Rightarrow {}_{Z}A^{2-} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = Z+2 ,\quad Z+2=18 \Rightarrow Z=16$$

B ۲۵۳ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. ابتدا با استفاده از آرایش الکترونی یون‌ها، آرایش عناصر را نوشته و به عنصر موردنظر پی می‌بریم:

$$A^+:[{}_{18}Ar] \xrightarrow{+1e^-} {}_{19}A:[{}_{18}Ar]4s^1 \Rightarrow {}_{19}K$$

$$E^{3+}:[{}_{18}Ar]3d^5 \xrightarrow{+3e^-} {}_{26}E:[{}_{18}Ar]3d^6 4s^2 \Rightarrow {}_{26}Fe$$

$$X^{2-}:[{}_{10}Ne]3s^2 3p^6 \xrightarrow{-2e^-} {}_{16}X:[{}_{10}Ne]3s^2 3p^4 \Rightarrow {}_{16}S$$

$$D^-:[{}_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^6 \xrightarrow{-1e^-} {}_{35}D:[{}_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^5 \Rightarrow {}_{35}Br$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تعداد عنصرهای میان دو عنصر از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید: ۱− اختلاف اعداد اتمی = شمار عنصرهای میان دو عنصر

بنابراین میان دو عنصر $_{19}A$ و $_{26}E$، تعداد ۶ (۱−۱۹−۲۶) عنصر وجود دارد. از طرفی لایهٔ ظرفیت عنصر $_{16}X$، به‌صورت $3s^2 3p^4$ است که ۶ الکترون ظرفیتی دارد؛ بنابراین این دو مقدار با هم برابر هستند. عبارت (ب): عناصر A و X در شرایط مناسب ترکیب یونی A_2X را تشکیل می‌دهند.

در هر واحد این ترکیب یونی (A_2X)، ۲ الکترون مبادله‌شده می‌باشد؛ بنابراین:

$$A^{(+)} \quad X^{(2-)} \Rightarrow A_2X$$

$$\text{شمار الکترون‌های مبادله‌شده} = 0/2\,mol\,K_2S \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,K_2S} \times \frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-} = 2/408\times10^{23}$$

عبارت (پ): آنیون‌های X^{2-} و D^- به‌ترتیب به زیرلایه‌های $3p^6$ و $4p^6$ ختم می‌شوند؛ بنابراین این آنیون‌ها به آرایش گاز نجیب آرگون و کریپتون رسیده‌اند.

هر دو آنیون به آرایش گاز نجیب هم‌دوره‌شان رسیده‌اند $\Rightarrow$ $X^{2-}: 3p^6 \rightarrow [_{18}Ar]$, $D^-: 4p^6 \rightarrow [_{36}Kr]$

کاتیون‌های A^+ و E^{3+} به‌ترتیب به زیرلایه‌های $3p^6$ و $3d^5$ ختم می‌شوند؛ بنابراین کاتیون A^+ به آرایش گاز نجیب آرگون (گاز نجیب دورهٔ قبل) می‌رسد، اما E^{3+} به آرایش گاز نجیب نرسیده است. E^{3+} برخلاف A^+ به آرایش گاز نجیب نرسیده است. $\Rightarrow$ گاز نجیب نیست $\Rightarrow$ $A^+: 3p^6 \rightarrow [_{18}Ar]$, $E^{3+}: 3d^5$

عبارت (ت): عنصر E همان $_{26}Fe$ است که در ترکیبات خود می‌تواند با دو نوع کاتیون شرکت کند؛ هر دو حالت را بررسی می‌کنیم:

$E^{2+}, D^- \Rightarrow ED_2$, $E^{3+}, D^- \Rightarrow ED_3$

بنابراین تعداد اتم‌های حاصل از واکنش E و D می‌تواند ۳ یا ۴ اتم باشد. ترکیب حاصل از واکنش A و X به‌صورت مقابل است: $A^+ , X^{2-} \rightarrow A_2X$

شمار اتم‌های این ترکیب، ۳ است. پس در هر دو حالت نسبت خواسته‌شده برابر $\frac{4}{3}$ یا $\frac{3}{3}$ می‌شود که هیچ‌کدام برابر ۲ نمی‌باشد.

C ۲۵۴ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند.

عنصر	چندمین خانهٔ جدول (عدد اتمی)	شمارهٔ دوره	شمارهٔ گروه	تعداد الکترون‌های ظرفیت	آرایش الکترون-نقطه‌ای	یون پایدار	آرایش الکترونی یون پایدار
A	۳	۲	۱	۱	$A\cdot$	A^+	$1s^2$ یا $[_2He]$
B	۳۵	۴	۱۷	۷	$:\ddot{B}\cdot$	B^-	$[_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^6$ یا $[_{36}Kr]$
C	۱۳	۳	۱۳	۳	$\cdot\dot{C}\cdot$	C^{3+}	$[_{10}Ne]$
D	۷	۲	۱۵	۵	$\cdot\ddot{D}\cdot$	D^{3-}	$[_{10}Ne]$
E	۸	۲	۱۶	۶	$:\ddot{E}\cdot$	E^{2-}	$[_{10}Ne]$
F	۱۲	۳	۲	۲	$\dot{F}\cdot$	F^{2+}	$[_{10}Ne]$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی یون پایدار عنصرها، اختلاف شمار الکترون‌ها در یون‌های A^+ و D^{3-} برابر ۸ و در یون‌های E^{2-} و F^{2+} برابر صفر است.

عبارت (ب): $F^{2+}, E^{2-} \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} FE \xrightarrow[\text{کاتیون به آنیون}]{\text{نسبت شمار}} \frac{1}{1}=1$ $\quad$ $A^+, E^{2-} \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} A_2E \xrightarrow[\text{کاتیون به آنیون}]{\text{نسبت شمار}} \frac{2}{1}=2$

عبارت (پ): $F^{2+}, D^{3-} \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} F_3D_2 \xrightarrow[\text{هر واحد فرمولی}]{\text{تعداد آنیون‌ها در}} 3$ $\quad$ $C^{3+}, E^{2-} \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} C_2E_3 \xrightarrow[\text{هر واحد فرمولی}]{\text{تعداد آنیون‌ها در}} 3$

عبارت (ت): در ترکیب یونی حاصل از A و B، آنیون B^- به آرایش گاز نجیب کریپتون $(_{36}Kr)$ رسیده است و ۳۶ الکترون دارد. در ترکیب یونی حاصل از A و D، آنیون D^{3-} به آرایش گاز نجیب نئون $(_{10}Ne)$ رسیده و ۱۰ الکترون دارد. اختلاف شمار الکترون‌ها در آنیون‌ها $= 36-10 = 26$

B ۲۵۵ ۴ شمار الکترون‌ها در زیرلایهٔ 4d اتم‌های Y و X به ترتیب برابر با ۱۰ و ۵ است و در آرایش الکترونی این دو اتم، الکترون وارد زیرلایه با $l=3$ (زیرلایهٔ f) نشده است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عدد اتمی گازهای نجیب Kr و Xe به ترتیب برابر ۳۶ و ۵۴ است و در نتیجه عدد اتمی عنصرهای X و Y به ترتیب برابر با ۴۲ و ۵۶ است. عنصر X نیز متعلق به گروه ۶ جدول دوره‌ای است و آرایش الکترونی آن از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند.

★ **نکته** آرایش الکترونی عنصرهای واسطه در گروه‌های ۶ و ۱۱ جدول تناوبی از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند.

$_{24}Cr: [_{18}Ar]3d^5 4s^1$ $\quad$ $_{29}Cu: [_{18}Ar]3d^{10}4s^1$ $\quad$ $_{42}Mo: [_{36}Kr]4d^5 5s^1$ $\quad$ $_{47}Ag: [_{36}Kr]4d^{10}5s^1$

گزینه‌های (۲) و (۳): این دو عنصر هر دو فلزند؛ از این‌رو نمی‌توانند با یکدیگر واکنش داده و ترکیب یونی تشکیل دهند. X عنصری از دستهٔ d با ۶ الکترون ظرفیت و Y عنصری اصلی از دستهٔ s با ۲ الکترون ظرفیت است.

C ۲۵۶ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: یون A^- در آخرین لایهٔ اشغال‌شدهٔ خود، یعنی لایهٔ چهارم ۸ الکترون دارد، پس زیرلایه‌های 4s و 4p آن کامل پر شده‌اند $(4s^2 4p^6)$؛ بنابراین A^- به آرایش گاز نجیب $_{36}Kr$ رسیده است و عنصر A، همان $_{35}Br$ است. (عدد اتمی A برابر ۳۵ است.) حال باید مقادیر a و b را پیدا کنیم. با توجه به آرایش الکترونی $_{33}E^{3-}$ و $_{29}D^{2+}$ داریم:

$_{29}D^{2+}: [Ar]\underline{3d^9} \Rightarrow$ دارد $l=2$ الکترون با $9 \Rightarrow b=9$ $\quad$ $_{33}E^{3-}: [Ar]\underline{3d^{10}}4s^2 4p^6 \Rightarrow$ دارد $l=2$ الکترون با $10 \Rightarrow a=10$

مجموع عددهای ردیف دوم جدول $= 6+10+a+b = 6+10+10+9 = 35$

مجموع اعداد ردیف دوم جدول با عدد اتمی عنصر A یکسان و برابر ۳۵ است. عبارت دوم: گونهٔ X^{3+} در زیرلایهٔ 3d خود دارای ۶ الکترون است، پس با توجه به آرایش الکترونی X^{3+}، داریم:

$$X^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 \xrightarrow{\text{اضافه کردن ۳ الکترون}} X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$$

عنصر X، همان کبالت ($_{27}Co$) بوده و فلز قلیایی هم‌دوره با عنصر کبالت، پتاسیم ($_{19}K$) است. اختلاف عدد اتمی دو عنصر $_{27}Co$ و $_{19}K$ برابر ۸ (۲۷−۱۹) می‌باشد.

عبارت سوم: عنصر $_{13}M$، همان آلومینیم ($_{13}Al$) است که کاتیون پایدار آن به‌صورت Al^{3+} است. یون $_{33}E^{3-}$ نیز دارای آرایش هشت‌تایی می‌باشد؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از دو عنصر $_{13}M$ و $_{33}E$ به‌صورت ME است. عبارت چهارم: $_{29}D$، همان عنصر مس ($_{29}Cu$) است که در ترکیب‌هایش دو نوع کاتیون پایدار Cu^{+} و Cu^{2+} را تشکیل می‌دهد، در حالی‌که عنصر ۳۱ جدول، $_{31}Ga$ بوده و تنها یک کاتیون پایدار آن هم Ga^{3+} تشکیل می‌دهد. بار کاتیون‌های تشکیل‌شده توسط عناصر $_{29}Cu$ و $_{31}Ga$ مشابه نیست.

B ۲۵۷ ۲ بررسی پرسش‌ها:

پرسش (الف): $M_2S_n \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} S^{2-} \xrightarrow{\text{نماد یون}}$ یون سولفید $\Rightarrow$ آنیون ، $M^{n+} \xleftarrow{\text{نماد یون}}$ یون فلز M $\Rightarrow$ کاتیون: سولفید فلز M

پس بار یون پایدار حاصل از فلز M برابر (+۳) است.

$MN \Rightarrow M_3N_3 \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} N^{3-} \xrightarrow{\text{نماد یون}}$ یون نیترید $\Rightarrow$ آنیون ، $M^{3+} \xleftarrow{\text{نماد یون}}$ یون فلز M $\Rightarrow$ کاتیون: نیترید فلز M

پرسش (ب): تعداد الکترون‌های مبادله شده از رابطهٔ (زیروند آنیون × قدرمطلق بار آنیون) یا (زیروند کاتیون × بار کاتیون) به‌دست می‌آید:

$AlF_3 \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} F^{-} \xrightarrow{\text{نماد یون}}$ یون فلوئورید $\Rightarrow$ آنیون ، $Al^{3+} \xleftarrow{\text{نماد یون}}$ یون آلومینیم $\Rightarrow$ کاتیون: آلومینیم فلوئورید

مقدار مول الکترون مبادله شده به ازای تشکیل یک مول AlF_3 $= (+3)\times 1 = 3\,mol$

برای تشکیل یک مول AlF_3، ۳ مول الکترون مبادله می‌شود. $CaO \Rightarrow Ca_2O_2 \Rightarrow$ یون اکسید: O^{2-} $\Rightarrow$ آنیون ، یون کلسیم: Ca^{2+} $\Rightarrow$ کاتیون: کلسیم اکسید

مقدار مول الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول CaO $= (+2)\times 1 = 2\,mol$

برای تشکیل یک مول CaO، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود، پس مقدار مول الکترون مبادله شده به ازای تشکیل ۰/۵ مول از ترکیب یونی مورد نظر برابر است با:

$$?\,mol\,e^- = 0/5\,mol\,CaO \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,CaO} = 1\,mol\,e^-$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر ۳ $(\frac{3}{1})$ است. پرسش (پ): در اتم ^{39}M داریم:

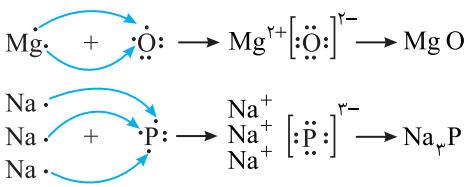
$$^{39}M: n+p=39,\ n-p=1 \Rightarrow 2p=38 \Rightarrow p=19$$

عنصر $_{19}M$ با از دست دادن یک الکترون و ایجاد یون $_{19}M^{+}$ به آرایش گاز نجیب آرگون ($_{18}Ar$) می‌رسد.

$M_2O \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} O^{2-} \xrightarrow{\text{نماد یون}}$ یون اکسید $\Rightarrow$ آنیون ، $M^{+} \xleftarrow{\text{نماد یون}}$ یون فلز M $\Rightarrow$ کاتیون: اکسید فلز M

B ۲۵۸ ۱ فرایند تشکیل ترکیب‌های منیزیم اکسید و سدیم فسفید به صورت مقابل است:

در فرایند تشکیل هر مول MgO، ۲ مول الکترون و به ازای تشکیل هر مول Na_3P، ۳ مول الکترون مبادله می‌شود.



اگر فرض کنیم که m گرم از هر یک از این دو ترکیب تشکیل شده باشد، خواهیم داشت:

$$a)\ m\,g\,MgO \times \frac{1\,mol\,MgO}{40\,g\,MgO} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,MgO} = \frac{m}{20}\,mol\,e^-$$

$$b)\ m\,g\,Na_3P \times \frac{1\,mol\,Na_3P}{100\,g\,Na_3P} \times \frac{3\,mol\,e^-}{1\,mol\,Na_3P} = \frac{3m}{100}\,mol\,e^-$$

در نهایت نسبت شمار الکترون‌های مبادله شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{الکترون‌های مبادله شده b}}{\text{الکترون‌ها مبادله شده a}} = \frac{\frac{3m}{100}}{\frac{m}{20}} = 0/6$$

C ۲۵۹ ۴ شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل هر مول از یک ترکیب یونی را می‌توان طبق دو رابطهٔ زیر به‌دست آورد:

شمار الکترون‌های مبادله شده = |بار آنیون| × زیروند آنیون شمار الکترون‌های مبادله شده = بار کاتیون × زیروند کاتیون

شمار الکترون‌های مبادله شده در Al_2O_3 $= 2\times(+3) = 3(|-2|) = 6\,mol\,e^-$

اکنون شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل ۱۰/۲ گرم Al_2O_3 را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,e^- = 10/2\,g\,Al_2O_3 \times \frac{1\,mol\,Al_2O_3}{102\,g\,Al_2O_3} \times \frac{6\,mol\,e^-}{1\,mol\,Al_2O_3} = 0/6\,mol\,e^-$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Al_2O_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول الکترون‌های مبادله شده}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10/2}{1\times 102} = \frac{x}{6} \Rightarrow X = 0/6\,mol\,e^-$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در عناصر دورهٔ چهارم سه زیرلایهٔ ۴s، ۳d و ۴p پر می‌شوند. در بین ۱۸ عنصر این دوره، عناصر $_{19}K$، $_{24}Cr$، $_{25}Mn$، $_{29}Cu$ و $_{33}As$ دارای زیرلایهٔ نیمه‌پر هستند:

$$_{19}K:[_{18}Ar]\underline{4s^1},\ _{24}Cr:[_{18}Ar]\underline{3d^5}\ \underline{4s^1},\ _{25}Mn:[_{18}Ar]\underline{3d^5}\ 4s^2,\ _{29}Cu:[_{18}Ar]3d^{10}\ \underline{4s^1},\ _{33}As:[_{18}Ar]3d^{10}\ 4s^2\underline{4p^3}$$

گزینهٔ (۲): عناصر دستهٔ d دورهٔ چهارم در گروه سوم تا دوازدهم جدول دوره‌ای قرار گرفته‌اند. پنجمین عنصر این دسته در گروه هفتم و دارای ۷ الکترون ظرفیت است:

$$_{25}Mn:[_{18}Ar]\underbrace{3d^5 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

مجموع $n+l$ الکترون‌های ظرفیت برابر است با:

$$\text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 5\underbrace{(3+2)}_{3d}+2\underbrace{(4+0)}_{4s}=25+8=33$$

گزینهٔ (۳): کاتیون ترکیب Fe_2O_3 دارای بار الکتریکی ۳+ و کاتیون سازندهٔ $MnCl_2$ بار الکتریکی ۲+ دارد؛ بنابراین آرایش الکترونی این دو کاتیون به‌صورت زیر خواهد بود:

$$_{25}Mn^{2+}:[_{18}Ar]3d^5 \qquad _{26}Fe^{3+}:[_{18}Ar]3d^5$$

آرایش الکترونی این دو عنصر مشابه است.

۲۶۰ C ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. با توجه به اطلاعات داده شده در جدول، آرایش الکترونی عناصر A، D، M، X و Y به‌صورت زیر خواهد بود:

$$A:1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6/4s^2 \Rightarrow {}_{20}Ca \qquad D:1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6 3d^{10}/4s^2 4p^4 \Rightarrow {}_{34}Se$$

$$M:1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6 3d^{10}/4s^2 4p^5 \Rightarrow {}_{35}Br \qquad X:1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6 3d^5/4s^1 \Rightarrow {}_{24}Cr$$

$$Y:1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6 3d^{10}/4s^2 \Rightarrow {}_{30}Zn$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: عدد اتمی عناصر A و X به ترتیب برابر ۲۰ و ۲۴ بوده و اختلاف عدد اتمی آن‌ها برابر ۴ است. همچنین عدد اتمی دو عنصر Y و D به ترتیب برابر ۳۰ و ۳۴ بوده و اختلاف عدد اتمی این عناصر نیز برابر با ۴ می‌باشد. عبارت دوم: با توجه به اینکه تمامی این عناصر در دورهٔ چهارم قرار دارند، برای رسم آرایش الکترونی فشردهٔ آن‌ها از گاز نجیب دورهٔ قبل، یعنی دورهٔ سوم ($_{18}Ar$) استفاده می‌شود. عبارت سوم: عناصر A، D، M، X و Y به ترتیب دارای ۸، ۸، ۸، ۷ و ۸ الکترون در زیرلایه‌های با $l=0$ (زیرلایهٔ s) خود هستند. عبارت چهارم: آرایش الکترونی عناصر X و Y به‌صورت زیر است:

$$X:1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6 3d^5/4s^1 \Rightarrow (3d)\,l=2, n=3 \text{ شمار الکترون‌های با } = 5, (4s)\,l=0, n=4 \text{ شمار الکترون‌های با } = 1 \Rightarrow \text{نسبت خواسته شده} = \frac{5}{1} = 5$$

$$Y:1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6 3d^5/4s^2 \Rightarrow (3d)\,l=2, n=3 \text{ شمار الکترون‌های با } = 10, (4s)\,l=0, n=4 \text{ شمار الکترون‌های با } = 2 \Rightarrow \text{نسبت خواسته شده} = \frac{10}{2} = 5$$

عبارت پنجم: آرایش الکترونی فشردهٔ عناصر A، D، M و $_{19}K$ به‌صورت زیر است:

$$A:{}_{20}Ca:[_{18}Ar]4s^2,\ D:{}_{34}Se:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^4,\ M:{}_{35}Br:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^5,\ {}_{19}K:[_{18}Ar]4s^1$$

دو عنصر A و D، به ترتیب یون‌های پایدار A^{2+} و D^{2-} ایجاد می‌کنند و فرمول ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به‌صورت AD خواهد بود و نسبت شمار کاتیون به آنیون در این ترکیب برابر ۱ است.

$$A^{(2+)}D^{(2-)} \Rightarrow A_2D_2 \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} AD$$

همچنین دو عنصر M و $_{19}K$ نیز به‌ترتیب یون‌های پایدار M^- و K^+ ایجاد می‌کنند و فرمول ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به‌صورت KM است و نسبت شمار کاتیون به آنیون در این ترکیب نیز برابر ۱ است.

$$K^{(+)}M^{(-)} \Rightarrow KM$$

۲۶۱ C ۲ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. در سؤال اشاره شده است که عناصر C، D، Y، X، E و A از عناصر اصلی می‌باشند پس جزء واسطه‌ها نیستند.

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در ترکیب AE مجموع قدرمطلق بار آن ۲ است پس A^+ و E^- می‌باشد که قطعاً A از گروه ۱ و E از گروه ۱۷ بوده و یون حاصل از آن‌ها به آرایش گاز نجیب می‌رسد. عبارت دوم: ترکیب XY نمی‌تواند کلسیم فسفید (Ca_3P_2) باشد، چون مجموع قدرمطلق بار آنیون و کاتیون برابر ۵ است. همچنین می‌تواند X^+ و Y^{3-} باشد که باز هم کلسیم‌فسفید نخواهد بود. عبارت سوم: اگر کاتیون و آنیون DZ هم الکترون باشد با توجه به اینکه عناصر اصلی چهار تناوب اول هستند، D^{3+} همان $_{13}Al^{3+}$ بوده و Z^{3-} همان $_7N^{3-}$ است و بین آن‌ها ۵ عنصر وجود دارد.

$$\text{تعداد عناصر میان دو عنصر} = (\text{عدد اتمی عنصر سنگین‌تر}) - (\text{عدد اتمی عنصر سبک‌تر}) - 1 = (13-7)-1 = 5$$

عبارت چهارم: در تمام ترکیبات یونی مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها و آنیون‌ها برابر است.

۲۶۲ C ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. آرایش الکترونی عنصر A که در گروه ۵ و دورهٔ ۴ قرار دارد به‌صورت $A:[_{18}Ar]3d^3 4s^2$ است. بنابراین عدد اتمی A برابر ۲۳ است. از آنجایی که فلوئور در ترکیب با فلزات آنیون (۱−) ایجاد می‌کند؛ بنابراین بار کاتیون M برابر (۳+) است در آن ۲۳ الکترون وجود دارد، پس در اتم عنصر M، ۲۶ الکترون وجود دارد و آرایش الکترونی آن به‌صورت $M:[_{18}Ar]3d^6 4s^2$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عدد اتمی عنصر M برابر ۲۶ است.

$$_{26}Fe:[_{18}Ar]\underbrace{3d^6 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{شمارهٔ دوره} = 4, \text{شمارهٔ گروه} = 8$$

عبارت (ب): زیرلایه‌های p، d و f دارای $l \geq 1$ هستند؛ بنابراین:

$$A:1s^2 2s^2 \underline{2p^6} 3s^2 \underline{3p^6}\ \underline{3d^3} 4s^2$$

بنابراین اتم A، ۱۵(۶+۶+۳) الکترون دارای $l\geq 1$ هستند. عبارت (پ): عنصر M در ترکیب با فلوئور یون M^{3+} ایجاد کرده است، پس فرمول اکسید آن می‌تواند M_2O_3 باشد.

$$M^{3+}\ O^{2-} \Rightarrow M_2O_3$$

عبارت (ت): کاتیون موجود در ترکیب A_2O_3 دارای بار (+۳) است؛ بنابراین:

$$A:[_{18}Ar]3d^3 4s^2 \xrightarrow{-3e^-} A^{3+}:[_{18}Ar]3d^2$$

عبارت (ث): عدد اتمی (شمار پروتون‌ها) دو عنصر A و M به‌ترتیب برابر ۲۳ و ۲۶ است:

$$^{56}_{26}M: n+p=56, p=26 \Rightarrow n+26=56 \Rightarrow n=30$$

$$^{51}_{23}A: n+p=51, p=23 \Rightarrow n+23=51 \Rightarrow n=28$$

بنابراین اختلاف شمار نوترون‌های این دو عنصر برابر ۲ (۳۰−۲۸) است.

C ۲۶۳ ۱ فقط عبارت (الف) نادرست است. عنصر باریم با عدد اتمی ۵۶ در گروه ۲ و تناوب ۶ و عنصر ید با عدد اتمی ۵۳ در گروه ۱۷ و تناوب ۵ جدول دوره‌ای عنصرها قرار دارد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آرایش الکترونی و آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم‌ها به‌صورت زیر است:

$$I:[_{36}Kr]4d^{10}5s^2 5p^5 \Rightarrow :\ddot{I}\cdot$$

$$Ba:[_{54}Xe]6s^2 \Rightarrow Ba\cdot$$

برای رسیدن به آرایش هشت‌تایی، اتم باریم به یون پایدار Ba^{2+} و اتم ید به یون پایدار I^- تبدیل می‌شوند.

$$Ba^{2+}\ I^- \rightarrow BaI_2 \Rightarrow \frac{\text{شمار کاتیون}}{\text{شمار آنیون}}=\frac{1}{2}$$

عبارت (ب): اختلاف شمارهٔ گروه این دو عنصر برابر ۱۵ (۲−۱۷) است. در اتم باریم ۶ لایه و در اتم ید ۵ لایهٔ الکترونی از الکترون اشغال شده است. عبارت (پ): عنصر $_{20}Ca$ دارای ۲ الکترون ظرفیت است و در گروه ۲ جدول دوره‌ای با عنصر باریم هم‌گروه است.

$$_{20}Ca:[Ar]4s^2$$

ید عنصری از دورهٔ پنجم جدول دوره‌ای است که با عنصر $_{43}Tc$ هم‌دوره می‌باشد. عبارت (ت): آرایش الکترونی باریم به‌صورت زیر است:

$$_{56}Ba:\underline{\underline{1s^2}}\ \underline{\underline{2s^2}}\ \underline{2p^6}\ \underline{\underline{3s^2}}\ \underline{3p^6}\ 3d^{10}\ \underline{\underline{4s^2}}\ \underline{4p^6}\ 4d^{10}\ \underline{\underline{5s^2}}\ \underline{5p^6}\ \underline{\underline{6s^2}} \Rightarrow \frac{\text{تعداد الکترون‌های با } l=1}{\text{تعداد الکترون‌های با } l=0}=\frac{4\times 6}{6\times 2}=2$$

A ۲۶۴ ۲ پیوند اشتراکی، پیوندی است که سبب اتصال دو اتم نافلزی به یکدیگر در مولکول می‌شود. به عبارت دیگر اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌توانند مولکول‌های دو یا چنداتمی را بسازند.

B ۲۶۵ ۲ در مواد مولکولی، الکترون‌های به اشتراک گذاشته شده (جفت‌الکترون‌های پیوندی) متعلق به هر دو اتم تشکیل دهندهٔ پیوند بوده و در نتیجه در فضای اطراف هستهٔ هر دو اتم جای دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در تشکیل مولکول‌ها، اتم‌ها با یکدیگر الکترون به اشتراک می‌گذارند.

* **توجه** در فرایند تشکیل ترکیب‌های یونی، اتم فلز الکترون از دست داده و اتم نافلز الکترون می‌گیرد؛ از این‌رو تشکیل ترکیب‌های یونی با داد و ستد الکترون همراه است.

گزینهٔ (۳): در عناصر اصلی (دستهٔ s و p) شمار نقاط در آرایش الکترون - نقطه‌ای برابر با شمار الکترون‌های ظرفیت عنصر است و در نتیجه به کمک آن می‌توان به شمارهٔ گروه عنصر پی برد.

آرایش الکترون - نقطه‌ای	$\dot{A}$	$\dot{B}\cdot$	$\dot{C}\cdot$	$\cdot\dot{D}\cdot$	$\cdot\ddot{E}\cdot$	$\cdot\ddot{F}:$	$:\ddot{G}:$	$:\ddot{H}:$
شمارهٔ گروه	۱	۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸

★ **نکته** آرایش الکترون - نقطه‌ای هلیم ($_2He$) که عنصری متعلق به گروه ۱۸ جدول تناوبی است به صورت $He:$ است.

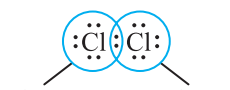
گزینهٔ (۴): اگر آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم عنصری هشت‌تایی ($:\ddot{X}:$) باشد، عنصر مورد نظر به گروه ۱۸ جدول تناوبی (گازهای نجیب) تعلق دارد؛ این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند.

A ۲۶۶ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گاز کلر خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد و از مولکول‌های دواتمی (Cl_2) تشکیل شده است.

عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم کلر، می‌توان تشکیل این مولکول را به‌صورت مقابل نشان داد:

$$:\ddot{Cl}\cdot + \cdot\ddot{Cl}: \rightarrow :\ddot{Cl}:\ddot{Cl}: \quad \text{یا} \quad :\ddot{Cl}-\ddot{Cl}:$$

عبارت (پ): هر اتم کلر، تک‌الکترون لایهٔ ظرفیت خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد؛ به‌طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون-نقطه‌ای، به هر دوی آن‌ها تعلق دارد. در این شرایط هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است.



عبارت (ت): جفت‌الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول Cl_2، نشان‌دهندهٔ یک پیوند اشتراکی (کووالانسی) است، این پیوند سبب اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است.

A ۲۶۷ ۴ آرایش الکترون-نقطه‌ای مولکول‌های آب و اکسیژن به‌صورت زیر است:

$$H\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot + \cdot H \rightarrow H-\ddot{O}-H \quad \text{یا} \quad H:\ddot{O}:H$$

$$:\ddot{O}\cdot + \cdot\ddot{O}: \rightarrow :\ddot{O}=\ddot{O}: \quad \text{یا} \quad :\ddot{O}::\ddot{O}:$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون، نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم‌هاست و مبنای رفتار شیمیایی اتم‌ها رسیدن به پایداری است. پس ملاک اتم‌ها برای تشکیل پیوندهای یونی یا کووالانسی رسیدن به آرایش پایدار گازهای نجیب است. گزینهٔ (۲): در مولکول کلر، هر اتم کلر تک‌الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به‌طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون-نقطه‌ای به هر دوی آن‌ها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است. گزینهٔ (۳): در شرایط مناسب اتم نافلزها می‌توانند با تشکیل پیوندهای اشتراکی (کووالانسی)، مولکول‌های دو یا چنداتمی بسازند.

B ۲۶۸ ۴ آرایش الکترون-نقطه‌ای عنصرهای گروه ۱۴ تا ۱۷ به‌ترتیب به‌صورت $\cdot\dot{X}\cdot$، $\cdot\dot{X}\cdot$، $:\dot{X}\cdot$ و $:\ddot{X}\cdot$ است. با در نظر گرفتن قاعدهٔ هشت‌تایی برای اتم مرکزی، ترکیب هیدروژن‌دار این عنصرها به‌ترتیب دارای ۴، ۳، ۲ و ۱ اتم هیدروژن خواهد بود.

$$H\cdot + \cdot\dot{X}\cdot + \cdot H \rightarrow H:\underset{H}{\overset{+}{\dot{X}}}:H \quad \text{یا} \quad H-\underset{H}{\overset{|}{\dot{X}}}-H$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): این مولکول دارای یک جفت‌الکترون غیراشتراکی روی اتم مرکزی (X) است.

گزینهٔ (۲): این مولکول از دو اتم تشکیل شده است.

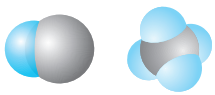
گزینهٔ (۳): این مولکول دارای دو پیوند اشتراکی (کووالانسی) است.

گزینهٔ (۴): این مولکول از یک اتم X و ۴ اتم هیدروژن تشکیل شده است. اتم X دارای ۴ الکترون ظرفیت و هر اتم هیدروژن دارای ۱ الکترون ظرفیت است:

مجموع تعداد الکترون‌های ظرفیت در مولکول $=۴+۴(۱)=۸$

B ۲۶۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نافلزها می‌توانند با گرفتن و یا به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب دست یابند. عناصر گروه ۱۸ جدول دوره‌ای (گازهای نجیب) نافلز هستند ولی با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک نمی‌گذارند. عبارت (ب): هیدروژن و کلر دو عنصر نافلزی هستند. اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی (کووالانسی)، مولکول‌ها را می‌سازند.

عبارت (پ): مولکول‌ها را به شیوه‌های مختلف می‌توان نمایش داد. یکی از آن‌ها، مدل فضا پرکن است. در این مدل علاوه‌بر نوع و تعداد عنصرهای سازنده، نحوهٔ قرارگیری اتم‌ها نسبت به یکدیگر نیز مشخص می‌شود. به‌عنوان مثال مدل فضا پرکن مولکول متان (CH_4) و مولکول هیدروژن کلرید (HCl) به‌صورت روبه‌رو است.



عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم‌های A و B به‌صورت زیر است:

$_{11}A: 1s^2 2s^2 2p^6 \underline{3s^1}$ $\qquad$ $_{9}B: 1s^2 \underline{2s^2 2p^5}$

عنصر A با از دست دادن یک الکترون ظرفیت خود و عنصر B با گرفتن یک الکترون به آرایش هشت‌تایی می‌رسند، پس ترکیب حاصل از آن‌ها، یک ترکیب یونی است:

کاتیون: A^+ , آنیون: $B^- \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} AB$

* **توجه** به کار بردن واژه‌های مولکول، جرم مولکولی و فرمول مولکولی برای ترکیب‌های یونی نادرست است و به جای آن‌ها می‌توان از واژه‌های واحد فرمولی، جرم مولی و فرمول شیمیایی استفاده کرد.

عبارت (ث): با توجه به لایهٔ ظرفیت اتم‌ها، آرایش الکترون-نقطه‌ای آن‌ها به صورت روبه‌رو است:

$_{1}B: \underline{1s^1} \Rightarrow B\cdot$, $_{15}A: [Ne]\underline{3s^2 3p^3} \Rightarrow \cdot\ddot{A}\cdot$

براساس قاعدهٔ هشت‌تایی، اتم A برای تکمیل لایهٔ ظرفیت خود به ۳ الکترون نیاز دارد. اتم B نیز همان هیدروژن است و به آرایش دوتایی هلیم می‌رسد.

$H\cdot + \cdot\ddot{A}\cdot + \cdot H \rightarrow H-\ddot{A}-H \Rightarrow$ تعداد پیوندهای اشتراکی $=۳$

B ۲۷۰ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکول‌های آب به‌صورت خمیده (V شکل) هستند. مدل فضاپرکن مولکول آب به‌صورت مقابل است:



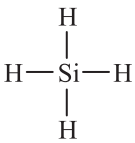
عبارت (ب): در مدل فضاپرکن داده شده، اتم مرکزی به ۴ اتم از یک نوع عنصر متصل شده است. با در نظر گرفتن قاعدهٔ هشت‌تایی برای اتم مرکزی، این اتم باید چهار پیوند اشتراکی تشکیل داده باشد. عبارت (پ): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم X و در نظر گرفتن قاعدهٔ هشت‌تایی داریم:

$:\dot{X}\cdot + \cdot\dot{X}: \rightarrow :X\vdots\vdots X: \text{ یا } :X\equiv X:$

در ساختار این مولکول بین دو اتم X، یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. عبارت (ت): در مدل فضاپرکن داده شده، اتم مرکزی به سه اتم از یک نوع عنصر متصل شده است. با در نظر گرفتن قاعدهٔ هشت‌تایی برای اتم مرکزی، این اتم برای رسیدن به آرایش پایدار نیازمند ۳ الکترون بوده است که از به اشتراک گذاشتن الکترون‌های سه اتم هیدروژن آن را تأمین کرده است. پس این اتم دارای ۵ الکترون ظرفیت و متعلق به گروه ۱۵ جدول تناوبی است و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت $(\cdot\dot{X}\cdot)$ است.

$H\cdot + \cdot\ddot{X}\cdot + \cdot H \rightarrow H:\ddot{X}:H$ یا $H-\ddot{X}-H$

B ۲۷۱ ۲ عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آرایش الکترون - نقطه‌ای عناصر هیدروژن و سیلیسیم به ترتیب به صورت $H\cdot$ و $\cdot\dot{Si}\cdot$ است؛ بنابراین ترکیب حاصل از آن‌ها ساختاری به صورت مقابل دارد:



عبارت دوم: در آرایش الکترون - نقطه‌ای آمونیاک (NH_3) اتم N دارای یک جفت‌الکترون ناپیوندی است، در حالی که در مولکول گوگرد تری‌اکسید (SO_3) اتم S دارای الکترون ناپیوندی نیست؛ بنابراین مدل فضاپرکن B فقط می‌تواند متعلق به NH_3 باشد. عبارت سوم: در مدل فضاپرکن A، اندازهٔ دو اتم نشان داده شده برابر نیست؛ بنابراین نمی‌تواند مربوط به F_2 باشد. عبارت چهارم: در مدل‌های فضاپرکن B و C اتم‌های قرمزرنگ می‌توانند نشان‌دهندهٔ اتم هیدروژن باشند، به طور مثال ترکیب‌های B و C به ترتیب می‌توانند NH_3 و CH_4 باشند.

B ۲۷۲ ۱ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): برای زیرلایهٔ p، عدد کوانتومی فرعی $l=۱$ است. مطابق قاعدهٔ آفبا، ترتیب پر شدن زیرلایه‌های p به‌صورت $(2p \rightarrow 3p \rightarrow 4p \ldots)$ است. پس این اتم در زیرلایهٔ 3p خود دارای ۳ الکترون است و آرایش الکترونی آن به‌صورت زیر است:

$X: 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$

با توجه به تعداد الکترون‌های ظرفیت، آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم X به‌صورت $\cdot\ddot{X}\cdot$ است و فرمول مولکولی ترکیب هیدروژن‌دار آن به‌صورت XH_3 است. پرسش (ب): در مولکول CO_2، اتم کربن دارای ۴ الکترون ظرفیت و هر اتم اکسیژن دارای ۶ الکترون ظرفیت است. پس: مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت در مولکول CO_2 $=۴+۲(۶)=۱۶$

$$H\cdot + \cdot\ddot{\underset{\displaystyle \cdot\ddot{H}}{\underset{|}{X}}}\cdot + \cdot H \rightarrow H-\ddot{\underset{H}{\underset{|}{X}}}-H$$

$$:\ddot{O}\cdot + \cdot\dot{C}\cdot + \cdot\ddot{O}: \rightarrow :\ddot{O}::C::\ddot{O}: \quad \text{یا} \quad :\ddot{O}=C=\ddot{O}: \Rightarrow \text{تعداد پیوندهای کووالانسی}=۴$$

پس نسبت خواسته شده برابر $۴\left(\frac{۱۶}{۴}\right)$ است.

* **توجه** هر پیوند اشتراکی متشکل از یک جفت‌الکترون است. در شمارش تعداد پیوندها، پیوندهای دوگانه و سه‌گانه را به‌ترتیب ۲ و ۳ پیوند در نظر بگیرید.

پرسش (پ): ساختار لوویس CH_2Cl_2 به‌صورت روبه‌رو است:

$$H-\underset{\displaystyle :\ddot{Cl}:}{\overset{\displaystyle :\ddot{Cl}:}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-H \Rightarrow \frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های غیراشتراکی}}{\text{شمار پیوندهای اشتراکی}}=\frac{۶}{۴}=۱/۵$$

B ۲۷۳ ۱ با توجه به اینکه X عنصری اصلی بوده و دارای ۴ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین این عنصر در دستهٔ p و گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار داشته و لایهٔ ظرفیت آن به‌صورت ns^2np^2 می‌باشد. سه عنصر ابتدایی گروه چهاردهم، یعنی C، Si و Ge تمایلی به از دست دادن الکترون ندارند و در واکنش‌های شیمیایی الکترون به اشتراک می‌گذارند. دو عنصر بعدی این گروه، یعنی Sn و Pb فلز بوده و در واکنش با دیگر عناصر الکترون از دست می‌دهند، اما دقت کنید که قلع و سرب با از دست دادن الکترون به آرایش هشتایی گاز نجیب نمی‌رسند.

$$_{۵۰}Sn:[_{۳۶}Kr]۴d^{۱۰}۵s^{۲}۵p^{۲} \xrightarrow{-۴e^-} {}_{۵۰}Sn^{۴+}:[_{۳۶}Kr]۴d^{۱۰}, \quad {}_{۸۲}Pb:[_{۵۴}Xe]۴f^{۱۴}۵d^{۱۰}۶s^{۲}۶p^{۲} \xrightarrow{-۴e^-} {}_{۸۲}Pb^{۴+}:[_{۵۴}Xe]۴f^{۱۴}۵d^{۱۰}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): آرایش الکترونی عنصری با عدد اتمی ۳۲ به‌صورت ${}_{۳۲}X:[_{۱۸}Ar]۳d^{۱۰}۴s^{۲}۴p^{۲}$ است. این عنصر همان ${}_{۳۲}Ge$ است که در دورهٔ چهارم و گروه چهاردهم قرار گرفته است. گزینهٔ (۳): عنصر کربن از این گروه در واکنش با هیدروژن، گاز CH_4 را به‌وجود می‌آورد. گزینهٔ (۴): از ایزوتوپ ${}^{۱۲}_{۶}C$ به‌عنوان مبنای اندازه‌گیری جرم اتمی استفاده می‌شود. مبنای جرم اتمی را معادل $\frac{۱}{۱۲}$ جرم ایزوتوپ کربن -۱۲ در نظر می‌گیرند و جرم اتم‌ها را براساس آن اندازه‌گیری می‌کنند.

C ۲۷۴ ۱ تنها عبارت اول درست است. تنها عنصری که مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های ظرفیت آن برابر ۸ باشد، عنصر کلسیم $(_{۲۰}Ca)$ است.

$$_{۲۰}Ca:[_{۱۸}Ar]\underbrace{۴s^{۲}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = ۲\underbrace{(۴+۰)}_{۴s}=۸$$

* **توجه** مجموع $n+l$ الکترون‌های ظرفیت در عناصر دستهٔ d و p دورهٔ چهارم بیشتر از ۸ خواهد بود. همین‌طور این مقدار در عناصر دستهٔ s دوره‌های اول تا سوم کمتر از ۸ و در عناصر دستهٔ p دورهٔ سوم نیز بیشتر از ۸ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آرایش الکترونی $_{۲۰}Ca$ به‌صورت مقابل است: $_{۲۰}Ca:۱s^{۲}\ ۲s^{۲}۲p^{۶}\ ۳s^{۲}۳p^{۶}\ ۴s^{۲}$

این عنصر دارای ۸ الکترون در زیرلایه‌های با $l=۰$ (زیرلایهٔ s) خود است. عبارت دوم: با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، تنها لایه‌های الکترونی اول و دوم این اتم پر هستند. عبارت سوم: کلسیم ($_{۲۰}Ca$) فلزی از گروه دوم و دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای است که با از دست دادن دو الکترون و تشکیل کاتیون $(_{۲۰}Ca^{۲+})$، به آرایش گاز نجیب $_{۱۸}Ar$ می‌رسد. عبارت چهارم: کلسیم ($_{۲۰}Ca$) دارای ۲ الکترون ظرفیت بوده و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت $\cdot\dot{Ca}$ است. آرایش الکترونی و آرایش الکترون-نقطه‌ای $_{۱۳}Al$ به‌صورت مقابل است:

$$_{۱۳}Al:[_{۱۰}Ne]\underbrace{۳s^{۲}۳p^{۱}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \cdot\dot{Al}\cdot$$

عبارت پنجم: کلسیم در واکنش با کلر، ترکیبی یونی با فرمول شیمیایی $CaCl_2$ تشکیل می‌دهد. دقت کنید که استفاده از واژهٔ مولکول برای ترکیبات یونی از لحاظ علمی اشتباه است، زیرا ذره‌های سازندهٔ این ترکیبات، یون‌ها بوده و در ساختار آن‌ها هیچ مولکولی وجود ندارند.

C ۲۷۵ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف):

$$O_2 \Rightarrow :\ddot{O}=\ddot{O}: \Rightarrow \frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های غیراشتراکی}}{\text{شمار الکترون‌های اشتراکی}}=\frac{۴}{۴}=۱$$

عبارت (ب): در مولکول آب، اتم‌های هیدروژن به آرایش دوتایی پایدار هلیم دست می‌یابند.

$$H_2O \Rightarrow H\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot + \cdot H \rightarrow H:\ddot{O}:H$$

(هشت‌تایی، دوتایی، دوتایی)

عبارت (پ): آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم کلر به‌صورت $(\cdot\ddot{Cl}:)$ است. با توجه به تعداد اتم‌های کلر در ترکیب XCl_2، می‌توان نتیجه گرفت نافلز X در ساختار الکترون-نقطه‌ای خود دارای دو الکترون جفت‌نشده است که با به اشتراک گذاشتن آن‌ها با الکترون‌های جفت‌نشدهٔ دو اتم کلر به آرایش هشت‌تایی می‌رسد. پس اتم X دارای ۶ الکترون ظرفیت است.

$$:\ddot{Cl}\cdot + \cdot\ddot{\underset{\displaystyle \cdot\ddot{}}{X}}\cdot + \cdot\ddot{Cl}: \rightarrow :\ddot{Cl}-\ddot{\underset{\displaystyle \cdot\ddot{}}{X}}-\ddot{Cl}:$$

اگر X عنصری از دورهٔ دوم جدول دوره‌ای باشد، آرایش الکترونی اتم آن به‌صورت زیر است:

$X:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۴}$: مجموع الکترون‌های موجود در زیرلایه‌های s با $l=۰$ $=۲+۲=۴$ ، مجموع الکترون‌های موجود در زیرلایه‌های p با $l=۱$ $=۴$

عبارت (ت):

$$\left.\begin{array}{l} YX_2 \Rightarrow :\ddot{X}\cdot + \cdot\dot{Y}\cdot + \cdot\ddot{X}: \rightarrow :\ddot{X}=Y=\ddot{X}: \\ X_2 \Rightarrow :\ddot{X}\cdot + \cdot\ddot{X}: \rightarrow :\ddot{X}=\ddot{X}: \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\text{تعداد پیوندهای اشتراکی مولکول } YX_2}{\text{تعداد پیوندهای اشتراکی مولکول } X_2}=\frac{۴}{۲}=۲$$

عبارت (ث): فرمول شیمیایی ترکیب هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۴ به‌صورت XH_4 است و مدل فضاپرکن آن به درستی نمایش داده شده است.

۲۷۶ C ۱ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. ضریب آخرین زیرلایهٔ اتم‌ها برابر با شمارهٔ دورهٔ آن‌هاست؛ بنابراین عنصر X در گروه ۱۶ و دورهٔ سوم جدول جای دارد و آرایش الکترونی آن به‌صورت مقابل است:

$$X:1s^2\,2s^2\,2p^6\,\underbrace{3s^2\,3p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow (_{16}S) \text{ گوگرد}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، در بیرونی‌ترین لایه این عنصر $(n=3)$، ۶ الکترون در زیرلایه‌های $3s^2$ و $3p^4$ قرار دارد.

عبارت (ب): آرایش الکترون نقطه‌ای این عنصر و هیدروژن به ترتیب به‌صورت $\cdot\ddot{S}:$ و $H\cdot$ است؛ بنابراین ساختار لوویس ترکیب مولکولی حاصل از این دو ترکیب به‌صورت مقابل خواهد بود:

$$H:\ddot{S}:H \rightarrow H-\ddot{S}-H$$

در آرایش الکترون نقطه‌ای رسم شده، ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت (پ): عنصر مورد نظر در گروه ۱۶ قرار داشته و آنیون پایدار S^{2-} ایجاد می‌کند.

همچنین Al در گروه ۱۳ جدول جای داشته و دارای ۳ الکترون ظرفیت است و با از دست دادن این ۳ الکترون، کاتیون پایدار Al^{3+} ایجاد می‌کند؛ پس فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از این دو عنصر به‌صورت Al_2S_3 است.

$$Al^{(3+)}\ S^{(2-)} \Rightarrow Al_2S_3$$

عبارت (ت): آرایش الکترونی عنصر گوگرد $(_{16}S)$ به‌صورت مقابل است:

$$_{16}S:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$$

این عنصر دارای ۶ الکترون در زیرلایه‌های s $(l=0)$ و ۱۰ الکترون در زیرلایه‌های p $(l=1)$ می‌باشد؛ بنابراین نسبت شمار الکترون‌ها با $l=0$ به شمار الکترون‌ها با $l=1$ برابر $0/6\,(\frac{6}{10})$ است.

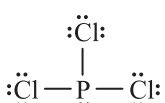
۲۷۷ B ۲ عنصر مورد نظر گالیم $(_{31}Ga)$ بوده که آرایش الکترونی آن به‌صورت مقابل است:

$$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^{10}\,4s^2\,4p^1$$

عنصرهای قبل و بعد گالیم در گروه ۱۳ جدول تناوبی به‌ترتیب آلومینیم $(_{13}Al)$ و اینیدیم $(_{49}In)$ است که نصف مجموع عدد اتمی آن‌ها برابر با ۳۱ (عدد اتمی گالیم) است. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): آرایش الکترونی یون پایدار گالیم $(_{31}Ga^{3+})$ به‌صورت $(1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^{10})$ است که با آرایش الکترونی یون‌های پایدار $(_{30}Zn^{2+})$ و $(_{29}Cu^{+})$ یکسان است. گزینهٔ (۳): داشتن شمار الکترون‌های ظرفیت برابر به تنهایی سبب هم‌گروه شدن دو عنصر نخواهد بود، برای مثال اسکاندیم $(_{21}Sc)$ نیز دارای ۳ الکترون ظرفیت است اما در گروه ۳ جدول تناوبی قرار دارد. گزینهٔ (۴): گالیم عنصری فلزی است و در تشکیل ترکیب‌های مولکولی شرکت نکرده و نمی‌تواند الکترون به اشتراک بگذارد.

۲۷۸ B ۱ عنصر A دارای ۵ الکترون ظرفیتی است و در دورهٔ سوم قرار دارد؛ بنابراین همان عنصر فسفر $(_{15}P)$ است. همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت اول: عناصر فسفر و آرسنیک $(_{33}As)$ هر دو در گروه پانزدهم جدول دوره‌ای قرار دارند. عبارت دوم: عنصر هلیم متعلق به دستهٔ s و عنصر فسفر متعلق به دستهٔ p جدول دوره‌ای است. عبارت سوم: فسفر دارای ۳ الکترون جفت نشده است؛ بنابراین برای رسیدن به آرایش هشتایی باید ۳ پیوند برقرار کند. آرایش الکترون - نقطه‌ای عنصر کلر نیز به صورت $:\ddot{Cl}\cdot$ است و یک الکترون جفت نشده دارد و برای رسیدن به آرایش هشتایی فقط نیاز به برقراری یک پیوند اشتراکی دارد؛ بنابراین آرایش الکترون - نقطه‌ای ترکیب حاصل از عناصر فسفر و کلر به صورت مقابل است:



عبارت چهارم: عنصر فسفر یون پایدار P^{3-} و عنصر منیزیم یون پایدار Mg^{2+} تشکیل می‌دهد؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از آن‌ها به صورت Mg_3P_2 است.

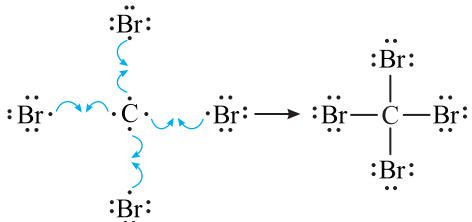
۲۷۹ B ۴ آرایش الکترونی عنصری با ۱۷ الکترون در زیرلایه‌های p $(l=1)$ به‌صورت مقابل خواهد بود:

$$X:1s^2\,2s^2\,\underline{2p^6}\,3s^2\,\underline{3p^6}\,3d^{10}\,4s^2\,\underline{4p^5} \Rightarrow {}_{35}X$$

بررسی گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۲): آرایش الکترونی فشرده این عنصر به‌صورت مقابل است:

$$X:[_{18}Ar]\,3d^{10}\,\underbrace{4s^2\,4p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

با توجه به آرایش رسم شده، X عنصری از دستهٔ p و دارای ۷ الکترون ظرفیت بوده و در گروه هفدهم و دورهٔ چهارم جدول تناوبی جای دارد. گزینهٔ (۳): عناصر گروه‌های ۶ و ۱۱ جدول تناوبی که در دوره‌های چهارم تا هفتم هستند، از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کنند. آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت این عناصر به‌صورت $(n-1)d^5ns^1$ و $(n-1)d^{10}ns^1$ می‌باشد. عنصر X در دورهٔ ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد، پس با دو عنصر $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ از دورهٔ ۴ که از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کنند، هم‌دوره است.



گزینهٔ (۴): عنصر X همان $_{35}Br$ است که در گروه هالوژن‌ها قرار دارد و با گرفتن یک الکترون، آنیون پایدار Br^- ایجاد می‌کند. سدیم نیز در گروه اول جدول جای دارد و کاتیون‌های یک بار مثبت (Na^+) ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به‌صورت NaX $(NaBr)$ خواهد بود.

۲۸۰ B ۱ عنصر A می‌تواند متعلق به هر یک از گروه‌های ۲ تا ۱۲ جدول تناوبی (به‌جز گروه‌های ۶ و ۱۱ که آرایش الکترونی آن‌ها از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند) در دورهٔ چهارم باشد؛ یعنی ۸ عنصر دستهٔ d $(_{30}Zn\ ،_{28}Ni\ ،_{27}CO\ ،_{26}Fe\ ،_{25}Mn\ ،_{23}V\ ،_{22}Ti\ ،_{21}Sc)$ و یک عنصر دستهٔ s $(_{20}Ca)$. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): حداقل و حداکثر عدد اتمی عنصر A مربوط به $_{20}Ca$ و $_{30}Zn$ است و از طرفی عنصری که آرایش الکترونی آن به $3s^1$ ختم می‌شود دارای آرایش الکترونی $[_{10}Ne]\,3s^1$ بوده و عدد اتمی آن برابر ۱۱ $(_{11}Na)$ است؛ در نتیجه حداقل و حداکثر تفاوت عدد اتمی عنصر A و $_{11}Na$ به ترتیب برابر با $9\,(20-11)$ و $19\,(30-11)$ است.

گزینهٔ (۲): A می‌تواند یکی از ۸ عنصر دستهٔ d باشد. گزینهٔ (۳): عنصر A یک فلز است و فلزات در تشکیل ترکیب‌های یونی شرکت می‌کنند، نه مولکولی! گزینهٔ (۴): با توجه به این‌که A می‌تواند ۹ عنصر متفاوت باشد، بار یون پایدار آن نیز متفاوت است. مثلاً $_{۲۶}Fe$ دارای دو یون پایدار $Fe^{۲+}$ و $Fe^{۳+}$ است و یا $_{۲۱}Sc$ دارای یون پایدار $Sc^{۳+}$ است.

C ۲۸۱ ۳ عبارت‌های اول و دوم درست هستند. آرایش الکترونی فشرده و عدد اتمی عناصر A، B، C و D به‌صورت زیر خواهد بود:

$$A:[_{۲}He]۲s^{۲}۲p^{۴}\Rightarrow {}_{۸}A \qquad B:[_{۱۰}Ne]۳s^{۱}\Rightarrow {}_{۱۱}B \qquad C:[_{۲}He]۲s^{۲}۲p^{۳}\Rightarrow {}_{۷}C \qquad D:[_{۱۸}Ar]۴s^{۲}\Rightarrow {}_{۲۰}D$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عنصر B در گروه اول و عنصر C در گروه پانزدهم جدول دوره‌ای قرار دارند و به ترتیب یون‌های B^{+} و $C^{۳-}$ ایجاد می‌کنند. فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به‌صورت $B_{۳}C$ می‌باشد. لیتیم و نیتروژن نیز عناصری از گروه‌های اول و پانزدهم جدول هستند و فرمول شیمیایی ترکیب یونی آن‌ها به‌صورت $Li_{۳}N$ می‌باشد. نسبت شمار کاتیون به آنیون در هر دو ترکیب با یکدیگر مساوی و برابر ۳ است. عبارت دوم: A در گروه شانزدهم قرار داشته و آنیون پایدار آن $A^{۲-}$ می‌باشد. B نیز در گروه اول جدول جای داشته و کاتیون پایدار B^{+} ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از این دو عنصر به‌صورت $B_{۲}A$ است. عبارت سوم: عنصر C در گروه پانزدهم جدول جای داشته و دارای ۵ الکترون ظرفیت می‌باشد؛ بنابراین آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت $\cdot\ddot{C}\cdot$ بوده و با گرفتن سه الکترون به آرایش گاز نجیب $_{۱۰}Ne$ می‌رسد. عبارت چهارم: عنصر D همان $_{۲۰}Ca$ می‌باشد که در گروه دوم و دورهٔ چهارم جدول قرار دارد و در واکنش با نافلزها، کاتیون پایدار $Ca^{۲+}$ ایجاد می‌کند. گوگرد (S) نیز در گروه شانزدهم جدول جای داشته و آنیون پایدار $S^{۲-}$ ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به‌صورت CaS (DS) خواهد بود.

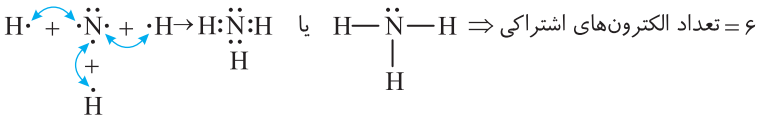
C ۲۸۲ ۳ همهٔ موارد به جز مورد چهارم جمله را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: تعداد اتم‌های هیدروژن در ۱۲ گرم $C_{۲}H_{۶}$ برابر است با:

$$?\,atom\,H=۱۲g\,C_{۲}H_{۶}\times\frac{۱mol\,C_{۲}H_{۶}}{۳۰g\,C_{۲}H_{۶}}\times\frac{N_A\,molecule}{۱mol\,C_{۲}H_{۶}}\times\frac{۶atom\,H}{۱molecule}=۲/۴\,N_A\,atom\,H$$

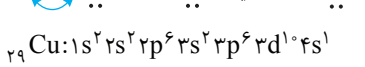
تعداد اتم‌های کربن در ۴۸ گرم $C_{۳}H_{۷}OH$ برابر است با:

$$?\,atom\,C=۴۸g\,C_{۳}H_{۸}O\times\frac{۱mol\,C_{۳}H_{۸}O}{۶۰g\,C_{۳}H_{۸}O}\times\frac{N_A\,molecule}{۱mol\,C_{۳}H_{۸}O}\times\frac{۳atom\,C}{۱molecule}=۲/۴\,N_A\,atom\,C$$

عبارت دوم: فراوان‌ترین ایزوتوپ لیتیم $^{۷}_{۳}Li$ است. این ایزوتوپ دارای ۳ پروتون، ۴ نوترون و ۳ الکترون است، پس جمعاً ۱۰ ذرهٔ زیراتمی دارد. گاز نجیب دورهٔ دوم جدول دوره‌ای نئون $(_{۱۰}Ne)$ است که ۱۰ پروتون دارد. عبارت سوم: برای زیرلایهٔ p، عدد کوانتومی فرعی برابر ۱ است. مطابق قاعدهٔ آفبا آرایش الکترونی عنصری که ۳ الکترون با $l=۱$ داشته باشد به‌صورت $۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۳}$ است. پس این اتم ۵ (۲+۳) الکترون ظرفیت دارد و همان $_{۷}N$ است. اتم N برای تکمیل لایهٔ ظرفیت خود و رسیدن به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب ۳ الکترون جفت‌نشدهٔ خود را با الکترون‌های سه اتم هیدروژن به اشتراک می‌گذارد و مولکول ۴ اتمی $NH_{۳}$ را می‌سازد.



در ترکیب HBr، ۶ الکترون غیراشتراکی روی اتم برم وجود دارد.



عبارت چهارم: آرایش الکترونی اتم $_{۲۹}Cu$ به‌صورت روبه‌رو است:

$$_{۲۹}Cu:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}۳d^{۱۰}۴s^{۱}$$

مجموع l و n زیرلایه‌های ۳p و ۴s برابر ۴ است، پس در این اتم ۷ الکترون در زیرلایه‌هایی که $n+l$ آن‌ها برابر ۴ است، وجود دارد.

آرایش الکترونی اتم $_{۲۶}Fe$ به‌صورت روبه‌رو است:

$$_{۲۶}Fe:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}۳d^{۶}۴s^{۲}$$

حاصل $n-l$ برای زیرلایه‌های ۱s، ۲p و ۳d برابر ۱ است، پس در این اتم ۱۴ الکترون در زیرلایه‌هایی که $n-l$ آن‌ها برابر ۱ است، قرار دارند.

عبارت پنجم: سومین عنصر فراوان سیارهٔ زمین سیلیسیم $(_{۱۴}Si)$ است. آرایش الکترونی این عنصر به صورت مقابل است:

$$_{۱۴}Si:[_{۱۰}Ne]۳s^{۲}۳p^{۲}$$

پس آرایش الکترون-نقطه‌ای این عنصر به صورت $\cdot\dot{Si}\cdot$ می‌باشد و در آن چهار الکترون منفرد وجود دارد. آرایش $_{۲۴}Cr^{۲+}$ به صورت زیر است و در زیرلایهٔ d آن (l=۲)، چهار الکترون وجود دارد:

$$_{۲۴}Cr^{۲+}:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}\underline{\underline{۳d^{۴}}}$$

C ۲۸۳ ۴

$$_{۳۱}X^{q}:n+p=۳۱,\ p+n+e=۴۹\xrightarrow{n=۳۱-p}p+(۳۱-p)+e=۴۹\Rightarrow ۳۱+e=۴۹\Rightarrow e=۱۸$$

بنابراین شمار الکترون‌های این یون برابر ۱۸ بوده و گونهٔ X ممکن است یک کاتیون یا یک آنیون باشد. با توجه به نامشخص بودن بار گونهٔ X، شمار الکترون‌های آن می‌تواند از نوترون‌هایش بیشتر یا کمتر باشد؛ بنابراین هر دو حالت را بررسی می‌کنیم:

حالت اول:

$$e>n\Rightarrow e-n=۲\xrightarrow{e=۱۸}n=۱۶$$

با توجه به اینکه $n+p=۳۱$ است، تعداد پروتون‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$n+p=۳۱\Rightarrow ۱۶+p=۳۱\Rightarrow p=۱۵$$

اکنون بار گونهٔ X^{q} را بررسی می‌کنیم:

$$\text{بار گونهٔ } X^{q}=p-e=۱۵-۱۸=-۳$$

این پاسخ قابل قبول است؛ زیرا عنصری با عدد اتمی ۱۵، با دریافت ۳ الکترون، آنیون ۳ بار منفی تشکیل داده و به آرایش گاز نجیب می‌رسد.

حالت دوم:

با توجه به اینکه $n+p=۳۱$ است، تعداد پروتون‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$e<n \Rightarrow n-e=۲ \xrightarrow{e=۱۸} n=۲۰$$
$$n+p=۳۱ \Rightarrow ۲۰+p=۳۱ \Rightarrow p=۱۱$$

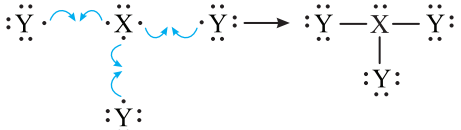
اکنون بار گونهٔ X^q را بررسی می‌کنیم:

$$\text{بار گونهٔ } X^q = p-e=q \Rightarrow q=۱۱-۱۸=-۷$$

این پاسخ غیرقابل قبول است؛ زیرا عنصری با عدد اتمی ۱۱، در گروه اول جدول تناوبی جای داشته و با از دست دادن یک الکترون، کاتیون یک بار مثبت ایجاد می‌کند. (نه آنیونی با بار منفی ۷!) در ادامه، آرایش الکترونی و ساختار الکترون-نقطه‌ای دو عنصر $_{۱۵}X$ و $_{۱۷}Y$ را رسم می‌کنیم:

$$_{۱۵}X:[_{۱۰}Ne]\,۳s^۲۳p^۳ \Rightarrow \cdot\ddot{\underset{\cdot}{X}}\cdot \qquad _{۱۷}Y:[_{۱۰}Ne]\,۳s^۲۳p^۵ \Rightarrow :\ddot{\underset{\cdot}{Y}}:$$

عناصر X و Y به ترتیب از گروه‌های پانزدهم و هفدهم جدول تناوبی بوده و در واکنش با یکدیگر الکترون به اشتراک می‌گذارند؛ بنابراین این دو عنصر در واکنش با یکدیگر ترکیب مولکولی ایجاد کرده و پیوند بین اتم‌های آن‌ها از نوع اشتراکی (کووالانسی) است.



C ۲۸۴ ۱ فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرمول شیمیایی آلومینیم اکسید به‌صورت $Al_۲O_۳$ بوده و شمار الکترون‌های مبادله شده در تشکیل یک مول از آن طبق رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{شمار الکترون‌های مبادله شده} = \text{بار کاتیون} \times \text{زیروند آنیون} = |\text{بار آنیون}| \times \text{زیروند کاتیون} = ۲(+۳)=۳(|-۲|)=۶\,mol\,e^-$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Al_۲O_۳ = ۰/۶\,mol\,e^- \times \frac{۱\,mol\,Al_۲O_۳}{۶\,mol\,e^-} \times \frac{۱۰۲\,g\,Al_۲O_۳}{۱\,mol\,Al_۲O_۳} = ۱۰/۲\,g\,Al_۲O_۳$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{مول الکترون مبادله شده}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } Al_۲O_۳}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۰/۶}{۶} = \frac{x}{۱\times۱۰۲} \Rightarrow x = ۱۰/۲\,g\,Al_۲O_۳$$

عبارت (ب):

$$?\,CO_۲ \text{ شمار اتم‌های } = ۰/۸\,mol\,CO_۲ \times \frac{۳\,mol \text{ اتم}}{۱\,mol\,CO_۲} \times \frac{N_A \text{ اتم}}{۱\,mol \text{ اتم}} = ۲/۴N_A \text{ اتم}$$

$$?\,H_۲O \text{ شمار اتم‌های } = ۱۴/۴\,g\,H_۲O \times \frac{۱\,mol\,H_۲O}{۱۸\,g\,H_۲O} \times \frac{۳\,mol \text{ اتم}}{۱\,mol\,H_۲O} \times \frac{N_A \text{ اتم}}{۱\,mol \text{ اتم}} = ۲/۴N_A \text{ اتم}$$

عبارت (پ):

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = \frac{M_۱F_۱ + M_۲F_۲}{F_۱+F_۲} = \frac{(۳۹\times۶)+(۴۰\times۲۴)}{۳۰} = \frac{۲۳۴+۹۶۰}{۳۰} = ۳۹/۸\,amu$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_۱ + P_۲(M_۲-M_۱) \Rightarrow \bar{M} = ۳۹ + \frac{۲۴}{۳۰}(۴۰-۳۹) = ۳۹+۰/۸ = ۳۹/۸\,amu$$

عبارت (ت): آرایش الکترونی عناصر A، M و D و کاتیون‌های آن‌ها به‌صورت مقابل است:

$$_{۳۰}A:[_{۱۸}Ar]\,۳d^{۱۰}۴s^۲ \xrightarrow{-۲e^-} {}_{۳۰}A^{۲+}:[_{۱۸}Ar]\,۳d^{۱۰}$$

$$_{۳۱}M:[_{۱۸}Ar]\,۳d^{۱۰}۴s^۲۴p^۱ \xrightarrow{-۳e^-} {}_{۳۱}M^{۳+}:[_{۱۸}Ar]\,۳d^{۱۰} \qquad _{۲۹}D:[_{۱۸}Ar]\,۳d^{۱۰}۴s^۱ \xrightarrow{-۲e^-} {}_{۲۹}D^{۲+}:[_{۱۸}Ar]\,۳d^۹$$

عبارت (ث): نخستین عنصر گروه ۱۴، کربن $(_۶C)$ است که در ترکیب‌های خود با اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش گاز نجیب نئون $(_{۱۰}Ne)$ می‌رسد. همچنین از لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های سرخ‌فام استفاده می‌شود.

پاسخ تشریحی — شیمی ۱: فصل دوم

A ۲۸۵ ۴ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): لایهٔ فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب هوا نامیده می‌شود. گزینهٔ (۲): اتمسفر زمین، مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصلهٔ ۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است. گزینهٔ (۳): میان گازهای هوا، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که اغلب آن‌ها برای ساکنان زمین سودمند هستند، اما برخی از این واکنش‌ها مفید نبوده و فراورده‌هایی تولید می‌کنند که دلخواه و مطلوب ساکنان سیارهٔ خاکی نیست.

A ۲۸۶ ۳ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (پ): اغلب (نه همه!) گازها نامرئی هستند. فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول‌های آن با دیوارهٔ ظرف است. عبارت (ت): روند تغییر دما در هواکره را می‌توان دلیلی بر لایه‌ای بودن آن دانست. برای مثال دمای هوا در لایهٔ اول (تروپوسفر) از $۱۴^\circ C$ به $-۵۵^\circ C$ رسیده و در لایهٔ دوم (استراتوسفر) از $-۵۵^\circ C$ به $۷^\circ C$ می‌رسد. این در حالی است که فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین همواره کاهش می‌یابد و نمی‌تواند دلیلی بر لایه‌ای بودن هواکره باشد. عبارت (ث): در میان سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی تنها زمین اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می‌کند. به‌عبارت دیگر اتمسفر سایر سیاره‌ها برای سکونت و حیات انسان مناسب نیست.

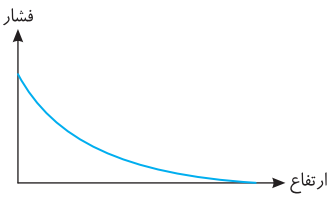
A ۲۸۷ ۱ حدود ۷۵٪ از جرم هواکره در لایهٔ تروپوسفر قرار دارد و پس از آن هواکره رقیق و رقیق‌تر می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): جاذبهٔ زمین، مانع از خروج گازهای سازندهٔ هواکره از اتمسفر زمین می‌شود. گزینهٔ (۳): با افزایش ارتفاع و فاصله از سطح زمین، تعداد ذره‌های گازی در واحد حجم کاهش می‌یابد و به همین دلیل فشار کمتر می‌شود. گزینهٔ (۴): با افزایش فاصله از سطح زمین، دما در فواصلی کاهش و در فواصلی افزایش می‌یابد.

B ۲۸۸ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): با توجه به شکل کتاب درسی، دما در انتهای لایهٔ دوم هواکره (استراتوسفر) و ابتدای لایهٔ سوم نیز مقداری بالاتر از صفر درجهٔ سلسیوس است. عبارت (پ): دو گاز نیتروژن و اکسیژن در ارتفاع‌های بالا، حتی بالاتر از ۸۰ کیلومتر نیز یافت می‌شوند، اما آب در این ارتفاع حضور ندارد، زیرا دما در این ارتفاع به حدی پایین است که این ماده نمی‌تواند به‌صورت گاز وجود داشته باشد. عبارت (ت): در سه لایهٔ اول هواکره، ترکیب هوا تقریباً ثابت و متشکل از گازهای نیتروژن، اکسیژن، کربن دی‌اکسید و اوزون است.

* **توجه** در این لایه‌ها گازهای تک‌اتمی یا چنداتمی نیز وجود دارند، اما مقدار آن‌ها کمتر بوده و در مقایسه با گازهای نام برده شده ناچیز هستند.

A ۲۸۹ ۳ با افزایش ارتفاع از سطح زمین، شمار ذره‌ها در واحد حجم (فشار هوا) همانند دما در لایهٔ اول هواکره (تروپوسفر) کاهش می‌یابد. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین همواره کاهش می‌یابد، در حالی که دمای هوا در لایهٔ دوم هواکره (استراتوسفر) با افزایش ارتفاع، افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۲): با افزایش ارتفاع از سطح زمین، مقدار (غلظت) گازهای هواکره کاهش می‌یابد، به همین دلیل چگالی هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد. در لایهٔ سوم هواکره نیز، پس از عبور از لایهٔ استراتوسفر مجدداً دما روند کاهشی داشته و از $7^\circ C$ تا حدود $-87^\circ C$ می‌رسد. گزینهٔ (۴): همان‌طور که در توضیح گزینه‌های قبل گفتیم، دما در لایهٔ دوم هواکره برخلاف لایهٔ سوم روند افزایشی داشته و با افزایش ارتفاع، افزایش می‌یابد.

A ۲۹۰ ۱ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مقدار فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد، اما این روند به‌صورت خطی نبوده و هر چه ارتفاع بیشتر می‌گردد، اندازهٔ شیب نمودار فشار برحسب ارتفاع کاهش می‌یابد؛ بنابراین نمودار فشار برحسب ارتفاع می‌بایست به‌صورت سهمی رسم گردد.



عبارت (ب): فشار گازهای موجود در هواکره در همهٔ جهت‌ها و به میزان یکسان بر اجسام وارد می‌شود، زیرا هوا همچون اقیانوسی ما را دربرگرفته و به همین دلیل فشار آن در همهٔ جهت‌ها بر اجسام یکسان است. عبارت (پ): در لایهٔ تروپوسفر با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود ۶ درجهٔ سلسیوس افت می‌کند. عبارت (ت): بیشترین مقدار بخار آب در هواکره مربوط به لایهٔ تروپوسفر است. تغییرات آب و هوای زمین در لایهٔ تروپوسفر رخ می‌دهد.

B ۲۹۱ ۲ موارد دوم و پنجم در لایه‌های بالای هواکره با ارتفاع بیش از $80km$ یافت می‌شود. در ارتفاع بیش از ۸۰ کیلومتری سطح زمین، گونه‌هایی مانند O_2، N_2، N_2^+، H^+، O، O_2^+، O^+ و He^+ یافت می‌شوند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در این لایه کاتیون دواتمی مانند N_2^+ و O_2^+ یافت می‌شود، اما آنیون تک‌اتمی وجود ندارد. عبارت دوم: در این لایه یون H^+ که فقط شامل یک پروتون بوده و یون He^+ که کاتیون یک گاز نجیب است، یافت می‌شود. عبارت سوم: در این لایه مولکول‌های اکسیژن برخلاف اوزون یافت می‌شوند. عبارت چهارم: در این لایه ذره‌های تک‌اتمی مانند اتم اکسیژن یافت می‌شود، اما مولکول کربن دی‌اکسید یافت نمی‌شود. عبارت پنجم: در این لایه، یون H^+ وجود دارد که همان پروتون است. جرم پروتون $1/0073amu$ است. همچنین در این لایه O^+ وجود دارد. اکسیژن دومین عنصر فراوان سیارهٔ زمین است.

A ۲۹۲ ۱ ابتدا دمای هوا در ابتدای لایهٔ استراتوسفر را برحسب کلوین محاسبه می‌کنیم:

$$T=\theta+273=-53+273=220K$$

بنابراین دمای هوا در این لایهٔ ۴۰ کیلومتری، از ۲۲۰ کلوین در ابتدای لایه به ۲۸۰ کلوین در انتهای آن رسیده است. با فرض یکنواخت بودن افزایش دما در این لایه خواهیم داشت:

$$\Delta\theta=a\times\Delta h\Rightarrow 280-220=a\times 40\Rightarrow a=1/5\frac{K}{km}$$

پس در این لایه به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دما به اندازهٔ ۱/۵ کلوین افزایش می‌یابد.

B ۲۹۳ ۱ می‌دانیم دمای هوا در لایهٔ تروپوسفر به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، ۶ درجهٔ سلسیوس کاهش می‌یابد. با توجه به ارتفاع هواپیمای A، ابتدا دما را در سطح زمین برحسب درجهٔ سلسیوس محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta=-6\times\Delta h\Rightarrow -27-\theta_0=-6\times 6/5\Rightarrow\theta_0=12^\circ C$$

حال با توجه به دمای سطح زمین و دمای هوای اطراف هواپیمای B، می‌توان ارتفاع این هواپیما را نیز محاسبه کرد. توجه کنید که ابتدا می‌بایست دمای هوای اطراف هواپیمای B را برحسب درجهٔ سلسیوس محاسبه کنیم؛ بنابراین می‌توان نوشت: $\text{دمای هوای اطراف هواپیمای B برحسب درجهٔ سلسیوس}=231-273=-42^\circ C$

$$\Delta\theta=-6\times\Delta h\Rightarrow -42-(12)=-6(h_B-0)\Rightarrow h_B=9km$$

B ۲۹۴ ۲ ابتدا دمای سطح زمین را برحسب کلوین به‌دست می‌آوریم و سپس ارتفاعی را که در آن دما $215K$ است محاسبه می‌کنیم:

$$T_1=\theta_1+273=14+273=287K \qquad \Delta T=-6\times\Delta h\Rightarrow 215-287=-6\times\Delta h\Rightarrow\Delta h=12km$$

می‌دانیم که با هر ۳ کیلومتر افزایش ارتفاع، فشار به میزان ۰/۱ اتمسفر کاهش می‌یابد. پس در ارتفاع $12km$، فشار $0/4\,atm$ کاهش می‌یابد و به $0/6\,atm$ می‌رسد.

$$P_2=P_1-(\frac{12}{3}\times 0/1)=1-0/4=0/6\,atm$$

B ۲۹۵ ۲ ابتدا رابطهٔ میان ارتفاع از سطح و فشار هوا را می‌یابیم، سپس با کمک ارتفاع به‌دست آمده، دمای هوا را محاسبه می‌کنیم:

$$P=P_0(0/8)^{\frac{h}{2}}\Rightarrow 0/64=1\times(0/8)^{\frac{h}{2}}\Rightarrow h=4km\ ,\ \Delta\theta=-6\times\Delta h\Rightarrow\theta-14=-6(4-0)\Rightarrow\theta=-10^\circ C\ ,\ T(K)=273+\theta(^\circ C)=273+(-10)=263K$$

B ۲۹۶ ۲ شمار ذره‌ها در واحد حجم نسبت به سطح زمین، ۶۷/۵ درصد کمتر است، یعنی فشار هوا در این ارتفاع ۰/۳۲۵ برابر فشار هوا در سطح زمین است؛ بنابراین فشار در این ارتفاع برابر ۰/۳۲۵ اتمسفر است. حال طبق رابطهٔ داده شده، ارتفاع از سطح زمین را پیدا می‌کنیم:

$$0/325=0/004h^2-0/12h+1\Rightarrow 0/004h^2-0/12h+0/675=0$$

دو طرف معادله را در ۱۰۰۰ ضرب کرده و برای حل آن از روش دلتا استفاده می‌کنیم:

$$4h^2-120h+675=0\Rightarrow\frac{120\pm\sqrt{120^2-4(4)(675)}}{8}=\frac{120\pm 60}{8}\Rightarrow\begin{cases}h_1=7/5km\\h_2=22/5km\end{cases}$$

ارتفاع لایهٔ تروپوسفر هواکره، حدود ۱۲ کیلومتر است، از این‌رو ارتفاع مد نظر سؤال ۷/۵ کیلومتر است. حال دمای هوا در این ارتفاع را محاسبه می‌کنیم. در لایهٔ تروپوسفر به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دما $6^\circ C$ کاهش می‌یابد؛ بنابراین داریم:

$$\Delta\theta = 7/5 \times (-6) = -45^\circ C$$

دمای هوا در سطح زمین $14^\circ C$ است؛ بنابراین داریم:

$$\theta_2 = \theta_1 + \Delta\theta \Rightarrow \theta_2 = 14 + (-45) = -31^\circ C, \quad T = \theta + 273 \Rightarrow T = -31 + 273 = 242K$$

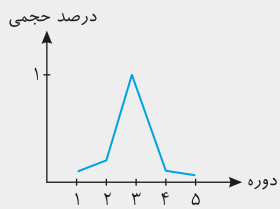
A ۲۹۷ ۴ از ۲۰۰ میلیون سال قبل تاکنون، نسبت گازهای سازندهٔ هواکره تقریباً (نه کاملاً) ثابت مانده است.

* **توجه** مقدار برخی گازها در هواکره به قدری پایین است که نمی‌توان آن‌ها را استخراج کرد. همچنین برخی گازها نیز به دلیل واکنش‌پذیری زیاد در هواکره وجود ندارند.

A ۲۹۸ ۴ گازهای A، B، C و D به‌ترتیب نیتروژن، بخار آب، کربن دی‌اکسید و اکسیژن هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): گیاهان در فرایند فتوسنتز با بهره‌گیری از نور خورشید و مصرف کربن دی‌اکسید هواکره، اکسیژن مورد نیاز جانداران را تولید می‌کنند. گزینهٔ (۲): جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می‌کنند. گزینهٔ (۳): رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا، حدود یک درصد است. گزینهٔ (۴): از گاز نیتروژن برای پر کردن تایر خودروها، در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود.

B ۲۹۹ ۲

نکته ترکیبی اجزای سازندهٔ هواکره: ۱- جدول مقابل مربوط به اجزای سازندهٔ تروپوسفر در یک نمونه هوای پاک و خشک است. ۲- بیش از ۹۹٪ اجزاء هوا را گازهای N_2 و O_2 تشکیل می‌دهند. ۳- درصد حجمی آرگون به عنوان سومین گاز فراوان، کمتر از ۱ درصد است. ۴- مجموع درصد حجمی تمامی گازها به‌جز N_2 و O_2 کمتر از ۱ درصد است. ۵- مقایسهٔ درصد حجمی گازهای نجیب هواکره و نمودار آن برحسب شمارهٔ دوره در جدول تناوبی به صورت مقابل است: $Ar > Ne > He > Kr > Xe$



نام گاز	درصد گاز در هوا
نیتروژن	۷۸/۰۷۹
اکسیژن	۲۰/۹۵۲
آرگون	۰/۹۳۸
کربن دی‌اکسید	۰/۰۳۸۵
نئون	۰/۰۰۱۸
هلیم	۰/۰۰۰۵
کریپتون	۰/۰۰۰۱
زنون و دیگر گازها	ناچیز

۶- کربن دی‌اکسید (CO_2) فراوان‌ترین ترکیب موجود در هوای پاک و خشک است. دقت کنید فراوانی CO_2 از Ar کمتر است.

۷- گازهای O_2، N_2 و CO_2 جزء گازهای فراوانی هستند که به صورت مولکولی در هواکره یافت می‌شوند. ۸- نسبت ترکیب گازهای هواکره از ۲۰۰ میلیون سال پیش ثابت مانده است. ۹- اجزای نشان داده شده در این جدول مربوط به لایهٔ تروپوسفر هستند؛ بنابراین به مواردی همچون گاز اوزون یا کاتیون‌های گازی که در لایه‌های بالاتر یافت می‌شوند، اشاره نشده است.

با توجه به نکتهٔ بالا، فراوان‌ترین گاز نجیب هواکره، آرگون می‌باشد که در دورهٔ سوم جدول تناوبی قرار دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): منظور گاز نیتروژن می‌باشد که ساختار لوویس آن به‌صورت $:N \equiv N:$ است. گزینهٔ (۳): فراوان‌ترین ترکیب سازندهٔ هواکره، کربن دی‌اکسید می‌باشد که ساختار لوویس آن به‌صورت $:\ddot{O}=C=\ddot{O}:$ است و در آن ۴ جفت‌الکترون پیوندی و ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. گزینهٔ (۴): با توجه به جدول داده شده، در ۶ گونهٔ عنصری فراوان هواکره، چهار گاز نجیب آرگون، نئون، هلیم و کریپتون وجود دارند.

B ۳۰۰ ۲ عبارت‌های سوم و پنجم نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** در فرایند تقطیر جزء‌به‌جزء هوا، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود؛ سپس با افزایش فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا صفر درجهٔ سلسیوس، رطوبت هوا به‌صورت یخ از آن جدا می‌شود. در دمای $-78^\circ C$، گاز کربن دی‌اکسید هوا نیز به حالت جامد درمی‌آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای $-200^\circ C$، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن هوای مایع می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند. بخش عمدهٔ هواکره را دو گاز نیتروژن و اکسیژن تشکیل می‌دهد. گاز آرگون در میان اجزای هواکره در رتبهٔ سوم قرار دارد، بنابراین می‌توان هوا را منبعی غنی برای تهیهٔ این گازها دانست.

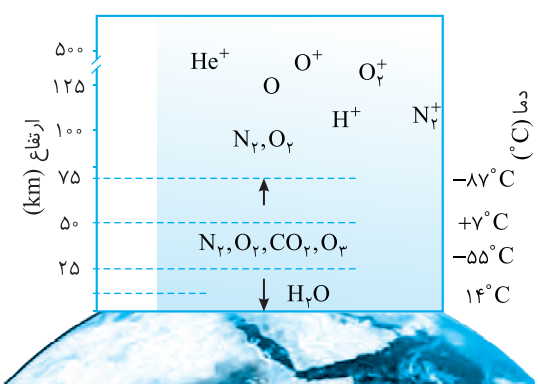
توجه داشته باشید نقطهٔ جوش گاز هلیم بسیار پایین (حدود -269 درجهٔ سلسیوس یا ۴ کلوین) است، به همین دلیل این عنصر هیچ‌گاه در هوای مایع حضور ندارد و پس از مایع شدن سایر گازها، این عنصر همچنان در حالت گازی بوده و از مخلوط فرایند جداسازی می‌گردد. هلیم مرتبهٔ ششم را از نظر فراوانی در هوای پاک و خشک دارد.

A ۳۰۱ ۴ **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پس از تصفیهٔ هوا، با اعمال فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا صفر درجهٔ سلسیوس، رطوبت هوا به‌صورت یخ از آن جدا می‌شود. عبارت (ب): گاز هلیم سومین گاز نجیب فراوان در هواکره است.

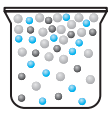
* **توجه** ترتیب فراوانی گازهای نجیب در هوای پاک و خشک به‌صورت $Xe < Kr < He < Ne < Ar$ است.

عبارت (پ): در فرایند تقطیر، هر چه نقطهٔ جوش گونه‌ای پایین‌تر باشد، زودتر از دیگر گونه‌ها از مخلوط مایع جدا می‌گردد.

B ۳۰۲ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره در نزدیک‌ترین لایه به زمین (تروپوسفر) قرار دارد. در این لایه به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دما در حدود $6^\circ C$ افت می‌کند. عبارت (ب): با توجه به شکل، با افزایش ارتفاع از سطح زمین تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری، دما در لایهٔ اول از $+14^\circ C$ به $-55^\circ C$، در لایهٔ دوم از $-55^\circ C$ به $+7^\circ C$ و در لایهٔ سوم از $+7^\circ C$ تا $-87^\circ C$ می‌رسد. در واقع دمای هوا از سطح زمین تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری، سه مرتبه به صفر درجهٔ سلسیوس می‌رسد. عبارت (پ): در فرایند تهیهٔ هوای مایع، با افزایش تدریجی فشار، با کاهش دمای هوا تا $0^\circ C$، رطوبت هوا به‌صورت یخ از آن جدا می‌شود و در دمای $-78^\circ C$ گاز کربن دی‌اکسید هوا نیز به حالت جامد درمی‌آید. عبارت (ت): با سرد کردن هوا تا دمای $-200^\circ C$ مخلوط بسیار سردی از چند مایع (شامل نیتروژن، اکسیژن و آرگون) پدید می‌آید که به آن هوای مایع می‌گویند. عبارت (ث): در مخلوطی از چند مایع، هر چه نقطهٔ جوش گونه‌ای پایین‌تر باشد، زودتر از دیگر گونه‌ها از مخلوط مایع جدا می‌شود. از آنجا که هلیم پایین‌ترین نقطهٔ جوش را در میان دیگر عنصرها دارد، بنابراین هلیم اولین گازی است که از ظرف خارج می‌شود.



B ۳۰۳ ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نقطهٔ جوش گاز نیتروژن $-196^\circ C$ است؛ بنابراین در دماهای بالاتر از این دما، نیتروژن از حالت مایع به گاز تبدیل شده و از هوای مایع جدا می‌شود. عبارت (ب): تهیهٔ اکسیژن صددرصد خالص در فرایند تقطیر هوای مایع دشوار است، زیرا نقطهٔ جوش اکسیژن و آرگون به هم نزدیک بوده و جداسازی آن‌ها از هم به طور کامل سخت است. عبارت (پ): نقطهٔ جوش آرگون از هلیم بیشتر است؛ بنابراین با کاهش دما، ابتدا آرگون به حالت مایع تبدیل می‌شود. عبارت (ت): در دمای ۸۸ کلوین (معادل با $-185^\circ C$)، فقط اکسیژن دارای حالت مایع است. اکسیژن از مولکول‌های دو اتمی O_2 تشکیل شده است.



B ۳۰۴ ۴ فراوان‌ترین گاز نجیب هواکره، آرگون با نقطهٔ جوش $-۱۸۶^\circ C$ و فراوان‌ترین مولکول گازی هواکره، نیتروژن با نقطهٔ جوش $-۱۹۶^\circ C$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ترتیب جداسازی گازها در فرایند تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع به‌صورت (نیتروژن ← آرگون ← اکسیژن) است. گزینهٔ (۲): در دمای $-۸۰^\circ C$ اجزای سازندهٔ هوای مایع به‌صورت روبه‌رو هستند، زیرا نقطهٔ جوش این گازها پایین‌تر از دمای $-۸۰^\circ C$ می‌باشد. گزینهٔ (۳): در میان اجزای سازندهٔ هوای مایع، در دمای $-۲۰۰^\circ C$، تنها یک گاز نجیب (آرگون) یافت می‌شود.

B ۳۰۵ ۴ با توجه به دمای ظرف در حالت (۲)، گاز خارج شده نیتروژن می‌باشد که در دما و فشار اتاق به‌صورت مولکول‌های دواتمی N_2 یافت می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به دمای ظرف (۳)، گاز خارج شده آرگون می‌باشد، اما گازی که به کمک جانداران ذره‌بینی در خاک تثبیت می‌شود، گاز نیتروژن است. گزینهٔ (۲): گازهای باقی‌مانده در ظرف (۲)، گازهای اکسیژن و آرگون هستند که در لایهٔ تروپوسفر نیز یافت می‌شوند. گزینهٔ (۳): در دمای $۸۸K$ یا $-۱۸۵^\circ C$، گاز اکسیژن همچنان به‌صورت مایع در ظرف وجود دارد.

A ۳۰۶ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. طی این فرایند دمای هوای مایع به تدریج و به آرامی افزایش می‌یابد. ترتیب خروج گازها به صورت $N_2 \leftarrow Ar \leftarrow O_2$ است. این ترتیب متناسب با جرم مولی این گازها نیست. اولین گازی که خارج می‌شود N_2 است؛ پس با قرار دادن کبریت شعله‌ور در دهانهٔ لولهٔ آزمایش بلافاصله پس از پر کردن آن با هوای مایع، کبریت خاموش می‌شود؛ زیرا اکسیژن به شعله نمی‌رسد. ولی پس از مدتی که تبخیر O_2 آغاز می‌شود، با نزدیک کردن کبریت نیمه‌شعله‌ور به دهانهٔ لولهٔ آزمایش، کبریت شعله‌ور می‌شود؛ زیرا در این لحظه غلظت O_2 زیاد است.

A ۳۰۷ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گاز کربن دی‌اکسید موجود در فرایند تهیهٔ هوای مایع، در دمای $-۷۸^\circ C$ از حالت گازی به حالت جامد تبدیل شده و از مخلوط گازها جدا می‌شود. عبارت (ب): در هوای پاک و خشک، به‌جز گازهای نیتروژن و اکسیژن، درصد حجمی سایر گازها کمتر از یک درصد است. عبارت (پ): در این فرایند، نخست بخار آب و سپس گاز کربن دی‌اکسید از مخلوط هوا جدا می‌شود. عبارت (ت): گاز مورد نظر، آرگون است که در هوای پاک و خشک از نظر فراوانی در رتبهٔ سوم قرار دارد.

B ۳۰۸ ۴

نکته ترکیبی اگر مخلوطی گازی شامل گازهای A و B باشد که در آن نقطهٔ جوش A از B بیشتر است و بخواهیم آن را به حالت مایع دربیاوریم با کاهش پیوستهٔ دما، نخست گازی به حالت مایع درمی‌آید که نقطهٔ جوش بیشتری دارد؛ بنابراین تبدیل A به مایع با صرف انرژی و هزینهٔ کمتری نسبت به B همراه است. از طرفی اگر بخواهیم دمای این مخلوط را در حالت مایع به طور پیوسته افزایش دهیم، نخست گازی از مخلوط جدا می‌شود که نقطهٔ جوش کمتری داشته باشد؛ بنابراین در حالت مایع، B زودتر از A به گاز تبدیل می‌شود.

همهٔ عبارت‌ها درست هستند. نقطهٔ جوش نیتروژن، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر -۱۹۶، -۱۸۶ و -۱۸۳ درجهٔ سلسیوس است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با کاهش دما در مخلوط گازی، گونه‌ای که نقطهٔ جوش بالاتری دارد زودتر به حالت مایع تبدیل می‌گردد. پس با کاهش دما به ترتیب گازهای اکسیژن، آرگون و نیتروژن به حالت مایع درمی‌آیند. عبارت (ب): با توجه به دمای ظرف در حالت ۳، اکسیژن همچنان به حالت مایع در ظرف وجود دارد. این گاز حدود ۲۱٪ حجمی هوای خشک و پاک را تشکیل می‌دهد. عبارت (پ): با توجه به دمای ظرف در حالت ۲، گاز نیتروژن از ظرف خارج شده است. از گاز نیتروژن در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود. عبارت (ت): تهیهٔ اکسیژن صددرصد خالص در این فرایند دشوار است، زیرا نقطهٔ جوش آن نزدیک به آرگون است. عبارت (ث): با توجه به دمای ظرف در حالت ۲، گاز نیتروژن از ظرف خارج می‌شود. سبک‌ترین نافلز جدول تناوبی، هیدروژن است. ساده‌ترین ترکیب این عنصر با نیتروژن به‌صورت NH_3 می‌باشد.

$$H-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{\ddot{N}}}}}-H \Rightarrow \frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{۳}{۱} = ۳$$

B ۳۰۹ ۱ در فرایند تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع با دمای $-۲۰۰^\circ C$، ابتدا گاز نیتروژن (با دمای جوش $-۱۹۶^\circ C$)، سپس گاز آرگون (با دمای جوش $-۱۸۶^\circ C$) و در نهایت گاز اکسیژن (با دمای جوش $-۱۸۳^\circ C$) از ظرف خارج می‌شود، پس می‌توان گفت عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

- گلوله‌های قرمزرنگ، نمایندهٔ گاز اکسیژن هستند، زیرا آخرین عنصر باقی‌مانده در ظرف است.
- مخلوط گازها با دمای $-۲۰۰^\circ C$، حالت مایع دارد.
- گلوله‌های سبزرنگ، نمایندهٔ گاز آرگون بوده و گلوله‌های سبز، نمایندهٔ گاز نیتروژن هستند.
- در حالت (۲)، مولکول‌های نیتروژن به حالت گازی و مولکول‌های اکسیژن و اتم‌های آرگون به حالت مایع هستند.

B ۳۱۰ ۳ کریپتون (Kr ، $_{۳۶}$)، چهارمین گاز نجیب فراوان در بین گازهای تشکیل‌دهندهٔ هوای پاک و خشک است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): تغییرات آب و هوایی در لایهٔ تروپوسفر رخ می‌دهد. حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره، در نزدیک‌ترین لایه به زمین، یعنی تروپوسفر قرار دارد. گزینهٔ (۲): در مخلوط هوای مایع، گاز نیتروژن کمترین نقطهٔ جوش را دارد. جرم مولی گونه‌های تشکیل‌دهندهٔ هوای مایع به‌ترتیب برابر $N_2=۲۸, O_2=۳۲, Ar=۴۰ : g.mol^{-۱}$ می‌باشد. گزینهٔ (۴): در فرایند تهیهٔ هوای مایع با دمای $-۲۰۰^\circ C$ و تقطیر جزءبه‌جزء آن سه جزء Ar، N_2 و O_2 ابتدا میعان و سپس تبخیر می‌شوند.

C ۳۱۱ ۲ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: الکترون‌های زیرلایه‌های $3p$ و $4s$، دارای $n+l=4$ بوده و الکترون‌های زیرلایهٔ $3d$، دارای $n+l=5$ هستند.

$$_{۲۹}Cu: 1s^۲ 2s^۲ 2p^۶ \underline{3p^۶}\ \underline{3d^{۱۰}}\ \underline{4s^۱} \Rightarrow n+l=4:3p, 4s \rightarrow ۶+۱=۷, \quad n+l=5:3d \rightarrow ۱۰ \Rightarrow \frac{۷}{۱۰}=۰/۷$$

عبارت دوم: نخستین عنصر از جدول تناوبی که از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند، Cr ، $_{۲۴}$ است. این عنصر در دورهٔ ۴ و گروه ۶ جدول تناوبی قرار دارد. شمارهٔ گروه عنصر Ni ، $_{۲۸}$، برابر ۱۰ است.

عبارت سوم: در دورهٔ دوم، یون‌های تک‌اتمی Li^+، $N^{۳-}$، $O^{۲-}$، F^- و در تناوب سوم یون‌های تک‌اتمی Na^+، $Mg^{۲+}$، $Al^{۳+}$، $P^{۳-}$، $S^{۲-}$ و Cl^- وجود دارند.

$$\frac{۶}{۴}=۱/۵$$

عبارت چهارم: آرایش الکترون-نقطه‌ای $\cdot\ddot{\underset{\cdot}{X}}\cdot$ مربوط به عناصر گروه ۱۵ است. عدد اتمی عنصری از دورهٔ چهارم که در گروه ۱۵ قرار دارد، ۳۳ است. $(\frac{۳۳}{۱۱}=۳)$ عنصری با عدد اتمی ۱۱، سدیم است که در گروه ۱ قرار دارد و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت $\dot{X}$ است. عبارت پنجم: مولکول‌های سازندهٔ هوای مایع Ar، $N_۲$ و $O_۲$ است. در این مخلوط یک گاز تک‌اتمی وجود دارد.

C ۳۱۲ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دمای جوش نیتروژن، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر با $-۱۹۶^\circ C$، $-۱۸۶^\circ C$ و $-۱۸۳^\circ C$ است؛ بنابراین آرگون پس از نیتروژن دومین جزئی است که از هوای مایع خارج می‌شود. عبارت (ب): در طیف نشری خطی اتم هیدروژن نور آبی مربوط به انتقال الکترون از لایهٔ $n=۴$ به لایهٔ $n=۲$ است. لایهٔ چهارم از ۴ زیرلایهٔ ۴s، ۴p، ۴d و ۴f تشکیل شده است. در عناصر دستهٔ p تناوب پنجم زیرلایه‌های ۴s، ۴p و ۴d به طور کامل الکترون گرفته‌اند ولی زیرلایهٔ ۴f هنوز خالی از الکترون است؛ بنابراین در عناصر دستهٔ p دورهٔ پنجم، لایهٔ الکترونی چهارم هنوز گنجایش ۱۴ الکترون دیگر را دارد. عبارت (پ): اولین عنصری از جدول تناوبی که از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند و آرایش الکترونی آن به کمک روش طیف‌سنجی پیشرفته تعیین می‌شود، عنصر $_{۲۴}Cr$ است. این عنصر در دورهٔ ۴ و گروه ۶ قرار دارد؛ بنابارین مجموع شمارهٔ دوره و گروه آن برابر ۱۰ است. زیرلایهٔ d با $l=۲$ گنجایش ۱۰ الکترون را دارد. این زیرلایه از تناوب چهارم به بعد شروع به الکترون‌گیری می‌کند و در واقع عناصر واسطهٔ تناوب چهارم اولین عناصری هستند که در آن‌ها زیرلایهٔ d الکترون می‌گیرد. (زیرلایهٔ ۳d) عبارت (ت): بر طبق قاعدهٔ آفبا ترتیب پُر شدن این چهار زیرلایه به صورت $۶s \leftarrow ۴f \leftarrow ۵d \leftarrow ۶p$ است.

A ۳۱۳ ۴ تصویر نشان‌داده شده در سؤال مربوط به گاز آرگون است که در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود.

A ۳۱۴ ۱ فقط عبارت پنجم نادرست است. بررسی عبارت پنجم: هلیم در کرهٔ زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به‌طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد؛ از این‌رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند.

A ۳۱۵ ۱ سبک‌ترین گاز نجیب، عنصر هلیم است؛ بنابراین عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): درصد حجمی این گاز در میدان‌های گاز طبیعی بیشتر از هواکره می‌باشد؛ بنابراین تهیهٔ آن از تقطیر جزءبه‌جزء گاز طبیعی مقرون به صرفه‌تر است. عبارت (ب): هلیم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود. البته مقدار هلیم در میدان‌های گازی گوناگون، متفاوت است.

B ۳۱۶ ۱

نکته‌ترکیبی مقایسهٔ گازهای هلیم و آرگون:

- **شباهت‌ها:** ۱- هر دو جزء گازهای نجیب (گروه ۱۸) هستند. ۲- از هر دو در جوشکاری استفاده می‌شود. ۳- هر دو گازهایی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی هستند. ۴- هر دو از اجزای سازندهٔ هواکره و جزء هشت عنصر فراوان سازندهٔ سیارهٔ مشتری هستند. ۵- هر دو به صورت گازهای تک‌اتمی یافت می‌شوند.
- **تفاوت‌ها:** ۱- منبع سرشار تهیهٔ گاز آرگون، هواکره است؛ در حالی که منابع سرشار تهیهٔ گاز هلیم میدان‌های گاز طبیعی هستند. ۲- هلیم در ژرفای زمین طی واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود؛ در حالی که آرگون به علت اندازهٔ بزرگ هسته، فقط در ستاره‌ها قابل تولید است. ۳- آرگون در ایران با خلوص بالا از تقطیر جزءبه‌جزء هوا تولید می‌شود، در حالی که استخراج هلیم از هواکره به صرفه نیست و فناوری استخراج آن از گاز طبیعی بسیار پیشرفته بوده و در ایران وجود ندارد. ۴- آرگون عنصری با ۸ الکترون ظرفیت $(:\ddot{Ar}:)$ و از دستهٔ p است، در حالی که هلیم عنصری با ۲ الکترون ظرفیت $(\dot{He})$ و از دستهٔ s عناصر جدول تناوبی است.

گازهای هلیم و آرگون هر دو جزء گازهای نجیب بوده و در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار دارند. **بررسی موارد:** مورد اول: هر دو این عنصرها بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی هستند. مورد دوم: این دو گاز در ایجاد محیط بی‌اثر در جوشکاری کاربرد دارند. مورد سوم: گاز هلیم برخلاف سایر عنصرهای این گروه دارای آرایش هشت‌تایی پایدار در لایهٔ ظرفیت خود نبوده و دارای آرایش الکترونی دوتایی پایدار است. مورد چهارم: هر دو این گازها جزء گازهای نجیب بوده و به مقدار بسیار کمی در هواکره یافت می‌شوند.

* **توجه** مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند.

مورد پنجم: هلیم و آرگون هر دو جزء گازهای غیرسمی هستند. مورد ششم: نقطهٔ جوش هلیم و آرگون به ترتیب برابر $-۲۶۹^\circ C$ و $-۱۸۶^\circ C$ است؛ پس در هوای مایع با دمای $-۲۰۰^\circ C$، هلیم برخلاف آرگون وجود ندارد.

A ۳۱۷ ۳ واژهٔ آرگون به معنای تنبل است؛ زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند. گزینهٔ (۲): یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیم تشکیل می‌دهد. گزینهٔ (۴) جداسازی هلیم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیهٔ آن نشده‌اند و همچنان، هلیم از دیگر کشورها وارد می‌شود.

B ۳۱۸ ۴ گازی که در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود، گاز آرگون است. همچنین گازی که در پر کردن بالن‌های هواشناسی کاربرد دارد، گاز هلیم است. هر دو این گازها، گاز نجیب بوده و تنها به‌صورت تک‌اتمی در طبیعت یافت می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هلیم موجود در گاز طبیعی به همراه سایر فراورده‌های سوختن، بدون تغییر وارد هواکره می‌شود. گزینهٔ (۲): آرگون جزء گازهای نجیب است. مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند. گزینهٔ (۳): هلیم، گازی از هواکره با دمای جوش $۴K$ یا $-۲۶۹^\circ C$ است و در دستهٔ s قرار دارد.

B ۳۱۹ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هلیم در هواکره به مقدار خیلی کم یافت می‌شود. این در حالی است که مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد؛ از این‌رو منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید آن در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. عبارت دوم: از گاز آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری و برش فلزها و تولید لامپ‌های رشته‌ای به‌کار می‌رود. عبارت سوم: نقطهٔ جوش هلیم پایین‌تر از $-۲۰۰^\circ C$ بوده و در مخلوط هوای مایع با دمای $-۲۰۰^\circ C$ وجود ندارد. همان‌طور که می‌دانید، در فرایند تولید هوای مایع، کربن دی‌اکسید در دمای $-۷۸^\circ C$، به صورت جامد از هوا جدا می‌شود و در مخلوط هوای مایع وجود ندارد. عبارت چهارم: هلیم را می‌توان افزون‌بر هوای مایع، از تقطیر جزءبه‌جزء گاز طبیعی نیز به‌دست آورد که این کار به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد.

A ۳۲۰ ۳ عبارت‌های (الف) و (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نقطهٔ جوش نیتروژن برابر $-۱۹۶^{\circ}C$ است. هوای مایع با دمای $-۱۹۲^{\circ}C$ دارای دو عنصر اکسیژن و آرگون به‌صورت مایع است. عبارت (ب): جداسازی هلیم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیهٔ آن نشده‌اند. عبارت (پ): هلیم در کرهٔ زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به‌طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد؛ از این رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر بوده و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. هلیم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. عبارت (ت): نقطهٔ جوش هلیم برابر با $-۲۶۹^{\circ}C$ است، پس در دمای $-۲۰۰^{\circ}C$ دارای حالت فیزیکی گازی است.

B ۳۲۱ ۴ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. با توجه به نقطهٔ جوش مواد داده شده، A ، B و C به ترتیب گازهای اکسیژن (O_2)، آرگون (Ar) و هلیم (He) هستند.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گاز آرگون در هوای پاک و خشک در رتبهٔ سوم از نظر درصد حجمی قرار دارد. آرگون و هلیم هر دو در جوشکاری کاربرد دارند. عبارت (ب): گاز اکسیژن برخلاف بخار آب، علاوه‌بر تروپوسفر در لایه‌های بالاتر هواکره نیز وجود دارد. عبارت (پ): هلیم به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب، گازی بی‌رنگ و بی‌بو است که مهم‌ترین کاربرد آن استفاده برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI است. عبارت (ت): فراوان‌ترین گاز هواکره نیتروژن است که برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود.

C ۳۲۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نیتروژن ($_{۷}N$) سبک‌ترین عنصری از تناوب دوم جدول است که در دما و فشار اتاق به‌صورت مولکول‌های گازی دواتمی (N_2) است. در آرایش الکترون-نقطه‌ای این اتم ($\dot{N}\cdot$)، ۳ الکترون جفت‌نشده وجود دارد.

* **توجه** در میان عناصر دورهٔ دوم جدول تناوبی، $_{۷}N$ ، $_{۸}O$ و $_{۹}F$ در دما و فشار اتاق به‌صورت مولکول‌های گازی دواتمی یافت می‌شوند. آخرین عنصر این دوره، ($_{۱۰}Ne$) یک گاز نجیب بوده و در دما و فشار اتاق به‌صورت گاز تک‌اتمی است.

عبارت (ب): گاز نیتروژن فراوان‌ترین گاز موجود در لایهٔ تروپوسفر است. این گاز در لایه‌های بالاتر هواکره نیز یافت می‌شود. عبارت (پ): کروم ($_{۲۴}Cr$) سبک‌ترین عنصری است که از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند. در آرایش الکترونی اتم کروم، ۱۳ الکترون با $n=۳$ وجود دارد:

$$_{۲۴}Cr: ۱s^۲ / ۲s^۲ ۲p^۶ / \underline{۳s^۲ ۳p^۶ ۳d^۵} / ۴s^۱$$

نخستین عنصری که می‌تواند کاتیون پایدار ۳ بار مثبت ایجاد کند، آلومینیم (Al) با عدد اتمی ۱۳ است. عبارت (ت): فقط هلیم در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود تنها ۲ الکترون جفت‌شده دارد ($He:$). این گاز از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. عبارت (ث): مقایسهٔ فراوانی گازهای نجیب هواکره، به‌صورت « $_{۱۸}Ar < _{۱۰}Ne < _{۲}He < _{۳۶}Kr < _{۵۴}Xe$ » است. این مقایسه را به خاطر بسپارید!

A ۳۲۳ ۳ اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهندهٔ هواکره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است به‌طوری که بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مانند فرسایش سنگ و صخره، زنگ زدن، فساد مواد غذایی و ... که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. این عنصر در آب‌کره در ساختار مولکول‌های آب و در زیست‌کره در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود. گاز اکسیژن در هواکره به‌طور عمده به شکل مولکول‌های دواتمی وجود دارد. هر چند مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هواکره با هم تفاوت دارد.

B ۳۲۴ ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به جدول داده شده، نمودار فشار اکسیژن هوا برحسب ارتفاع از سطح زمین به‌صورت خطی نیست. عبارت (ب): با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار گاز اکسیژن کاهش می‌یابد، به همین دلیل کوهنوردان به هنگام صعود به ارتفاعات کپسول اکسیژن حمل می‌کنند. عبارت (پ): با توجه به جدول داده شده در صورت تست، فشار گاز اکسیژن در ارتفاع ۲/۴ کیلومتری از سطح زمین برابر با $۱۵/۴\times۱۰^{-۲}$ اتمسفر می‌باشد، پس فشار گاز اکسیژن در ارتفاع ۲/۵ کیلومتری از سطح زمین می‌بایست کمی کمتر از این مقدار باشد؛ بنابراین فشار $۱۵/۲\times۱۰^{-۲}$ اتمسفر برای گاز اکسیژن در این ارتفاع قابل قبول است. عبارت (ت): فشار گاز اکسیژن در سطح زمین و در ارتفاع ۳ کیلومتری از سطح زمین به‌ترتیب برابر با $۲۰/۹\times۱۰^{-۲}$ و $۱۴/۳\times۱۰^{-۲}$ اتمسفر است، پس نسبت بیان شده حدوداً برابر با ۱/۴۶ خواهد بود.

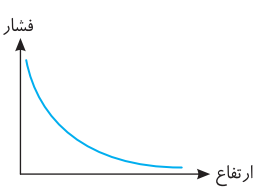
A ۳۲۵ ۳ اکسیژن در کرهٔ زمین در ترکیب‌های خود به هر سه صورت جامد (مانند SiO_2)، مایع (مانند H_2O) و گاز (مانند O_2 ، O_3 ، CO_2 و ...) یافت می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای هواکره است. در سنگ‌کره به شکل اکسیدهای گوناگون، در آب‌کره در ساختار مولکول‌های آب و در زیست‌کره در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی یافت می‌شود. گزینهٔ (۲): بسیاری از واکنش‌های شیمیایی پیرامون ما، به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. گزینهٔ (۴): فلزهایی مانند طلا و پلاتین به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند و با اکسیژن واکنش نمی‌دهند.

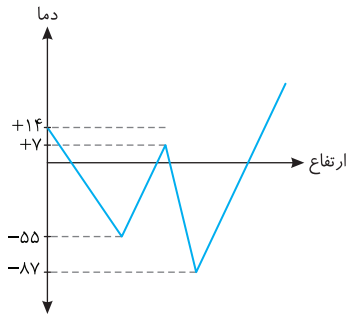
A ۳۲۶ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): با افزایش ارتفاع در هواکره، فشار گاز اکسیژن کاهش می‌یابد؛ اما درصد حجمی این گاز در هوا ثابت است. در واقع با افزایش ارتفاع، فشار و غلظت گاز اکسیژن در هواکره افت می‌کند؛ اما درصد حجمی یا مولی آن ثابت است. عبارت (ب): کربوهیدرات‌ها جزء مولکول‌های زیستی بوده و در ساختار خود دارای اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن می‌باشند. توجه داشته باشید که هیدروکربن‌ها فقط شامل عناصر کربن و هیدروژن هستند و در ساختار خود اکسیژن ندارند.

B ۳۲۷ ۱ فقط همهٔ کاربردهای ذکر شده برای هلیم درست است. از هلیم، افزون‌بر پر کردن بالن‌های هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی در جوشکاری، کپسول غواصی و مهم‌تر از همه، برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI استفاده می‌شود. **بررسی سایر مولکول‌ها:** آرگون: خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی از کاربردهای گاز هلیم است. نیتروژن: ساخت لامپ رشته‌ای و ایجاد محیط بی‌اثر هنگام جوشکاری و برش فلزها از جمله کاربردهای گاز آرگون است. اکسیژن: پر کردن تایر خودروها از کاربردهای گاز نیتروژن است. هیدروژن: سبک‌ترین مولکول‌های دواتمی (H_2) را دارد و در ارتفاعات بالاتر از ۷۵km هواکره، به شکل H^+ وجود دارد.

B ۳۲۸ ۳ هلیم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیم تشکیل می‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): طی فرایند تقطیر جزء‌به‌جزء هوای مایع، با افزایش تدریجی دما به ترتیب گازهای N_2 ، Ar و O_2 از مخلوط خارج می‌شوند. مقایسهٔ فراوانی این گازها در هواکره به صورت « $Ar < O_2 < N_2$ » است. گزینهٔ (۲): اگرچه با افزایش ارتفاع، فشار هوا پیوسته کاهش می‌یابد اما رابطهٔ آن با ارتفاع از سطح زمین به صورت خطی نیست. گزینهٔ (۴): اکسیژن در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی یافت می‌شود. فراوان‌ترین ترکیب در هوای پاک و خشک، کربن دی‌اکسید (CO_2) است که در ساختار خود دارای عناصر کربن و اکسیژن می‌باشد.



C ۳۲۹ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نمودار تغییرات دما در هواکره به صورت مقابل است. بنابراین در نمودار داده شده، اندازهٔ c باید بیشتر از a باشد. منظور از اندازهٔ a، فاصلهٔ a تا محور افقی و منظور از اندازهٔ c، فاصلهٔ c تا محور افقی نمودار است. نمودار B به درستی تغییرات فشار O_2 را در هواکره برحسب افزایش ارتفاع نشان می‌دهد. فشار در سطح دریا برابر ۱atm است. از آنجا که حدود ۲۱٪ مولی هوا را O_2 تشکیل می‌دهد، پس فشار O_2 در سطح آب‌های آزاد برابر ۰/۲۱atm است و با افزایش ارتفاع به تدریج کاهش می‌یابد. عبارت (ب): در لایه‌های بالایی هواکره گونه‌های N_2^+، O_2^+، O^+، He^+، H^+، O، O_2 و N_2 یافت می‌شوند.



گونه	N_2^+	O_2^+	O^+	He^+	H^+	O	O_2	N_2
شمار الکترون‌های ظرفیت	۹	۱۱	۵	۱	۰	۶	۱۲	۱۰

عبارت (پ): ابتدا فشار هوا در ارتفاع ۳ کیلومتری را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{سطح زمین } 1\,atm \xrightarrow[\text{۲۰٪ کاهش}]{1\,km} 0/8\,atm \xrightarrow[\text{۲۰٪ کاهش}]{1\,km} 0/64\,atm \xrightarrow[\text{۲۰٪ کاهش}]{1\,km} 0/512\,atm$$

اکنون با توجه به اینکه گاز اکسیژن حدوداً ۲۱ درصد حجمی هوا را تشکیل می‌دهد فشار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{فشار گاز اکسیژن} = \text{فشار هوا} \times \frac{\text{درصد حجمی اکسیژن}}{100} = 0/512 \times \frac{21}{100} \simeq 0/1\,atm$$

عبارت (ت): ترتیب فراوانی گازهای نجیب در سیارهٔ مشتری به صورت «Ne<Ar<He» و در هواکره به صورت «He<Ne<Ar» است.

A ۳۳۰ ۱ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): برخی فلزات همانند نافلزات می‌توانند در ترکیب با اکسیژن، اکسیدهای گوناگونی ایجاد کنند. برای مثال فلز آهن (Fe) از دستهٔ d جدول تناوبی به ترتیب دارای اکسیدهای FeO و Fe_2O_3 است. عبارت (ت): دقت کنید که ترکیب بوکسیت، شامل Al_2O_3 به همراه ناخالصی یافت می‌شود.

B ۳۳۱ ۴ شکل (۱)، سنگ معدن آلومینیم، شکل (۲)، سیلیس و شکل (۳) سنگ معدن آهن (حاوی FeO و Fe_2O_3) را نشان می‌دهد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عنصر آلومینیم تنها یک ظرفیت (+۳) دارد، به همین دلیل تنها توانایی تشکیل یک نوع اکسید (Al_2O_3) را دارد. گزینهٔ (۲): عنصر سیلیسیم دومین عنصر از گروه ۱۴ جدول تناوبی است که در دورهٔ سوم این جدول قرار دارد. گزینهٔ (۳): شکل (۳) سنگ معدن آهن را که حاوی دو اکسید FeO و Fe_2O_3 است نشان می‌دهد. فلز آهن در دورهٔ چهارم جدول تناوبی قرار داشته و جزء عنصرهای دستهٔ d محسوب می‌شود. گزینهٔ (۴): نسبت شمار آنیون به کاتیون در دو ترکیب Al_2O_3 از شکل (۱) و Fe_2O_3 از شکل (۳) یکسان و برابر $\frac{3}{2}$ است.

B ۳۳۲ ۳ به‌جز عبارت اول، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: دقت کنید که با توجه به متن کتاب درسی، اکسیژن در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها وجود دارد. عبارت دوم: با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا کاهش پیدا کرده و در نتیجه شمار مولکول‌های اکسیژن موجود در واحد حجم هوا نیز کاهش می‌یابد. کوهنوردان برای جبران این کاستی اکسیژن، از کپسول‌های حاوی گاز O_2 استفاده می‌کنند. عبارت سوم: فلز آلومینیم در طبیعت به شکل ترکیب بوکسیت، یعنی Al_2O_3 به همراه ناخالصی یافت می‌شود. در هر واحد فرمولی از آلومینیم اکسید، ۳ آنیون (O^{2-}) و ۲ کاتیون (Al^{3+}) وجود دارد؛ بنابراین نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در این ترکیب برابر $1/5\,(\frac{3}{2})$ خواهد بود. همچنین از آنجایی که این ترکیب تنها از دو نوع عنصر تشکیل شده؛ بنابراین ترکیب یونی دوتایی محسوب می‌شود. عبارت چهارم: آهن دارای دو اکسید FeO و Fe_2O_3 می‌باشد. در هر واحد فرمولی Fe_2O_3، ۵ یون (۳ آنیون O^{2-} و ۲ کاتیون Fe^{3+}) یافت می‌شود. درصد جرمی آهن در این ترکیب به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\%Fe = \frac{\text{جرم Fe}}{\text{جرم مولی } Fe_2O_3} = \frac{2\times56}{160}\times100 = \%70 \qquad \text{جرم مولی } Fe_2O_3 = 2\times(56)+3(16) = 112+48 = 160\,g.mol^{-1}$$

A ۳۳۳ ۱ در موارد سوم و پنجم، نام یا فرمول شیمیایی هر دو ترکیب نادرست است. **بررسی موارد:** مورد اول: هر دو نام ذکر شده صحیح هستند. مورد دوم: نام درست ترکیب دوم، مس (I) اکسید است. مورد سوم: نام صحیح ترکیب‌ها به ترتیب به‌صورت آهن (II) سولفید و کروم (II) فسفید است. مورد چهارم: نام درست ترکیب نخست، آهن (III) نیترید است. مورد پنجم: فرمول صحیح کبالت (II) یدید به صورت CoI_2 و نام صحیح ترکیب K_3N، پتاسیم نیترید است.

B ۳۳۴ ۴ ترکیب $CuSO_4$ دارای یون‌های Cu^{2+} و MnO_4^{2-} و ترکیب $Ca(ClO_4)_2$ از یون‌های Ca^{2+} و ClO_4^- تشکیل شده است. بنابراین فرمول شیمیایی یون‌های منگنات و پرکلرات به ترتیب به صورت MnO_4^{2-} و ClO_4^- است. مس دارای یون‌های Cu^+ و Cu^{2+} و کروم دارای یون‌های Cr^{2+} و Cr^{3+} است. همچنین فلزات منیزیم و سدیم به ترتیب یون‌های Mg^{2+} و Na^+ را ایجاد می‌کنند. فرمول شیمیایی همهٔ ترکیبات به‌جز Na_2ClO_4 درست است. فرمول شیمیایی سدیم پرکلرات به صورت $NaClO_4$ است.

B ۳۳۵ ۱ برخی فلزها مانند طلا و پلاتین به‌صورت آزاد در طبیعت وجود دارند.

★ **نکته** **لیست فلزات براساس تنوع کاتیون‌های پایدار:** کتاب درسی در بخش‌های مختلف به بار الکتریکی کاتیون‌های مختلف می‌پردازد. در زیر همهٔ این مطالب را یکجا آورده‌ایم: الف) عناصر گروه‌های ۱ و ۲ به ترتیب کاتیون‌های (+۱) و (+۲) تشکیل می‌دهند (بریلیم (Be) ۴ یون تشکیل نمی‌دهد). ب) عناصر گروه ۱۳ کاتیون‌های با بار (+۳) تشکیل می‌دهند (بور (B) ۵ یون تشکیل نمی‌دهد). پ) عناصر گروه ۳، فقط کاتیون‌های (+۳) تشکیل می‌دهند. ت) عناصر V، Cr، Fe و Ni در ترکیب با دیگر عنصرها، دو نوع کاتیون با بارهای (+۲) و (+۳) تشکیل می‌دهند. ث) مس (Cu) در ترکیب با دیگر عنصرها، کاتیون‌های (+۱) و (+۲) تشکیل می‌دهد. ج) روی (Zn) و نقره (Ag) در ترکیبات خود به‌ترتیب به‌صورت Zn^{2+} و Ag^+ یافت می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): فرمول شیمیایی ترکیب مس (I) سولفید به‌صورت Cu_2S است که هر واحد آن شامل سه اتم است که یکی از آن‌ها اتم گوگرد است، پس نسبت شمار اتم‌های گوگرد به شمار کل اتم‌ها در ترکیب مس (I) سولفید برابر $\frac{1}{3}$ است. گزینهٔ (۳): به ازای تشکیل یک مول از ترکیب یونی کروم (II) اکسید با فرمول شیمیایی CrO، ۲ مول الکترون میان اتم‌های کروم و اکسیژن مبادله می‌شود. گزینهٔ (۴): کاتیون سازندهٔ ترکیب کروم (III) اکسید، Cr^{3+} است. با توجه به آرایش الکترونی این کاتیون، در بیرونی‌ترین زیر لایهٔ این کاتیون، ۳ الکترون وجود دارد.

$$_{24}Cr:[Ar]3d^5 4s^1 \xrightarrow{Cr^{3+}} [Ar]3d^3$$

B ۳۳۶ ۲ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول شیمیایی مس (I) نیترید به‌صورت Cu_3N است که در آن ۴ یون و ۲ عنصر وجود دارند، پس نسبت شمار یون‌ها به شمار عنصرها در این ترکیب برابر با ۲ می‌باشد. عبارت دوم: آهن دارای دو نوع یون پایدار با بار الکتریکی (+۲) و (+۳) است، پس فرمول شیمیایی اکسید با ظرفیت بالاتر آن به‌صورت Fe_2O_3 است که در آن نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با ۱/۵ می‌باشد. عبارت سوم: فرمول شیمیایی آهن (II) سولفید به‌صورت FeS است که در هر واحد فرمولی آن یک آنیون و یک کاتیون وجود دارد. عبارت چهارم: در هر واحد فرمولی از ترکیب کروم (III) سولفید با فرمول شیمیایی Cr_2S_3، ۳ آنیون (سولفید) وجود دارد؛ در حالی که در هر واحد فرمولی از ترکیب مس (I) اکسید با فرمول شیمیایی Cu_2O، ۲ کاتیون (مس (I)) وجود دارد. عبارت پنجم: با توجه به اینکه ظرفیت عنصر اکسیژن در واکنش با فلزها ثابت بوده و اغلب برابر با (−۲) است، پس فلز M نیز باید توانایی تشکیل یون پایداری با بار (+۲) را داشته باشد. در میان عنصرهای داده شده عنصر آلومینیم توانایی تشکیل چنین یونی را ندارد. این عنصر در ترکیب‌های یونی تنها می‌تواند کاتیون پایداری با بار (+۳) تولید کند.

* **توجه** فلز مس دارای دو ظرفیت متداول (+۱) و (+۲) و فلزهای کروم و آهن دارای دو ظرفیت متداول (+۲) و (+۳) هستند.

C ۳۳۷ ۳ نخست مقادیر ذکر شده در هر گزینه را محاسبه می‌کنیم: گزینهٔ (۱): فرمول شیمیایی آهن (III) اکسید به‌صورت Fe_2O_3 است، پس در ۱/۲ مول از این ترکیب، ۲/۴ مول کاتیون یافت می‌شود. گزینهٔ (۲): فرمول شیمیایی مس (I) اکسید به‌صورت Cu_2O است، پس در ۲/۲ مول از این ترکیب، ۲/۲ مول اتم اکسیژن یافت می‌شود. گزینهٔ (۳): فرمول شیمیایی آلومینیم فلوئورید به‌صورت AlF_3 است. در این ترکیب هر اتم آلومینیم با از دست دادن ۳ الکترون و انتقال آن به ۳ اتم فلوئور، ترکیب آلومینیم فلوئورید تشکیل می‌شود؛ بنابراین برای تشکیل ۰/۹ مول آلومینیم فلوئورید، ۲/۷ مول الکترون میان فلز و نافلز مبادله می‌شود. گزینهٔ (۴): فرمول شیمیایی کروم (III) سولفید به‌صورت Cr_2S_3 است، پس در ۰/۵ مول از این ترکیب، ۲/۵ مول یون وجود دارد. با توجه به مقادیر به‌دست آمده در هر گزینه، مقدار ذکر شده در گزینهٔ (۳) بیشتر از سایر گزینه‌ها است.

B ۳۳۸ ۴ پاسخ درست هر سه پرسش در گزینهٔ (۴) آمده است. **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): در میان ترکیب‌های داده شده، تنها به ازای تشکیل یک مول کروم (III) اکسید با فرمول شیمیایی Cr_2O_3، ۶ مول الکترون میان اتم‌ها مبادله می‌شود. پرسش (ب): نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در ترکیب مس (II) فلوئورید (CuF_2) با نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها در ترکیب سدیم سولفید (Na_2S) یکسان و برابر با ۲ می‌باشد. نسبت شمار آنیون‌ها به شمار کاتیون‌ها در ترکیب آهن (III) نیترید (FeN) با نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها در ترکیب مس (I) برمید (CuBr) یکسان و برابر با یک است. پرسش (پ): تعداد اتم‌های اکسیژن در یک واحد فرمولی سیلیس (SiO_2) با شمار کاتیون‌ها در یک واحد فرمولی سدیم سولفید (Na_2S) برابر است.

B ۳۳۹ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. عنصر مورد نظر $_{24}Cr$ بوده و آرایش الکترونی آن به‌صورت مقابل است: $_{24}Cr:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^5\,4s^1$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: کروم در ترکیب‌های خود با دیگر عنصرها، اغلب به‌صورت کاتیون‌های Cr^{2+} و Cr^{3+} وجود دارد. عبارت دوم: آرایش الکترونی فشرده و آرایش لایهٔ ظرفیت عنصر کروم ($_{24}Cr$) و عنصر $_{16}X$ که همان گوگرد ($_{16}S$) است، به‌صورت زیر می‌باشد:

هر دو عنصر در لایهٔ ظرفیت خود دارای ۶ الکترون هستند.

$$_{16}S:[_{10}Ne]\underbrace{3s^2\,3p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \qquad _{24}Cr:[_{18}Ar]\underbrace{3d^5\,4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

عبارت سوم: در اتم $_{24}Cr$، با جدا شدن ۶ الکترون (الکترون‌های زیرلایه‌های 4s و 3d)، یونی با آرایش الکترونی اتم گاز نجیب آرگون ($_{18}Ar$) به‌دست می‌آید.

$$_{24}Cr:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^5\,4s^1 \xrightarrow[\text{۶ الکترون}]{\text{جدا کردن}} {}_{24}Cr^{6+}:\underbrace{1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6}_{_{18}Ar}$$

عبارت چهارم: آرایش الکترونی دو عنصر $_{24}Cr$ و $_{25}Z$ به‌صورت مقابل است:

$$_{25}Z:[_{18}Ar]\underbrace{3d^5\,4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \qquad _{24}Cr:[_{18}Ar]\underbrace{3d^5\,4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عنصر $_{24}Cr$ با آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عنصر $_{25}Z$ مشابه نیست.

C ۳۴۰ ۲ عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هیدروژن دارای هفت ایزوتوپ است که از بین آن‌ها، ایزوتوپ‌های $_1^3H$، $_1^4H$، $_1^5H$، $_1^6H$ و $_1^7H$ ناپایدار بوده و خاصیت پرتوزایی دارند. به همین دلیل رادیوایزوتوپ محسوب می‌شوند. مقایسهٔ نیم‌عمر این رادیوایزوتوپ‌ها به‌صورت زیر است:

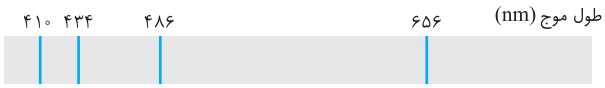
$$_1^3H > {}_1^5H > {}_1^6H > {}_1^4H > {}_1^7H$$

* **توجه** دقت کنید که هیچ نظم مشخصی میان نیم‌عمر ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر و شمار نوترون‌های آن‌ها وجود ندارد.

عبارت دوم: مدل بور توانست با موفقیت طیف نشری هیدروژن را توجیه کند اما توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها را نداشت. دانشمندان به دنبال توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها، ساختاری لایه‌ای (کوانتومی) را برای اتم ارائه کردند. عبارت سوم: لایهٔ ظرفیت یک اتم، لایه‌ای است که الکترون‌های آن، رفتار شیمیایی اتم را تعیین می‌کند. لایهٔ ظرفیت عناصر دستهٔ s، p و d به ترتیب به‌صورت ns، ns np و $(n-1)d\,ns$ می‌باشد؛ بنابراین در عناصر دستهٔ d جدول تناوبی، لایهٔ ظرفیت شامل لایهٔ آخر الکترونی و زیرلایهٔ d از لایهٔ ماقبل آخر می‌شود. عبارت چهارم: فرمول شیمیایی ترکیب مس (II) سولفید به‌صورت CuS بوده و در آن عنصر مس به‌صورت کاتیون Cu^{2+} وجود دارد. آرایش الکترونی $_{29}Cu$ و $_{29}Cu^{2+}$ به‌صورت زیر است:

$$_{29}Cu:1s^2/2s^2\,2p^6/3s^2\,3p^6\,3d^{10}/4s^1 \xrightarrow{-2e^-} Cu^{2+}:1s^2/2s^2\,2p^6/\underbrace{3s^2\,3p^6\,3d^9}_{\text{لایهٔ آخر}}$$

بنابراین شمار الکترون‌های موجود در لایهٔ آخر Cu^{2+} برابر ۱۷ (۹+۶+۲) خواهد بود.



عبارت پنجم: طیف نشری خطی هیدروژن در بخش مرئی دارای ۴ خط با طول موج‌های ۴۱۰، ۴۳۴، ۴۸۶ و ۶۵۶ نانومتر است؛ بنابراین با کاهش طول موج، تراکم خطوط طیفی در طیف نشری خطی آن بیشتر شده و خط‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند.

C ۳۴۱ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. عنصر آهن، یون‌های پایدار با بار الکتریکی (۲+) و (۳+) و عنصر مس، یون‌های پایدار با بار الکتریکی (۱+) و (۲+) ایجاد می‌کند. اگر x را (۲+) فرض کنیم، آن‌گاه فرمول شیمیایی اکسید مورد نظر به‌صورت FeO خواهد بود، در این صورت هیچ‌یک از ظرفیت‌های عنصر مس شرط سؤال را برآورده نمی‌کنند، چرا که FeO دارای دو یون بوده و هر یک از ترکیب‌های CuCl و $CuCl_2$ به‌ترتیب دارای ۲ و ۳ یون هستند. اگر x را (۳+) در نظر بگیریم، آن‌گاه فرمول شیمیایی اکسید مورد نظر به‌صورت Fe_2O_3 خواهد بود و در هر واحد فرمولی این ترکیب ۵ یون وجود خواهد داشت که ۲ یون بیشتر از هر واحد فرمولی ترکیب $CuCl_2$ دارد. با توجه به توضیحات داده شده، x و y به‌ترتیب برابر با (III) و (II) هستند؛ **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به مقادیر x و y، حاصل اختلاف این دو مقدار برابر با یک است. عبارت (ب): مس تنها می‌تواند دو نوع یون با بار الکتریکی (۱+) و (۲+) ایجاد کند و نمی‌تواند کاتیونی با بار (۳+) تولید کند. حتی در صورت امکان تولید چنین کاتیونی، فرمول شیمیایی ترکیب مس (III) یدید به‌صورت CuI_3 خواهد بود. عبارت (پ): نسبت آنیون به کاتیون در آهن (III) اکسید برابر با $\frac{3}{2}$ و در مس (II) کلرید برابر با $\frac{2}{1}$ است؛ بنابراین نسبت آنیون به کاتیون در هیچ‌یک از دو ترکیب ۱/۵ برابر ترکیب دیگر نیست. عبارت (ت): برای تولید هر مول آهن (III) اکسید و مس (II) کلرید به‌ترتیب ۶ و ۲ مول الکترون مبادله شده است.

★ **نکته** برای محاسبهٔ مقدار الکترون مبادله شده کافی است اندازهٔ بار کاتیون یا آنیون را در تعداد آن یون در هر واحد فرمولی ضرب نمایید، برای مثال در ترکیب آهن (III) اکسید (Fe_2O_3) بار یون آهن برابر با ۳+ و تعداد آن در هر واحد فرمولی برابر با ۲ می‌باشد، پس برای تولید هر مول از این ترکیب ۶mol (۲×۳) الکترون مبادله می‌شود.

عبارت (ث): همان‌طور که گفته شد، x برابر (۳+) است، پس فرمول آهن (x) اکسید و اکسید دیگر آهن به‌ترتیب Fe_2O_3 و FeO است.

$$\frac{30}{22}\simeq 1/36=\text{نسبت درصد جرمی اکسیژن در دو ترکیب}\Rightarrow \%22\simeq\frac{1\times16}{(1\times56)+(1\times16)}\times100=\%O\,(\text{در FeO}),\ \%30=\frac{3\times16}{(2\times56)+(3\times16)}\times100=\%O\,(\text{در }Fe_2O_3)$$

C ۳۴۲ ۲ عبارت‌های اول و سوم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هیدروژن دارای چهار ایزوتوپ ساختگی ${}_1^4H$، ${}_1^5H$، ${}_1^6H$ و ${}_1^7H$ است که از میان آن‌ها ایزوتوپ ${}_1^5H$ بیشترین نیم‌عمر و پایداری را دارد. این ایزوتوپ دارای ۴ نوترون است. آرایش الکترونی F ($_9$) به‌صورت مقابل است: $_9F: 1s^2\ 2s^2\ \underline{2p^5}$

بنابراین شمار الکترون‌های با $l=1$ در F ($_9$) برابر ۵ است. عبارت دوم: نخستین عنصری از جدول تناوبی که از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند، Cr ($_{24}$) است. کروم دارای دو کاتیون پایدار Cr^{2+} و Cr^{3+} می‌باشد؛ بنابراین در واکنش با N^{3-} می‌تواند ترکیبات یونی CrN و Cr_3N_2 را به‌وجود بیاورد. عبارت سوم: آن دسته از ترکیبات یونی که تنها از دو نوع عنصر ساخته شده‌اند، ترکیبات یونی دوتایی نامیده می‌شوند. برای مثال CaO، Fe_2O_3، Al_2O_3، NaCl و ... همگی جزء ترکیبات یونی دوتایی به حساب می‌آیند. عبارت چهارم: آرایش الکترونی As ($_{33}$) به‌صورت مقابل است: $_{33}As: 1s^2, 2s^2\underline{2p^6}, 3s^2\underline{3p^6}\underline{\underline{3d^{10}}}, 4s^2\underline{4p^3}$

این عنصر دارای ۱۵ الکترون با $l=1$ (زیرلایه‌های p) و ۱۰ الکترون با $l=2$ (زیرلایهٔ d) می‌باشد؛ بنابراین نسبت خواسته شده در صورت سؤال برابر ۱/۵ ($\frac{15}{10}$) است.

همچنین وانادیم فلزی از دستهٔ d دورهٔ چهارم جدول است که دارای ظرفیت‌های ۲+ و ۳+ می‌باشد. آرایش الکترونی کاتیون V^{2+} ($_{23}$) به‌صورت زیر خواهد بود:

$_{23}V^{2+}: 1s^2, 2s^2\,2p^6, 3s^2\,3p^6\,3d^3$

بنابراین شمار الکترون‌های موجود در زیرلایهٔ d این کاتیون برابر ۳ می‌باشد. عبارت پنجم: فرمول شیمیایی سیلیس و تیتانیم (IV) اکسید به ترتیب به‌صورت SiO_2 و TiO_2 می‌باشد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{شمار اتم‌ها در }SiO_2=1/2\,g\,SiO_2\times\frac{1\,mol\,SiO_2}{60\,g\,SiO_2}\times\frac{3\,mol\,\text{اتم}}{1\,mol\,SiO_2}=0/06\,mol\,\text{اتم}$$

$$\text{شمار آنیون‌ها }(O^{2-})\text{ در }TiO_2=2/4\,g\,TiO_2\times\frac{1\,mol\,TiO_2}{80\,g\,TiO_2}\times\frac{2\,mol\,O^{2-}}{1\,mol\,TiO_2}=0/06\,mol\,O^{2-}$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم }SiO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد مول اتم‌ها}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{1/2}{60\times1}=\frac{\text{تعداد مول اتم‌ها}}{3}\Rightarrow\text{تعداد مول اتم‌ها}=0/06$$

$$\frac{\text{جرم }TiO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد مول آنیون‌ها}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{2/4}{80\times1}=\frac{\text{تعداد مول آنیون‌ها}}{2}\Rightarrow\text{تعداد مول آنیون‌ها}=0/06$$

A ۳۴۳ ۱ هر یک از موارد A تا D را بررسی می‌کنیم: مورد (A): در این ترکیب دو اتم نیتروژن وجود دارد، پس از پیشوند «دی» برای نیتروژن می‌بایست استفاده کرد و نام درست این ترکیب دی‌نیتروژن تترافلوئورید است. مورد (B): طبق نام داده شده، در یک مولکول آن یک اتم فسفر و پنج اتم کلر داریم، پس فرمول شیمیایی این ترکیب به‌صورت PCl_5 است. مورد (C): در یک مولکول از آن دو اتم کلر و سه اتم اکسیژن وجود دارد، پس فرمول شیمیایی این ترکیب به‌صورت Cl_2O_3 است.

مورد (D): در یک مولکول از این ترکیب یک اتم کربن و دو اتم گوگرد وجود دارد، پس نام این ترکیب کربن دی‌سولفید است.

* **توجه** هنگامی که گوگرد در فرمول مولکولی به‌عنوان اتم عنصر سمت راست قرار می‌گیرد، از ریشهٔ نام این عنصر، یعنی سولفید، برای نام‌گذاری استفاده می‌شود.

A ۳۴۴ ۲ تنها نام‌گذاری ترکیب‌های (پ) و (ث) به‌درستی انجام شده است. **بررسی سایر ترکیب‌ها:** ترکیب (الف): به انتهای نام اتم‌هایی که در سمت راست فرمول شیمیایی قرار می‌گیرند، می‌بایست پسوند «ید» اضافه نماییم، پس نام درست این ترکیب اکسیژن دی‌فلوئورید می‌باشد. ترکیب (ب): برای نام‌گذاری ترکیب‌های یونی که کاتیون آن‌ها توانایی تولید کاتیون با ظرفیت‌های متفاوت را دارد، می‌بایست بار کاتیون به‌صورت عدد رومی درون پرانتز جلوی نام کاتیون ذکر شود؛ بنابراین نام درست این ترکیب آهن (II) اکسید است. ترکیب (ت): در نام‌گذاری ترکیب‌های یونی از پیشوندهای یونانی برای بیان تعداد یون‌ها استفاده نمی‌کنیم، پس نام درست این ترکیب کلسیم برمید است.

B ۳۴۵ ۲ ترکیب‌های مولکولی مانند گوگرد دی‌اکسید حاصل به اشتراک گذاشتن الکترون میان اتم‌های شرکت‌کننده در ترکیب هستند، اما ترکیب‌های یونی مانند آهن (III) اکسید حاصل انتقال (مبادله) الکترون میان اتم‌ها و تشکیل کاتیون و آنیون می‌باشند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ترکیب اسکاندیم اکسید، بار الکتریکی کاتیون برابر با (+۳) است. در ترکیب دی‌نیتروژن پنتا اکسید با فرمول شیمیایی N_2O_5، ۲ اتم نیتروژن و ۵ اتم اکسیژن وجود دارد و اختلاف تعداد اتم این عنصرها برابر با ۳ است. گزینهٔ (۳): در ترکیب فسفر تری‌کلرید با فرمول شیمیایی PCl_3، ۴ اتم و دو عنصر وجود دارد، پس نسبت شمار کل اتم‌ها به شمار عنصرها برابر با ۲ است. گزینهٔ (۴): مجموع شمار اتم‌ها در ترکیب تترافسفر هگزا اکسید با فرمول شیمیایی P_4O_6 برابر با ۱۰ و مجموع شمار اتم‌ها در ترکیب دی‌نیتروژن تری‌اکسید با فرمول شیمیایی N_2O_3 برابر با ۵ است، پس نسبت شمار اتم‌ها در ترکیب اول به ترکیب دوم برابر با ۲ می‌باشد.

B ۳۴۶ ۱ عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر در فرمول مولکولی یک ترکیب، تنها یک اتم از عنصر سمت چپ وجود داشته باشد، از به‌کار بردن پیشوند «مونو» پیش از نام این عنصر چشم‌پوشی می‌شود. عبارت (ب): نام صحیح ترکیب N_2O، «دی‌نیتروژن مونوکسید» و نام ترکیب IF_3، «ید تری‌فلوئورید» است. عبارت (پ): کروم (III) کلرید دارای فرمول شیمیایی $CrCl_3$ بوده و در آن نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با ۳ می‌باشد. ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید نیز دارای فرمول شیمیایی N_2O_4 بوده و شمار اتم اکسیژن در آن برابر با ۴ است؛ بنابراین نسبت شمار آنیون به کاتیون در ترکیب کروم (III) کلرید با شمار اتم‌های اکسیژن در ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید برابر نیست. عبارت (ت): فرمول شیمیایی دو ترکیب داده شده به‌ترتیب به‌صورت N_2O_5 و SF_6 است که در هر دو آن‌ها، مجموع زیروند عنصرها برابر با ۷ می‌باشد. عبارت (ث): نام ترکیب P_2O_5، دی‌فسفر پنتا اکسید است؛ بنابراین مقدار x و y به‌ترتیب برابر با ۲ و ۵ است.

B ۳۴۷ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مجموع شمار اتم‌ها در هر واحد فرمولی در ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید (N_2O_4) و فسفر پنتاکلرید (PCl_5) یکسان و برابر با ۶ است. گزینهٔ (۲): نسبت مجموع شمار اتم‌ها به شمار عنصرها در ترکیب گوگرد دی‌اکسید (SO_2) و دی‌نیتروژن مونوکسید (N_2O) یکسان و برابر با ۱/۵ است. گزینهٔ (۳): فرمول شیمیایی ترکیب کروم (III) اکسید به‌صورت Cr_2O_3 است و در آن زیروند اکسیژن برابر با ۳ می‌باشد. در ترکیب دی‌اکسیژن دی‌فلوئورید با فرمول شیمیایی O_2F_2، زیروند اکسیژن برابر با ۲ است. گزینهٔ (۴): مجموع زیروندها در ترکیب مس (II) نیترید (Cu_3N_2) و سیلیسیم تتراکلرید ($SiCl_4$) یکسان و برابر ۵ است.

B ۳۴۸ ۳ به‌جز عبارت (ب) بقیهٔ عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): N_2O یک ترکیب مولکولی و Fe_2O_3 یک ترکیب یونی است. در نام‌گذاری ترکیبات یونی برخلاف ترکیبات مولکولی از پیشوندهای رومی مانند دی، تری و ... استفاده نمی‌کنیم. نام N_2O و Fe_2O_3 به ترتیب دی‌نیتروژن مونوکسید و آهن (III) اکسید است. عبارت (ب): با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا کاهش یافته و در نتیجه شمار مولکول‌های اکسیژن موجود در واحد حجم هوا نیز کاهش می‌یابد. کوهنوردان برای جبران این کاستی اکسیژن، از کپسول‌های حاوی گاز O_2 استفاده می‌کنند. عبارت (پ): هلیم در کرهٔ زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به‌طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد؛ از این رو، منابع زمینی آن از منبع هواکره سرشارتر و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. عبارت (ت): دمای جوش چهار گاز نیتروژن، هلیم، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر ۱۹۶−، ۲۶۹−، ۱۸۶− و ۱۸۳− درجهٔ سلسیوس است؛ بنابراین هلیم در دمای $-200^\circ C$ به حالت گاز بوده و در هوای مایع یافت نمی‌شود.

A ۳۴۹ ۱ فرمول شیمیایی مس (I) اکسید به صورت Cu_2O بوده که مشابه فرمول شیمیایی Ag_2O است. در هر واحد فرمولی از Cu_2O، یک اتم اکسیژن و دو اتم مس وجود دارد، پس نسبت جرم اکسیژن به جرم مس در آن برابر است با:

$$\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مس}}=\frac{16}{2\times 64}=\frac{1}{8}=0/125$$

* **توجه** اگر فرمول مس (I) اکسید را به اشتباه CuO در نظر بگیرید، نسبت جرم اکسیژن به مس را ۰/۲۵ به دست می‌آورید و به اشتباه گزینهٔ (۴) را انتخاب خواهید کرد.

B ۳۵۰ ۱ برای حل این تست، ابتدا جرم اتمی عنصر X را محاسبه می‌کنیم: (جرم اتمی X را در محاسبات x amu در نظر می‌گیریم.)

$$\frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم ترکیب } X_2O_3}=\frac{3\times 16}{(3\times 16)+(2\times x)}=\frac{2}{7}\Rightarrow x=60\ amu$$

با توجه به اینکه جرم اتمی یک اتم با عدد جرمی آن از لحاظ عددی تقریباً برابر است، عدد جرمی عنصر X برابر ۶۰ می‌باشد. اکنون عدد اتمی عنصر X را به‌دست می‌آوریم:

$$n+p=60, n-p=6\Rightarrow n=33, p=27$$

عنصری با عدد اتمی ۲۷، همان کبالت است که در دورهٔ چهارم جدول تناوبی قرار دارد.

C ۳۵۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) جملهٔ صورت سؤال را به‌درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سیلیسیم تتراکلرید یک ترکیب مولکولی بوده و اتم‌های آن پس از به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب آرگون می‌رسند. آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. عبارت (ب): آلومینیم اکسید یک ترکیب یونی بوده و اتم‌های آن پس از مبادلهٔ الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب نئون می‌رسند. از گاز نئون برای ساخت تابلوهای تبلیغاتی که دارای نوشته‌های سرخ‌فام می‌باشد، استفاده می‌کنند. عبارت (پ): لیتیم فلوئورید یک ترکیب یونی است که در آن یون لیتیم و یون فلوئورید به‌ترتیب به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب هلیم و نئون دست یافته‌اند. در میان گازهای نجیب، تنها هلیم است که منبع زیرزمینی آن سرشارتر از هواکره است. عبارت (ت): دی‌نیتروژن مونوکسید یک ترکیب مولکولی است که اتم‌های آن پس از به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب نئون می‌رسند. آرایش الکترونی گاز نجیب نئون به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^6$ می‌باشد که در آن تعداد الکترون‌های زیرلایهٔ p ($l=1$) برابر با ۶ و تعداد الکترون‌های زیرلایهٔ s ($l=0$) برابر با ۴ است؛ بنابراین نسبت تعداد الکترون‌های با $l=1$ در آن ۱/۵ برابر تعداد الکترون‌های با $l=0$ می‌باشد.

C ۳۵۲ ۳

نکته ترکیب نام و فرمول شیمیایی اکسیدهای نیتروژن در زیر ارائه شده است:

ترکیب	نیتروژن مونوکسید	نیتروژن دی‌اکسید	دی‌نیتروژن مونوکسید	دی‌نیتروژن دی‌اکسید	دی نیتروژن تری‌اکسید	دی نیتروژن تترا اکسید	دی‌نیتروژن پنتا اکسید
فرمول مولکولی	NO	NO_2	N_2O	N_2O_2	N_2O_3	N_2O_4	N_2O_5

به‌جز عبارت (الف)، سایر عبارت‌ها درست هستند. نیتروژن در ترکیب با اکسیژن، اکسیدهای NO ، NO_2 ، NO_3 ، N_2O_3 ، N_2O_4 ، N_2O_5 ، N_2O ، N_4O_2 و ... را تشکیل می‌دهد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در ترکیب N_2O_3 نسبت شمار اتم‌های اکسیژن به نیتروژن برابر $1/5\left(\frac{3}{2}\right)$ است. نام صحیح این ترکیب دی‌نیتروژن تری‌اکسید است. عبارت (ب): مجموع شمار اتم‌های N و O در ترکیب NO برابر ۲ است. هر اتم اکسیژن دارای ۸ و هر اتم نیتروژن دارای ۷ الکترون است؛ بنابراین در هر مولکول از این ترکیب در مجموع ۱۵ الکترون وجود دارد. عبارت (پ): حاصل اختلاف و مجموع شمار اتم‌های اکسیژن و نیتروژن در هر مولکول N_2O_4 به‌ترتیب برابر ۲ و ۶ است:

$$y-x=2\,,\ y+x=6\Rightarrow x=2\,,\ y=4$$

پس خواهیم داشت:

$$?\,g\,O=1/84\,g\,N_2O_4\times\frac{1\,mol\,N_2O_4}{92\,g\,N_2O_4}\times\frac{4\,mol\,O}{1\,mol\,N_2O_4}\times\frac{16\,g\,O}{1\,mol\,O}=1/28\,g\,O$$

عبارت (ت): جرم مولکولی ترکیب مورد نظر را برابر M در نظر می‌گیریم:

$$2/2\,g\,N_xO_y\times\frac{1\,mol\,N_xO_y}{(M)\,g\,N_xO_y}\times\frac{1\,mol\,\text{مولکول}}{1\,mol\,N_xO_y}\times\frac{6/02\times10^{23}\,\text{مولکول}}{1\,mol\,\text{مولکول}}=3/01\times10^{22}\Rightarrow M=44\,g.mol^{-1}$$

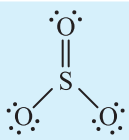
جرم مولی اکسید N_2O برابر $(2\times(14)+16)\,44\,g.mol^{-1}$ می‌باشد. درصد جرمی اکسیژن در این ترکیب برابر است با:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن}=\frac{\text{جرم O}}{\text{جرم مولی }N_2O}\times100=\frac{16}{44}\times100\simeq\%36/4$$

عبارت (ث): جرم مولی ترکیب NO_2 برابر با $(14+2(16))\,46\,g.mol^{-1}$ می‌باشد. هر اتم نیتروژن و اکسیژن به ترتیب دارای ۵ و ۶ الکترون ظرفیت هستند؛ بنابراین در مولکول NO_2 در مجموع $(5+2(6))\,17$ الکترون ظرفیت در اتم‌ها وجود دارد.

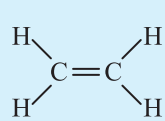
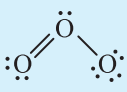
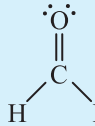
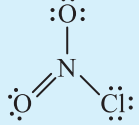
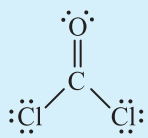
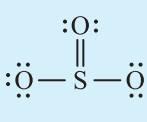
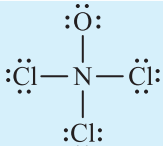
A ۳۵۳ ۳ به درسنامه رجوع کنید!

B ۳۵۴ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. ترکیب‌های (۱) تا (۳) به‌ترتیب کربن مونوکسید (CO)، کربن دی‌اکسید (CO_2) و گوگرد تری‌اکسید (SO_3) هستند که ساختار لوویس این سه ترکیب به‌صورت مقابل می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در ساختار مولکول (۳) برخلاف مولکول (۱)، یک پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت (ب): نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار اتم‌ها در ترکیب‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب برابر با $\frac{3}{2}$ و $\frac{4}{3}$ است.

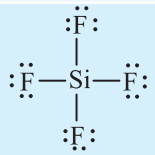
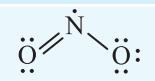
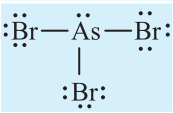
فرمول مولکولی	CO	CO_2	SO_3
ساختار لوویس	$:C\equiv O:$	$:\ddot{O}=C=\ddot{O}:$	

عبارت (پ): با توجه به ساختار لوویس رسم شده برای ترکیب (۳)، در هر مولکول از این ترکیب، ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت (ت): با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر دو مولکول (۲) و (۳)، ۴ پیوند کووالانسی وجود دارد.

B ۳۵۵ ۱ در ساختار O_3 همانند CH_2O ، یک پیوند دوگانه و در ساختار C_2H_2 و N_2 نیز یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده به‌صورت زیر است:

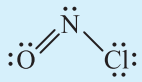
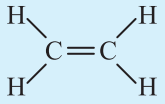
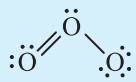
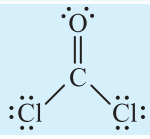
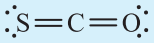
فرمول مولکولی	CO_2	C_2H_4	O_3	CH_2O	HCN	NO_2Cl
ساختار لوویس	$:\ddot{O}=C=\ddot{O}:$				$H-C\equiv N:$	
فرمول مولکولی	CO	$COCl_2$	SO_3	$NOCl_3$	C_2H_2	N_2
ساختار لوویس	$:C\equiv O:$				$H-C\equiv C-H$	$:N\equiv N:$

B ۳۵۶ ۴ همهٔ اطلاعات داده شده در ردیف‌های ۱ و ۴ درست هستند. به بررسی ردیف‌های جدول می‌پردازیم:

ردیف	نام ترکیب	فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی (شمار p.e)	شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی (شمار n.e)	$\frac{p.e}{n.e}$
۱	هیدروژن سیانید	HCN	H—C≡N:	۴	۱	۴
۲	سیلیسیم تترافلوئورید	SiF_4		۴	۱۲	$\frac{۱}{۳}$
۳	نیتروژن دی‌اکسید	NO_2		۳	۵	$\frac{۳}{۵}$
۴	آرسنیک تری‌برمید	$AsBr_3$		۳	۱۰	$\frac{۳}{۱۰}$

توجه داشته باشید که آرسنیک جزء عناصر گروه ۱۵ جدول تناوبی است.

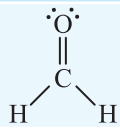
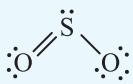
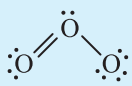
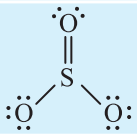
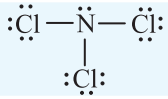
B ۳۵۷ ۳ فقط مورد (پ) نادرست است. ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده در سؤال به‌صورت زیر است:

فرمول مولکولی	NOCl	C_2H_4	O_3	$COCl_2$	CSO
ساختار لوویس					

عبارت (الف): با توجه به ساختارهای لوویس رسم شده، تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی مولکول NOCl با تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی ترکیب C_2H_4 یکسان و برابر با ۶ است.

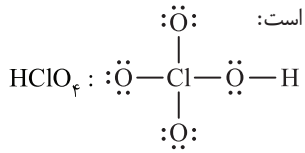
عبارت (ب): با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر دو مولکول یک پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت (پ): در ساختار مولکول $COCl_2$ برخلاف مولکول NOCl ، اتم مرکزی جفت‌الکترون ناپیوندی ندارد. عبارت (ت): نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در مولکول‌های NOCl و CSO به‌ترتیب برابر با ۲ و ۱ است.

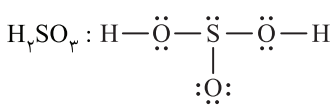
B ۳۵۸ ۱ ساختار لوویس تمام ترکیبات نام‌برده شده در صورت سؤال به‌صورت زیر است:

فرمول مولکولی	ساختار لوویس	فرمول مولکولی	ساختار لوویس
CH_2O		SO_2	
O_3		SO_3	
HCN	H—C≡N:	NCl_3	

با توجه به ساختار لوویس ترکیبات رسم شده، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در ترکیب CH_2O برابر نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در ترکیب SO_2 است. همچنین ساختار لوویس کربن دی‌اکسید به‌صورت $:\ddot{O}=C=\ddot{O}:$ است و در هر مولکول آن چهار پیوند وجود دارد. در ترکیب HCN نیز ۴ پیوند کووالانسی می‌باشد.

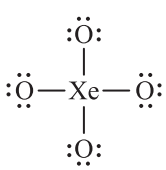
C ۳۵۹ ۲ با توجه به ساختار لوویس کربن مونوکسید ($:C\equiv O:$) ، اتم اکسیژن چهار و اتم کربن دو الکترون به اشتراک می‌گذارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ساختار لوویس ترکیب‌های $HClO_4$ و H_2SO_3 به‌صورت زیر است:



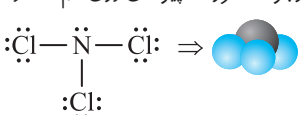


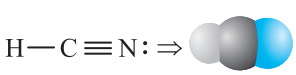
با توجه به ساختارهای رسم شده، همهٔ پیوندهای موجود در این ساختارها یگانه است.

گزینهٔ (۳): ساختار لوویس مولکول XeO_4 (زنون تترا اکسید) به‌صورت زیر است و همهٔ پیوندها در آن از نوع یگانه هستند.

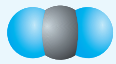


گزینهٔ (۴): به دلیل وجود الکترون ناپیوندی روی اتم N در NCl_3 ، مدل فضا پرکن آن به صورت هرمی است و مدل فضا پرکن HCN به صورت خطی است.

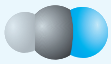




★ **نکته** **مدل فضا پرکن:** ۱- نوعی مدل سه‌بعدی برای نمایش مولکول‌ها و یون‌های چندا‌تمی است. ۲- با استفاده از ساختار لوویس یک مولکول، می‌توان مدل فضا پرکن آن را پیش‌بینی کرد. در یک مولکول سه‌اتمی، اگر اتم مرکزی الکترون ناپیوندی داشته باشد، مدل فضا پرکن به‌صورت خمیده (V شکل) ولی اگر اتم مرکزی الکترون ناپیوندی نداشته باشد، مدل فضا پرکن خطی است.

$CO_2 \Rightarrow \ddot{O}=C=\ddot{O} \Rightarrow$  (خطی)

$H_2O \Rightarrow H-\ddot{O}-H \Rightarrow$  (خمیده - V شکل)

۳- در مدل فضا پرکن اندازهٔ اتم‌ها اهمیت دارد. برای مثال، در مدل فضا پرکن  که مربوط به هیدروژن سیانید (HCN) است، اندازهٔ اتم هیدروژن از دیگر اتم‌ها کوچک‌تر است و اندازهٔ اتم کربن نیز به میزان اندکی از اتم نیتروژن بزرگ‌تر است. ۴- همان‌طور که گفته شد با استفاده از ساختار لوویس، می‌توان مدل فضا پرکن یک ماده را حدس زد. با توجه به این موضوع، مدل فضا پرکن بعضی مولکول‌ها به دلیل تشابه ساختار لوویس آن‌ها مشابه هم است.

مثال



H_2S و H_2O یا O_2 و Cl_2

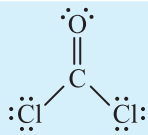
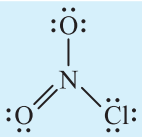
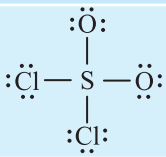
۵- رنگ اتم‌ها در مدل فضا پرکن مهم است؛ به‌طوری که رنگ هیدروژن همیشه سفید، کربن سیاه، نیتروژن آبی، اکسیژن قرمز، گوگرد زرد و کلر سبز است.



برای نمونه به مدل فضا پرکن مقابل توجه کنید. با توجه به رنگ اتم‌ها می‌توان دریافت که مدل فضا پرکن مربوط به SO_3 است.

نتیجهٔ نهایی اینکه با دانستن ساختار لوویس یک مولکول و رنگ قراردادی اتم‌ها در این مدل، می‌توان هر مدل فضا پرکنی را تشخیص داد.

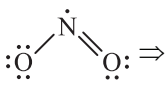
C ۳۶۰ ۲ عبارت‌های اول، دوم و سوم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

	عبارت اول: $COCl_2$	عبارت دوم: NO_2Cl	عبارت سوم: SO_2Cl_2
ساختار لوویس			
	$\frac{\text{شمار الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{۴\times(۲)}{۸} = ۱$	$\frac{\text{شمار پیوندهای دوگانه}}{\text{شمار پیوندهای یگانه}} = \frac{۱}{۲}$	$\frac{\text{شمار الکترون‌های اشتراک گذاشته شده}}{\text{شمارهٔ گروه اتم مرکزی}} = \frac{۴\times(۲)}{۱۶} = \frac{۱}{۲}$

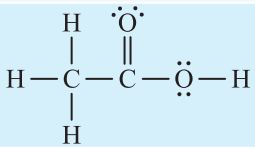
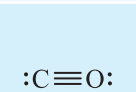
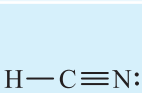
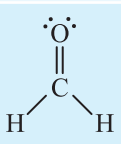
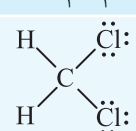
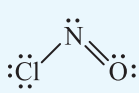
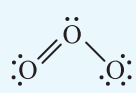
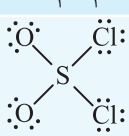
در عبارت سوم، S اتم مرکزی بوده و متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی است. عبارت چهارم: اکسیژن و نیتروژن موجود در ساختار NO_2 به ترتیب در گروه‌های شانزدهم و پانزدهم جدول تناوبی جای داشته و دارای ۶ و ۵ الکترون ظرفیت هستند:

$_8O: 1s^2\ \underbrace{2s^2 2p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$ $_7N: 1s^2\ \underbrace{2s^2 2p^3}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$

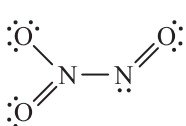
بنابراین مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت موجود در این ترکیب برابر $(۵+۲(۶))۱۷$ می‌باشد. ساختار لوویس NO_2 به‌صورت زیر است:

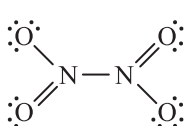
 $\Rightarrow \frac{\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها}} = \frac{۱۱}{۱۷}$

B ۳۶۱ ۲ با توجه به جدول زیر، در گزینهٔ (۲) نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در گونهٔ سمت راست نصف گونهٔ سمت چپ است.

فرمول مولکولی	CH_3COOH	CO	HCN	CH_2O
ساختار لوویس				
نسبت شمار جفت‌الکترون ناپیوندی به پیوندی	$\frac{۴}{۸}$	$\frac{۲}{۳}$	$\frac{۱}{۴}$	$\frac{۲}{۴}$
فرمول مولکولی	CH_2Cl_2	$NOCl$	O_3	SO_2Cl_2
ساختار لوویس				
نسبت شمار جفت‌الکترون ناپیوندی به پیوندی	$\frac{۶}{۴}$	$\frac{۶}{۳}$	$\frac{۶}{۳}$	$\frac{۱۲}{۴}$

B ۳۶۲ ۳ ساختار مولکول‌های N_2O_4 و N_2O_3 به‌صورت روبه‌رو است:

N_2O_3: 

N_2O_4: 

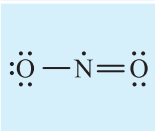
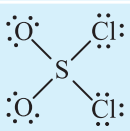
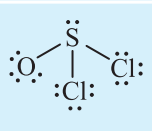
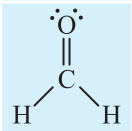
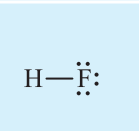
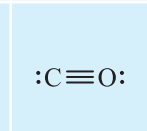
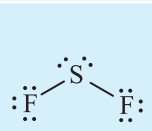
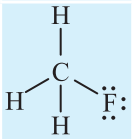
با توجه به ساختارهای رسم شده عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به ساختار رسم شده، دو پیوند دوگانه در مولکول N_2O_4 وجود دارد. عبارت (ب): در مولکول N_2O_4 همانند مولکول N_2O_3 دو پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت (پ): با توجه به ساختار رسم شده، ۱۰ جفت‌الکترون ناپیوندی در این مولکول وجود دارد. عبارت (ت): نام ترکیب داده شده، دی‌نیتروژن تترا اکسید است.

* **توجه** برای نام‌گذاری ترکیب‌های مولکولی ابتدا تعداد و نام اتم عنصر سمت چپ و سپس تعداد و نام اتم عنصر سمت راست را می‌نویسیم. در نوشتن نام ترکیب‌های مولکولی از پیشوند مونو برای اتم سمت چپ استفاده نمی‌شود.

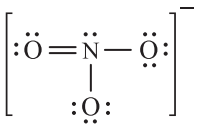
عبارت (ث): در هر مولکول N_2O_4، ۶ عدد اتم وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$?\,atom = ۲/۳g\,N_2O_4 \times \frac{۱mol\,N_2O_4}{۹۲g\,N_2O_4} \times \frac{۶mol\,atom}{۱mol\,N_2O_4} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom}{۱mol\,atom} = ۹/۰۳\times۱۰^{۲۲}\,atom$$

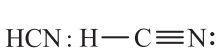
B ۳۶۳ ۳ بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در ترکیب‌های CH_2O و $SOCl_2$ به‌ترتیب برابر با $\frac{۱}{۲}$ و $\frac{۱۰}{۳}$ است. گزینهٔ (۲): با توجه به ساختارهای رسم شده، اتم مرکزی در NO_2 بر خلاف SO_2Cl_2، الکترون ناپیوندی دارد. گزینهٔ (۳): با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر دو مولکول داده شده، تمام پیوندها یگانه هستند. گزینهٔ (۴): مجموع شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها در مولکول‌های CO و HF به‌ترتیب برابر با ۱۰ و ۸ است.

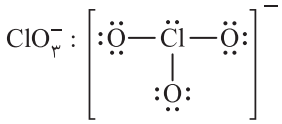
فرمول مولکولی	NO_2	SO_2Cl_2	$SOCl_2$	CH_2O
ساختار لوویس				
فرمول مولکولی	HF	CO	SF_2	CH_3F
ساختار لوویس				

B ۳۶۴ ۴ ساختار لوویس درست یون نیترات (NO_3^-) به صورت مقابل است:

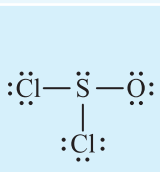
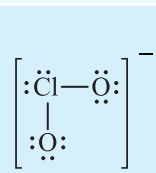
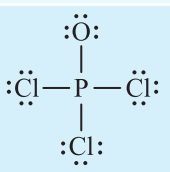
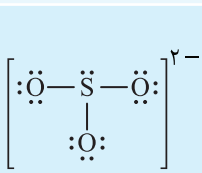
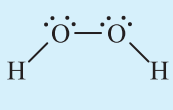
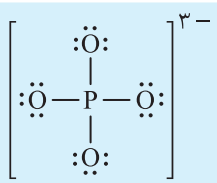
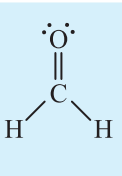
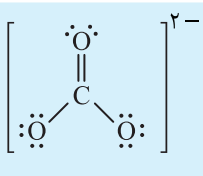


B ۳۶۵ ۲ ساختار لوویس HCN و ClO_3^- به‌صورت مقابل است:



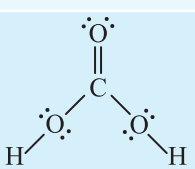
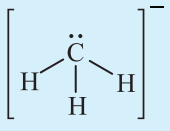
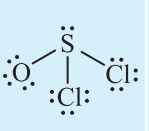
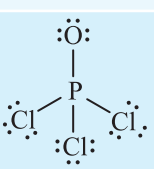


ساختار لوویس گونه‌های داده شده در سؤال به‌صورت زیر است:

فرمول شیمیایی	$SOCl_2$	ClO_2^-	$POCl_3$	SO_3^{2-}
ساختار لوویس				
فرمول شیمیایی	H_2O_2	PO_4^{3-}	CH_2O	CO_3^{2-}
ساختار لوویس				

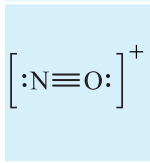
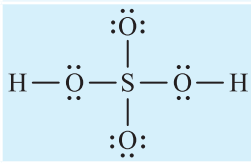
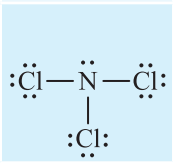
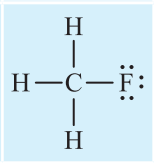
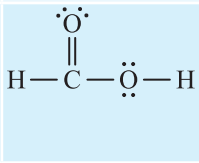
با توجه به جدول بالا، شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در $POCl_3$ همانند HCN برابر با ۴ و شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در یون SO_3^{2-} همانند یون ClO_3^- برابر با ۱۰ است.

B ۳۶۶ ۳ ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده به‌صورت زیر است:

فرمول مولکولی	H_2CO_3	CH_3^-	$SOCl_2$	$POCl_3$
ساختار لوویس				

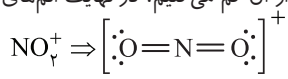
با توجه به جدول بالا، اتم مرکزی در گونه‌های (الف) و (ت) فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی هستند.

B ۳۶۷ ۲ ساختار لوویس گونه‌های داده شده به‌صورت زیر است:

فرمول شیمیایی	IO_2^-	H_2SO_4	NCl_3	CH_3F	HCOOH	NO^+
ساختار لوویس						
شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی	۸	۱۰	۱۰	۳	۴	۲

شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در H_2SO_4 و NCl_3 با هم برابر است و در HCOOH و NO^+ همهٔ پیوندها از نوع یگانه نیستند.

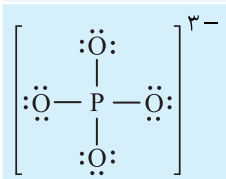
B ۳۶۸ ۴ برای رسم ساختار لوویس یون NO_2^+، ابتدا آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم مرکزی را رسم کرده و سپس یک الکترون از آن کم می‌کنیم. در نهایت اتم‌های اکسیژن را با پیوند کووالانسی به اتم مرکزی متصل می‌کنیم. ساختار لوویس این یون در شکل مقابل رسم شده است:

$NO_2^+ \Rightarrow$ 

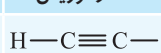
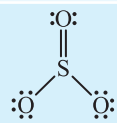
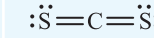
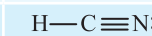
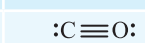
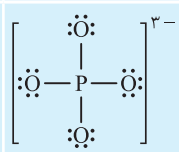
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): ساختار لوویس ترکیب CO به‌صورت $:C\equiv O:$ است و در هر مولکول آن ۴ الکترون ناپیوندی وجود دارد. همچنین آرایش الکترونی فشرده

$_{24}Cr$ به‌صورت مقابل است: $_{24}Cr:[_{18}Ar]\underbrace{3d^5 4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow$ ۶ الکترون پیوندی

گزینهٔ (۲): ساختار لوویس گونه‌های N_2O، CS_2 و PO_4^{3-} به‌صورت مقابل است. گزینهٔ (۳): $AsBr_3$، آرسنیک تری‌برمید نام دارد و ساختار لوویس آن به‌صورت مقابل است: ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی ⇒

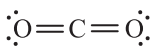
N_2O	CS_2	PO_4^{3-}
		
۸ الکترون پیوندی	۸ الکترون پیوندی	۸ الکترون پیوندی

C ۳۶۹ ۱ ساختار لوویس هر گونه را رسم می‌کنیم:

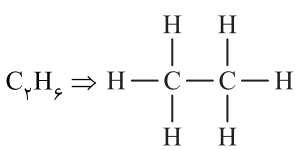
نام گونه	فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی
اتین	C_2H_2		۵
گوگرد تری‌اکسید	SO_3		۴
کربن دی‌سولفید	CS_2		۴
هیدروژن سیانید	HCN		۴
کربن مونوکسید	CO		۳
یون فسفات	PO_4^{3-}		۴

شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در چهار گونهٔ SO_3، CS_2، HCN و PO_4^{3-} با هم برابر است. سه گونهٔ C_2H_2، HCN و CO در ساختار خود پیوند سه‌گانه دارند.

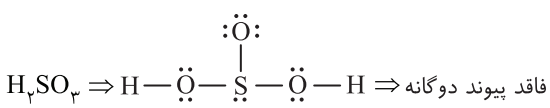
C ۳۷۰ ۱ به‌جز عبارت‌های (پ) و (ث)، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در هر مولکول CO_2، ۲ اتم اکسیژن و ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. ساختار لوویس این ترکیب به‌صورت مقابل است:



عبارت (ب): در هر مولکول از دی‌نیتروژن تترا اکسید (N_2O_4)، ۶ اتم نافلزی وجود دارد. همچنین ساختار لوویس C_2H_6 به‌صورت مقابل است و در هر مولکول آن ۷ پیوند کووالانسی وجود دارد:



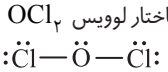
عبارت (پ): ساختار لوویس دو ترکیب H_2SO_3 و HCN به‌صورت زیر است:



یک پیوند سه‌گانه ⇐ $HCN \Rightarrow H-C\equiv N:$

فاقد پیوند دوگانه ⇐ $H_2SO_3 \Rightarrow H-\ddot{O}-\underset{\ddot{O}:}{S}-\ddot{O}-H$

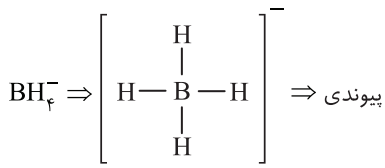
عبارت (ت): فرمول شیمیایی آهن (III) سولفید به‌صورت Fe_2S_3 بوده و در هر واحد فرمولی از آن، ۲ کاتیون Fe^{3+} وجود دارد. همچنین ساختار لوویس OCl_2 به‌صورت مقابل است و در مولکول آن، اتم مرکزی (O)، ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی دارد.



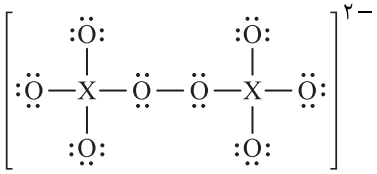
عبارت (ث): برای رسم ساختار لوویس BH_4^-، ابتدا آرایش الکترون-نقطه‌ای B را رسم کرده و سپس به آن یک الکترون اضافه می‌کنیم. در نهایت اتم‌های H را با پیوند یگانه به B متصل می‌کنیم. آرایش الکترونی $_{28}Ni$ و Ni^{2+} به‌صورت زیر است:

$$_{28}Ni: 1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^2 3p^6 3d^8, 4s^2 \xrightarrow{-2e^-} {}_{28}Ni: 1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^2 3p^6 3d^8$$

بنابراین در کاتیون Ni^{2+}، ۸ الکترون با $l=2$ (زیرلایهٔ d) وجود دارد.



B ۳۷۱ ۱ ابتدا با توجه به اینکه همهٔ اتم‌ها از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی می‌کنند، ساختار داده شده را کامل می‌کنیم:

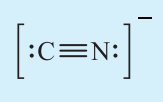
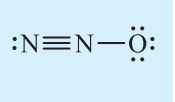
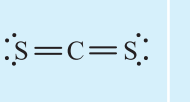
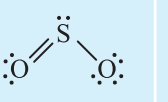
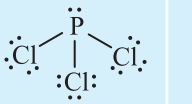


(مجموع تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی)−(مجموع یکان شمارهٔ گروه اتم‌ها)=بار یون چندتایی

$$-2=(2\times x+8\times 6)-(31\times 2)\Rightarrow x=6$$

با توجه به اینکه هر یک از اتم‌های X، ۶ الکترون در لایهٔ ظرفیت خود دارد، پس این عنصر متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی است.

B ۳۷۲ ۱

فرمول شیمیایی	CN^-	N_2O	SOF_2	CS_2	SO_2	PCl_3
ساختار لوویس						

با توجه به ساختار داده شده در صورت تست و ساختارهای رسم شده در بالا، پاسخ صحیح هر سه پرسش در گزینهٔ (۱) آمده است. **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): با توجه به تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی و همچنین بار گونه می‌توان نوشت:

$$-1=(x+3\times 6)-(13\times 2)\Rightarrow x=7$$

بنابراین اتم مرکزی در این ترکیب دارای ۷ الکترون ظرفیت بوده و متعلق به گروه ۱۷ جدول تناوبی است. پرسش (ب): شمار پیوندهای کووالانسی در یون CN^- و مولکول SOF_2 یکسان و برابر با ۳ می‌باشد. پرسش (پ): با توجه به ساختارهای رسم شده، شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در مولکول SO_2 برابر با ۶ و شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در مولکول N_2O برابر با ۴ است، پس نسبت خواسته شده برابر ۱/۵ است.

B ۳۷۳ ۳ اتم مرکزی در موارد اول، دوم، سوم و ششم به گروه ۱۵ تعلق دارد.

★ **نکته** برای تعیین بار یک یون چندتایی از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم.

(مجموع تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی)−(مجموع یکان شمارهٔ گروه اتم‌ها)=بار یون چندتایی

بررسی موارد: مورد اول: در این ساختار، ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۴ جفت‌الکترون پیوندی داریم که مجموع آن‌ها برابر با ۲۴ الکترون می‌باشد. در این ساختار هر اتم اکسیژن، شش الکترون در لایهٔ ظرفیت خود داشته و بار این گونه نیز (−۱) است، پس می‌توان نوشت:

$$-1=(X+3\times 6)-(24)\Rightarrow X=5$$

با توجه به تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت، اتم مرکزی در این یون متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است. مورد دوم: در این ساختار تنها ۴ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. با توجه به اینکه در لایهٔ ظرفیت هر یک از اتم‌های هیدروژن، یک الکترون وجود دارد، می‌توان نوشت:

$$+1=(X+4\times 1)-(4\times 2)\Rightarrow X=5$$

با توجه به تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت، اتم مرکزی در این یون نیز متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای می‌باشد. مورد سوم: در این ساختار ۴ جفت‌الکترون پیوندی و ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد که مجموع آن‌ها برابر با ۱۶ الکترون می‌باشد. با توجه به تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اکسیژن و بار گونه می‌توان نوشت:

$$+1=(X+2\times 6)-(16)\Rightarrow X=5$$

بنابراین اتم مرکزی در این یون نیز متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است. مورد چهارم: در این ساختار ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۴ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. در لایهٔ ظرفیت هر اتم کلر، ۷ الکترون وجود دارد، پس با توجه به بار گونه می‌توان نوشت:

$$-1=(X+4\times 7)-(16\times 2)\Rightarrow X=3$$

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۳ جدول دوره‌ای است. مورد پنجم: در این ساختار، ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۴ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. در لایهٔ ظرفیت هر اتم اکسیژن، ۶ الکترون وجود دارد، پس با توجه به بار گونه خواهیم داشت:

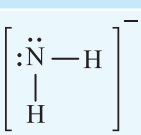
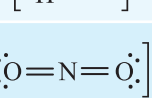
$$-4=(X+4\times 6)-(32)\Rightarrow X=4$$

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۴ جدول دوره‌ای است. مورد ششم: در این ساختار ۱۰ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۳ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. در لایهٔ ظرفیت هر اتم اکسیژن، ۶ الکترون وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$-3=(X+3\times 6)-(26)\Rightarrow X=5$$

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است.

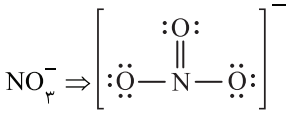
B ۳۷۴ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف):

فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	جفت الکترون‌های پیوندی / الکترون‌های ناپیوندی
NH_2^-		$\frac{1}{2}$
NO_2^+		$\frac{1}{2}$

عبارت (ب): ساختار لوویس ترکیب‌های HCN و NO^+ به‌صورت زیر است:

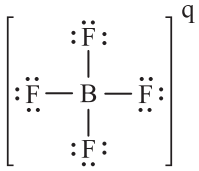
فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	شمار پیوندهای اشتراکی
HCN	$H-C\equiv N:$	۴
NO^+		۳

عبارت (پ): ساختار لوویس یون NO_3^- به‌صورت زیر است:



$$\Rightarrow \frac{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}} = \frac{8}{4} = 2$$

عبارت (ت): ساختار لوویس این ترکیب به‌صورت زیر است:

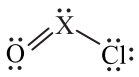


برای به‌دست آوردن بار یک ترکیب مولکولی می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

[مجموع شمار الکترون‌های به‌کار رفته در ساختار لوویس]−[مجموع الکترون‌های ظرفیت عنصرها]=q (بار یون)

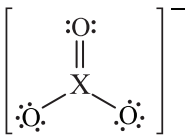
$$\Rightarrow q=[(7\times4)+(1\times3)]-[(4\times2)+(4\times6)]=-1$$

B ۳۷۵ **۲** ابتدا با توجه به اطلاعات داده شده، ساختار لوویس $XOCl$ را رسم کرده و شمار الکترون‌های ظرفیت عنصر X را تعیین می‌کنیم:



$$\Rightarrow \frac{\text{مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در ساختار}}{\text{مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت اتم}} \Rightarrow 9\times2=6+x+7 \Rightarrow x=5$$

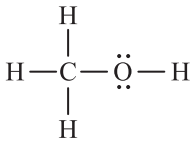
با توجه به اینکه X دارای ۵ الکترون ظرفیتی است، عنصری از گروه ۱۵ جدول تناوبی است و ساختار لوویس XO_3^- به صورت زیر است:



$\Rightarrow$ شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی $= 4$

عنصر X در واکنش با فلزات، یون (-3) تشکیل می‌دهد و فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از واکنش سدیم و X به صورت Na_3X است.

B ۳۷۶ **۳** عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): از آنجا که این گونه خنثی است، پس مجموع الکترون‌های ظرفیت در آن برابر با مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی می‌باشد. در ساختار داده شده، ۴ جفت‌الکترون پیوندی و ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد، پس مجموع الکترون‌های لایهٔ ظرفیت برابر با ۲۴ الکترون است. عبارت (ب): ساختار لوویس مولکول متانول (CH_3OH) به‌صورت زیر است.

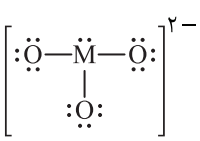


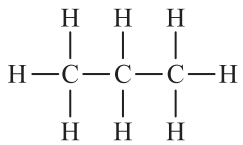
با توجه به ساختار لوویس متانول، در هر مولکول آن ۵ پیوند کووالانسی وجود دارد، در حالی که در مولکول گونهٔ داده شده در صورت سؤال، ۴ پیوند کووالانسی یافت می‌شود. عبارت (پ): با توجه به توضیح عبارت (الف) می‌توان نوشت: $12\times2)\Rightarrow M=6$ $-(M+3\times6)=0$

بنابراین اتم عنصر M، ۶ الکترون در لایهٔ ظرفیت خود دارد و متعلق به گروه ۱۶ جدول دوره‌ای می‌باشد.

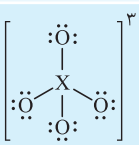
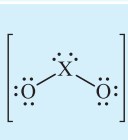
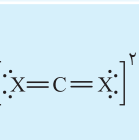
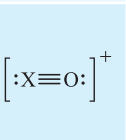
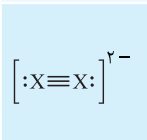
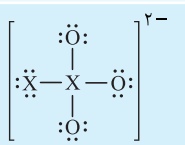
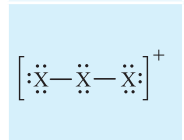
* **توجه** عنصرهای یک گروه خواص شیمیایی نسبتاً مشابهی دارند.

عبارت (ت): ساختار مولکول MH_2، به‌صورت $H-\ddot{M}-H$ است. با توجه به این ساختار، شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی با یکدیگر برابر است. عبارت (ث): در ساختار لوویس MO_3^{2-}، ۱۰ جفت‌الکترون ناپیوندی و در ساختار لوویس C_3H_8، ۱۰ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد.





C ۳۷۷ **۳** همهٔ موارد به‌جز مورد سوم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. ابتدا ساختار یون‌ها را با توجه به ویژگی‌های ذکر شده برای آن‌ها رسم می‌کنیم. **بررسی موارد:**

فرمول شیمیایی	XO_4^{3-}	XO_2^-	CX_2^{2-}	XO^+	X_2^{2-}	$X_2O_3^{2-}$	X_3^+
ساختار لوویس							

مورد اول: اتم X: گروه ۱۵ جدول دوره‌ای $-3=(X+4\times6)-(32)\Rightarrow X=5$

مورد دوم: اتم X: گروه ۱۷ جدول دوره‌ای $-1=(X+2\times6)-(20)\Rightarrow X=7$

مورد سوم: اتم X: گروه ۱۵ جدول دوره‌ای $-2=(4+2X)-(16)\Rightarrow X=5$

مورد چهارم: اتم X: گروه ۱۵ جدول دوره‌ای $+1=(X+6)-(10)\Rightarrow X=5$

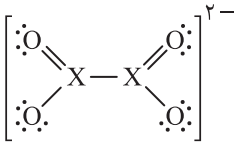
مورد پنجم: اتم X: گروه ۱۴ جدول دوره‌ای $-2=(2X)-(10)\Rightarrow X=4$

مورد ششم: اتم X: گروه ۱۶ جدول دوره‌ای $-2=(2X+3\times6)-(32)\Rightarrow X=6$

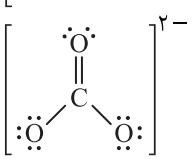
مورد هفتم: اتم X: گروه ۱۷ جدول دوره‌ای $+1=(3X)-(20)\Rightarrow X=7$

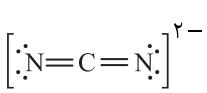
C ۳۷۸ **۳** همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت دوم درست هستند. ساختار کامل شدهٔ گونهٔ داده شده در سؤال به صورت مقابل است. با توجه به فرمول مقابل، می‌توان نوشت: (مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی)−(مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها)=بار یون

$$\Rightarrow -2=(2X+4\times6)-(17\times2)\Rightarrow X=4$$

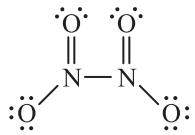


یا توجه به تعداد الکترون‌های ظرفیت عنصر X، این عنصر کربن است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ساختار لوویس گونه‌های CN_2^{2-} و CO_3^{2-} به صورت مقابل است. با توجه به این ساختارها، تعداد پیوند دوگانه در یون CN_2^{2-} با تعداد پیوندهای یگانه در یون CO_3^{2-} یکسان و برابر با ۲ پیوند است.



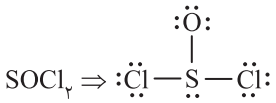


عبارت دوم: آرایش الکترونی اتم کربن به صورت $_6C: 1s^2 2s^2 2p^2$ است. در این اتم ۴ الکترون در زیرلایهٔ s با عدد کوانتومی فرعی $l=0$ و ۲ الکترون در زیرلایهٔ p با عدد کوانتومی فرعی $l=1$ قرار دارد. عبارت سوم: ساختار لوویس گونهٔ دی‌نیتروژن تترا اکسید (N_2O_4) به صورت مقابل است.



عبارت چهارم: کربن دی‌اکسید (CO_2) در دمای $-78^\circ C$ یا $195K$ به‌صورت جامد از مخلوط گازها جدا می‌شود. عبارت پنجم: گرافیت آلوتروپی از کربن است که نرم بوده و از آن در ساخت مغز مداد استفاده می‌شود. گرافیت همچنان به سرب مداد معروف است.

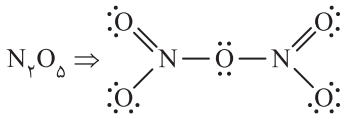
C ۳۷۹ ۴ تمامی عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ساختار لوویس ترکیب $SOCl_2$ به‌صورت مقابل است.



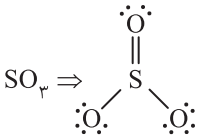
بنابراین در هر مولکول از این ترکیب، ۳ پیوند اشتراکی وجود دارد:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی } SOCl_2 = 23/8g\,SOCl_2 \times \frac{1mol\,SOCl_2}{119g\,SOCl_2} \times \frac{3mol\ \text{پیوند}}{1mol\,SOCl_2} \times \frac{6/02\times10^{23}\ \text{پیوند}}{1mol\ \text{پیوند}} \simeq 3/6\times10^{23}\ \text{پیوند}$$

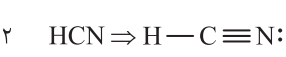
عبارت (ب): ساختار لوویس این سه ترکیب به‌صورت زیر خواهد بود:



$$\frac{\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون‌های پیوندی}} = \frac{12\times2}{8\times2} = 1/5$$



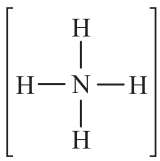
$$\frac{\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون‌های پیوندی}} = \frac{8\times2}{4\times2} = 2$$



$$\frac{\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون‌های پیوندی}} = \frac{1\times2}{4\times2} = 0/25$$

عبارت (پ): کلسیم تنها می‌تواند کاتیون پایدار Ca^{2+} ایجاد کند؛ بنابراین آنیون این ترکیب X_2^{2-} بوده که طبق متن عبارت، سه پیوند اشتراکی دارد و ساختار آن به صورت مقابل است:

ترکیب حاصل از کاتیون NH_4^+ و آنیون X_2^{2-}، به‌صورت $(NH_4)_2X_2$ خواهد بود. همچنین ساختار لوویس یون آمونیوم به‌صورت مقابل است. بنابراین ترکیب $(NH_4)_2X_2$ دارای ۸ پیوند اشتراکی در کاتیون‌های NH_4^+ بوده و اگر X_2^{2-} به‌صورت $\left[:X\equiv X:\right]^{2-}$ باشد، در ساختار آن ۳ پیوند اشتراکی وجود دارد؛ بنابراین در مجموع در هر واحد فرمولی $(NH_4)_2X_2$، ۱۱ پیوند اشتراکی وجود دارد. عبارت (ت): بار گونه‌های چندتایی را می‌توان از طریق رابطهٔ زیر به‌دست آورد:

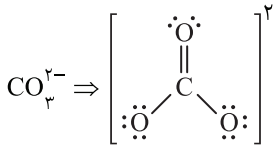


۴ پیوند اشتراکی

[مجموع الکترون‌های به کار رفته در ساختار لوویس]−[مجموع الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها]=q (بار گونه)

$$\left[:N\equiv N-N\equiv N-\ddot{N}:\right]^{q} \Rightarrow q=(5\times5)-(12\times2)=25-24=+1$$

همچنین ساختار لوویس CO_3^{2-} به‌صورت زیر است و در آن ۸ الکترون پیوندی وجود دارد. پس نسبت بار گونه (q) به شمار الکترون‌های پیوندی در CO_3^{2-} برابر $0/125\ (\frac{1}{8})$ است.



A ۳۸۰ ۳ اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب عنصرها و مواد واکنش می‌دهد؛ به‌طوری که شیمی‌دان‌ها از این ویژگی برای تهیهٔ بسیاری از مواد از جمله سولفوریک اسید، بهره می‌گیرند. برخی (نه همه!) عنصرهای فلزی و نافلزی نیز می‌توانند با اکسیژن بسوزند و به اکسیدهای فلزی و نافلزی تبدیل شوند.

* **توجه** برخی فلزها مانند طلا هرگز با گاز اکسیژن به‌طور خودبه‌خودی واکنش نمی‌دهند و اکسایش نمی‌یابند.

توجه کنید که در واکنش سوختن که یک واکنش شیمیایی است، یک ماده با اکسیژن واکنش می‌دهد و بخشی (نه همه!) از انرژی شیمیایی ماده به صورت نور و گرما آزاد می‌شود.

A ۳۸۱ ۲ موارد (ب) و (ت)، جمله را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی موارد:** مورد (الف): رنگ شعلهٔ گوگرد، آبی است. فراوردهٔ حاصل از سوختن این عنصر، گوگرد دی‌اکسید (SO_2) است که در هر واحد فرمولی آن ۳ اتم وجود دارد. مورد (ب): اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب می‌سوزند. محصول واکنش سوختن فلز آهن، آهن (III) اکسید بوده و شعله‌ای نارنجی رنگ تولید می‌کند. در نام‌گذاری اکسیدهای آهن و فلزهایی که دارای چند ظرفیت هستند، می‌بایست ظرفیت فلز به‌صورت عدد رومی داخل پرانتز جلوی نام فلز آورده شود. مورد (پ): رنگ شعلهٔ فلز سدیم زرد رنگ است. فلز سدیم در واکنش با گاز اکسیژن، تولید سدیم اکسید با فرمول شیمیایی Na_2O می‌کند که در آن نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با $0/5\ (\frac{1}{2})$ است. مورد (ت): رنگ شعلهٔ منیزیم، سفید است. این عنصر در اثر سوختن (یا اکسایش)، منیزیم اکسید با فرمول شیمیایی MgO را به‌عنوان فراورده تولید می‌کند و هر دو یون منیزیم (Mg^{2+}) و اکسید (O^{2-}) به آرایش الکترونی گاز نجیب نئون می‌رسند.

A ۳۸۲ ۲ معادلهٔ نوشتاری سوختن کامل زغال سنگ: نور و گرما + کربن دی‌اکسید + گوگرد دی‌اکسید + بخار آب ← اکسیژن + زغال‌سنگ

زغال سنگ در حضور اکسیژن می‌سوزد و افزون‌بر تولید گازهای SO_2، CO_2 و بخار آب، مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند؛ بنابراین عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در صورتی که مقدار اکسیژن محیط کافی باشد، اتم‌های کربن تنها به گاز کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند که در هر واحد فرمولی آن، ۲ اتم اکسیژن وجود دارد. عبارت (ب): در صنعت برای تهیهٔ سولفوریک اسید، نخست گوگرد را در واکنش با گاز اکسیژن به SO_2 تبدیل می‌کنند. واکنشی که به سوختن گوگرد معروف است. با توجه به معادلهٔ واکنش، از سوختن زغال سنگ نیز گاز گوگرد دی‌اکسید تولید می‌شود. عبارت (پ): سوختن، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به‌صورت گرما و نور آزاد می‌شود. عبارت (ت): در صورتی که مقدار گاز اکسیژن محیط کافی نباشد، علاوه‌بر CO_2، H_2O و SO_2، گاز CO نیز تولید می‌شود. عبارت (ث): اگر مقدار اکسیژن محیط کافی نباشد، زغال سنگ به صورت ناقص می‌سوزد و گاز CO نیز تولید می‌شود. ساختار لوویس مولکول CO به صورت $:C\equiv O:$ است.

A ۳۸۳ ۴ نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به‌طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد، اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فراورده‌ها تولید خواهد شد؛ در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): رنگ زرد شعله، نشان‌دهندهٔ سوختن ناقص است و رنگ آبی شعله، نشان می‌دهد که وسیلهٔ گازسوز به‌درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد. رنگ شعلهٔ سدیم و گوگرد به‌ترتیب زرد و آبی است. گزینهٔ (۳): فراوردهٔ کربن‌دار سوختن کامل سوخت‌های فسیلی، گاز کربن دی‌اکسید و فراوردهٔ کربن‌دار سوختن ناقص آن‌ها که به همراه سایر فراورده‌های سوختن کامل تولید می‌شود، گاز سمی کربن مونوکسید است. با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، در ساختار لوویس گاز کربن دی‌اکسید دو پیوند دوگانه و در ساختار لوویس گاز کربن مونوکسید یک پیوند سه‌گانه وجود دارد.

B ۳۸۴ ۴ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت (الف) درست هستند. مدل فضاپرکن نمایش داده شده در صورت سؤال مربوط به گاز کربن مونوکسید است. کربن مونوکسید، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمّی است. که ساختار لوویس آن به صورت مقابل بوده و نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در آن برابر $۱/۵ (\frac{۳}{۲})$ است. $CO \Rightarrow :C \equiv O:$

چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به‌طوری که به سرعت در همهٔ فضای اتاق پخش می‌شود. از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند.

B ۳۸۵ ۴ مورد اول: اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می‌سوزند. مورد دوم: نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی به مقدار گاز اکسیژن مورد دسترس در محیط بستگی دارد. مورد سوم: یکی از کاربردهای آرگون ایجاد محیط بی‌اثر هنگام جوشکاری است. با این روش، استحکام و طول عمر فلز جوشکاری شده افزایش می‌یابد. مورد چهارم: با توجه به فراورده‌های واکنش سوختن زغال سنگ، می‌توان نتیجه گرفت که در ساختار آن عناصر C، H و S وجود دارد و البته عنصرهای اکسیژن و نیتروژن هم یافت می‌شود. همچنین در واکنش سوختن ناقص زغال سنگ، گاز کربن مونوکسید تولید می‌شود.

★ **نکته** به هنگام جوشکاری می‌توان از گازهای نجیب مانند آرگون یا هلیم به‌عنوان محیط بی‌اثر استفاده کرد. در این روش، این گازها به دلیل واکنش‌ناپذیری، با ایجاد محیط بی‌اثر، از ایجاد اکسید و متخلخل شدن ساختار فلز در اثر ایجاد اکسید فلز و سایر ترکیب‌ها جلوگیری می‌کنند.

B ۳۸۶ ۱ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. شکل‌های (۱) تا (۴) به‌ترتیب سوختن عنصرهای منیزیم، گوگرد، سدیم و آهن را نمایش می‌دهند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فراوردهٔ واکنش‌های (۱) تا (۳) به‌ترتیب منیزیم اکسید، گوگرد دی‌اکسید و سدیم اکسید می‌باشد که از میان این ترکیب‌ها، گوگرد دی‌اکسید برخلاف دو اکسید دیگر، یک ترکیب مولکولی است. عبارت (ب): فراوردهٔ حاصل در شکل (۲)، گوگرد دی‌اکسید $(SO_۲)$ و فراوردهٔ حاصل در شکل (۱)، منیزیم اکسید (MgO) است. شمار اتم‌های اکسیژن در هر واحد فرمولی از شکل‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب برابر با یک و دو است؛ بنابراین نسبت شمار اتم اکسیژن در هر واحد فرمولی از فراوردهٔ شکل (۲)، دو برابر تعداد اتم‌های اکسیژن در هر واحد فرمولی از فراوردهٔ شکل (۱) است. عبارت (پ): فراوردهٔ شکل‌های (۳) و (۴) به‌ترتیب سدیم اکسید $(Na_۲O)$ و آهن (III) اکسید $(Fe_۲O_۳)$ بوده و نسبت آنیون به کاتیون در این دو ترکیب به‌ترتیب برابر با $\frac{۱}{۲}$ و $\frac{۳}{۲}$ است؛ بنابراین نسبت شمار آنیون‌ها به شمار کاتیون‌ها در فراوردهٔ شکل (۴)، سه برابر این نسبت در فراوردهٔ شکل (۳) است. عبارت (ت): عنصر نشان داده شده در شکل (۲)، گوگرد $(_{۱۶}S)$ است که پس از سوختن و به اشتراک گذاشتن الکترون با اتم‌های اکسیژن، به آرایش هشت‌تایی پایدار گاز نجیب آرگون می‌رسد.

نکته‌ترکیبی رنگ شعلهٔ واکنش‌ها در کتاب درسی در یک نگاه:

فرایند	رنگ	فرایند	رنگ	فرایند	رنگ	فرایند	رنگ
سوختن گرد آهن	نارنجی	سوختن لیتیم	قرمز	سوختن کامل متان	آبی	سوختن پتاسیم	بنفش
سوختن منیزیم	سفید	سوختن سدیم	زرد	سوختن ناقص متان	زرد	لامپ نئون	قرمز
سوختن گوگرد	آبی	سوختن مس	سبز				

A ۳۸۷ ۳ رنگ زرد شعله در شکل (۱)، نشان‌دهندهٔ سوختن ناقص سوخت فسیلی است و رنگ آبی شعله در شکل (۲)، نشان می‌دهد که وسیلهٔ گازسوز به‌درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد. نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به‌طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد. اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فراورده‌ها تولید خواهد شد که در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص است. از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول‌های کربن مونوکسید پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانهٔ عصبی را فلج می‌کند به‌طوری که قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود.

B ۳۸۸ ۳

★ **نکته** **مقایسهٔ واکنش‌های سوختن و اکسایش:**

• **شباهت‌ها:** ۱- نوع فراورده‌های تولیدی ۲- مقدار انرژی آزاد شده • **تفاوت‌ها:** ۱- سرعت واکنش ۲- ایجاد نور و شعله ۳- حالت فیزیکی آب

سوختن واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و گرما و نور آزاد می‌کند. اکسایش، واکنش آرام مواد با اکسیژن است که با تولید انرژی همراه است. توجه کنید که واکنش سوختن و اکسایش یک ماده تنها در سرعت واکنش با هم متفاوت‌اند و از نظر فراورده‌ها، میزان گرمای تولیدی و میزان اکسیژن مصرفی مشابه‌اند.

B ۳۸۹ ۴

نکته‌ترکیبی تفاوت‌ها و شباهت‌های سوختن کامل و ناقص:

• **شباهت‌ها:** ۱- در هر دو، واکنش بین مادهٔ سوختنی و اکسیژن انجام می‌شود. ۲- در هر دو واکنش، بخار آب تولید می‌شود. ۳- در هر دو واکنش، واکنش‌دهنده‌ها ناپایدارتر از فراورده‌ها هستند. ۴- چه در سوختن کامل و چه در سوختن ناقص یک ماده، هر دو مقدار مول یکسانی از هر کدام از فراورده‌ها تولید می‌شود.

مثال سوختن کامل متان: $CH_۴ + ۲O_۲ \rightarrow \underline{CO_۲} + \underline{۲H_۲O}$ سوختن ناقص متان: $CH_۴ + \frac{۳}{۲}O_۲ \rightarrow \underline{CO} + \underline{۲H_۲O}$

• **تفاوت‌ها:** ۱- در سوختن کامل برخلاف سوختن ناقص، غلظت اکسیژن محیط به اندازهٔ کافی است. ۲- رنگ شعلهٔ سوختن ناقص، زرد رنگ و رنگ شعلهٔ سوختن کامل، آبی است. ۳- دمای شعلهٔ سوختن کامل بسیار بالاتر از سوختن ناقص است.

سـوختن کامل و ناقص گاز شـهری در همهٔ موارد ذکر شـده با هم متفاوت‌اند. **بررسـی عبارت‌ها:** عبارت (الف): رنگ شعله در واکنش سوختن کامل گاز شهری به رنگ آبی و در واکنش سوختن ناقص آن به رنگ زرد است. عبارت (ب): انرژی نور آبی بیشتر از نور زرد است؛ پس دمای شعله هنگام سوختن کامل گاز شهری بالاتر است. عبارت (پ): در واکنش سـوختن کامل گاز شـهری گاز کربن دی‌اکسـید و بخار آب تولید می‌گردد، در حالی‌که در واکنش سوختن ناقص آن، گاز کربن مونوکسید و بخار آب تولید می‌شـود. عبارت (ت): از آنجا که نوع فراورده‌ها و سـطح انرژی آن‌ها در واکنش‌های سـوختن کامل و ناقص گاز شـهری با یکدیگر متفاوت اسـت؛ پس میزان گرمای حاصل از این واکنش‌ها نیز در شرایط یکسان، متفاوت خواهد بود. گرمای حاصل از سوختن کامل گاز شهری بیشتر از سوختن ناقص آن است. عبارت (ث): اگر اکسیژن در محیط وجود داشته باشد، سوختن کامل انجام می‌شود؛ اما اگر اکسیژن کم باشد، سوختن ناقص است. پس میزان اکسیژن مصرفی در واکنش سوختن ناقص کمتر است. عبارت (ج): یکی از فراورده‌های سوختن ناقص گاز شهری گاز کربن مونوکسید است که بسیار سمی است و مسمومیت با آن کشنده است. کربن دی‌اکسید که از سوختن کامل گاز شهری حاصل می‌شود، سمی نیست.

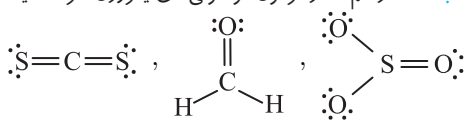
B ۳۹۰ ۱ اکسیژن در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی مانند چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها (نه هیدروکربن‌ها!) و پروتئین‌ها یافت می‌شود. هیدروکربن‌ها در ساختار خود دارای اتم‌های کربن و هیدروژن بوده و فاقد اتم اکسیژن هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. گزینهٔ (۳): سوختن واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود و بخش دیگری از آن به صورت انرژی پتانسیل (شیمیایی) در فراورده‌های واکنش باقی می‌ماند. گزینهٔ (۴): نوع واکنش سوخت‌های فسیلی با گاز اکسیژن و نوع فراورده‌های حاصل به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد.

A ۳۹۱ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. شکل (الف) مربوط به سوختن ناقص و شکل (ب) مربوط به سوختن کامل متان است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در طیف مرئی، طول موج نور زرد بلندتر از طول موج نور آبی است. عبارت دوم: در اثر سوختن ناقص متان، گاز کربن مونوکسید $(:C\equiv O:)$ تولید می‌شود که در ساختار خود دارای یک پیوند سه‌گانه است. عبارت سوم: اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود؛ اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، سوختن به صورت ناقص است؛ بنابراین مقدار اکسیژن مصرفی در واکنش سوختن ناقص، کمتر است. عبارت چهارم: گاز کربن مونوکسید یکی از فراورده‌های سوختن ناقص متان است که میل ترکیبی هموگلوبین خون با آن بسیار زیاد و ۲۰۰ برابر گاز اکسیژن است.

B ۳۹۲ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهندهٔ هواکره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است. مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هواکره با هم تفاوت دارد. عبارت (ب): با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار گاز اکسیژن به طور پیوسته کاهش می‌یابد. عبارت (پ): اکسیژن گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب (نه همه!) عنصرها و مواد واکنش می‌دهد. عبارت (ت): کربن مونوکسید (CO) نسبت به کربن دی‌اکسید (CO_2) سطح انرژی بیشتری دارد و ناپایدارتر است. عبارت (ث): چربی ذخیره شده در کوهان شتر $(C_{57}H_{110}O_6)$، مطابق واکنش زیر اکسایش یافته و افزون‌بر تولید انرژی، آب مورد نیاز جانور را نیز تأمین می‌کند. به معادلهٔ اکسایش این ماده در بدن شتر توجه کنید:

$$2C_{57}H_{110}O_6(s)+163O_2(g)\rightarrow 114CO_2(g)+110H_2O(l)+\text{انرژی}$$

C ۳۹۳ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آهن دارای اکسیدهای FeO و Fe_2O_3 و مس دارای اکسیدهای CuO و Cu_2O می‌باشد. در FeO و CuO نسبت شمار آنیون به کاتیون، یکسان و برابر ۱ است. عبارت (ب): شمار اتم‌ها در فرمول مولکولی دی‌نیتروژن تترا اکسید (N_2O_4) برابر ۶ و در گوگرد دی‌اکسید (SO_2) برابر ۳ است. عبارت (پ): هر سه ترکیب SO_3، CH_2O و CS_2 در ساختار خود دارای ۴ پیوند کووالانسی هستند. عبارت (ت): سوختن واکنش



شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود. این واکنش الزاماً به صورت کامل نمی‌باشد. عبارت (ث): کربن مونوکسید گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا بوده و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است و میل ترکیبی آن با هموگلوبین بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است.

A ۳۹۴ ۱ فقط عبارت چهارم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به‌عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند. اکسیدهای فلزی خاصیت بازی داشته و با انحلال در آب، محلولی با pH بزرگ‌تر از ۷ تولید می‌کنند. عبارت دوم: کاغذ pH در محیط اسیدی $(pH<7)$ به رنگ قرمز و در محیط بازی $(pH>7)$ به رنگ آبی درمی‌آید. عبارت سوم: مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این جانداران با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید محلول در آب از بین می‌روند؛ زیرا خاصیت اسیدی آب افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها از کلسیم اکسید (آهک) استفاده می‌شود. کلسیم عنصری از گروه دوم و دورهٔ چهارم جدول تناوبی است. عبارت پنجم: به طور کلی اکسیدهای فلزی مانند Na_2O را اکسید بازی و اکسیدهای نافلزی مانند SO_3 را اکسید اسیدی می‌نامند.

A ۳۹۵ ۳ اکسیدهای نافلزی با انحلال در آب خاصیت اسیدی آن را افزایش می‌دهند. کاغذ pH در محیط اسیدی به رنگ قرمز درمی‌آید؛ بنابراین از میان اکسیدهای داده شده، چهار ترکیب کربن دی‌اکسید (CO_2)، تترا فسفر دکا اکسید (P_4O_{10})، گوگرد تری‌اکسید (SO_3) و دی‌نیتروژن پنتا اکسید (N_2O_5) با انحلال در آب اسید تولید می‌کنند و کاغذ pH در محلول آبی این ترکیب‌ها به رنگ قرمز درمی‌آید.

B ۳۹۶ ۴ همهٔ اکسیدهای نافلزی، اکسید اسیدی نیستند. برای نمونه CO، NO و N_2O، اکسید نافلزی هستند ولی اکسید اسیدی نیستند؛ زیرا هنگام انحلال در آب، با مولکول‌های آب وارد واکنش نمی‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. آهک همان اکسید فلز کلسیم بوده که عنصری از گروه دوم جدول تناوبی است. گزینهٔ (۲): فرمول شیمیایی آهک که همان کلسیم اکسید است، به‌صورت CaO می‌باشد. نسبت شمار آنیون به کاتیون در این ترکیب برابر با یک است. گزینهٔ (۳): برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به‌عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند.

B ۳۹۷ ۳ اعداد کوانتومی $l=1$ و $n=3$ مربوط به زیرلایه‌های $3p$ است؛ بنابراین عنصر مورد نظر در لایهٔ ظرفیت خود دارای ۴ الکترون در زیرلایهٔ $3p$ است. طبق قاعدهٔ آفبا آرایش الکترونی این اتم به صورت مقابل است:

$$X:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,\underbrace{3p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

پس این عنصر دارای عدد اتمی ۱۶ بوده و همان گوگرد (S) است. $_{16}S$ یک عنصر نافلزی بوده و اکسید آن در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند. این اتم نافلزی با گرفتن ۲ الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب و اتم فلزی $_{12}Mg$ با از دست دادن ۲ الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب دست می‌یابند. بنابراین خواهیم داشت:

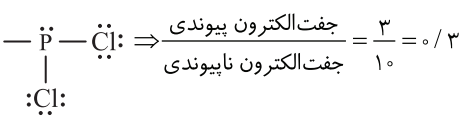
$$Mg^{2+}S^{2-}\Rightarrow Mg_2S_2\xrightarrow{\text{ساده کردن زیروندها}}MgS\Rightarrow\frac{\text{شمار کاتیون}}{\text{شمار آنیون}}=\frac{1}{1}=1$$

B ۳۹۸ ۲ عبارت‌های چهارم و پنجم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: کربن مونوکسید گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است و میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است به طوری‌که مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. عبارت دوم: برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند. عبارت سوم: کلسیم اکسید (CaO) یک اکسید فلزی بوده و در واکنش با آب، باز تولید می‌کند. به همین دلیل از آن برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده می‌شود. عبارت چهارم: عدد کوانتومی $l=1$ مربوط به زیرلایه‌های p است، پس عنصر مورد نظر دارای ۱۰ الکترون در زیرلایه‌های p می‌باشد. طبق قاعدهٔ آفبا خواهیم داشت:

$$X:1s^2\,2s^2\,\underline{\underline{2p^6}}\,3s^2\,\underline{\underline{3p^4}}$$

بنابراین این عنصر، گوگرد (S) است. گوگرد در دستهٔ p جدول دوره‌ای قرار داشته و یک نافلز است. اکسید این نافلز یک اکسید اسیدی است و pH محلول آبی آن کمتر از ۷ است. عبارت پنجم: ششمین و دوازدهمین عناصر جدول دوره‌ای، کربن $(_6C)$ و منیزیم $(_{12}Mg)$ هستند. از میان اکسیدهای کربن $(CO$ و $CO_2)$، گاز CO_2 در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند و یک اکسید اسیدی است اما گاز CO هنگام انحلال در آب با آب واکنش نمی‌دهد. اکسید فلز منیزیم (MgO) یک اکسید بازی بوده و در واکنش با آب باز تولید می‌کند.

B ۳۹۹ ۴ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمّی است، آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به‌کار می‌رود؛ بنابراین، عناصر A، B، C، D، E به ترتیب فسفر، گوگرد، کلر، آرگون، پتاسیم و کلسیم هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پتاسیم اکسید (K_2O) برخلاف اکسیدهای گوگرد $(SO_2$ و $SO_3)$ یک اکسید فلزی است و با حل شدن در آب یک محلول بازی ایجاد می‌کند که pH بزرگ‌تر از ۷ دارد. عبارت (ب): ترکیب حاصل از عناصر فسفر و کلر دارای فرمول مولکولی PCl_3 بوده و ساختار لوویس آن به صورت مقابل است:



$$\Rightarrow\frac{\text{جفت‌الکترون پیوندی}}{\text{جفت‌الکترون ناپیوندی}}=\frac{3}{10}=0/3$$

عبارت (پ): برخی از کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند. عبارت (ت): یون‌های پایدار این عناصر به ترتیب به صورت P^{3-}، S^{2-}، Cl^-، K^+ و Ca^{2+} است و آرایش الکترونی همگی آن‌ها مشابه گاز نجیب آرگون است.

C ۴۰۰ ۲ عنصرهای معرفی شده در عبارت‌های (الف) و (ت) فلز بوده و اکسید آن‌ها در اثر انحلال در آب، محلولی با خاصیت بازی $(pH>7)$ تولید می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر معرفی شده، پتاسیم $(_{19}K)$ بوده که فرمول شیمیایی اکسید آن به‌صورت K_2O است. این ترکیب یک اکسید فلزی یا اکسید بازی است و با انحلال در آب، محلولی با خاصیت بازی تولید می‌کند. عبارت (ب): عنصرهای $_{17}X$ و $_{26}Y$ به‌ترتیب کلر $(_{17}Cl)$ و آهن $(_{26}Fe)$ هستند. کلر در گروه هفده جدول تناوبی و آهن در دورهٔ چهارم این جدول قرار دارند؛ بنابراین عنصری که هم‌گروه با عنصر کلر و هم‌دوره با عنصر آهن باشد، عنصر برم $(_{35}Br)$ است. این عنصر یک نافلز بوده و اکسید آن خاصیت اسیدی دارد. عبارت (پ): سومین گاز نجیب در جدول تناوبی، عنصر آرگون است. عنصری که با گرفتن سه الکترون به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون می‌رسد، عنصر فسفر $(_{15}P)$ بوده و یک عنصر نافلزی است؛ بنابراین اکسید آن خاصیت اسیدی دارد. عبارت (ت): زیرلایهٔ مورد نظر، زیرلایهٔ $4s$ است که نخستین عنصری است که در آن، این زیرلایه به‌طور کامل پر می‌شود، عنصر کلسیم با آرایش الکترونی $_{18}[Ar]4s^2$ است. کلسیم عنصری فلزی بوده و اکسید آن خاصیت بازی دارد.

عبارت (ث): چون تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها کوچک‌تر از اندازهٔ بار آنیون است، پس ما این عبارت را یکبار با «$n-e=3$» و یکبار با «$e-n=2$» حل می‌کنیم:

حل با $n-e=2$:

$$^{31}X^{3-}\begin{cases}n+p=31\\n-e=2\end{cases}\xrightarrow{e=p+3}\begin{cases}n+p=31\\n-p=5\end{cases}\Rightarrow p=13$$

عدد اتمی آلومینیم (Al) برابر ۱۳ است. یون پایدار آلومینیم $(+3)$ است. (نه -3!)

حل با $e-n=2$:

$$^{31}X^{3-}\begin{cases}n+p=31\\e-n=2\end{cases}\xrightarrow{e=p+3}\begin{cases}n+p=31\\p-n=-1\end{cases}\Rightarrow p=15$$

عدد اتمی عنصر فسفر (P) برابر ۱۵ است و یون پایدار آن (-3) است. اکسید این عنصر خاصیت اسیدی دارد و pH آن کوچک‌تر از ۷ است.

A ۴۰۱ ۴ فقط عبارت (ب) نادرست است. در هر تغییر شیمیایی مانند سوختن مواد، فساد مواد غذایی و ... از یک یا چند مادهٔ شیمیایی، ماده (مواد) تازه‌ای تولید می‌شود. هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آن‌ها را با یک معادله نشان می‌دهند. تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. برای مثال هنگامی که به شکر گرما داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

A ۴۰۲ ۱ معادلهٔ نمادی، افزون‌بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آن‌ها و اطلاعاتی دربارهٔ شرایط واکنش نیز ارائه کند. این معادله اطلاعاتی از چگونگی، ترتیب و نحوهٔ مخلوط کردن واکنش‌دهنده‌ها ارائه نمی‌دهد.

A ۴۰۳ ۱ عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** نمادهای به‌کار رفته برای حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی و معنای برخی از آن‌ها را در جدول روبه‌رو مشاهده می‌کنید. با توجه به توضیحات داده شده در این جدول، به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم: عبارت (الف): حالت فیزیکی مواد گازی را در معادلهٔ نمادی با نماد (g) نمایش می‌دهیم. با توجه به معادلهٔ داده شده در صورت سؤال، حالت فیزیکی همهٔ مواد شرکت‌کننده در واکنش یکسان و به حالت گازی می‌باشد.

* **توجه** در معادلهٔ واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد.

عبارت (ب): با توجه به دما و فشار معرفی شده در معادلهٔ واکنش، این واکنش در دمای $350^\circ C$ و فشار $340\ atm$ انجام می‌شود.

* **نکته** دمای مورد نیاز برای انجام واکنش $(\xrightarrow{\theta^\circ C})$ یا علامت نیاز گرما برای شروع واکنش $(\xrightarrow{\Delta})$ ارتباطی با گرماده یا گرماگیر بودن واکنش ندارد و گرماده یا گرماگیر بودن واکنش را تنها با کمیت آنتالپی واکنش می‌توان سنجید.

عبارت (پ): با توجه به مطالب بیان شده، دمای مورد نیاز برای انجام واکنش، ارتباطی به گرماگیر یا گرماده بودن واکنش ندارد. عبارت (ت): برای نمایش کاتالیزگر واکنش، نماد شیمیایی آن را می‌توان روی فلش در معادلهٔ نمادی نشان داد. در این واکنش فلز پلاتین $(Pt(s))$ کاتالیزگر واکنش بوده و باعث می‌شود این واکنش با سرعت بیشتری انجام گیرد. عبارت (ث): از معادلهٔ نمادی نمی‌توان به چگونگی و ترتیب مخلوط شدن واکنش‌دهنده‌ها و مکانیزم واکنش پی برد.

نماد	معنا
$\longrightarrow$	تولید می‌کند یا می‌دهد.
$\xrightarrow{\Delta}$	واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می‌دهند.
$\xrightarrow{20atm}$	واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می‌شود.
$\xrightarrow{1200^\circ C}$	واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس انجام می‌شود.
$\xrightarrow{Pd(s)}$	برای انجام شدن واکنش، از فلز پالادیم (Pd) به‌عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود.
(s)	جامد
(l)	مایع
(g)	گاز
(aq)	محلول آبی

B ۴۰۴ ۱

* **نکته** **چه واکنش‌هایی از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند؟** در دنیای واکنش‌های شیمیایی، یک قانون وجود دارد که همه بی‌چون و چرا از آن پیروی می‌کنند و آن این است که جرم مخلوط واکنش همواره عددی ثابت است. به این اصل، قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی می‌گوییم. اکنون به نکات زیر دربارهٔ آن توجه کنید: ۱- در معادلهٔ واکنش‌های شیمیایی، مجموع شمار اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله یکسان است. ۲- در واکنش‌های شیمیایی موازنه شده، مجموع شمار اتم‌ها در دو طرف واکنش همواره برابر است. اما دقت کنید که در هر واکنشی که شمار اتم‌ها در دو طرف معادله یکسان است، لزوماً موازنه شده نیست. ۳- مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها با مجموع جرم فراورده‌ها برابر است. ۴- در برخی واکنش‌ها همچون تجزیهٔ مواد جامد که در ظرف درباز انجام می‌گیرند، ممکن است در ظاهر احساس کنیم که جرم فراورده‌ها کمتر از واکنش‌دهنده‌ها است که این موضوع به خروج گازها از ظرف واکنش برمی‌گردد و این قانون نقض نشده است. ۵- در واکنش‌های هسته‌ای، قانون پایستگی جرم برقرار نیست.

یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همهٔ آن‌ها از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند. طبق این قانون، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در واکنش‌های شیمیایی، اتمی از بین نمی‌رود و به وجود هم نمی‌آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم‌های واکنش‌دهنده‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند و فراورده‌ها را به وجود می‌آورند؛ بنابراین تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادلهٔ واکنش یکسان است. طبق این قانون، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است. گزینهٔ (۲): در معادله‌ای که مجموع تعداد اتم‌ها در واکنش‌دهنده‌ها با این مقدار در فراورده‌ها برابر است، الزاماً از قانون پایستگی جرم پیروی نمی‌کنند. برای مثال به واکنش « $Fe_2O_3(s)+Al(s)\xrightarrow{\Delta}Fe(l)+Al_2O_3(s)$ » که ترمیت نام دارد، دقت کنید. در معادلهٔ نمادی نوشته شده، تعداد اتم‌ها در سمت واکنش‌دهنده با این تعداد در سمت فراورده‌ها یکسان و برابر با ۶ اتم می‌باشد، اما تعداد هر یک از اتم‌های عنصر آلومینیم و عنصر آهن در دو سمت واکنش یکسان نیست. گزینهٔ (۳): در یک واکنش شیمیایی الزاماً مواد شرکت‌کننده، ترکیب‌های مولکولی نبوده و می‌توانند از دیگر انواع مواد باشند. همچنین توجه کنید که در یک واکنش شیمیایی الزاماً تعداد مول‌های مواد شرکت‌کننده در دو سمت معادله برابر نمی‌باشند. برای مثال در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش $N_2O_4(g)\rightarrow 2NO_2(g)$ ، در واکنش‌دهنده‌ها یک مول ماده و در فراورده‌ها دو مول ماده وجود دارد. گزینهٔ (۴): در واکنش‌های شیمیایی، شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر تغییر می‌کند و از یک یا چند ماده (مولکولی یا یونی) یک یا چند مادهٔ (مولکولی یا یونی) جدید ایجاد می‌شود.

B ۴۰۵ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در معادلهٔ نمادی داده شده، نماد شیمیایی پلاتین اشتباه نوشته شده است. نماد شیمیایی عنصر پلاتین «Pt» بوده و «Pd» نماد شیمیایی عنصر پالادیم است. عبارت (ب): یک معادلهٔ نمادی، افزون‌بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آن‌ها و اطلاعاتی دربارهٔ شرایط انجام نیز ارائه کند. اما در معادلهٔ نوشتاری چنین مواردی بیان نمی‌شود. عبارت (پ): تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. اما توجه کنید که برخی از این تغییرات در تغییرات فیزیکی نیز ممکن است رخ بدهند، برای مثال با کاهش دمای یک محلول سیرشده، مادهٔ حل‌شونده در ته ظرف رسوب می‌کند یا در هنگام به جوش آوردن آب، بخار آب (گاز) تولید می‌شود، اما هیچ‌یک از این دو فرایند، یک تغییر شیمیایی محسوب نمی‌شوند. عبارت (ت): طبق قانون پایستگی جرم، در هر واکنش شیمیایی، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است.

B ۴۰۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همهٔ آن‌ها از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند؛ زیرا در این واکنش‌ها تنها شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر تغییر می‌کند و خود اتم‌ها از بین نمی‌روند و به وجود هم نمی‌آیند. عبارت (ب): طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها با مجموع جرم فراورده‌ها برابر است. با توجه به شکل داده شده، جرم فراوردهٔ واکنش برابر با ۲۴۷/۸ گرم است، پس مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها نیز باید برابر با همین مقدار باشند، پس می‌توان نوشت: $\text{جرم گوگرد} = \text{مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها} - \text{جرم نقره} \Rightarrow \text{جرم گوگرد} = 247/8 - 215/8 = 32g$

عبارت (پ): نماد $(\xrightarrow{\Delta})$ نشان می‌دهد واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می‌دهند و ارتباطی با مقدار گرمای مبادله شده در واکنش ندارد. برای بررسی مقدار گرمای مبادله شده در واکنش و گرماده یا گرماگیر بودن آن، باید کمیت آنتالپی واکنش را بررسی کرد. عبارت (ت): در یک واکنش شیمیایی، تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سمت واکنش باید برابر باشند. از آنجا که در سمت راست واکنش (فراورده‌ها) ۸ $(1\times2+2\times3)$ اتم اکسیژن یافت می‌شود، پس تعداد اتم‌های اکسیژن در سمت واکنش‌دهنده‌ها نیز باید همین مقدار باشد، پس می‌توان نوشت: $8=x\times2\Rightarrow x=4$

A ۴۰۷ ۱ طبق قانون پایستگی جرم، جرم کل مواد در مخلوط واکنش ثابت است، پس برای هر یک از شکل‌های (I) و (II) می‌توان نوشت:

شکل (I): $?\,molS=52/8\,gS\times\frac{1\,molS}{32\,gS}=1/65\,molS$ ، جرم گوگرد $=273/6-220/8=52/8\,g$ ⇒ جرم گوگرد = جرم نقره − جرم فراورده

شکل (II): $?\,mol\,O_2=0/12\,g\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2}=3/75\times10^{-3}\,mol\,O_2$ ، جرم اکسیژن $=2/31-2/19=0/12\,g$ ⇒ جرم اکسیژن = جرم آهن − جرم فراورده

A ۴۰۸ ۳ رنگ هر یک از گونه‌های فلز نقره، عنصر گوگرد و نقره سولفید به‌ترتیب خاکستری، زرد و سیاه می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نماد (aq) تنها برای محلول‌های آبی استفاده می‌شود. در معادلهٔ واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد. گزینهٔ (۲): تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد و نماد « Δ » در معادلهٔ نمادی تنها به این معنی است که واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می‌دهند. اینکه یک واکنش گرماده یا گرماگیر باشد را با کمیت دیگری به نام آنتالپی می‌سنجیم. گزینهٔ (۴): یک نوع ماده هم می‌تواند در شرایط مناسب طی یک واکنش شیمیایی به ماده (مواد) دیگر تبدیل شود. به‌عنوان مثال در واکنش $2N_2O_5\rightarrow4NO_2+O_2$ فقط یک ماده به عنوان واکنش‌دهنده شرکت دارد.

B ۴۰۹ ۱ عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: میل ترکیبی هموگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است. همچنین میل ترکیبی اکسیژن بیشتر از کربن دی‌اکسید است، زیرا اگر این‌گونه نبود، به دلیل وجود CO_2 در هواکره انسان‌ها و سایر موجودات زنده از بین می‌رفتند. پس میل ترکیبی هموگلوبین خون با CO بیشتر از CO_2 است. عبارت دوم: تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. سوختن گرد آهن با اکسیژن، نور نارنجی رنگی پدید می‌آورد که حاکی از یک واکنش شیمیایی است. عبارت سوم: نماد $\xrightarrow{H^+}$ نشان می‌دهد که برای انجام واکنش از یک کاتالیزگر اسیدی استفاده می‌شود. اما توجه کنید که فراوردهٔ آلی این واکنش، به حالت محلول در آب (aq) است. (نه مایع (l)) عبارت چهارم: طبق قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، شمار اتم‌ها در دو سمت معادلهٔ واکنش برابر است، اما لزوماً شمار مولکول‌ها برابر نیست. به عنوان مثال در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش $CH_4+2O_2\rightarrow CO_2+2H_2O$ شمار مولکول‌ها در دو طرف معادله برابر است؛ اما در واکنش: $2C_2H_6+7O_2\rightarrow4CO_2+6H_2O$ شمار مولکول‌ها در دو طرف معادله برابر نیست و هر دو واکنش از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند.

B ۴۱۰ ۱ فقط عبارت دوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژهٔ آرگون به معنای تنبل است، زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری و برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می رود. جو بی‌اثر شهرت گاز نیتروژن است! عبارت دوم: شعلهٔ حاصل از سوختن منیزیم، سفید رنگ و شعلهٔ حاصل از سوختن سدیم، زرد رنگ است. هنگامی که به شکر گرما داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن به قهوه‌ای تغییر می‌کند. عبارت سوم: در فرایند تهیهٔ هوای مایع، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود. سپس با استفاده از فشار، دمای هوا را پیوسته تا $-200^\circ C$ کاهش می‌دهند. در این دما، مخلوط بسیار سردی از چند مایع (نیتروژن، آرگون و اکسیژن) پدید می‌آید که به آن هوای مایع می‌گویند. عبارت چهارم: در فرایند تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع، با کاهش دمای هوا تا صفر درجهٔ سلسیوس (نقطهٔ انجماد آب) رطوبت هوا به صورت یخ (جامد) از آن جدا می‌شود. همچنین در دمای $-78^\circ C$ (نقطهٔ چگالش CO_2) گاز کربن دی‌اکسید هوا به حالت جامد درمی‌آید. عبارت پنجم: در واکنش‌های شیمیایی موازنه شده، همواره تعداد اتم‌های دو سمت معادلهٔ واکنش با هم برابرند؛ اما هر معادله‌ای که تعداد اتم‌های دو سمت آن برابر باشد موازنه شده نیست. برای مثال در واکنش: $C_2H_2+O_2\rightarrow CO_2+H_2O$، تعداد اتم‌های دوطرف معادله یکسان و برابر ۶ است؛ اما این واکنش موازنه نشده بوده و از قانون پایستگی جرم تبعیت نمی‌کند.

A ۴۱۱ ۴ در واکنش‌های شیمیایی، اتمی از بین نمی‌رود و به وجود هم نمی‌آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم‌های واکنش‌دهنده‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند و فراورده‌ها را به وجود می‌آورند. این ویژگی نشان می‌دهد که جرم مواد، پیش از واکنش برابر با جرم مواد، پس از واکنش است؛ به دیگر سخن، جرم مواد شرکت‌کننده در یک واکنش شیمیایی، ثابت است. مطابق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است، پس نسبت شمار اتم‌های عنصرهای گوناگون نسبت به هم نیز ثابت می‌ماند.

A ۴۱۲ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده و نسبت خواسته شده به‌صورت زیر است:

واکنش (الف): $2NH_3(g)+5F_2(g)\rightarrow N_2F_4(g)+6HF(g)\Rightarrow\frac{\text{مجموع ضرایب فراورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}}=\frac{7}{7}=1$

واکنش (ب): $SOCl_2(l)+H_2O(l)\xrightarrow{\Delta}SO_2(g)+2HCl(g)\Rightarrow\frac{\text{مجموع ضرایب فراورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}}=\frac{3}{2}=1/5$

واکنش (پ): $2ClF_3(g)+2NH_3(g)\rightarrow N_2(g)+6HF(g)+Cl_2(g)\Rightarrow\frac{\text{مجموع ضرایب فراورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}}=\frac{8}{4}=2$

واکنش (ت): $2NaHCO_3(s)\xrightarrow{\Delta}Na_2CO_3(s)+CO_2(g)+H_2O(g)\Rightarrow\frac{\text{مجموع ضرایب فراورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}}=\frac{3}{2}=1/5$

در واکنش‌های (ب) و (ت) مجموع ضریب‌های استوکیومتری فراورده‌ها، ۱/۵ برابر مجموع ضریب‌های استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها است.

B ۴۱۳ ۲ ابتدا معادلهٔ موازنه شدهٔ هر سه واکنش را نوشته و سپس به بررسی هر یک از پرسش‌های داده شده می‌پردازیم:

(الف $(NH_4)_2Cr_2O_7\rightarrow Cr_2O_3+N_2+4H_2O$ (ب $2NaHCO_3\rightarrow Na_2CO_3+H_2O+CO_2$ (پ $4KNO_3\rightarrow2K_2O+2N_2+5O_2$

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش (الف)، نسبت ضریب استوکیومتری آب به نیتروژن برابر با ۴ است. پرسش (ب): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش (ب) برابر با ۵ است. پرسش (پ): در واکنش (پ)، گازهای نیتروژن و اکسیژن جزء ترکیب‌های اکسیژن‌دار نیستند. مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های اکسیژن‌دار برابر با ۶ است.

B ۴۱۴ ۱ در واکنش (a)، اتم هیدروژن فقط در HNO_3 و H_2O وجود دارد؛ بنابراین ضریب HNO_3 می‌بایست دو برابر H_2O باشد:

$$a)\cdots\cdots Pb_3O_4+2HNO_3\rightarrow\cdots\cdots Pb(NO_3)_2+\cdots\cdots PbO_2+1H_2O$$

در ادامه اتم N را موازنه می‌کنیم:

$$a)\cdots\cdots Pb_3O_4+2HNO_3\rightarrow 1Pb(NO_3)_2+\cdots\cdots PbO_2+1H_2O$$

در ادامه ضریب Pb_3O_4 را x فرض کرده و اتم O را موازنه می‌کنیم:

$$a)\ x\ Pb_3O_4+2HNO_3\rightarrow 1Pb(NO_3)_2+(3x-1)PbO_2+1H_2O\Rightarrow 4x+6=6+(6x-2)+1\Rightarrow x=\frac{1}{2}$$

همهٔ ضرایب را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم تا ضریب کسری حذف شود:

$$a)\ Pb_3O_4+4HNO_3\rightarrow 2Pb(NO_3)_2+PbO_2+2H_2O\Rightarrow \text{مجموع ضرایب استوکیومتری مواد}=10$$

موازنهٔ واکنش (b) را از اتم K آغاز می‌کنیم:

$$b)\ 2KNO_3+\cdots\cdots C+\cdots\cdots S\rightarrow 1K_2S+\cdots\cdots N_2+\cdots\cdots CO_2$$

موازنهٔ S و N :

$$b)\ 2KNO_3+\cdots\cdots C+1S\rightarrow 1K_2S+1N_2+\cdots\cdots CO_2$$

موازنهٔ O :

$$b)\ 2KNO_3+\cdots\cdots C+1S\rightarrow 1K_2S+1N_2+3CO_2$$

موازنهٔ C :

$$b)\ 2KNO_3+3C+S\rightarrow K_2S+N_2+3CO_2$$

بنابراین مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش (b) برابر ۱۱ بوده و تفاوت مجموع ضرایب مواد در واکنش‌های (a) و (b) برابر ۱(۱۰–۱۱) است.

A ۴۱۵ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها با مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها یکسان و برابر با ۳ است. گزینهٔ (۲): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، از هر سه مولکول مواد واکنش‌دهنده (یک مولکول متان و دو مولکول اکسیژن)، سه مولکول فراورده (یک مولکول کربن دی‌اکسید و دو مولکول آب) تولید می‌شود. گزینهٔ (۳): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل گاز شهری به‌صورت $(CH_4+2O_2\rightarrow CO_2+2H_2O)$ است. در این واکنش مولکول‌های A و B به‌ترتیب گازهای اکسیژن و کربن دی‌اکسید بوده و ضریب استوکیومتری این دو ترکیب به‌ترتیب برابر با ۲ و ۱ است. گزینهٔ (۴): شمار اتم‌های اکسیژن در مواد واکنش‌دهنده و شمار مولکول‌های متان در این واکنش به‌ترتیب برابر با ۴ و ۱ است.

B ۴۱۶ ۲

* **توجه** در معادلهٔ موازنه شده، ضرایب استوکیومتری مواد باید کوچک‌ترین اعداد صحیح ممکن باشند و نباید بتوانیم آن‌ها را با یکدیگر ساده نماییم.

با توجه به شکل داده شده، در ابتدای واکنش ۷ مولکول A و ۴ مولکول B در ظرف واکنش داریم. در حالی که پس از انجام واکنش، ۳ مولکول A، ۲ مولکول B و ۲ مولکول C داریم؛ بنابراین معادلهٔ واکنش به‌صورت $(4A+2B\rightarrow 2C)$ است. از آنجایی که در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش می‌بایست ساده‌ترین و کوچک‌ترین ضرایب صحیح ممکن وجود داشته باشد، پس شکل موازنه شدهٔ واکنش انجام شده به‌صورت $2A+B\rightarrow C$ است.

B ۴۱۷ ۱ طبق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است. با توجه به معادلهٔ داده شده، اگر ضریب Ba_3N_2 را برابر ۱ قرار دهیم، شمار اتم‌های باریم در واکنش برابر با ۳ است، پس ضریب باریم هیدروکسید در فراورده‌ها برابر با ۳ خواهد بود. با توجه به شمار اتم‌های نیتروژن در واکنش‌دهنده‌ها و ضریب ترکیب نیتروژن‌دار X در فراورده، فرمول شیمیایی این ترکیب به‌صورت ND می‌باشد که عنصر D می‌تواند اکسیژن یا هیدروژن باشد. اگر D، عنصر اکسیژن باشد، معادلهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو خواهد بود:

$$1Ba_3N_2(s)+aH_2O(l)\rightarrow 3Ba(OH)_2(aq)+2NO(g)$$

در این حالت، با توجه به تعداد اتم‌های هیدروژن و اکسیژن در سمت فراورده‌ها، نمی‌توان واکنش را موازنه کرد، پس فراوردهٔ X باید NH_3 بوده و معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو خواهد بود:

$$1Ba_3N_2(s)+6H_2O(l)\rightarrow 3Ba(OH)_2(aq)+2NH_3(g)$$

B ۴۱۸ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ هریک از ترکیب‌های داده شده را نوشته و شرط داده شده در صورت سؤال را بررسی می‌کنیم:

گزینهٔ (۱): $C_6H_{10}+\frac{17}{2}O_2\rightarrow 6CO_2+5H_2O$

گزینهٔ (۲): $C_7H_8+9O_2\rightarrow 7CO_2+4H_2O$

گزینهٔ (۳): $C_9H_{12}+12O_2\rightarrow 9CO_2+6H_2O$

گزینهٔ (۴): $C_4H_8+6O_2\rightarrow 4CO_2+4H_2O$

با توجه به معادلهٔ سوختن یک مول از هر یک از ترکیب‌های داده شده، اختلاف ضریب استوکیومتری کربن دی‌اکسید و اکسیژن در سوختن (C_9H_{12}) برابر با ۳ است.

B ۴۱۹ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت $2KBrO_3+3N_2H_4\rightarrow 3N_2+2KBr+6H_2O$ است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): ضریب استوکیومتری N_2H_4 و KBr به‌ترتیب برابر با ۳ و ۲ است، پس نسبت ضریب استوکیومتری N_2H_4 به KBr برابر با (۱/۵) است. عبارت (ب): مجموع ضرایب ترکیب‌های هیدروژن‌دار، یعنی N_2H_4 و H_2O در این واکنش برابر با ۹ است. عبارت (پ): مجموع ضریب استوکیومتری مواد فراورده و واکنش‌دهنده به‌ترتیب برابر با ۱۱ و ۵ است، پس نسبت خواسته شده برابر با ۲/۲ است. عبارت (ت): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، ضریب استوکیومتری آب برابر با ۶ بوده و از ضریب استوکیومتری سایر ترکیب‌ها بزرگ‌تر است.

B ۴۲۰ ۲ با توجه به معادلهٔ واکنش، مقدار y، x و a را به‌دست می‌آوریم:

موازنهٔ اتم O: $25\times 2=(16\times 2)+a\Rightarrow a=18$

موازنهٔ اتم C: $2x=16\Rightarrow x=8$

موازنهٔ اتم H: $2y=18\times 2\Rightarrow y=18$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌ها برابر ۳۶ (۱۸+۱۶+۲) است. دقت کنید که O_2 عنصر است و ترکیب محسوب نمی‌شود. گزینهٔ (۲): فرمول شیمیایی هیدروکربن به صورت C_8H_{18} بوده و هر مولکول آن دارای ۲۶ اتم است. گزینهٔ (۳): نمادهای (g) و (l) به ترتیب به معنای حالت گاز و مایع است. گزینهٔ (۴): برای سوختن کامل دو مول از هیدروکربن، حداقل به ۲۵ مول گاز اکسیژن نیاز است، بنابراین در حضور اکسیژن ناکافی، هیدروکربن به صورت ناقص سوخته و شعلهٔ زردرنگ ایجاد می‌کند.

B ۴۲۱ ۲ طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم مواد واکنش دهنده با مجموع جرم مواد فراورده برابر است. در واکنش داده شده ۲ مول x با ۳ مول y واکنش داده و a مول w و ۵ مول z تولید می‌کند، پس خواهیم داشت:

$$۲\times(\text{جرم مولی x})+۳\times(\text{جرم مولی y})=a\times(\text{جرم مولی w})+۵\times(\text{جرم مولی z})\Rightarrow ۲(۲۰۰)+۳(۱۵۰)=a(۷۵)+۵(۱۲۵)\Rightarrow a=۳$$

B ۴۲۲ ۲ در این واکنش گاز آمونیاک با مس (II) اکسید واکنش می‌دهد و گاز نیتروژن، فلز مس و آب تولید می‌کند. معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به صورت زیر است:

$$۲NH_۳(g)+۳CuO(s)\rightarrow N_۲(g)+۳Cu(s)+۳H_۲O(l)$$

با توجه به این معادله، مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها برابر ۵ و مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها برابر ۷ است. پس نسبت خواسته شده برابر $\frac{۵}{۷}$ می‌باشد.

B ۴۲۳ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

a) $P_۴O_{۱۰}(s)+۶H_۲O(l)\rightarrow ۴H_۳PO_۴(aq)\Rightarrow$ مجموع ضرایب مواد $=۱۱$

b) $SF_۴(g)+۲H_۲O(l)\rightarrow SO_۲(g)+۴HF(g)\Rightarrow$ مجموع ضرایب مواد $=۸$

c) $۴FeS_۲(s)+۱۱O_۲(g)\rightarrow ۲Fe_۲O_۳(s)+۸SO_۲(g)\Rightarrow$ مجموع ضرایب مواد $=۲۵$

d) $۴HNO_۳(aq)\rightarrow ۴NO_۲(g)+O_۲(g)+۲H_۲O(g)\Rightarrow$ مجموع ضرایب مواد $=۱۱$

قسمت اول: $\frac{\text{a مجموع ضرایب مواد در واکنش}}{\text{c مجموع ضرایب مواد در واکنش}}=\frac{۱۱}{۲۵}=۰/۴۴$

قسمت دوم: تفاوت مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش‌های b و d $=۱۱-۸=۳$

B ۴۲۴ ۴ ابتدا واکنش‌ها را موازنه کرده و سپس به بررسی هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم: (برای واکنش (I)، بهتر است موازنه را از عنصر اکسیژن شروع نمایید!)

$$I)\ N_۲H_۴(g)+KIO_۳(s)+۲HCl(g)\xrightarrow{۵۰atm}KCl(s)+ICl(g)+N_۲(g)+۳H_۲O(g)$$

$$II)\ ۲FeS(s)+۲SiO_۲(s)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲FeSiO_۳(s)+۲SO_۲(g)$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): مجموع ضرایب مواد فراورده در واکنش (I) برابر ۶ و مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌های جامد در واکنش (II) برابر ۴ است. پس نسبت خواسته شده برابر $۱/۵\ (\frac{۶}{۴})$ است. گزینهٔ (۲): با انجام واکنش (I) در یک ظرف سربسته، تعداد مول‌های گازی موجود در ظرف، از ۳ مول به ۵ مول افزایش و در نتیجه فشار داخل ظرف افزایش می‌یابد. نماد $\xrightarrow{۵۰atm}$ نشان می‌دهد که این واکنش در فشار ۵۰ اتمسفر انجام می‌شود. گزینهٔ (۳): یکی از فراورده‌های واکنش (II)، گاز گوگرد دی‌اکسید $(SO_۲)$ است. این گاز در هواکره ابتدا به $SO_۳$ تبدیل شده و هنگام بارش در آب حل می‌شود و باران اسیدی ایجاد می‌کند. گزینهٔ (۴): در واکنش (II)، مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها برابر ۷ و مجموع ضرایب فراورده‌ها برابر ۴ است، پس تفاوت آن‌ها برابر ۳ است. اما در مولکول فسفر تری‌یدید $(PI_۳)$ مجموع شمار اتم‌ها برابر ۴ می‌باشد.

B ۴۲۵ ۳ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. ابتدا واکنش‌ها را موازنه کرده و سپس به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

$$I)\ C_۶H_{۱۲}O_۶+۶O_۲\rightarrow ۶CO_۲+۶H_۲O$$

$$II)\ ۴C_۳H_۵N_۳O_۹\rightarrow ۱۲CO_۲+۱۰H_۲O+۶N_۲+O_۲$$

$$III)\ ۲KMnO_۴+۱۶HCl\rightarrow ۲KCl+۲MnCl_۲+۵Cl_۲+۸H_۲O$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مجموع ضرایب مواد واکنش‌دهنده در واکنش (III) برابر ۱۸ و مجموع ضرایب مواد شرکت‌کننده در واکنش (I) برابر ۱۹ است که اختلاف آن‌ها برابر یک واحد است. عبارت دوم: نسبت مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها به مجموع ضرایب فراورده‌ها در واکنش‌های (I)، (II) و (III) به ترتیب برابر $\frac{۷}{۱۲}$، $\frac{۴}{۲۹}$ و $\frac{۱۸}{۱۷}$ است. در واکنش (III) این نسبت بزرگ‌تر از یک است. عبارت سوم: تعداد اتم‌های Cl موجود در سمت راست واکنش (III) برابر ۱۶ و مجموع ضرایب فراورده‌های واکنش (I) برابر ۱۲ است. ضریب پیچیده‌ترین مادهٔ موجود در واکنش (II) یعنی $C_۳H_۵N_۳O_۹$ برابر ۴ است.

B ۴۲۶ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $۴C_۳H_۵N_۳O_۹(l)\rightarrow ۱۲CO_۲(g)+۱۰H_۲O(g)+۶N_۲(g)+O_۲(g)$

در این واکنش نیتروگلیسیرین مایع به فراورده‌های گازی تبدیل می‌شود. با توجه به معادلهٔ واکنش، مجموع ضرایب مواد گازی برابر ۲۹ و ضریب مادهٔ مایع برابر ۴ است که نسبت آن‌ها برابر ۷/۲۵ $(\frac{۲۹}{۴})$ می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اغلب اکسیدهای نافلزی در واکنش با آب، اسید تولید می‌کنند و به همین دلیل آن‌ها را اکسیدهای اسیدی می‌نامند. کاغذ pH در محیط اسیدی $(pH<۷)$ سرخ‌رنگ است.

* **توجه** در دستهٔ p جدول دوره‌ای علاوه‌بر نافلزها، شبه‌فلزها و فلزها نیز حضور دارند.

گزینهٔ (۲): تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ همراه باشد. اما هر تغییر رنگی الزاماً به معنای انجام واکنش شیمیایی نبوده و برخی واکنش‌های فیزیکی نیز با تغییر رنگ همراه‌اند. گزینهٔ (۳): معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به صورت مقابل است: $۲H_۲(g)+O_۲(g)\xrightarrow{Pt}۲H_۲O(g)$

با توجه به این معادله، تعداد مول فراورده ۱ واحد کمتر از مجموع تعداد مول‌های واکنش‌دهنده‌هاست.

B ۴۲۷ ۱ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش‌ها به صورت زیر است:

$$I)\ 3KBH_4+3NH_4Cl\rightarrow 3KCl+B_3N_3H_6+9H_2 \qquad II)\ 4FeCrO_4+4K_2CO_3+O_2\rightarrow 2Fe_2O_3+4K_2CrO_4+4CO_2$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در هر دو واکنش برابر ۱۹ است. عبارت (ب): ضرایب استوکیومتری گاز دواتمی واکنش (I) یعنی H_2 برابر ۹ و ضرایب استوکیومتری گاز دواتمی واکنش (II) یعنی O_2 برابر ۱ است، پس نسبت خواسته شده برابر ۹ می‌باشد. عبارت (پ): ضرایب استوکیومتری KCl و $B_3N_3H_6$ به ترتیب برابر ۳ و ۱ و ضرایب استوکیومتری H_2 و KBH_4 به ترتیب برابر ۹ و ۳ است. عبارت (ت): در واکنش (I)، سه مادهٔ KBH_4، NH_4Cl و KCl دارای ضریب ۳ و در واکنش (II)، چهار مادهٔ $FeCrO_4$، K_2CO_3، K_2CrO_4 و CO_2 دارای ضریب ۴ هستند.

B ۴۲۸ ۴ همهٔ عبارت‌های داده شده درست هستند. ابتدا معادلهٔ واکنش‌های داده شده را موازنه می‌کنیم، سپس به بررسی عبارت‌های داده شده می‌پردازیم:

$$I)\ 2C_3H_7OH+9O_2\rightarrow 6CO_2+8H_2O \qquad II)\ 2H_2S+3O_2\rightarrow 2H_2O+2SO_2 \qquad III)\ NaClO+2HCl\rightarrow Cl_2+NaCl+H_2O$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ضریب استوکیومتری آب در هر یک از معادله‌های (I) و (III) به‌ترتیب برابر با ۸ و ۱ است. عبارت (ب): در معادلهٔ (I)، ضریب استوکیومتری گاز اکسیژن برابر با ۹ است که از ضریب استوکیومتری سایر مواد موجود در واکنش بیشتر است. عبارت (پ): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش (II)، ضریب استوکیومتری هر یک از ترکیب‌های (H_2S)، (H_2O) و (SO_2) برابر با ۲ است. عبارت (ت): در واکنش (III)، دو گونهٔ $(NaClO)$ و (H_2O) دارای اتم اکسیژن در ساختار خود هستند. مجموع ضریب استوکیومتری این دو ترکیب برابر با ۲ است. عبارت (ث): مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌های واکنش (II) برابر با مجموع ضرایب ترکیب‌های شرکت‌کننده در واکنش (III) و برابر ۵ است. دقت کنید که Cl_2 عنصر است نه ترکیب.

B ۴۲۹ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است:

۱) $SF_4+2H_2O\rightarrow SO_2+4HF$

۲) $2C_6H_6+15O_2\rightarrow 12CO_2+6H_2O$

۳) $P_4+4SO_2+10Cl_2\rightarrow 4SOCl_2+4POCl_3$

۴) $6S_4Cl_8+16NH_3\rightarrow 4S_4N_4+S_8+48HCl$

در واکنش‌های (۱) و (۳) پارامترهای y و n و در واکنش (۴) پارامترهای x و m برابر ۴ هستند.

C ۴۳۰ ۲

نکته ترکیبی **موازنهٔ معادله‌های واکنش‌های شیمیایی:** در سؤالات کنکور و آزمون‌های آزمایشی ممکن است به معادله‌ای بربخورید که به روش وارسی یا سایر روش‌ها به بن‌بست می‌خورد و نمی‌توان ادامهٔ روند موازنه را انجام داد. این گونه واکنش‌ها باید به روش اکسایش-کاهش یا روش جبری موازنه شود. روش اکسایش-کاهش را در فصل ۲ شیمی ۳ می‌آموزید. فعلاً در این بخش روش جبری را شرح می‌دهیم. اما بدانید که استفاده از این روش به علت تشکیل معادله‌های چندمجهولی، اندکی زمانبر است؛ لذا توصیه می‌کنیم که معادله را به روش وارسی حل کنید تا تعدادی از ضرایب گونه‌ها را به‌دست آورید و بعد که دیگر نتوانستید با این روش ادامه دهید، از روش جبری که مراحل آن برای یک نمونه واکنش نمایش داده شده استفاده کنید:

۱- فرض کنید قصد داریم معادلهٔ واکنش مقابل را موازنه کنیم: $HNO_3+I_2\rightarrow HIO_3+NO_2+H_2O$

نخست به‌روش وارسی تا حد ممکن پیش می‌رویم. برای این کار به HIO_3 ضریب ۲ و به I_2 ضریب ۱ می‌دهیم: $HNO_3+1I_2\rightarrow 2HIO_3+NO_2+H_2O$

۲- همان‌طور که ملاحظه می‌کنید از این مقدار بیشتر نمی‌توان پیش رفت؛ بنابراین به ترکیبات باقی‌مانده، ضرایب a، b و c می‌دهیم:

$$aHNO_3+1I_2\rightarrow 2HIO_3+bNO_2+cH_2O$$

۳- اکنون برای هر عنصر (H، N و O) یک معادله می‌نویسیم:

$$H:\ \underbrace{a}_{HNO_3}\times 1=\underbrace{2}_{HIO_3}\times 1+\underbrace{c}_{H_2O}\times 2\Rightarrow a=2c+2\quad(*),\qquad N:\ \underbrace{a}_{HNO_3}\times 1=\underbrace{b}_{NO_2}\times 1\Rightarrow a=b\quad(**),$$

$$O:\ \underbrace{a}_{HNO_3}\times 3=\underbrace{2}_{HIO_3}\times 3+\underbrace{b}_{NO_2}\times 2+\underbrace{c}_{H_2O}\times 1\Rightarrow 3a=6+2b+c\quad(***)$$

۴- با حل معادلات بالا به اعداد مقابل می‌رسیم: $a=2c+2, a=b, 3a=6+2b+c\Rightarrow a=b=10, c=4$

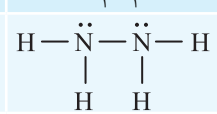
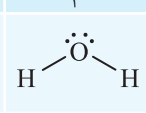
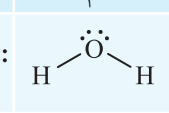
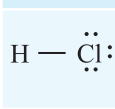
معادلهٔ موازنهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $10HNO_3+I_2\rightarrow 2HIO_3+10NO_2+4H_2O$

دقت کنید با توجه به موازنهٔ کامل ید در ابتدای معادله و به‌روش وارسی، در روش جبری فقط عناصر هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن را موازنه کردیم.

معادلهٔ موازنهٔ شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$I)\ 2KBrO_3+3N_2H_4\rightarrow 3N_2+2KBr+6H_2O \qquad II)\ 2CuCl_2+Na_2SO_3+H_2O\rightarrow 2CuCl+Na_2SO_4+2HCl$$

عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد فراورده در واکنش (II) با مجموع ضرایب استوکیومتری مواد واکنش‌دهنده در واکنش (I) یکسان و برابر با ۵ است. عبارت (ب): ترکیب‌های مولکولی واکنش‌های (I) و (II) به‌ترتیب (N_2H_4، N_2 و H_2O) و (H_2O و HCl) هستند. ساختار لوویس و شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی این مولکول‌ها به‌صورت زیر است:

شمارهٔ واکنش	(I)			(II)	
گونهٔ شیمیایی	N_2H_4	N_2	H_2O	H_2O	HCl
ساختار لوویس					
شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی	۵	۳	۲	۲	۱

در واکنش (I)، ۳ مولکول N_2H_4، ۳ مولکول N_2 و ۶ مولکول H_2O وجود دارد که مجموع شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در آن‌ها برابر ۳۶ است و در واکنش (II)، ۱ مولکول H_2O و ۲ مولکول HCl وجود دارد که مجموع شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در آن‌ها برابر ۴ است، پس نسبت خواسته شده برابر ۹ است. عبارت (پ): تعداد اتم‌های نیتروژن شرکت‌کننده در واکنش (I) برابر با ۶ اتم است. تعداد اتم‌های اکسیژن شرکت‌کننده در واکنش (II) برابر با ۴ اتم است؛ بنابراین تعداد اتم‌های نیتروژن شرکت‌کننده در واکنش (I)، ۱/۵ برابر تعداد اتم‌های اکسیژن شرکت‌کننده در واکنش (II) است. عبارت (ت): در واکنش‌های (I) و (II) به‌ترتیب ۲ و ۳ گونه، ضریب استوکیومتری‌شان برابر با ۲ است.

C ۴۳۱ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): برای موازنهٔ این واکنش ابتدا به $Cu(NO_3)_2$ ضریب ۱ می‌دهیم. بنابراین ضریب عنصر Cu در سمت واکنش‌دهنده‌ها نیز برابر ۱ خواهد بود:

$$1Cu+HNO_3 \rightarrow 1Cu(NO_3)_2+NO+H_2O$$

با توجه به اینکه ادامهٔ موازنه را نمی‌توان به روش وارسی انجام داد، به جای ضرایب مجهول، a، b و c قرار می‌دهیم و برای هر عنصر موازنه نشده، یک معادله تشکیل می‌دهیم:

$$1Cu+aHNO_3 \rightarrow 1Cu(NO_3)_2+bNO+cH_2O$$

$$\begin{cases} H: a(1)=c(2) \\ N: a(1)=1(2)+b(1) \\ O: a(3)=1(6)+b(1)+c(1) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a=2c \\ a=2+b \\ 3a=6+b+c \end{cases} \xrightarrow{a=2c} \begin{cases} 2c=2+b \\ 3(2c)=6+b+c \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2c=2+b \\ 5c=6+b \end{cases} \Rightarrow c=\frac{4}{3}, a=\frac{8}{3}, b=\frac{2}{3}$$

سپس به جای a، b و c، اعداد به دست آمده را قرار می‌دهیم:

$$1Cu+\frac{8}{3}HNO_3 \rightarrow 1Cu(NO_3)_2+\frac{2}{3}NO+\frac{4}{3}H_2O$$

برای کامل شدن موازنه، همهٔ ضرایب را در ۳ ضرب می‌کنیم:

$$3Cu+8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

در این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری مولکول‌های فراورده (NO و H_2O) برابر ۶ و ضریب استوکیومتری مادهٔ یونی موجود در واکنش ($Cu(NO_3)_2$) برابر ۳ است، پس نسبت خواسته شده برابر $2(\frac{6}{3})$ می‌باشد. عبارت (ب): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت زیر است:

$$K_2Cr_2O_7+2BaCl_2+H_2O \rightarrow 2BaCrO_4+2KCl+2HCl$$

در میان عناصر تناوب دوم جدول دوره‌ای، دو عنصر $_3Li$ و $_4Be$ فلز هستند. با توجه به معادلهٔ واکنش، در ۴ ماده ضریب استوکیومتری برابر ۲ است. عبارت (پ): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به صورت مقابل است:

$$II)\ 2CH_4+2NH_3+3O_2 \rightarrow 2HCN+6H_2O \qquad I)\ 4KNO_3 \rightarrow 2K_2O+2N_2+5O_2$$

ضریب استوکیومتری اکسیژن در واکنش (I) برابر ۵ و ضریب استوکیومتری آمونیاک در واکنش (II) برابر ۲ است، پس نسبت خواسته شده برابر $2/5(\frac{5}{2})$ می‌باشد.

عبارت (ت): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:

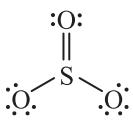
$$4PH_3+8O_2 \rightarrow P_4O_{10}+6H_2O$$

بنابراین پارامترهای a، b و c به ترتیب برابر ۴، ۱۶ و ۴ بوده و با یکدیگر برابر نیستند.

A ۴۳۲ ۴ گازهای موجود در هواکره، مدام جابه‌جا می‌شوند و همین پدیده منجر به توزیع آب در سرتاسر کرهٔ زمین شده است. گاز کربن دی‌اکسید نیز می‌تواند در هواکره جابه‌جا شده و هوای دیگر شهرها را نیز آلوده کند.

A ۴۳۳ ۳ تنها مورد سوم نادرست است. **بررسی عبارت سوم:** در اثر سوختن سوخت‌های فسیلی آلاینده‌های گوناگونی مانند CO_2، CO، SO_2، NO، NO_2 و C_xH_y وارد هواکره می‌شود؛ بنابراین در بین آلاینده‌های حاصل، بیش از یک نوع اکسید نیتروژن (NO و NO_2) یافت می‌شود.

B ۴۳۴ ۲ آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها شامل (CO)، (CO_2)، (SO_2)، (NO)، (NO_2) و (C_xH_y) است؛ بنابراین ترکیب‌های معرفی شده در عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) را می‌توان در آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها یافت. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اکسیدی از گوگرد که اتم مرکزی در ساختار لوویس آن فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است، گوگرد تری‌اکسید (SO_3) است که ساختار آن به‌صورت روبه‌رو است. عبارت (ب): به ترکیب‌هایی که فقط شامل اتم‌های کربن و هیدروژن باشند، هیدروکربن گفته می‌شود. هیدروکربن‌های نسوخته (C_xH_y) یکی از آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها هستند.



* **توجه** هیدروکربن‌ها در اثر عدم سوختن کامل سوخت‌های فسیلی تولید می‌شوند.

عبارت (پ): کربن مونوکسید، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است. عبارت (ت): تنها اکسیدی از عنصر نیتروژن که در هر واحد فرمولی آن دو اتم وجود دارد، NO است. این اکسید در میان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها وجود دارد.

B ۴۳۵ ۲ با توجه به جدول داده شده، در صورت استفاده از نفت خام برای تولید برق، به ازای هر کیلووات ساعت، ۰/۷ کیلوگرم CO_2 تولید می‌شود. ابتدا مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده در یک سال را حساب می‌کنیم:

$$\text{۳۶۵ روز} \times \frac{3kw.h}{1\text{روز}} \times \frac{0/7kg\ CO_2}{1kw.h} = 766/5kg\ CO_2$$

سپس تعداد درخت‌های مورد نیاز را به‌دست می‌آوریم. هر درخت تنومند سالانه در حدود ۵۵/۳ کیلوگرم CO_2 مصرف می‌کند؛ بنابراین داریم:

$$766/5kg\ CO_2 \times \frac{1\text{درخت}}{55/3kg\ CO_2} \simeq 14\text{درخت}$$

B ۴۳۶ ۳ ابتدا میزان کربن دی‌اکسید تولید شده در یک ماه به وسیلهٔ کارخانه را می‌یابیم:

$$\text{مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده} = [(\text{مقدار برق مصرفی}) \times \frac{40}{100} \times \frac{36}{100}] + [(\text{مقدار برق مصرفی}) \times \frac{60}{100} \times \frac{9}{10}] = (32000 \times \frac{40}{100} \times \frac{36}{100}) + (32000 \times \frac{60}{100} \times \frac{9}{10}) = 21888kg$$

حال مقدار گاز کربن دی‌اکسیدی را که یک درخت با قطر ۱۴-۲۱cm در هر ماه می‌تواند مصرف کند می‌یابیم:

$$\text{مقدار کربن دی‌اکسید مصرفی در ماه} = 1\text{ماه} \times \frac{1\text{سال}}{12\text{ماه}} \times \frac{19/1kg\ CO_2}{1\text{سال}} = \frac{191}{120}kg$$

حال با استفاده از مقادیر محاسبه شده، حداقل تعداد درختان مورد نیاز را می‌یابیم:

$$\text{حداقل تعداد درختان} = \frac{\text{مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده در یک ماه}}{\text{مقدار کربن دی‌اکسید مصرفی یک درخت در یک ماه}} \Rightarrow \text{حداقل تعداد درختان} = \frac{۲۱۸۸۸}{\frac{۱۹۱}{۱۲۰}} \simeq ۱۳۷۵۲ \text{ درخت}$$

۴۳۷ (B) **۲** هر درخت با قطر ۲۲-۲۸cm به‌طور متوسط ۳۴/۶ کیلوگرم کربن دی‌اکسید را در طول یک‌سال مصرف می‌کند، پس برای محاسبهٔ مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده هنگام تولید برق مورد نیاز می‌توان نوشت:

$$\text{مقدار کربن دی‌اکسید} = ۳۵۲۸\times۱۰^{۴} \text{ درخت} \times \frac{۳۴/۶\text{kg } CO_۲}{\text{درخت ۱}} = ۱/۲۲\times۱۰^{۹}\text{kg } CO_۲$$

حال مقدار کل برق مصرفی خانه‌های یک شهر در یک‌سال را محاسبه کرده و با توجه به مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده در یک‌سال، مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده به ازای هر کیلووات برق را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار برق مصرفی خانه‌های شهر در یک سال} = (۲۱۰۰۰ \text{ خانه} \times \frac{۲۳۰\text{kW}}{\text{خانه ۱}}) \times ۳۶۵ \simeq ۱/۷۶\times۱۰^{۹}\text{kW}$$

$$\text{مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده به ازای هر کیلووات ساعت برق مصرفی} = \frac{۱/۲۲\times۱۰^{۹}\text{kg } CO_۲}{۱/۷۶\times۱۰^{۹}\text{kW}} \simeq ۰/۷$$

با توجه به مقدار محاسبه شده و جدول داده شده، مقدار کربن دی‌اکسید تولیدی به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی برای نفت خام برابر با ۰/۷ است.

۴۳۸ (B) **۳** ابتدا مسافت طی شده در طول یک‌سال (۱۲ ماه) توسط خودرو با برچسب C را بدست می‌آوریم:

$$\text{میانگین مسافت طی شده در طول یک سال توسط خودرو C} = ۱۲ \text{ ماه} \times \frac{۱۵۰۰\text{km}}{\text{ماه ۱}} = ۱۸۰۰۰\text{km}$$

سپس میزان کربن دی‌اکسید تولیدی در طول یک‌سال توسط هریک از خودروهای با برچسب A و C را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{خودرو C: } ۱۸۰۰۰\text{km} \times \frac{۱۵۰\text{g } CO_۲}{۱\text{km}} = ۲/۷\times۱۰^{۶}\text{g } CO_۲ = ۲۷۰۰\text{kg } CO_۲$$

$$\text{خودرو A: } ۲۵۰۰۰\text{km} \times \frac{۱۲۰\text{g } CO_۲}{۱\text{km}} = ۳\times۱۰^{۶}\text{g } CO_۲ = ۳۰۰۰\text{kg } CO_۲$$

بنابراین خودرو با برچسب A در مقایسه با خودرو با برچسب C در طول یک‌سال میزان $CO_۲$ بیشتری تولید می‌کند. در نهایت شمار درخت‌های مورد نیاز برای مصرف کربن دی‌اکسید تولید شده در مدت یک‌سال توسط خودرو با برچسب A را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{تعداد درخت‌ها} = ۳۰۰۰\text{kg } CO_۲ \times \frac{\text{درخت ۱}}{۵۰\text{kg } CO_۲} = \text{درخت } ۶۰$$

۴۳۹ (B) **۳** ابتدا از میانگین مصرف کربن دی‌اکسید توسط هر درخت و شمار درخت‌های کاشته شده برای پاک‌سازی گاز $CO_۲$ تولید شده توسط این کارخانه، در طول یک‌سال را بدست می‌آوریم:

$$\text{مقدار } CO_۲ \text{ مصرف‌شده در طول یک‌سال} = ۳۰۰۰ \text{ درخت} \times \frac{۶/۳\times۱۰^{۶}\text{L } CO_۲}{\text{۱ درخت}} \times \frac{۲\text{g } CO_۲}{۱\text{L } CO_۲} \times \frac{۱\text{kg } CO_۲}{۱۰۰۰\text{g } CO_۲} = ۳۷/۸\times۱۰^{۶}\text{kg } CO_۲$$

این مقدار در یک‌سال توسط این کارخانه تولید می‌شود. در نهایت مقدار برق مصرفی توسط این کارخانه را در هر یک ماه محاسبه می‌کنیم:

$$\text{برق مصرفی کارخانه در یک ماه ۱:} \frac{۱\text{ سال}}{۱۲\text{ ماه}} \times \frac{۳۷/۸\times۱۰^{۶}\text{kg } CO_۲}{\text{سال ۱}} \times \frac{۱\text{kw/h}}{۰/۹\text{kg } CO_۲} = ۳/۵\times۱۰^{۶}\text{kw/h}$$

۴۴۰ (B) **۲** به اکسیدهای فلزی، اکسید بازی و به اکسیدهای نافلزی، اکسیدهای اسیدی می‌گویند. در میان ترکیبات نام‌برده شده، MgO و $Na_۲O$ اکسیدهای بازی و $CO_۲$ و $SO_۲$ اکسیدهای اسیدی محسوب می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می‌شود، به‌جز اتم هیدروژن، اتم مرکزی است و اتم‌های دیگر با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به آن متصل می‌شوند. برای مثال در $HNO_۳$ و $SO_۳$ به ترتیب اتم‌های N و S، اتم مرکزی هستند؛ بنابراین در فرمول مولکولی، همواره اتمی که در سمت چپ نوشته می‌شود، اتم مرکزی نیست. گزینهٔ (۳): ترتیب درست ردپای کربن دی‌اکسید تولیدی از منابع مختلف به ازای تولید مقدار برق یکسان به صورت زیر است:

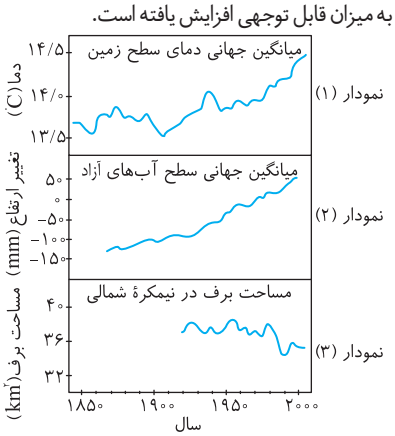
باد > گرمای زمین > انرژی خورشید > گاز طبیعی > نفت خام > زغال سنگ

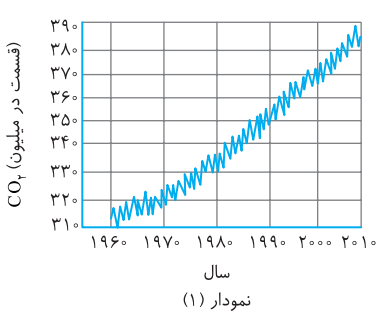
گزینهٔ (۴): گازهای NO و $NO_۲$ جزء آلاینده‌هایی هستند که از اگزوز خودروها خارج می‌شوند. با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، اتم نیتروژن در آن‌ها به آرایش گاز نجیب نرسیده است:



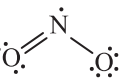
۴۴۱ (A) **۲** فقط عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دانشمندان با استفاده از بالون‌های هواشناسی، ماهواره‌ها، کشتی‌های اقیانوس‌پیما و گویچه‌های شناور در دریاها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کرهٔ زمین را در سرتاسر نقاط آن رصد می‌کنند. عبارت (ب): حفظ و توسعهٔ مزارع، باغ‌ها و پوشش‌های گیاهی به کاهش ردپای کربن دی‌اکسید کمک می‌کند. به‌طور مثال یک درخت تنومند سالانه در حدود ۵۰ کیلوگرم کربن دی‌اکسید مصرف می‌کند. عبارت (پ): شواهد نشان می‌دهند که در طول سدهٔ گذشته میانگین دمای کرهٔ زمین افزایش یافته است. این افزایش دما سبب شده تا شرایط آب و هوایی در نقاط گوناگون زمین تغییر کند. عبارت (ت): آمارها نشان می‌دهند که سالانه میلیاردها تن کربن دی‌اکسید به هواکره وارد می‌شود، به‌طوری که مقدار این گاز در سدهٔ اخیر در هواکره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است.

۴۴۲ (A) **۱** آمارها نشان می‌دهند که سالانه میلیاردها تن کربن دی‌اکسید به هواکره وارد می‌شود، به‌طوری که مقدار این گاز در سدهٔ اخیر در هواکره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. نمودارهای مقابل تغییر مقدار میانگین کربن دی‌اکسید در هواکره، میزان بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر میانگین دمای کرهٔ زمین و میانگین مساحت برف در نیمکرهٔ شمالی را نشان می‌دهند.

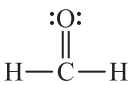




A ۴۴۳ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هر دو اکسید کربن، یعنی (CO و CO_2) در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، به همراه سایر آلاینده‌های تولید شده، وارد هواکره می‌شوند. عبارت (ب): با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید در هواکره، به دلیل افزایش اثر گلخانه‌ای، میانگین جهانی دمای سطح زمین افزایش می‌یابد. با افزایش میانگین جهانی دمای سطح زمین، مساحت برف در نیمکرهٔ شمالی کاهش یافته و میانگین جهانی سطح آب‌های آزاد افزایش می‌یابد. عبارت (پ): شواهد نشان می‌دهند که فصل بهار در نیمکرهٔ شمالی زمین، نسبت به ۵۰ سال گذشته در حدود یک هفته زودتر آغاز می‌شود. عبارت (ت): ترتیب صحیح مقایسهٔ ردپای CO_2 ایجاد شده از منابع گوناگون برای تولید برق به‌صورت مقابل است: زغال سنگ > نفت خام > گاز طبیعی > انرژی خورشید > گرمای زمین > باد بنابراین مقدار گاز کربن دی‌اکسید تولید شده برای تولید برق از انرژی خورشیدی بیشتر از گرمای زمین و باد است. عبارت (ث): آلاینده‌های نیتروژن‌دار حاصل از سوزاندن سوخت‌های فسیلی در موتور خودروها، NO و NO_2 هستند که اتم نیتروژن در هیچ‌کدام از این دو مولکول به آرایش هشت‌تایی نرسیده است.

$NO \rightarrow :\dot{N}=\dot{O}:$ $\quad NO_2 \rightarrow$ 

C ۴۴۴ ۲ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در تترافسفر دکا اکسید (P_4O_{10}) مجموعاً ۱۴ اتم و در مس (I) اکسید (Cu_2O) مجموعاً ۳ اتم وجود دارد؛ بنابراین اختلاف تعداد اتم‌ها در فرمول شیمیایی در این دو ترکیب برابر با ۱۱ است.

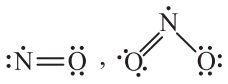


عبارت دوم: ساختار لوویس مولکول CH_2O به‌صورت روبه‌رو است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در ساختار این مولکول ۴ جفت‌الکترون پیوندی و دو جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت سوم: در اثر سوختن سوخت های فسیلی گوگرددار، گوگرد دی‌اکسید (SO_2) تولید می‌شود. دقت کنید که گاز SO_3 جزء آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها نیست. عبارت چهارم: بیشترین و کمترین میزان CO_2 تولید شده به ازای تولید مقدار برق یکسان به ترتیب متعلق به زغال سنگ و باد است. مقایسهٔ CO_2 تولیدی از منابع گوناگون تولید برق به صورت مقابل است: باد < گرمای زمین < انرژی خورشید < گاز طبیعی < نفت خام < زغال‌سنگ

عبارت پنجم: در میان عناصر دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای، فقط عنصر کلسیم ($_{20}Ca$) است که مجموع $n+l$ آن برابر ۸ است:

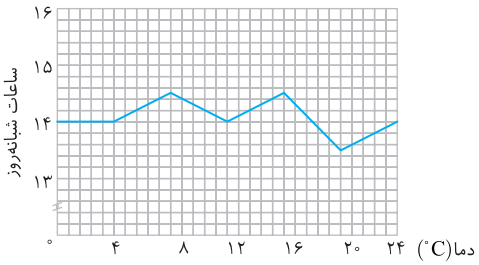
$$_{20}Ca: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(\underbrace{4}_{4s}+0)=8$$

کلسیم اکسید (CaO)، اکسید بازی است و در اثر انحلال در آب، pH آب را افزایش می‌دهد. عبارت ششم: NO و NO_2 دو ترکیب از آلاینده‌های خروجی اگزوز خودروها می‌باشند. ساختار لوویس آن‌ها به صورت مقابل است. با توجه به ساختار رسم شده، اتم مرکزی در دو اکسید NO و NO_2 الکترون منفرد دارد.



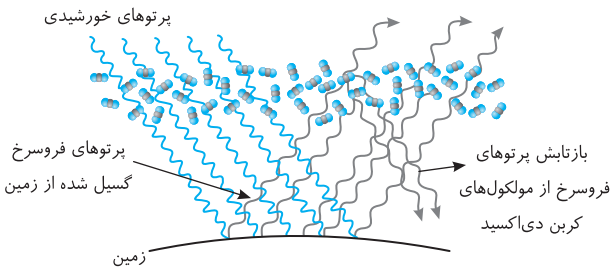
A ۴۴۵ ۱ گلخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور تا دور آن‌ها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آن‌ها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند. در گلخانه‌ها در چهار فصل سال به ویژه در زمستان، فراورده‌های کشاورزی مانند قارچ، خیار، گوجه فرنگی، توت فرنگی و ... کشت می‌شود. گلخانه، گیاه یا میوه را از آسیب‌های ناشی از تغییر دما و آفت‌ها حفظ می‌کند. لایهٔ پلاستیکی باعث گرم نگه داشتن گلخانه شده و دمای درون آن را تعدیل می‌کند. تغییرات دما در یک گلخانه در مقایسه با محیط بیرون در یک روز زمستانی بسیار کم است.

A ۴۴۶ ۴ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی موارد:** عبارت‌های (الف) و (ب): نور خورشید هنگام گذر از لایهٔ پلاستیکی یا شیشه‌ای گلخانه با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و بخش عمدهٔ آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، خاک و گیاهان درون گلخانه گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است و در ناحیهٔ فروسرخ قرار دارد. عبارت (پ): پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هواکره برمی‌گردند، اما برخی گازهای موجود در هواکره مانند CO_2، H_2O و ... مانع از خروج آن‌ها می‌شوند و بدین ترتیب زمین را گرم می‌کنند. با توجه به توضیح عبارت (الف)، نقش مولکول‌های CO_2 و H_2O در هواکره با لایهٔ پلاستیکی یا شیشه‌ای در گلخانه‌ها یکسان و برای جلوگیری از خروج پرتوهای فروسرخ بازتاب شده از زمین است. عبارت (ت): با توجه به نمودار روبه‌رو که تغییر دمای یک گلخانه را در یک روز زمستانی نشان می‌دهد، دمای درون گلخانه تقریباً ثابت و بین $13/5^\circ C$ تا $14/5^\circ C$ است.



A ۴۴۷ ۴ عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست هستند. با توجه به شکل کتاب درسی، نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و بخش عمده‌ای از آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است. کرهٔ زمین با لایه‌ای از گازها به نام هواکره احاطه شده است. این لایه برای زمین همانند لایهٔ پلاستیکی برای گلخانه است و سبب گرم شدن کرهٔ زمین می‌شود، به‌طوری که اگر این لایه وجود نداشت میانگین دمای کرهٔ زمین به $-18^\circ C$ کاهش می‌یافت. با این توصیف پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هواکره برمی‌گردند، اما برخی از گازهای موجود در هواکره مانند CO_2 و H_2O مانع از خروج آن‌ها می‌شوند و بدین ترتیب زمین را گرم‌تر می‌کنند. هرچه مقدار این گازها در هواکره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر خواهد رفت؛ بنابراین عبارت (پ) نادرست است. دقت کنید که زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد و گازهای گلخانه‌ای تنها مانع خروج بخش کوچکی از این گرما از زمین می‌شوند. بنابراین عبارت (ث) هم نادرست است.

B ۴۴۸ ۳ به شکل‌های زیر توجه کنید:





با توجه به شکل‌های داده شده، ابتدا پرتوهای خورشیدی به هواکرهٔ زمین می‌رسند. بخش کوچکی از پرتوهای خورشیدی به وسیلهٔ هواکره جذب می‌شود، بخش عمده‌ای از این پرتوها به وسیلهٔ زمین جذب می‌شود و بخشی از پرتوهای خورشیدی بازتابیده شده و به فضا برمی‌گردد. سپس زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به‌صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد. گازهای گلخانه‌ای مانع از خروج کامل گرمای آزاد شده می‌شود. مقدار قابل توجهی از پرتوهای فروسرخ گسیل شده از زمین پس از برخورد به مولکول‌های کربن دی‌اکسید بازتابش شده و به زمین برمی‌گردند.

A ۴۴۹ ۳ نور خورشید هنگام عبور از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و بخش عمدهٔ آن به سطح زمین می‌رسد. به‌طور کلی در مورد پرتوهای خورشیدی گسیل شده به سمت زمین می‌توان گفت:

الف) بخش عمده‌ای از این پرتوها به وسیلهٔ زمین جذب می‌شود. ب) بخش کوچکی از پرتوهای خورشیدی به‌وسیلهٔ هواکره جذب می‌شود. پ) بخشی از پرتوهای خورشیدی بازتابیده شده به فضا برمی‌گردد.

بنابراین سهم پرتوهای خورشید جذب شده توسط هواکره در مقایسه با پرتوهای جذب شده توسط کرهٔ زمین، اندک است. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): مجموع انرژی گسیل شده از خورشید به سمت زمین بیشتر از مجموع انرژی گسیل شده از سطح زمین است؛ به عبارت دیگر، امواج گسیل شده از زمین در مقایسه با پرتوهای جذب شده دارای انرژی کمتر و طول موج بلندتر هستند. گزینهٔ (۲): سهم گرمای گسیل شده از سطح زمین به خارج از جو، در مقایسه با گرمای برگشت داده شده به سطح زمین، بیشتر است. پرتوهای فروسرخ تابیده شده از سمت زمین به‌طور عمده از زمین خارج می‌شود و بخش کوچکی از آن، توسط اثر گلخانه‌ای به زمین برمی‌گردد. گزینهٔ (۴): همان‌طور که گفتیم، امواج گسیل شده از زمین در مقایسه با پرتوهای جذب شده دارای انرژی کمتر و طول موج بلندتر هستند؛ بنابراین پرتوها هنگام ورود، پرانرژی بوده و از سد گازهای گلخانه‌ای عبور می‌کنند (میزان ورود انرژی ناشی از تابش پرتوهای خورشیدی به هواکره، به مقدار گازهای گلخانه‌ای وابسته نیست.) ولی میزان خروج انرژی گسیل شده از زمین به هواکره، به مقدار گازهای گلخانه‌ای وابسته است.

B ۴۵۰ ۱ عبارت‌های (ب) و (ث) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): بخشی از پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به مولکول‌های هواکره بازتاب شده و به فضا برمی‌گردد. عبارت (ب): پرتوهای A، پرتوهای خورشید هستند که دارای طول موج کوتاه و انرژی زیاد هستند. این پرتوها پس از برخورد به زمین آن را گرم کرده و باعث تابش پرتوهای B می‌شوند. این پرتوها طول موج بلندتر و انرژی کمتری نسبت به پرتوهای A دارند. عبارت (پ): پرتوهای C که در محدودهٔ فروسرخ قرار دارند، پرتوهای بازتاب شده از گازهای گلخانه‌ای را نشان می‌دهد. این گازها می‌توانند گونه‌های مختلفی از جمله کربن دی‌اکسید، آب و ... باشند. عبارت (ت): گاز کربن دی‌اکسید یکی از انواع گازهای گلخانه‌ای است و الزاماً در همهٔ مولکول‌های گازهای گلخانه‌ای اتم کربن وجود ندارد. بخار آب نمونهٔ دیگری از گازهای گلخانه‌ای است.

عبارت (ث): اگر هواکره و گازهای گلخانه‌ای موجود در آن در اطراف زمین وجود نداشت، دمای سطح کرهٔ زمین به $-۱۸^\circ C$ یا $۲۵۵K$ می‌رسید.

$$T(K)=۲۷۳+\theta(^\circ C)=۲۷۳+(-۱۸)=۲۵۵K$$

B ۴۵۱ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سوختن گوگرد و هیدروکربن‌ها به ترتیب منجر به تولید گاز $SO_۲$ و $CO_۲$ می‌شود. وجود این دو گاز در هواکره و واکنش آن‌ها با آب باران، باعث تولید اسیدهای $H_۲SO_۴$ و $H_۲CO_۳$ و در نهایت کاهش pH آب باران می‌شود. عبارت (ب): یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید می‌باشد. کربن دی‌اکسید و برخی گازهای دیگر موجود در هواکره مانع از خروج پرتوهای بازتاب شده از سطح زمین شده و در نهایت با بازگشت این پرتوها، میانگین دمای کرهٔ زمین افزایش می‌یابد. عبارت (پ): مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در یک مولکول برابر مجموع کل الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌های آن مولکول است:

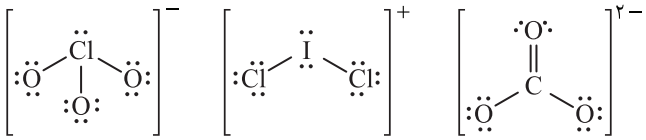
$$SCO \Rightarrow \text{الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها} = ۶+۴+۶=۱۶ \qquad NO \Rightarrow \text{الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها} = ۵+۶=۱۱$$

بنابراین در ساختار هر مولکول کربونیل سولفید و نیتروژن مونوکسید به ترتیب در مجموع ۱۶ و ۱۱ الکترون پیوندی و ناپیوندی وجود دارد. عبارت (ت): فرمول شیمیایی آهن (III) اکسید و آلومینیم اکسید به ترتیب به‌صورت $Fe_۲O_۳$ و $Al_۲O_۳$ است و نسبت بار کاتیون به شمار اتم‌ها در هر دوی آن‌ها برابر $\frac{۳}{۵}$ می‌باشد. عبارت (ث): $CO_۲$ یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که با افزایش غلظت آن در هواکره و انحلال آن در آب، کربنیک اسید $(H_۲CO_۳)$ تولید شده و در نهایت سبب کاهش pH آب باران و اسیدی شدن آن می‌شود. ولی دقت کنید که باران اسیدی، بارانی است که در آن اکسیدهای $SO_۳$ و $NO_۲$ حل شده باشد.

C ۴۵۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست می‌باشند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): چنانچه در هنگام سوختن هیدروکربن‌هایی مانند متان، اکسیژن کافی در اختیار مادهٔ سوختنی قرار گیرد، رنگ شعله آبی خواهد بود و مادهٔ سوختنی به‌طور کامل می‌سوزد. اما در صورت عدم وجود اکسیژن کافی، واکنش سوختن به‌طور ناقص انجام شده و رنگ شعلهٔ آن نیز زرد خواهد بود. رنگ شعلهٔ حاصل از سوختن گوگرد و سدیم به ترتیب آبی و زرد است. عبارت (ب): معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به صورت مقابل می‌باشد:

$$۲N_۲O_۴(l)+۲KI(s) \rightarrow ۲KNO_۳(s)+۲NO(g)+I_۲(s)$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شده، مجموع ضرایب مواد جامد (KNO_3 ،KI و I_2) برابر با ۵ است. عبارت (پ): ساختار لوویس ClO_3^- ، ICl_2^+ و CO_3^{2-} به صورت مقابل است. با توجه به ساختارهای رسم شده، ClO_3^- دارای ۱۰ جفت‌الکترون ناپیوندی، ICl_2^+ دارای ۲ جفت‌الکترون پیوندی و CO_3^{2-} دارای ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی می‌باشد. عبارت (ت): نور خورشید هنگام عبور از هواکره با مولکول‌های دیگر و ذره‌های آن برخورد می‌کند و تنها بخشی از آن به سطح زمین می‌رسد؛ از این‌رو زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیسی گسیل می‌کند، با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است.



A ۴۵۳ ۳ پلاستیک‌های سبز، پلیمرهایی هستند که بر پایهٔ مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آن‌ها اکسیژن نیز وجود دارد. این پلاستیک در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند.

A ۴۵۴ ۴ شیمی سبز شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمی‌دان‌ها در جست‌وجوی فرایندها و فراورده‌هایی هستند که به کمک آن‌ها بتوان کیفیت زندگی را با بهره‌گیری از منابع طبیعی افزایش داد و هم‌زمان از طبیعت محافظت کرد. در این راستا بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که ردپاهای سنگینی روی کرهٔ زمین برجای می‌گذارند، کاهش داد یا متوقف کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): پلاستیک‌های سبز همانند سوخت‌های سبز، زیست‌تخریب‌پذیر بوده و در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند. گزینهٔ (۲): واکنش‌های انجام شده در این فرایند به‌صورت زیر است:

$$CO_2(g)+CaO(s)\rightarrow CaCO_3(s) \qquad CO_2(g)+MgO(s)\rightarrow MgCO_3(s)$$

فراورده‌های این واکنش‌ها، دو ترکیب کلسیم کربنات و منیزیم کربنات هستند. این دو مادهٔ جامد متعلق به ترکیب‌های یونی هستند. گزینهٔ (۳): سنگ‌های متخلخل در زیر زمین، میدان‌های قدیمی گاز و چاه‌های قدیمی نفت که خالی از این مواد هستند، جاهای مناسبی برای دفن این گاز هستند.

B ۴۵۵ ۲ موارد چهارم و پنجم جملهٔ داده شده را به درستی تکمیل نمی‌کنند. **بررسی همهٔ موارد:** مورد اول: سوخت سبز سوختی است که علاوه‌بر کربن و هیدروژن در ساختار خود اکسیژن نیز دارد و به همین دلیل به نسبت سوخت‌های دیگر آلایندهٔ کمتری ایجاد می‌کند. مورد دوم: سوخت‌های سبز از جمله اتانول را می‌توان از پسماندهای گیاهی مانند نیشکر، سویا و دانه‌های روغنی تهیه کرد. مورد سوم: اتانول و روغن‌های گیاهی از جمله سوخت‌های سبز هستند. اتانول از تخمیر بی‌هوازی گلوکز، طبق واکنش مقابل تولید می‌شود:

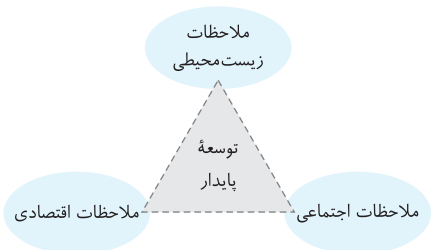
$$C_6H_{12}O_6(aq)\rightarrow 2C_2H_5OH(aq)+2CO_2(g)$$

مورد چهارم: سوخت سبز به دلیل داشتن اتم اکسیژن در ساختار خود، زیست تخریب‌پذیر بوده و توسط جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شود. مورد پنجم: دقت کنید که فراورده‌های حاصل از سوختن سوخت‌های سبز به نسبت سوخت‌های دیگر، آلایندهٔ کمتری تولید می‌کنند اما این به آن معنا نیست که در اثر واکنش سوختن آن‌ها هیچ مادهٔ آلاینده و مضری تولید نخواهد شد. برای مثال اتانول یکی از سوخت‌های سبز است که طبق واکنش زیر با اکسیژن می‌سوزد:

$$2C_2H_6O+7O_2\rightarrow 4CO_2+6H_2O$$

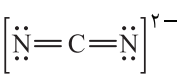
همان‌طور که ملاحظه می‌کنید CO_2 یکی از فراورده‌های این واکنش است که مقادیر زیاد آن در هواکره، برای موجودات زنده مشکل‌زا بوده و نقش آلایندگی دارد.

A ۴۵۶ ۲ توسعهٔ پایدار یعنی اینکه در تولید هر فراورده، همهٔ هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن در نظر گرفته شود. هر کالایی به اقتصاد کشور هزینه‌هایی را تحمیل می‌کند که به قیمت تمام شده، اضافه نشده است. توسعهٔ پایدار بیان می‌کند هرگاه در مجموع، شرکت‌ها و کارخانه‌ها، کالاهایی را تولید کنند که قیمت تمام شده تولید کالا برای کشور کاهش یابد، این توسعه سبب رشد واقعی کشور می‌شود و در دراز مدت سبب حفظ یا کاهش مصرف منابع طبیعی می‌گردد؛ به همین دلیل برخی از کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی می‌کنند. قیمت تمام شدهٔ تولید پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر نسبت به پلاستیک‌هایی با پایهٔ نفتی در کارخانه بیشتر است، اما از آنجا که این پلاستیک‌ها در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند، از دیدگاه توسعهٔ پایدار تولید آن‌ها نسبت به پلاستیک‌های با پایهٔ نفتی مناسب‌تر است.



B ۴۵۷ ۴ به جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: به منظور تبدیل CO_2 تولید شده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی به مواد معدنی، آن را با منیزیم اکسید یا کلسیم اکسید واکنش می‌دهند: $MgO(s)+CO_2(g)\rightarrow MgCO_3(s)$ $CaO(s)+CO_2(g)\rightarrow CaCO_3(s)$

عبارت دوم: فرمول شیمیایی آلومینیم سولفات و آمونیوم نیترات به ترتیب به‌صورت $Al_2(SO_4)_3$ و NH_4NO_3 می‌باشد. در هر واحد فرمولی از $Al_2(SO_4)_3$، سه آنیون چندتایی (SO_4^{2-}) یافت می‌شود. همچنین در آمونیوم نیترات سه عنصر (N, O, H) وجود دارد. عبارت سوم: اتم مرکزی CO_2، کربن است. سبک‌ترین اکسید عنصر کربن، کربن مونوکسید (CO) می‌باشد. در ساختار کربن مونوکسید یک پیوند سه‌گانه یافت می‌شود. $(:C\equiv O:)$ عبارت چهارم: در فراورده‌های سوختن زغال سنگ، علاوه‌بر ترکیبات کربن‌دار و آب، گاز گوگرد دی‌اکسید (SO_2) نیز تولید می‌شود. دقت کنید که گوگرد تری‌اکسید (SO_3) جزء فراورده‌های واکنش سوختن زغال سنگ نیست. عبارت پنجم: ساختار لوویس ترکیب CN_2^{2-} به صورت مقابل است:



با توجه به ساختار رسم شده، این ترکیب دارای ۴ جفت‌الکترون پیوندی و ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی است؛ بنابراین نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در آن برابر ۱ است.

۴۵۸ **۴** با توجه به جدول داده شده در صورت تست، خودروی با برچسب D، حداکثر ۵۰ گرم CO_2 اضافی به ازای طی مسافت یک کیلومتر آزاد می‌کند. ابتدا مقدار CO_2 اضافی تولید شده در سال، توسط خودروی با برچسب D را برحسب kg محاسبه می‌کنیم:

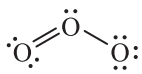
$$\text{جرم } CO_2 \text{ اضافی در یک سال} = 21000\,km \times \frac{50\,g\,CO_2}{1\,km} \times \frac{1\,kg\,CO_2}{10^3\,g\,CO_2} = 1050\,kg\,CO_2$$

اگر به ازای هر ۱۰۰kg کربن دی‌اکسید اضافی، ۱۳۰ یورو مالیات اضافی در نظر گرفته شود، خواهیم داشت:

$$\text{مقدار مالیات اضافی} = 1050\,kg\,CO_2 \times \frac{\text{۱۳۰ یورو}}{100\,kg\,CO_2} = \text{۱۳۶۵ یورو}$$

۴۵۹ **۳** در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود.

۴۶۰ **۲** از آنجا که فرمول مولکولی گاز اکسیژن و اوزون به‌ترتیب O_2 و O_3 است، پس جرم مولی اوزون ۱/۵ برابر گاز اکسیژن است. با توجه به ساختار رسم شده برای اوزون، در هر مولکول آن یک پیوند دوگانه و یک پیوند یگانه وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فرمول مولکولی اوزون به‌صورت O_3 است و در هر واحد فرمولی آن سه اتم اکسیژن وجود دارد. گزینهٔ (۳): ساختار لوویس مولکول اوزون به‌صورت مقابل است:



با توجه به ساختار رسم شده، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی برابر $2\ (\frac{6}{3})$ است. گزینهٔ (۴): هر دو گونهٔ اوزون و اکسیژن در حالت مایع به رنگ آبی دیده می‌شوند.

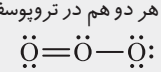
* **توجه** اکسیژن مایع کم‌رنگ‌تر از اوزون مایع است.

۴۶۱ **۴** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است. عبارت (ب): مولکول‌های اوزون و اکسیژن طبق واکنش برگشت‌پذیر $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g)$ به هم تبدیل می‌شوند، در مولکول اوزون ۳ پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی‌که تابش پرانرژی فرابنفش به این مولکول می‌رسد، پیوند اشتراکی بین دو تا از اتم‌های اکسیژن شکسته و مولکول اوزون به یک اتم و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌شود. ذره‌های تولید شده دوباره با هم واکنش داده و اوزون تولید می‌کند و در این واکنش مقداری انرژی به شکل تابش فروسرخ آزاد می‌شود. با تکرار پیوستهٔ این دو واکنش، لایهٔ اوزون بخش زیادی از تابش فرابنفش را جذب کرده و تابش‌های کم‌انرژی فروسرخ را به زمین گسیل می‌کند و بدین ترتیب ساکنان زمین از پرتوهای مضر خورشید در امان می‌مانند. عبارت (پ): نقطهٔ جوش اوزون از اکسیژن بیشتر است؛ بنابراین با افزایش دمای مخلوط مایع از آن‌ها، ابتدا اکسیژن به گاز تبدیل می‌شود. عبارت (ت): در هر دو مولکول اوزون و اکسیژن، شمار الکترون‌های ناپیوندی ۲ برابر الکترون‌های پیوندی است و همچنین هر دو مولکول در حالت مایع آبی‌رنگ هستند.

۴۶۲ **۱**

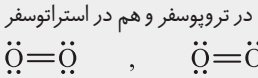
نکته ترکیبی **مقایسهٔ گازهای اوزون و اکسیژن:**

• **شباهت‌ها:** ۱- آلوتروپ‌هایی از عنصر اکسیژن (O_8) هستند. ۲- هر دو جزء گازهای واکنش‌پذیر محسوب می‌شوند. ۳- هر دو هم در تروپوسفر و هم در استراتوسفر قابل تولیدند. ۴- نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در هر دو گاز یکسان و برابر ۲ است.

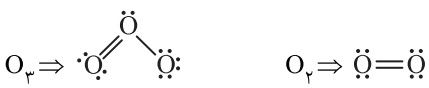


• **تفاوت‌ها:** ۱- گاز اوزون واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به اکسیژن دارد و در صنعت برای گندزدایی میوه‌ها و سبزیجات به کار می‌رود. ۲- اوزون در استراتوسفر نقش محافظتی و مفید و در تروپوسفر نقش آلایندگی و مضر دارد، در حالی که اکسیژن در استراتوسفر برای حفظ چرخهٔ تولید و مصرف اوزون و در تروپوسفر در تنفس موجودات زنده نقش دارد؛ لذا در هر دو لایه مفید است. ۳- مولکول‌های اوزون حالت خمیده (V شکل) داشته و قطبی‌اند؛ در حالی که مولکول‌های اکسیژن دواتمی و ناقطبی‌اند. ۴- دو ماده در حالت مایع، آبی رنگ بوده ولی اوزون مایع پررنگ‌تر از اکسیژن مایع است. ۵- اوزون در ساختار خود پیوند ضعیف یگانهٔ $(O-O)$ را دارد که مولکول اکسیژن چنین پیوندی را در ساختار خود ندارد. ۶- بیشترین مقدار اوزون هواکره در لایهٔ استراتوسفر (در منطقه‌ای به نام لایهٔ اوزون) دیده می‌شود؛ در حالی که حداکثر مقدار اکسیژن هواکره مربوط به لایهٔ تروپوسفر است.

موارد دوم، پنجم و هفتم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: میزان واکنش‌پذیری اوزون از گاز اکسیژن بیشتر است و از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود. عبارت‌های دوم و سوم: ساختار لوویس دو گونهٔ اکسیژن و اوزون به‌صورت مقابل است. با توجه به ساختارهای رسم شده، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی برابر با $2\ (\frac{6}{3})$ است. در هر مولکول اوزون و اکسیژن یک پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت چهارم: جرم و حجم مولکول‌های اوزون بیشتر از اکسیژن است، به همین دلیل نقطهٔ جوش اوزون بیشتر از اکسیژن است. عبارت پنجم: به دلیل خمیده بودن مولکول O_3 و داشتن الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی، قطبیت (گشتاور دوقطبی) مولکول‌های اوزون از اکسیژن بیشتر است. عبارت ششم: اوزون مایع و اکسیژن مایع هر دو آبی رنگ هستند ولی اوزون مایع پررنگ‌تر است. عبارت هفتم: هر چه نقطهٔ جوش یک ماده بالاتر باشد، راحت‌تر از حالت گاز به مایع تبدیل می‌شود. نقطهٔ جوش اوزون از اکسیژن بالاتر است، پس O_3 راحت‌تر به مایع تبدیل می‌شود.



۴۶۳ **۳** همهٔ موارد به جز «پایداری!»، جمله را به درستی کامل می‌کنند. ساختار لوویس اوزون (O_3) و اکسیژن (O_2) به صورت مقابل است:



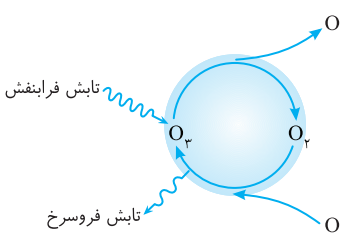
با توجه به ساختارهای بالا، شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در مولکول اوزون بیشتر از اکسیژن است. همچنین واکنش‌پذیری و پایداری اوزون از اکسیژن به ترتیب بیشتر و کمتر است و مولکول‌های اوزون برخلاف مولکول‌های اکسیژن قطبی هستند و گشتاور دوقطبی بزرگ‌تری دارند؛ زیرا در مولکول‌های اوزون روی اتم مرکزی الکترون ناپیوندی وجود دارد. ولی مولکول‌های اکسیژن دواتمی جورهسته هستند.

۴۶۴ **۱** شکل داده شده لایهٔ اوزون و عملکرد آن در هواکره را نمایش می‌دهد که در آن هر یک از موارد A، B، C و D به‌ترتیب «تابش فرابنفش خورشید»، «لایهٔ اوزون در استراتوسفر»، «مولکول‌های اوزون» و «تابش‌های فروسرخ حاصل از لایهٔ اوزون» هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در لایهٔ اوزون اتم اکسیژن و مولکول اکسیژن حاصل از تجزیهٔ مولکول اوزون می‌توانند دوباره در واکنش با یکدیگر، مولکول اوزون را تولید کنند اما در این واکنش، مقداری انرژی به شکل تابش فروسرخ آزاد می‌شود. تابش‌های فروسرخ (D) نسبت به تابش‌های فرابنفش (A) طول موج بلندتری دارند.

گزینهٔ (۲): اصطلاح لایهٔ اوزون به منطقهٔ مشخصی از استراتوسفر گفته می‌شود که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد. گزینهٔ (۳): مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شوند تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند. گزینهٔ (۴): در مولکول اوزون سه پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی که تابش پرانرژی فرابنفش به این مولکول می‌رسد، پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن می‌شکند و مولکول اوزون به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌شود.

B ۴۶۵ ۱ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): به واکنش‌هایی که تنها در یک جهت پیشرفت می‌کنند و در آن‌ها فقط مواد واکنش‌دهنده به فراورده تبدیل می‌شوند، واکنش یک‌طرفه یا برگشت‌ناپذیر می‌گویند. از جملهٔ این واکنش‌ها می‌توان به واکنش سوختن، مصرف باتری‌های غیرقابل شارژ و ... اشاره کرد. عبارت (ب): به واکنش‌هایی که در هر دو جهت رفت و برگشت پیشرفت می‌کنند و مواد واکنش‌دهنده به فراورده‌ها و مواد فراورده به واکنش‌دهنده‌ها می‌توانند تبدیل شوند، واکنش دوطرفه یا برگشت‌پذیر می‌گویند. از جملهٔ این واکنش‌ها می‌توان به واکنش چرخهٔ اوزون در لایهٔ استراتوسفر، شارژ شدن باتری‌های قابل شارژ و ... اشاره کرد. عبارت (پ): شیمی‌دان‌ها، واکنش تبدیل گاز اوزون به گاز اکسیژن و شارژ شدن باتری‌های قابل شارژ را واکنش‌های برگشت‌پذیر و واکنش‌های سوختن را برگشت‌ناپذیر توصیف می‌کنند. عبارت (ت): هر گونه تغییر حالت فیزیکی از جمله ذوب شدن، انجماد، تبخیر و ... نمونه‌ای از فرایندهای برگشت‌پذیر بوده و در هر دو جهت، امکان پیشرفت دارند، اما فرایند زنگ زدن آهن تنها در جهت رفت پیشرفت می‌کند و برگشت‌ناپذیر است. عبارت (ث): در واکنش‌های برگشت‌پذیر، لزوماً واکنش‌های رفت و برگشت همزمان انجام نمی‌شوند. مانند باتری موبایل که ممکن است همزمان شارژ و دشارژ شود یا مدتی شارژ شود و بعداً برای مدتی دشارژ گردد.

B ۴۶۶ ۲ فرایند چرخهٔ گاز اوزون در لایهٔ استراتوسفر به‌صورت مقابل است. با توجه به این چرخه، واکنش‌های انجام شده به‌صورت روبه‌رو است:



$$O_3 + \text{تابش فرابنفش} \rightarrow O_2 + O \quad , \quad O_2 + O \rightarrow O_3 + \text{تابش فروسرخ}$$

با توجه به واکنش‌های انجام شده، عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): تابش A، تابش فرابنفش خورشید است که به مولکول‌های اوزون در لایهٔ استراتوسفر برخورد کرده و پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن را می‌شکند و مولکول اوزون را به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌کند. عبارت (ب): مولکول B، گاز اکسیژن (آلوتروپ سبک‌تر عنصر اکسیژن) است که نقطهٔ جوش و واکنش‌پذیری کمتری نسبت به اوزون (آلوتروپ سنگین‌تر عنصر اکسیژن) دارد. عبارت (پ): اتم اکسیژن در لایه‌های بالایی هواکره نیز یافت می‌شود. این اتم در اثر واکنش با گاز اکسیژن، گاز اوزون و تابش فروسرخ تولید می‌کند که در ناحیهٔ طیف مرئی امواج الکترومغناطیس قرار ندارد. عبارت (ت): مولکول‌های اوزون در طی چرخهٔ اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید (تابش A) به سطح زمین می‌شوند تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند. در اثر انجام واکنش‌های چرخهٔ اوزون در این لایه، تابش‌های فروسرخ (تابش D) تولید می‌شود. از آنجا که تابش A در ناحیهٔ فرابنفش و تابش D در ناحیهٔ فروسرخ قرار دارد، پس طول موج تابش A کوتاه‌تر از تابش D است.

A ۴۶۷ ۲ در هوای آلودهٔ شهرهای صنعتی و بزرگ، مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. در واقع این گازها از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): گاز نیتروژن به‌عنوان اصلی‌ترین جزءِ سازندهٔ هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. تنها هنگام رعد و برق این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند.

$$N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g) \qquad 2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$$

گزینهٔ (۳): گاز نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) به رنگ قهوه‌ای است. در هر واحد فرمولی از آن، ۳ اتم وجود دارد. گزینهٔ (۴): اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است، از این‌رو این ماده، آلاینده‌ای سمی و خطرناک به شمار می‌آید، به‌طوری که وجود آن در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است.

B ۴۶۸ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: اوزون در لایهٔ استراتوسفر با جذب پرتوهای پرانرژی و مضر خورشیدی، نقش حفاظت‌کنندگی دارد؛ اما اوزون تروپوسفری یکی از آلاینده‌های هواکره محسوب می‌شود و سبب سوزش چشم‌ها و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. عبارت دوم: دمای جوش گاز اکسیژن و اوزون در فشار یک اتمسفر به ترتیب برابر $-183^\circ C$ و $-112^\circ C$ است؛ بنابراین در دمای $-150^\circ C$، اکسیژن به حالت گاز و اوزون به حالت مایع یافت می‌شود.

* **توجه** O_3 یکی از آلوتروپ‌های اکسیژن است که به علت جرم مولی بیشتر نسبت به O_2 و همچنین قطبی بودن، دمای جوش بالاتری از گاز اکسیژن دارد.

عبارت سوم: اوزون تروپوسفری طی واکنش مقابل و در حضور نور خورشید تولید می‌شود:

$$NO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g) + O_3(g)$$

بنابراین بخش قابل توجهی از این گاز در طول روز و در حضور نور خورشید تولید می‌شود. عبارت چهارم: دقت کنید که بخش عمدهٔ گاز اوزون در لایهٔ استراتوسفر قرار دارد، به گونه‌ای که به بخشی از لایهٔ استراتوسفر که بیشترین مقدار اوزون در آن ناحیه یافت می‌شود، لایهٔ اوزون می‌گویند. این در حالی است که اوزون در لایهٔ تروپوسفر در نزدیکی سطح زمین بیشترین غلظت و تراکم را دارد.

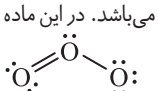
B ۴۶۹ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های تولید اوزون تروپوسفری به‌صورت روبه‌رو است:

$$I)\ N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$$

$$II)\ 2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$$

$$III)\ NO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g) + O_3(g)$$

گاز نیتروژن به‌عنوان اصلی‌ترین جزءِ سازندهٔ هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. تنها هنگام رعد و برق یا درون موتور خودروها در دمای بالا این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند. برای انجام واکنش (III) نیز نور خورشید نیاز است تا انرژی کافی برای شروع واکنش تأمین شود. با توجه به واکنش (III)، مادهٔ C همان گاز NO است که فراوردهٔ واکنش (I) نیز می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): مجموع ضریب استوکیومتری ترکیب‌های شرکت‌کننده در واکنش‌های (II) و (III) به‌ترتیب برابر با ۴ و ۲ است. گزینهٔ (۳): مولکول A گاز نیتروژن است که ساختار لوویس آن به‌صورت $:N \equiv N:$ می‌باشد. در این ماده نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی برابر با ۱/۵ است. ساختار لوویس گاز اوزون به‌صورت روبه‌رو است.



در گاز اوزون، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی برابر با ۰/۵ است، پس نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در مولکول نیتروژن (A)، ۳ برابر مولکول اوزون است. گزینهٔ (۴): فرمول مولکولی ترکیب B به‌صورت NO_2 است و نام درست این ترکیب «نیتروژن دی‌اکسید» است. در نام‌گذاری این ترکیب تنها از پیشوند «دی» استفاده می‌شود.

نکته ترکیبی **مقایسهٔ گازهای اوزون تروپوسفری و اوزون استراتوسفری:** اوزون گازی است که نقشی حیاتی در لایهٔ استراتوسفر بر عهده دارد به طوری که با ممانعت از ورود بخش عمدهٔ پرتوهای مخرب فرابنفش خورشید به تروپوسفر، از موجودات زندهٔ کرهٔ زمین محافظت می‌کند. این ماده در واکنش برگشت‌پذیر $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$ از گاز اکسیژن تولید می‌شود. همهٔ این‌ها در حالی است که در تروپوسفر با نقش زیان‌بار این گاز مواجه هستیم؛ به گونه‌ای که به علت واکنش‌پذیری بالا، نوعی مادهٔ سمی محسوب می‌شود و وجود آن در هوایی که تنفس می‌کنیم موجب سوزش چشم‌ها و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. اوزون در لایهٔ تروپوسفر در واکنش‌های زیر تولید می‌شود:

مرحلهٔ اول: $N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g)$ مرحلهٔ دوم: $2NO(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO_2(g)$

مرحلهٔ سوم: $NO_2(g)+O_2(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}} \underbrace{O_3(g)}_{\text{اوزون تروپوسفری}} + NO(g)$

A ۴۷۰ ۴ در قسمتی از هواکره که رعد و برق ایجاد می‌شود، دما به اندازه‌ای بالاست که اکسیدهای نیتروژن تشکیل می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) تنها اکسید قهوه‌ای‌رنگ عنصر نیتروژن است. گزینهٔ (۲): مولکول‌های اوزون در لایهٔ اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند. گزینهٔ (۳): گاز اوزون به‌طور معمول در لایهٔ تروپوسفر وجود ندارد و واکنش‌های چرخهٔ اوزون در لایهٔ استراتوسفر رخ می‌دهد. با تکرار پیوستهٔ این چرخه، مقدار اوزون در این لایه تقریباً ثابت مانده و بخش قابل توجهی از تابش فرابنفش جذب و تابش‌های کم‌انرژی‌تر فروسرخ به زمین گسیل می‌شود.

B ۴۷۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مجموعهٔ واکنش‌های چرخهٔ اوزون در لایهٔ اوزون را می‌توان به‌صورت $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$ نمایش داد. در این چرخه ابتدا با برخورد تابش فرابنفش خورشید، از گاز اوزون، گاز اکسیژن و یک اتم اکسیژن تولید می‌شود و سپس یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن واکنش داده و تابش فروسرخ و گاز اوزون را تولید می‌کنند. عبارت (ب): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید NO از N_2 و O_2 به‌صورت $N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g)$ است. مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۴ است. عبارت (پ): تابش فرابنفش خورشید به مولکول‌های اوزون در لایهٔ استراتوسفر برخورد می‌کند و پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن را می‌شکند و مولکول اوزون را به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌کند. عبارت (ت): از آنجا که گاز نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) قهوه‌ای‌رنگ است، هوای آلودهٔ شهرهای صنعتی و بزرگ، اغلب به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود. عبارت (ث): در هر مولکول اوزون، سه پیوند وجود دارد: $:\ddot{O}-\ddot{O}=\ddot{O}:$

پس خواهیم داشت:

$$?\text{پیوند} = 12g\,O_3 \times \frac{1mol\,O_3}{48g\,O_3} \times \frac{3mol\ \text{پیوند}}{1mol\,O_3} \times \frac{6/02\times10^{23}\ \text{پیوند}}{1mol\ \text{پیوند}} = 4/515\times10^{23}\ \text{پیوند}$$

B ۴۷۲ ۱ مجموعهٔ واکنش‌های چرخهٔ اوزون در لایهٔ اوزون را می‌توان به‌صورت $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$ نمایش داد. تابش فرابنفش خورشید به مولکول‌های اوزون در لایهٔ استراتوسفر برخورد می‌کند و پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن را می‌شکند و مولکول اوزون را به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌کند. سپس یک اتم اکسیژن و گاز اکسیژن واکنش داده و تابش فروسرخ و گاز اوزون را تولید می‌کنند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): واکنش تولید اوزون تروپوسفری به‌صورت $NO_2(g)+O_2(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g)+O_3(g)$ است. اکسیدی از عنصر نیتروژن که در این واکنش تولید می‌شود، گاز NO بوده که دواتمی و بی‌رنگ است. گزینهٔ (۳): دگرشکل‌های مختلف یک ماده به دلیل ساختار متفاوتی که دارند، از لحاظ فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر تفاوت دارند. گزینهٔ (۴): برای اینکه نقش حفاظتی مولکول‌های اوزون به‌درستی انجام شود، نیاز است واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن در هر دو جهت پیشرفت کند، در غیر این صورت این نقش به‌درستی انجام نشده و چرخهٔ اوزون در لایهٔ استراتوسفر برهم می‌خورد.

B ۴۷۳ ۲ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: طبق متن کتاب درسی، واکنش‌پذیری مولکول‌های اوزون از اکسیژن بیشتر است؛ به‌طوری‌که وجود مولکول‌های اوزون در تروپوسفر، به دلیل واکنش‌پذیری بالا، آلاینده به حساب می‌آید و موجب سوزش چشم‌ها و آسیب به ریه می‌شود. عبارت دوم: معادلهٔ واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن به‌صورت مقابل است: $2O_3(g)\rightleftharpoons 3O_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,O_2 = 19/2g\,O_3 \times \frac{1mol\,O_3}{48g\,O_3} \times \frac{3mol\,O_2}{2mol\,O_3} = 0/6mol\,O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اوزون}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{مول اکسیژن}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{19/2}{2\times48} = \frac{x\,mol\,O_2}{3} \Rightarrow x = 0/6mol\,O_2$$

عبارت‌های سوم و چهارم: لایهٔ اوزون طی دو مرحله واکنش زیر، پرتوهای فرابنفش خورشیدی را دریافت و پرتوهای فروسرخ را به سمت زمین گسیل می‌کند:

مرحلهٔ اول: جذب پرتوهای فرابنفش و مضر خورشید: $O_3 + \text{تابش فرابنفش} \rightarrow O_2 + O$

مرحلهٔ دوم: تابش پرتوهای فروسرخ و بی‌خطر: $O_2 + O \rightarrow O_3 + \text{پرتوهای فروسرخ}$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در اثر واکنش مولکول اکسیژن (O_2) و اتم اکسیژن (O)، مولکول اوزون (O_3) تولید شده و مقداری انرژی به‌صورت تابش‌های فروسرخ آزاد می‌شود. عبارت پنجم: واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن یک واکنش برگشت‌پذیر است که در لایهٔ استراتوسفر انجام می‌شود. در این فرایند به‌طور مداوم، مولکول‌های اوزون در اثر تابش‌های فرابنفش به مولکول اکسیژن و اتم اکسیژن تبدیل می‌شوند و سپس در اثر واکنش بین مولکول‌های اکسیژن و اتم اکسیژن، مجدداً اوزون تولید می‌شود.

C ۴۷۴ ۲ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت)، عبارت داده شده در صورت سؤال را به‌درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر در مولکول گوگرد دی‌اکسید به جای اتم گوگرد، اتم نیتروژن را جایگزین کنیم، مولکول نیتروژن دی‌اکسید تولید می‌شود. این مولکول یکی از واکنش‌دهنده‌های واکنش تولید اوزون تروپوسفری است. واکنش تولید اوزون تروپوسفری به‌صورت مقابل است: $NO_2(g)+O_2(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g)+O_3(g)$

عبارت (ب): اگر در مولکول کربن دی‌اکسید، به جای اتم کربن، اتم گوگرد را جایگزین کنیم، مولکول گوگرد دی‌اکسید تولید می‌شود. گوگرد دی‌اکسید ابتدا با اکسیژن واکنش داده و گوگرد تری‌اکسید تولید می‌کند. مولکول‌های گوگرد تری‌اکسید با مولکول‌های آب وارد واکنش شده و مولکول سولفوریک اسید را تولید می‌کنند. عبارت (پ): اگر در مولکول H_2O_2 به جای اتم‌های اکسیژن، اتم‌های کربن را جایگزین کنیم، مولکول C_2H_2 تولید می‌شود. ساختار لوویس این مولکول به‌صورت $(H-C\equiv C-H)$ است و در آن یک پیوند سه‌گانه وجود دارد.

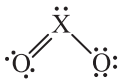
عبارت (ت): اگر در مولکول نیتروژن مونوکسید به جای اتم نیتروژن، اتم کربن را جایگزین کنیم، مولکول کربن مونوکسید تولید می‌شود. مولکول کربن مونوکسید در اثر سوختن ناقص گاز شهری تولید شده و شعلهٔ حاصل زرد رنگ خواهد بود. عبارت (ث): فرایند تولید اوزون و تروپوسفری به صورت زیر است:

$$I)\ N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g) \qquad II)\ 2NO(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO_2(g)$$

$$III)\ NO_2(g)+O_2(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g)+O_3(g)$$

بنابراین برای تولید هر مول اوزون تروپوسفری ۰/۵ مول گاز نیتروژن و ۲ مول گاز O_2 مصرف می‌شود.

۴۷۵ C ۱ تنها عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به توضیحات عبارت، ساختار لوویس این مولکول به صورت روبه‌رو است:



(مجموع شمار الکترون‌های به‌کار رفته) − (مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت) = q (بار گونه)

گونهٔ مورد نظر، یک مادهٔ مولکولی و بدون بار است؛ پس $q=0$ است:

$$0=(x+2\times 6)-(18)\Rightarrow x=6$$

در لایهٔ ظرفیت اتم x، ۶ الکترون وجود دارد؛ بنابراین این عنصر می‌تواند متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی باشد و آرایش لایهٔ ظرفیت آن به شکل ns^2np^4 خواهد بود؛ از این‌رو در آخرین زیرلایهٔ اتم x که همان np^4 است، ۴ الکترون یافت می‌شود. عبارت (ب): معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به‌صورت زیر است:

$$6NaOH+Al_2O_3+12HF\rightarrow 2Na_3AlF_6+9H_2O$$

مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در این واکنش به ترتیب برابر ۱۹ و ۱۱ است، بنابراین تفاوت مجموع این ضرایب برابر ۸ (۱۱−۱۹) خواهد شد. عبارت (پ): زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد. گازهای گلخانه‌ای مانع از خروج کامل این گرمای آزاد شده می‌شوند.

عبارت (ت): واکنش تولید O_3 از گاز NO_2 و تولید NO_2 از گاز NO به صورت مقابل است:

$$NO_2+O_2\rightarrow NO+O_3\ ,\quad NO+\frac{1}{2}O_2\rightarrow NO_2$$

با توجه به معادلهٔ این دو واکنش، برای تشکیل یک مول از هر یک از ترکیب‌های O_3 و NO_2 به ترتیب به ۱ و ۰/۵ مول گاز اکسیژن نیاز است.

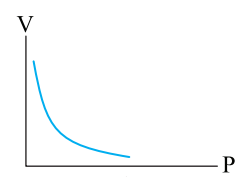
۴۷۶ A ۳ به درسنامه رجوع کنید!

۴۷۷ A ۴ **بررسی شکل‌ها:** شکل (الف): در شکل چند تکه مادهٔ جامد دیده می‌شوند که شکل و حجم خود را حفظ کرده‌اند و به شکل ظرفی که درون آن ریخته شده‌اند درنیامده‌اند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت شکل و حجم یک مادهٔ جامد به شکل ظرف بستگی ندارد. در این شکل اثری از فشار بر روی مواد جامد دیده نمی‌شود، به همین دلیل نمی‌توان از آن برداشت کرد که مواد جامد تراکم‌ناپذیرند. شکل (ب): در شکل یک مایع معین را در دو ظرف با شکل‌های متفاوت ریخته‌اند که در هر یک، مایع به شکل ظرف درآمده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مایعات به شکل ظرف محتوی آن‌ها درمی‌آیند. مواد مایع با اینکه شکل معینی ندارند، اما حجم مشخصی دارند و تراکم‌ناپذیرند، به همین دلیل با انتقال آن‌ها از یک ظرف به ظرفی دیگر تنها شکل آن‌ها مطابق شکل ظرفی که مایع را در آن می‌ریزیم تغییر می‌کند، اما حجم آن‌ها تغییری نمی‌کند. شکل (پ): در این شکل ابتدا شیر رابط بین دو ظرف بسته است و ظرف سمت راست دارای مقداری گاز است. پس از باز کردن شیر رابط هر دو ظرف دارای گاز هستند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت گاز در هر دو محفظه پخش شده است. گازها برخلاف مواد جامد و مایع، حجم معینی ندارند و حجم آن‌ها برابر با حجم ظرفی است که در آن نگهداری می‌شوند، به همین دلیل وقتی مواد گازی را در ظرفی می‌ریزیم، گاز مورد نظر به سرعت در تمام ظرف پخش می‌شود.

۴۷۸ A ۲ در شکل (۱)، با تغییر فشار روی پیستون روان، حجم گازها تغییر می‌کند و در شکل (۲)، با تغییر دما، حجم گاز تغییر می‌کند؛ بنابراین عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر به یک نمونه گاز درون سرنگ یا سیلندری با پیستون روان، فشار وارد کنیم، گاز فشرده‌تر و حجم آن کمتر می‌شود. گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود، اما اگر فشار کاهش یابد، فاصلهٔ بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به شکل داده شده، با افزایش دما، در فشار ثابت، به تدریج حجم گاز افزایش یافته و فاصلهٔ بین ذره‌های گاز در حال افزایش است. عبارت (پ): با توجه به یکسان بودن دما، سرعت حرکت مولکول‌ها در هر سه ظرف برابر است. عبارت (ت): در فشار ثابت، با افزایش دما حجم گازها افزایش می‌یابد.

۴۷۹ A ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در فشار ثابت، حجم یک نمونه گاز با دمای آن رابطهٔ مستقیم دارد، پس با کاهش دما (توسط نیتروژن مایع) حجم نمونه‌های گازی به شدت کاهش می‌یابد. گزینه‌های (۲) و (۳): در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است. این مقدار تنها در شرایط استاندارد (STP) برابر با ۲۲/۴ لیتر است. این بیان نخستین بار در سال ۱۸۱۱ توسط آووگادرو ارائه و بعدها به قانون آووگادرو مشهور شد. گزینهٔ (۴): در شرایط یکسان از نظر دما و فشار، حجم یکسان از گازها، شمار مولکول یکسان دارند ولی لزوماً تعداد اتم یکسانی ندارند؛ زیرا برخی گازها مانند آرگون تک‌اتمی و برخی گازها مانند کربن دی‌اکسید، سه‌اتمی هستند.

۴۸۰ B ۳ به جز نمودار (ت)، سایر نمودارها درست رسم شده‌اند. **بررسی نمودارها:** نمودار (الف): در حجم ثابت، فشار یک گاز با دمای آن رابطهٔ مستقیم دارد، پس در حجم ثابت، فشار (P) با معکوس دما $(\frac{1}{T})$ رابطهٔ عکس دارد. نمودار (ب): در دما و فشار ثابت، با افزایش مقدار مول مادهٔ گازی، حجم آن گاز افزایش می‌یابد. نمودار (پ): برای یک نمونه گاز در فشار ثابت، حجم گاز با دمای آن رابطهٔ مستقیم دارد.



(برای یک نمونه گاز در دمای ثابت)

* **توجه** دلیل اینکه در نمودار «V−T» برای یک نمونه گاز خط را تا انتها رسم نکرده و به‌صورت خط‌چین رسم می‌نمایند آن است که رسیدن به دمای صفر کلوین به‌صورت عملی میسر نبوده و این عدد تنها به‌صورت تئوری محاسبه شده است.

نمودار (ت): برای یک نمونه گاز در دمای ثابت، فشار و حجم رابطهٔ عکس دارند. اما این رابطه خطی نیست، به همین دلیل نمودار داده شده در گزینهٔ (۴) نادرست است. نمودار تغییرات حجم برحسب فشار به‌صورت مقابل است. نمودار (ث): برای یک نمونه گاز در دمای ثابت، حاصل‌ضرب فشار (P) در حجم (V) ثابت است، پس با افزایش فشار، حجم به گونه‌ای کاهش می‌یابد که حاصل $P\times V$ ثابت بماند.

۴۸۱ B ۱ با افزودن مقداری گاز O_2 به سیلندر، چگالی مخلوط گازی به چگالی گاز O_2 نزدیک شده و از آنجا که در شرایط یکسان، چگالی یک گاز با جرم مولی آن گاز متناسب است، چگالی مخلوط گازی کاهش خواهد یافت. دقت کنید که در سیلندر با پیستون متحرک، فشار گاز ثابت است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در دمای ثابت، با افزایش حجم، فشار گاز کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۳): در حجم و فشار ثابت، دمای گازها با تعداد مول آن‌ها رابطهٔ عکس دارد $(\frac{n_1}{n_2}=\frac{T_2}{T_1})$؛ بنابراین با خروج نیمی از گاز O_2، دمای گازها افزایش خواهد یافت. گزینهٔ (۴): نقطهٔ جوش گازهای اکسیژن و اوزون به ترتیب برابر $-183^\circ C$ و $-112^\circ C$ است. با کاهش دمای سیلندر تا $-150^\circ C$، اوزون به حالت مایع در خواهد آمد.

A ۴۸۲ ۱ برای توصیف یک نمونهٔ گاز افزون بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال ۰/۲ مول گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق مثالی از یک نمونهٔ گاز است. در میان گزینه‌ها تنها گزینهٔ (۱) مثال درستی از توصیف یک نمونهٔ گاز است.

A ۴۸۳ ۱ فشار ابتدایی بالن سمت چپ را برابر با «P_1» در نظر می‌گیریم. پس از باز کردن شیر (با صرف‌نظر کردن از حجم لولهٔ رابط میان دو ظرف)، حجم گاز برابر با مجموع حجم دو بالن خواهد بود؛ بنابراین برای نمونهٔ گاز مورد نظر در دمای ثابت می‌توان نوشت:

$$P_1V_1=P_2V_2 \xrightarrow{P_2=P_1-0/375} P_1\times 1/5=(P_1-0/375)\times 4 \Rightarrow P_1=0/6\,atm$$

A ۴۸۴ ۳ برای یک نمونه گاز در فشار ثابت می‌توان نوشت:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2} \xrightarrow{T=\theta+273} \frac{V_1}{\theta_1+273}=\frac{V_2}{\theta_2+273} \xrightarrow{V_2=2/25V_1} \frac{V_1}{\theta_1+273}=\frac{2/25V_1}{\theta_2+273}$$

$$\theta_2+273=2/25(\theta_1+273)\Rightarrow 4\theta_2+1092=9\theta_1+2457\Rightarrow 4\theta_2-9\theta_1=1365$$

A ۴۸۵ ۳ ابتدا دمای اولیه و نهایی این گاز را برحسب کلوین به دست می‌آوریم:

$$\theta_1=27^\circ C\Rightarrow T_1=27+273=300K \qquad \theta_2=2\times 27=54^\circ C\Rightarrow T_2=54+273=327K$$

در فشار ثابت، حجم و دمای یک نمونه گاز مشخص، با یکدیگر رابطهٔ مستقیم دارند:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}\Rightarrow\frac{V_1}{300}=\frac{V_2}{327}\Rightarrow V_2=1/09V_1$$

اکنون می‌توانیم تغییرات حجم این گاز را برحسب حجم اولیه (V_1) به‌دست آوریم:

$$\Delta V=V_2-V_1 \xrightarrow{V_2=1/09V_1} \Delta V=1/09V_1-V_1=0/09V_1$$

پس طی این فرایند، میزان افزایش حجم گاز، به اندازهٔ ۰/۰۹ برابر حجم اولیه است.

A ۴۸۶ ۳ ابتدا مقدار مول گاز نئون موجود در سیلندر (n_1) را محاسبه می‌کنیم:

$$n_1=12\,g\,Ne\times\frac{1\,mol\,Ne}{20\,g\,Ne}=0/6\,mol\,Ne$$

برای یک نمونه گازی در دما و فشار ثابت می‌توان نوشت:

$$\frac{V_1}{n_1}=\frac{V_2}{n_2} \xrightarrow{V_2=1/4V_1} \frac{V_1}{0/6}=\frac{1/4V_1}{n_2}\Rightarrow n_2=0/84\,mol\Rightarrow \text{مقدار مول اکسید نیتروژن}=0/84-0/6=0/24\,mol$$

حال با داشتن مقدار مول اکسید نیتروژن و جرم آن، جرم مولی اکسید مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی}=\frac{\text{جرم}}{\text{مقدار مول}}\Rightarrow \text{جرم مولی}=\frac{22/08g}{0/24mol}=92\,g.mol^{-1}$$

با توجه به جرم مولی به‌دست آمده، اکسید مورد نظر N_2O_4 است.

B ۴۸۷ ۱ ابتدا مقدار مول اولیه گاز موجود در سیلندر را محاسبه می‌کنیم، سپس با استفاده از روابط گازها، مقدار مول گاز SO_3 را محاسبه کرده و در نهایت جرم این گاز را به‌دست می‌آوریم:

$$n_1=60\,g\,C_2F_4\times\frac{1\,mol\,C_2F_4}{100\,g\,C_2F_4}=0/6\,mol\,C_2F_4$$

$$\frac{V_1}{n_1}=\frac{V_2}{n_2} \xrightarrow{V_2=1/6V_1} \frac{V_1}{0/6}=\frac{1/6V_1}{n_2}\Rightarrow n_2=0/96\,mol\Rightarrow \text{مقدار مول } SO_3 \text{ اضافه شده}=0/96-0/6=0/36\,mol$$

$$?\,g\,SO_3=0/36\,mol\,SO_3\times\frac{80\,g\,SO_3}{1\,mol\,SO_3}=28/8\,g\,SO_3 \qquad ?\,L\,SO_3=28/8\,g\,SO_3\times\frac{1\,mol\,SO_3}{80\,g\,SO_3}\times\frac{22/4\,L\,SO_3}{1\,mol\,SO_3}=8/064\,L\,SO_3$$

توضیح محاسبات پاسخ از جنس ۸۰۶۴ است. (پاسخ: ۸/۰۶۴)

$$\frac{28/8\times 22/4}{80}=?\xrightarrow[\text{اعشار و صفر}]{\text{ساده کردن بدون در نظر گرفتن}}\frac{288\times 224}{8}=288\times 28=8064$$

B ۴۸۸ ۱ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): برای یک نمونه گاز با جرم ثابت و معین، در فشار ثابت، با دو برابر شدن دما برحسب کلوین، حجم دو برابر می‌شود و چگالی نیز که از رابطهٔ $\frac{m}{V}$ به دست می‌آید، نصف می‌شود. پرسش (ب): چگالی یک ماده به مقدار آن بستگی ندارد، پس برای حل مسئله نیازی به مقدار آن نیست. دانستن جرم مولی مادهٔ گازی و این نکته که حجم مولی گازها در شرایط STP برابر با ۲۲/۴ لیتر بر مول است. کفایت می‌کند. جرم مولی گاز C_2H_6 برابر $30\,g.mol^{-1}$ است و حجم مولی همهٔ گازها از جمله C_2H_6 در شرایط STP برابر $22/4\,L.mol^{-1}$ است. پس خواهیم داشت:

$$\text{چگالی گاز}=\frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow \text{چگالی گاز}=\frac{30\,g.mol}{22/4\,L.mol}\simeq 1/34\,g.L^{-1}$$

نکته ترکیبی **روابط مربوط به محاسبهٔ چگالی گازها:** چگالی گازها تغییر دما و فشار محیط متغیر تغییر می‌کند. فرمول محاسبهٔ چگالی یک گاز به صورت زیر است:

$$d\,(\text{چگالی})=\frac{M\,(\text{جرم مولی})}{V\,(\text{حجم مولی گازها})}$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات دما و فشار محیط روی حجم مولی و به دنبال آن چگالی گازها موثر هستند. با توجه به قانون آووگادرو، در شرایط یکسان، حجم یک مول از گازهای مختلف یکسان است؛ بنابراین نسبت چگالی دو گاز مختلف در شرایط (دما و فشار) یکسان به صورت زیر است:

$$\frac{d_1\,(\text{چگالی گاز ۱})}{d_2\,(\text{چگالی گاز ۲})}=\frac{M_1\,(\text{جرم مولی گاز})}{M_2\,(\text{جرم مولی گاز})}$$

به عبارت دیگر، در شرایط یکسان، نسبت چگالی دو گاز با نسبت جرم مولی‌های آن‌ها برابر است. برای مثال در شرایط یکسان فشار و دما، چگالی گازهای کربن دی‌اکسید (CO_2)، دی نیتروژن مونو اکسید و پروپان (C_3H_8) یکسان است؛ زیرا جرم مولی هر سه مادهٔ گازی یکسان و برابر $44\,g.mol^{-1}$ است.

پرسش (پ): با توجه به نکتهٔ گفته شده، در دما و فشار ثابت، نسبت چگالی دو گاز برابر با نسبت جرم مولی دو گاز است. پس می‌توان نوشت:

$$\frac{\text{چگالی گاز } H_2S}{\text{چگالی گاز Ar}}=\frac{\text{جرم مولی } H_2S}{\text{جرم مولی Ar}}\Rightarrow\frac{۱/۷}{\text{چگالی گاز Ar}}=\frac{۳۴}{۴۰}\Rightarrow \text{چگالی گاز Ar}=۲g.L^{-۱}$$

A ۴۸۹ ۴ برای یک نمونه گاز در دما و فشار ثابت می‌توان نوشت:

$$n_۲=n_۱-۰/۲=۰/۹-۰/۲=۰/۷mol$$

$$\frac{V_۱}{n_۱}=\frac{V_۲}{n_۲}\Rightarrow\frac{۶/۳}{۰/۹}=\frac{V_۲}{۰/۷}\Rightarrow V_۲=۴/۹L$$

$$\text{چگالی } O_۲=\frac{\text{جرم } O_۲}{\text{حجم } O_۲}=\frac{۰/۷mol\,O_۲\times\frac{۳۲g\,O_۲}{۱mol\,O_۲}}{۴/۹\,L}\simeq۴/۵۷g.L^{-۱}$$

B ۴۹۰ ۱ در چنین سؤالاتی که حجم و جرم مخلوط مورد نظر داده نشده است، بهتر است حجم مخلوط را به گونه‌ای انتخاب کنید که شمار مول‌های گازی مخلوط مورد نظر برابر با ۱ شود. با توجه به اینکه گازها در شرایط STP هستند، حجم این مخلوط را ۲۲/۴L در نظر گرفته و جرم این نمونه را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{(چگالی) } d=\frac{\text{m (جرم)}}{\text{V (حجم)}}\Rightarrow۱/۷۵g.L^{-۱}=\frac{m}{۲۲/۴L}\Rightarrow m=۳۹/۲g$$

بنابراین جرم یک نمونهٔ ۲۲/۴ لیتری از این مخلوط که در مجموع شامل یک مول از گازهای $N_۲$ و $C_۴H_۸$ است برابر ۳۹/۲g می‌باشد. از طرفی می‌دانیم که مجموع تعداد مول‌های گازی این مخلوط نیز برابر ۱ است:

$$\text{مجموع جرم مخلوط گازی}=m_{C_۴H_۸}+m_{N_۲}=۳۹/۲g$$

$$\text{مجموع مول مخلوط گازی}=(m_{C_۴H_۸}\times\frac{۱mol}{۵۶g})+(m_{N_۲}\times\frac{۱mol}{۲۸g})=۱\Rightarrow\frac{m_{C_۴H_۸}+۲m_{N_۲}}{۵۶}=۱\Rightarrow m_{C_۴H_۸}+۲m_{N_۲}=۵۶$$

اکنون می‌توانیم از دو رابطهٔ به‌دست آمده، جرم هر یک از این گازها را در این مخلوط به‌دست آوریم:

$$\begin{cases}m_{C_۴H_۸}+m_{N_۲}=۳۹/۲\\ m_{C_۴H_۸}+۲m_{N_۲}=۵۶\end{cases}\Rightarrow m_{N_۲}=۱۶/۸g\ ,\ m_{C_۴H_۸}=۲۲/۴g$$

بنابراین درصد جرمی گاز نیتروژن در این مخلوط به‌صورت مقابل محاسبه می‌شود:

$$٪N_۲=\frac{\text{جرم } N_۲}{\text{جرم مخلوط}}\times۱۰۰=\frac{۱۶/۸}{۳۹/۲}\times۱۰۰\simeq٪۴۲/۸۶$$

B ۴۹۱ ۳ قسمت اول: ابتدا دمای اولیه و نهایی گاز مورد نظر را به کلوین تبدیل می‌کنیم:

$$\theta_۱=-۳^\circ C\Rightarrow T_۱=-۳+۲۷۳=۲۷۰K\qquad \theta_۲=۲۷^\circ C\Rightarrow T_۲=۲۷+۲۷۳=۳۰۰K$$

در فشار ثابت، حجم یک گاز با دمای آن رابطهٔ مستقیم دارد؛ بنابراین:

$$\frac{V_۱}{T_۱}=\frac{V_۲}{T_۲}\Rightarrow\frac{۱۸L}{۲۷۰}=\frac{V_۲}{۳۰۰}\Rightarrow V_۲=۲۰L$$

قسمت دوم: در دمای ثابت، فشار یک گاز با حجم آن رابطهٔ عکس دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$P_۱V_۱=P_۲V_۲\Rightarrow۱atm\times۲۰L=۱/۶atm\times V_۲\Rightarrow V_۲=۱۲/۵L$$

* **توجه** دقت کنید که در قسمت دوم سؤال، باید حجم گاز پس از تغییرات دمایی، یعنی ۲۰L را در نظر بگیرید و چنانچه حجم اولیه، یعنی ۱۸L را در رابطه قرار می‌دادید، به پاسخ صحیح این مسئله نمی‌رسیدید!

B ۴۹۲ ۲

نکته ترکیبی یک فرمول برای همهٔ گازها در هر شرایطی: تاکنون روابط میان پارامترهای مختلف مؤثر بر رفتار فیزیکی گازها را فرا گرفتید که هر کدام توسط یک یا چند دانشمند کشف شده بودند. ایراد این روابط این بود که در شرایط خاص برقرار بودند و همه‌جا نمی‌توانستیم از یکی از این فرمول‌ها استفاده کنیم. از ترکیب تمامی این روابط، رابطهٔ زیر به دست می‌آید که برای تمامی گازها و در هر شرایطی برقرار است:

$$\frac{P_۱V_۱}{n_۱T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{n_۲T_۲}$$

فرمول بالا در مسائلی که در آن‌ها بیش از یک عامل به طور هم‌زمان تغییر می‌کند، بسیار مناسب است. برای مثال دمای نمونه‌ای از گاز آرگون شامل ۰/۳۵ مول با فشار ۸/۱ اتمسفر و حجم ۲۸ لیتر برحسب کلوین ۳/۶ برابر دمای نمونه‌ای از گاز هلیم شامل ۰/۸ مول گاز با فشار ۳/۲ اتمسفر و حجم ۴۵ لیتر است؛ زیرا:

$$\frac{P_AV_A}{n_AT_A}=\frac{P_BV_B}{n_BT_B}\Rightarrow\frac{۸/۱\times۲۸}{۰/۳۵\times T_A}=\frac{۳/۲\times۴۵}{۰/۸\times T_B}\Rightarrow\frac{T_A}{T_B}=۳/۶$$

برای یک نمونهٔ گازی می‌توان نوشت:

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}\xrightarrow[T_۲=۰/۸T_۱]{P_۲=۱/۶P_۱}\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{۱/۶P_۱\times V_۲}{۰/۸T_۱}\Rightarrow V_۲=\frac{V_۱}{۲}\Rightarrow\text{میزان تغییرات حجم}=\frac{V_۲-V_۱}{V_۱}\times۱۰۰=\frac{\frac{V_۱}{۲}-V_۱}{V_۱}\times۱۰۰=-٪۵۰$$

با توجه به مقدار تغییرات، حجم نمونهٔ گازی ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

B ۴۹۳ ۳ ابتدا مقدار مول گاز متانول $(CH_۳OH)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,CH_۳OH=۶/۴\,g\,CH_۳OH\times\frac{۱mol\,CH_۳OH}{۳۲g\,CH_۳OH}=۰/۲mol\,CH_۳OH$$

حال مقدار مول نهایی متانول را محاسبه کرده و سپس تغییرات مول این گاز را به‌دست آورده و به این صورت جرم گازی را که باید خارج کنیم محاسبه می‌کنیم. برای هر نمونهٔ گازی می‌توان نوشت:

$$\text{مقدار مول متانول خارج شده}=۰/۲-۰/۱۵=۰/۰۵\ mol\ ,\qquad \frac{P_۱V_۱}{n_۱T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{n_۲T_۲}\Rightarrow\frac{۲\times۲/۴}{۰/۲\times۳۰۰}=\frac{۱/۲\times۴}{n_۲\times۴۰۰}\Rightarrow n_۲=۰/۱۵\,mol,$$

$$?\,g\,CH_۳OH\,(\text{خارج شده})=۰/۰۵\,mol\,CH_۳OH\times\frac{۳۲g\,CH_۳OH}{۱mol\,CH_۳OH}=۱/۶g\,CH_۳OH$$

B ۴۹۴ ۳ ابتدا مقدار مول گاز کربن دی‌اکسید را محاسبه کرده و سپس با توجه به حجم مولی گازها در شرایط استاندارد (STP)، حجم نمونهٔ گازی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,CO_2=16/5\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=8/4\,L\,CO_2$$

$$\text{شمار جفت‌الکترون ناپیوندی}=16/5\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{4\,mol\,\text{جفت‌الکترون ناپیوندی}}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{6/02\times10^{23}\,\text{جفت‌الکترون ناپیوندی}}{1\,mol\,\text{جفت‌الکترون ناپیوندی}}=9/03\times10^{23}\,\text{جفت‌الکترون ناپیوندی}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{16/5\times4\times6/02\times10^{23}}{44}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{16/5\times4\times6/02\times10^{23}}{44}\xrightarrow[\text{به جای ۶/۰۲ عدد ۶ قرار گیرد}]{\text{ساده کردن}}\frac{16/5\times6\times10^{23}}{11}=1/5\times6\times10^{23}=9\times10^{23}$$

(۴۴ ساده شده به ۱۱؛ ۱۶/۵ ساده شده به ۱/۵)

پاسخ به عدد $9/03\times10^{23}$ نزدیک است.

C ۴۹۵ ۴ در دما و فشار ثابت، برای یک نمونهٔ گازی، مقدار $\frac{V}{n}$ ثابت است؛ بنابراین:

(۱) نمونهٔ $\Rightarrow$ ۵ ذره $CO=0/5\,mol\,CO=14\,g\,CO=(V)\,L$

(۲) نمونهٔ $\Rightarrow$ ۵ ذره $Ne=0/5\,mol\,Ne=10\,g\,Ne=(V)\,L$

(۳) نمونهٔ $\Rightarrow$ ۱۰ ذره $CO_2=1\,mol\,CO_2=44\,g\,CO_2=(2V)\,L$

(۴) نمونهٔ $\Rightarrow$ ۱۰ ذره $N_2=1\,mol\,N_2=28\,g\,N_2=(2V)\,L$

(۵) نمونهٔ $\Rightarrow$ ۲۰ ذره $He=2\,mol\,He=8\,g\,He=(4V)\,L$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): نسبت شمار اتم‌ها در مولکول دواتمی N_2 (نمونهٔ ۴) به شمار مولکول‌های CO (نمونهٔ ۱) برابر است با:

$$\frac{\text{شمار اتم‌های نمونهٔ (۴)}}{\text{شمار مولکول‌های نمونهٔ (۱)}}=\frac{1\,mol\,N_2\times2\times N_A}{0/5\,mol\,CO\times N_A}=4$$

گزینهٔ (۲): مطابق محاسبات بالا حجم گاز نمونهٔ ۴، برابر $2V$ و حجم گاز نمونهٔ (۱)، برابر V است؛ اما دقت کنید حجم مولی گازها فقط در شرایط STP (دمای ۲۷۳ کلوین و فشار اتمسفر) برابر ۲۲/۴ لیتر است. گزینهٔ (۳):

$$\frac{\text{مجموع جرم گاز در نمونه‌های (۱) و (۳)}}{\text{جرم گاز در نمونهٔ (۲)}}=\frac{14+44}{10}=\frac{58}{10}=5/8$$

گزینهٔ (۴):

$$\frac{\text{حجم گاز نمونهٔ (۵)}}{\text{حجم گاز نمونهٔ (۱)}}=\frac{4V}{V}=4\quad,\quad\frac{\text{جرم گاز نمونهٔ (۵)}}{\text{جرم گاز نمونهٔ (۲)}}=\frac{8}{10}$$

C ۴۹۶ ۲ موارد (الف)، (ب) و (ت) جای خالی عبارت داده شده در صورت سؤال را به‌درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی موارد:**

مورد (الف):

$$?\,g\,CS_2=1/12\,L\,CS_2\times\frac{1\,mol\,CS_2}{22/4\,L\,CS_2}\times\frac{76\,g\,CS_2}{1\,mol\,CS_2}=3/8\,g\,CS_2$$

مورد (ب):

$$?\,mol\,C=3/2\,L\,CS_2\times\frac{1\,mol\,CS_2}{22/4\,L\,CS_2}\times\frac{1\,mol\,C}{1\,mol\,CS_2}=\frac{1}{7}\,mol\,C$$

مورد (پ):

$$?\,atom\,S=2/8\,L\,CS_2\times\frac{1\,mol\,CS_2}{22/4\,L\,CS_2}\times\frac{2\,mol\,S}{1\,mol\,CS_2}\times\frac{6/02\times10^{23}\,atom\,S}{1\,mol\,S}=1/505\times10^{23}\,atom\,S$$

موارد (ت) و (ث): با توجه به ساختار لوویس مولکول کربن دی‌سولفید (CS_2)، در هر مولکول این گونه، ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۸ الکترون پیوندی وجود دارد:

$$:\ddot{S}=C=\ddot{S}:$$

$$\text{تعداد مول جفت‌الکترون ناپیوندی}=26/88\,L\,CS_2\times\frac{1\,mol\,CS_2}{22/4\,L\,CS_2}\times\frac{4\,mol\,\text{جفت الکترون ناپیوندی}}{1\,mol\,CS_2}=4/8\,mol\,\text{جفت الکترون ناپیوندی}$$

$$\text{تعداد مول الکترون‌های پیوندی}=5/6\,L\,CS_2\times\frac{1\,mol\,CS_2}{22/4\,L\,CS_2}\times\frac{8\,mol\,\text{الکترون پیوندی}}{1\,mol\,CS_2}=2\,mol\,\text{الکترون پیوندی}$$

C ۴۹۷ ۳ فقط در مورد (ب)، دو مورد ذکر شده با هم برابر نیستند. هر یک از مقادیر داده شده را محاسبه می‌کنیم. **بررسی موارد:**

مورد (الف):

$$?\,L\,Ar=25\,g\,Ar\times\frac{1\,mol\,Ar}{40\,g\,Ar}\times\frac{22/4\,L\,Ar}{1\,mol\,Ar}=14\,L\,Ar\,,\quad?\,L\,SO_2=40\,g\,SO_2\times\frac{1\,mol\,SO_2}{64\,g\,SO_2}\times\frac{22/4\,L\,SO_2}{1\,mol\,SO_2}=14L\,SO_2$$

مورد (ب):

$$?\,molecule\,O_2=560\,mL\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{22400\,mL\,O_2}\times\frac{6/02\times10^{23}\,molecule\,O_2}{1\,mol\,O_2}=1/505\times10^{22}\,molecule\,O_2$$

$$?\,atom=140\,mL\,N_2O_3\times\frac{1\,mol\,N_2O_3}{22400\,mL\,N_2O_3}\times\frac{5\,mol\,atom}{1\,mol\,N_2O_3}\times\frac{6/02\times10^{23}\,atom}{1\,mol\,atom}\simeq1/881\times10^{22}\,atom$$

مورد (پ):

$$?\,atom=3/36\,L\,N_2H_4\times\frac{1\,mol\,N_2H_4}{22/4\,L\,N_2H_4}\times\frac{6\,mol\,atom}{1\,mol\,N_2H_4}\times\frac{6/02\times10^{23}\,atom}{1\,mol\,atom}=5/418\times10^{23}\,atom$$

$$?\,atom=6/72\,L\,N_2O\times\frac{1\,mol\,N_2O}{22/4\,L\,N_2O}\times\frac{3\,mol\,atom}{1\,mol\,N_2O}\times\frac{6/02\times10^{23}\,atom}{1\,mol\,atom}=5/418\times10^{23}\,atom$$

مورد (ت): در این گزینه، با توجه به اینکه حجم گازها در دما و فشار ثابت برابر است، پس مقدار مول دو گاز نیز برابر است. از آنجایی که جرم مولی دو گاز نیز یکسان و برابر با $44\,g.mol^{-1}$ است، پس بدون انجام محاسبه نیز می‌توان گفت جرم این دو نمونه گاز برابر است.

$$?\,g\,C_3H_8=2\,L\,C_3H_8\times\frac{1\,mol\,C_3H_8}{22/4\,L\,C_3H_8}\times\frac{44\,g\,C_3H_8}{1\,mol\,C_3H_8}\simeq 3/93\,g\,C_3H_8\,,\quad ?\,g\,CO_2=2\,L\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L\,CO_2}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}\simeq 3/93\,g\,CO_2$$

B ۴۹۸ ۲ قسمت اول:

* **توجه** در دما و فشار ثابت، نسبت حجمی و نسبت مولی دو گاز با هم برابر است.

ابتدا حجم هوای وارد شده به ریهٔ فرد را در یک ساعت محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mL\,\text{هوا}=3/6\,mol\,O_2\times\frac{100\,mol\,\text{هوا}}{20\,mol\,O_2}\times\frac{22400\,mL\,\text{هوا}}{1\,mol\,\text{هوا}}=403200\,mL\,\text{هوا}$$

حال تعداد تنفس در هر ساعت را محاسبه کرده و با استفاده از حجم هوای به‌دست آمده، حجم هوای وارد شده به ریهٔ فرد را در هر بار تنفس محاسبه می‌کنیم:

$$\text{تعداد تنفس}=1\,\text{ساعت}\times\frac{60\,\text{دقیقه}}{1\,\text{ساعت}}\times\frac{12\,\text{تنفس}}{1\,\text{دقیقه}}=720\,\text{تنفس}\qquad \text{حجم هوا در هر تنفس}=\frac{403200\,mL}{720}=560\,mL$$

قسمت دوم: با توجه به متن تست و محاسبات انجام شده در قسمت اول، خواهیم داشت:

$$?\,kg\,O_2=1\,\text{سال}\times\frac{365\,\text{روز}}{1\,\text{سال}}\times\frac{24\,\text{ساعت}}{1\,\text{روز}}\times\frac{3/6\,mol\,O_2}{1\,\text{ساعت}}\times\frac{4\,mol\,O_2}{20\,mol\,O_2}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}\times\frac{1\,kg\,O_2}{10^3\,g\,O_2}=202\,kg\,O_2$$

B ۴۹۹ ۳ ابتدا دما و فشار هوا را در ارتفاع ۵ کیلومتری سطح زمین به‌دست می‌آوریم:

$$\theta=-6h+17=-(6\times5)+17=-13^\circ C\qquad P=1-(5\times0/1)=0/5$$

با استفاده از قانون کلی گازها، حجم بادکنک را در ارتفاع ۵ کیلومتری محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1V_1}{\underbrace{n_1T_1}_{\text{در سطح زمین}}}=\frac{P_2V_2}{\underbrace{n_2T_2}_{\text{در ارتفاع }5km}}\Rightarrow\frac{1\times V_1}{1\times(273+17)}=\frac{0/5\times V_2}{1\times(273-13)}\Rightarrow V_2\simeq\frac{52}{29}V_1$$

در نهایت درصد افزایش حجم بادکنک را حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد افزایش حجم}=\frac{V_2-V_1}{V_1}\times100=\frac{\frac{52}{29}V_1-V_1}{V_1}\times100\simeq\%79/3$$

C ۵۰۰ ۱ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: عنصر نیتروژن در دما و فشار اتاق به صورت گازهای دواتمی N_2 وجود دارد؛ بنابراین:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,N_2=0/14\,g\,N_2\times\frac{1\,mol\,N_2}{28\,g\,N_2}\times\frac{20\,L\,N_2}{1\,mol\,N_2}=0/1\,L\,N_2$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم}}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{0/14}{28}=\frac{x\,L\,N_2}{20}\Rightarrow x=0/1\,LN_2$$

عبارت دوم: در دمای ثابت، حجم یک نمونه گاز با فشار آن رابطهٔ عکس دارد:

$$P_1V_1=P_2V_2\Rightarrow1\,atm\times10\,L=P_2\times2\,L\Rightarrow P_2=5\,atm$$

بنابراین طی این فرایند، فشار این گاز $4\,atm$ $(1-5)$ تغییر کرده است. عبارت سوم: طبق قانون آووگادرو، در فشار و دمای ثابت، حجم گازها با تعداد مول آن‌ها رابطهٔ مستقیم دارد. $(n\propto V)$ عبارت چهارم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g.mol^{-1}=22/4\,\frac{L}{mol}\times\frac{0/9\,g\,gas}{1\,L\,gas}=20/16\,g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم}}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{0/9}{\text{جرم مولی}}=\frac{1}{22/4}\Rightarrow\text{جرم مولی}=20/16\,g.mol^{-1}$$

B ۵۰۱ ۲ در شرایط استاندارد (STP)، یک لیتر از گازهای مختلف دارای مقدار مول یکسان گاز هستند، اما تعداد اتم‌ها ممکن است متفاوت باشد، زیرا هر مولکول در واحد فرمولی خود دارای تعداد اتم متفاوتی است. برای نمونه یک مول کربن دی‌اکسید (CO_2) دارای ۳ مول اتم بوده در حالی که هر مول گاز نیتروژن (N_2) دارای ۲ مول اتم است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): دمای $0^\circ C$ و فشار $1\,atm$ همان شرایط استاندارد است. با توجه به این موضوع می‌توان نوشت:

$$?\,mL\,CH_4=8\,g\,CH_4\times\frac{1\,mol\,CH_4}{16\,g\,CH_4}\times\frac{22400\,mL\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=11200\,mL\,CH_4$$

گزینهٔ (۳): در دما و فشار یکسان، مقدار مول‌های برابر از دو نمونهٔ گازی حجم یکسانی را اشغال می‌کنند. از آنجا که شمار مولکول‌های هر گاز با مقدار مول‌های آن رابطهٔ مستقیم دارد، پس تعداد مولکول‌های برابر از گازهای مختلف، در دما و فشار یکسان، حجم یکسانی را اشغال می‌کنند. گزینهٔ (۴): جرم مولی گازهای CH_4 و SO_3 به‌ترتیب برابر ۱۶ و ۸۰ گرم بر مول است، پس در شرایط یکسان دما و فشار چگالی گاز SO_3 باید ۵ برابر چگالی CH_4 باشد؛ بنابراین شرط برابر بودن چگالی این دو گاز این است که حجم نمونهٔ CH_4، $\frac{1}{5}$ برابر حجم نمونهٔ SO_3 و فشار CH_4، ۵ برابر فشار SO_3 باشد.

B ۵۰۲ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مبنای ما برای مقایسهٔ دما در گازها، دما در مقیاس کلوین است؛ بنابراین تنها در صورتی m برابر شدن دما سبب m برابر شدن حجم گاز می‌شود که این تغییرات در مقیاس کلوین رخ دهد. عبارت (ب): در فشار ثابت $1\,atm$ برای یک مول گاز رابطهٔ میان حجم (L) و دما $(^\circ C)$ به‌صورت خطی بوده که عرض از مبدأ آن برابر با $22/4$ لیتر است، زیرا در دمای $(0^\circ C)$ و فشار $1\,atm$، حجم مولی گازها برابر با $22/4$ لیتر بر مول است. همچنین طول از مبدأ این نمودار باید برابر با $-273^\circ C$ باشد، زیرا کمترین دمای ممکن برای مواد برابر با صفر کلوین $(-273^\circ C)$ بوده و در این دما حجم گازها برابر با صفر لیتر خواهد بود.

عبارت (پ): در دمای ثابت برای یک نمونهٔ گاز می‌توان نوشت:

$$P_1V_1=P_2V_2 \xrightarrow{P_2=1/6P_1} P_1V_1=1/6P_1\times V_2 \Rightarrow V_2=0/625V_1 \qquad \text{درصد تغییر}=\frac{V_2-V_1}{V_1}\times 100=\frac{0/625V_1-V_1}{V_1}\times 100=\%-37/5$$

عبارت (ت):

$$?\,g\,O_2=50/4\,L\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{22/4\,L\,O_2}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=72\,g\,O_2$$

B ۵۰۳ ۴ در دما و فشار ثابت، حجم یک نمونهٔ گازی به شمار مول‌های گاز وابسته است؛ در این سؤال با توجه به اینکه حجم بالون ثابت است، پس شمار مول‌های گاز CO خروجی و گاز آرگون ورودی با هم برابر است؛ بنابراین با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$\begin{cases}\%Ar=\frac{\text{جرم Ar}}{\text{جرم کل}}\times 100\Rightarrow 30=\frac{x\,g\,Ar}{620}\times 100\Rightarrow x=186g\\ \text{جرم آرگون ورودی}=186g\,Ar\times\frac{1\,mol\,Ar}{40\,g\,Ar}=4/65mol\,Ar\end{cases} \Rightarrow \text{مول Ar}=\frac{\text{جرم Ar}}{\text{جرم مولی}}=\frac{186}{40}=4/65mol$$

$$\text{جرم Ar}=620g\times\frac{30}{100}=186g$$

در نتیجه شمار مول‌های گاز CO خروجی نیز برابر $4/65mol$ است. پس خواهیم داشت: $\text{جرم گاز CO خروجی}=4/65mol\,CO\times\frac{28g\,CO}{1\,mol}=130/2g\,CO$

اکنون می‌توان جرم اولیهٔ گاز CO را محاسبه کرد: $\text{جرم مخلوط اولیه}=\text{جرم CO باقی‌مانده}+\text{جرم CO خارج شده}=\underbrace{(620-186)}_{434}+130/2=564/2g$

C ۵۰۴ ۲ قسمت اول: در ظرف مورد نظر ۵ ذره وجود دارد که هر کدام معادل ۰/۱ مول است؛ بنابراین تعداد مول اولیهٔ گاز هلیم موجود در این ظرف برابر $0/5\,mol$ $(5\times 0/1)$ است. با توجه به قانون آووگادرو، در دما و فشار ثابت، حجم یک نمونه گاز با تعداد مول‌های آن رابطهٔ مستقیم دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{V_1}{n_1}=\frac{V_2}{n_2}\Rightarrow\frac{7L}{0/5mol}=\frac{V_2}{(0/5+0/2)\,mol}\Rightarrow V_2=9/8L$$

قسمت دوم: می‌دانیم که در شرایط STP، حجم هر مول از یک نمونه گاز برابر با $22/4L$ است؛ بنابراین ابتدا حجم این گاز در شرایط STP را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,L\,gas=(0/5+0/2)\,mol\,gas\times\frac{22/4L}{1\,mol\,gas}=15/68L$$

بنابراین با تغییر شرایط به حالت STP، حجم این گاز از $9/8L$ به $15/68L$ تغییر می‌کند. همچنین می‌دانیم که حجم هر ظرف استوانه‌ای شکل، از حاصل‌ضرب مساحت سطح مقطع آن در ارتفاع به‌دست می‌آید:

$$V_1=9/8L=9800cm^3,\quad V_2=15/68L=15680cm^3$$

$$\text{حجم استوانه}=\text{مساحت مقطع}\times\text{ارتفاع}\Rightarrow 9800=100\times h_1\Rightarrow h_1=98cm,\quad 15680=100\times h_2\Rightarrow h_2=156/8\,cm$$

بنابراین تغییرات ارتفاع پیستون طی این فرایند برابر $58/8cm$ $(156/8-98)$ است.

C ۵۰۵ ۴ روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{شمار اتم‌ها در ظرف A}=8g\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{32g\,O_2}\times\frac{2mol\,atom}{1\,mol\,O_2}\times\frac{N_A\,atom}{1\,mol\,atom}=0/5N_A\,atom$$

$$\text{شمار اتم‌ها در ظرف C}=22g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44g\,CO_2}\times\frac{3mol\,atom}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{N_A\,atom}{1\,mol\,atom}=1/5N_A\,atom$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }O_2}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{شمار اتم‌های }O_2}{n\times N_A}\Rightarrow\frac{8}{32}=\frac{\text{شمار اتم‌های }O_2}{2\times N_A}\Rightarrow\text{شمار اتم‌های }O_2=0/5N_A$$

$$\frac{\text{جرم }CO_2}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{شمار اتم‌های }CO_2}{n\times N_A}\Rightarrow\frac{22}{44}=\frac{\text{شمار اتم‌های }CO_2}{3\times N_A}\Rightarrow\text{شمار اتم‌های }CO_2=1/5N_A$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در حجم و دمای برابر، هر چه شمار مول‌های یک گاز بیشتر باشد، تعداد برخوردهای ذرات آن با جدارهٔ ظرف بیشتر و در نتیجه فشار حاصل از آن بیشتر است:

$$\text{تعداد مول A}=8g\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{32g\,O_2}=0/25\,mol\,O_2 \qquad \text{تعداد مول B}=16g\,CH_4\times\frac{1\,mol\,CH_4}{16g\,CH_4}=1\,mol\,CH_4$$

$$\text{تعداد مول C}=22g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44g\,CO_2}=0/5\,mol\,CO_2 \qquad \text{تعداد مول D}=3g\,He\times\frac{1\,mol\,He}{4g\,He}=0/75\,mol\,He$$

بنابراین بیشترین و کمترین فشار به ترتیب مربوط به ظرف‌های B و A است. گزینهٔ (۲): با توجه به دما و حجم برابر دو ظرف، چنان‌چه تعداد مول‌های دو گاز با یک‌دیگر برابر باشد، فشار آن‌ها نیز با یکدیگر برابر خواهد بود؛ همان‌طور که در بررسی گزینهٔ (۱) توضیح دادیم، تعداد مول‌های ظرف B نیز برابر ۱ است؛ حال باید ببینیم با اضافه کردن ۲۴ گرم O_2 به ظرف A، تعداد مول گاز در آن به ۱ مول می‌رسد یا خیر.

$$\text{تعداد مول‌های A در شرایط جدید}=(24+8)\,g\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2}=1\,mol\,O_2$$

بنابراین فشار این دو ظرف با یکدیگر برابر است. گزینهٔ (۳): نسبت فشار دو گاز در دما و حجم ثابت، برابر نسبت تعداد مول‌های آن دو گاز است. با توجه به بررسی گزینهٔ (۱)، تعداد مول‌های گازی دو ظرف C و D به ترتیب برابر ۰/۵ و ۰/۷۵ مول است؛ پس نسبت فشار گازها در دو ظرف برابر است با:

$$\frac{P_D}{P_C}=\frac{n_D}{n_C}\Rightarrow\frac{P_D}{P_C}=\frac{0/75}{0/5}\Rightarrow P_D=1/5P_C \qquad \text{تغییر فشار}\,\%=\frac{P_D-P_C}{P_C}\times100=\frac{1/5P_C-P_C}{P_C}\times100=\%50$$

در چنین سؤالاتی که نسبت درصد فشار دو گاز با یک‌دیگر مقایسه می‌شود، می‌توانیم فشار یکی از گازها را برابر ۱۰۰ در نظر گرفته و فشار گاز دیگر را نسبت به آن به‌دست آوریم:

$$P_D=1/5P_C \xrightarrow{P_C=100} P_D=150$$

بنابراین فشار گاز D به میزان ۵۰٪ بیشتر از گاز C می‌باشد.

C ۵۰۶ ۳ فشار یک گاز با تعداد مول و دمای آن رابطهٔ مستقیم و با حجم آن رابطهٔ عکس دارد:

$$P\propto\frac{nT}{V}$$

بنابراین هر چه نسبت $\frac{nT}{V}$ در گازی بیشتر باشد، فشار آن گاز نیز بیشتر خواهد بود. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): $\theta=0^\circ C\Rightarrow T=0+273=273K$, $n=\frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی } O_2}=\frac{0/32g}{32g.mol^{-1}}=0/01mol$, $V=5/6L\Rightarrow\frac{nT}{V}=\frac{0/01\times273}{5/6}=0/4875$

گزینهٔ (۲): $\theta=0^\circ C\Rightarrow T=0+273=273K$, $n=\frac{\text{جرم } SO_2}{\text{جرم مولی } SO_2}=\frac{0/32g}{64g.mol^{-1}}=0/005mol$, $V=5/6L\Rightarrow\frac{nT}{V}=\frac{0/005\times273}{5/6}\simeq0/24375$

گزینهٔ (۳): $\theta=25^\circ C\Rightarrow T=25+273=298K$, $n=\frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی } O_2}=\frac{0/64g}{32g.mol^{-1}}=0/02mol$, $V=11/2L\Rightarrow\frac{nT}{V}=\frac{0/02\times298}{11/2}\simeq0/532$

گزینهٔ (۴): $\theta=25^\circ C\Rightarrow T=25+273=298K$, $n=\frac{\text{جرم } SO_2}{\text{جرم مولی } SO_2}=\frac{0/64g}{64g.mol^{-1}}=0/01mol$, $V=11/2L\Rightarrow\frac{nT}{V}=\frac{0/01\times298}{11/2}\simeq0/266$

بنابراین بیشترین و کمترین فشار به ترتیب مربوط به ظرف‌های ۳ و ۲ است.

B ۵۰۷ ۴ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): $FeCl_3$ یک ترکیب یونی با کاتیون‌های Fe^{3+} و آنیون‌های Cl^- است، اما دقت کنید که PCl_3 یک ترکیب مولکولی است که از به اشتراک‌گذاشتن الکترون بین اتم‌های فسفر و کلر به وجود آمده است و در ساختار آن آنیون و کاتیون وجود ندارد.

عبارت (ب): چگالی هر گاز را می‌توان از تقسیم جرم مولی بر حجم مولی آن به‌دست آورد: $\text{چگالی } N_2=\frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow\text{چگالی}=\frac{28g.mol^{-1}}{22/4L.mol^{-1}}=1/25g.L^{-1}$ (چگالی) d

عبارت (پ): سوخت سبز، سوختی است که در ساختار خود افزون‌بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به‌دست می‌آید. دقت کنید که در اثر سوختن این سوخت‌ها نیز همانند سوخت‌های فسیلی، گازهای گلخانه‌ای مانند CO_2 و بخار آب تولید می‌شوند.

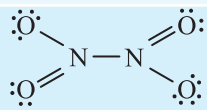
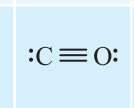
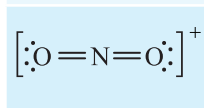
عبارت (ت): در دما و فشار ثابت، نسبت حجم دو نمونه گاز با نسبت تعداد مول‌های آن دو برابر است:

$$\frac{V_{O_2}}{V_{He}}=\frac{nO_2}{n\,He}=2\Rightarrow\frac{n\,O_2}{n\,He}=\frac{\frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی } O_2}}{\frac{\text{جرم } He}{\text{جرم مولی } He}}=2\Rightarrow\frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم } He}=\frac{2\times\text{جرم مولی } O_2}{\text{جرم مولی } He}=\frac{2\times32}{4}=16$$

C ۵۰۸ ۲ موارد سوم و چهارم جمله را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد:** مورد اول: تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی در N_2O_4 برابر با ۷ است. تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت در اتم کروم ($_{24}Cr$) برابر با ۶ است.

$$_{24}Cr:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\underline{3d^5\,4s^1}$$

مورد دوم: تعداد یون‌های اکسید در هر واحد فرمولی از مادهٔ اصلی بوکسیت (Al_2O_3) برابر با ۳ است. تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در اکسید سمی کربن (CO) برابر ۲ است. مورد سوم: ساختار لوویس گونه‌های داده شده در سؤال به‌صورت مقابل است:

گونهٔ شیمیایی	N_2O_4	CO	NO_2^+
ساختار لوویس			

تعداد پیوندهای کووالانسی دوگانه در گونهٔ NO_2^+ با تعداد کاتیون‌ها در هر واحد فرمولی آهن (III) سولفید (Fe_2S_3) یکسان و برابر با ۲ است. مورد چهارم: تعداد اتم‌های هیدروژن در ۱۳/۵ گرم یون آمونیوم (NH_4^+) و ۱۱/۲ لیتر گاز اتان (C_2H_6) در شرایط STP به‌صورت زیر است:

$$?\,atom\,H=13/5\,g\,NH_4^+\times\frac{1\,mol\,NH_4^+}{18\,g\,NH_4^+}\times\frac{4\,mol\,H}{1\,mol\,NH_4^+}\times\frac{N_A\,atom\,H}{1\,mol\,H}=3N_A\,atom\,H$$

$$?\,atom\,H=11/2\,L\,C_2H_6\times\frac{1\,mol\,C_2H_6}{22/4\,L\,C_2H_6}\times\frac{6\,mol\,H}{1\,mol\,C_2H_6}\times\frac{N_A\,atom\,H}{1\,mol\,H}=3N_A\,atom\,H$$

بنابراین تعداد اتم‌های هیدروژن در دو نمونه با یکدیگر برابر است.

C ۵۰۹ ۱ فقط در مورد (پ)، شمار اتم‌های کلر، ۱/۲ برابر شمار اتم‌های اکسیژن موجود در ۵۰ گرم سیلیس است. فرمول شیمیایی سیلیس به‌صورت SiO_2 است، پس شمار اتم‌های اکسیژن در ۵۰ گرم سیلیس برابر است با:

$$?\,atom\,O=50\,g\,SiO_2\times\frac{1\,mol\,SiO_2}{60\,g\,SiO_2}\times\frac{2\,mol\,O}{1\,mol\,SiO_2}\times\frac{N_A\,atom\,O}{1\,mol\,O}=\frac{5}{3}N_A\,atom\,O$$

با توجه به شمار اتم‌های اکسیژن، شمار اتم‌های کلر باید برابر با $۲N_A$ ($\frac{۵}{۳}N_A \times ۱/۲$) باشد. حال به بررسی موارد می‌پردازیم:

مورد (الف):
$$?\,atom\,Cl = ۵۶\,L\,SO_۲Cl_۲ \times \frac{۱\,mol\,SO_۲Cl_۲}{۲۲/۴\,L\,SO_۲Cl_۲} \times \frac{۲\,mol\,Cl}{۱\,mol\,SO_۲Cl_۲} \times \frac{N_A\,atom\,Cl}{۱\,mol\,Cl} = ۵N_A\,atom\,Cl$$

مورد (ب):
$$?\,atom\,Cl = ۷۵\,L\,Cl_۲O \times \frac{۲/۹\,g\,Cl_۲O}{۱\,L\,Cl_۲O} \times \frac{۱\,mol\,Cl_۲O}{۸۷\,g\,Cl_۲O} \times \frac{۲\,mol\,Cl}{۱\,mol\,Cl_۲O} \times \frac{N_A\,atom\,Cl}{۱\,mol\,Cl} = ۵N_A\,atom\,Cl$$

توضیح محاسبات
$$\frac{۷۵\times۲/۹\times۲}{۸۷} = ? \xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{تفکیک اعشار و صفر}} \frac{۷۵\times۲۹\times۲}{۸۷_{۳}}\times۱۰^{-۱} = \frac{۱۵۰^{۵۰}}{۳}\times۱۰^{-۱} = ۵$$

مورد (پ): در این گزینه ابتدا حجم مولی گازها در شرایط داده شده را محاسبه می‌کنیم، سپس شمار اتم‌های کلر را در نمونهٔ گاز به‌دست می‌آوریم. برای یک نمونهٔ گازی می‌توان نوشت:
$$\frac{P_۱V_{n,۱}}{T_۱} = \frac{P_۲V_{n,۲}}{T_۲} \Rightarrow \frac{۱\times۲۲/۴}{۲۷۳} = \frac{۳/۲\times V_{n,۲}}{۳۵۱} \Rightarrow V_{n,۲} = ۹\,L.mol^{-۱}$$
$$?\,atom\,Cl = ۶\,L\,POCl_۳ \times \frac{۱\,mol\,POCl_۳}{۹\,L\,POCl_۳} \times \frac{۳\,mol\,Cl}{۱\,mol\,POCl_۳} \times \frac{N_A\,atom\,Cl}{۱\,mol\,Cl} = ۲N_A\,atom\,Cl$$

مورد (ت):
$$?\,atom\,Cl = ۴۵\,L\,NOCl \times \frac{۲/۶۲\,g\,NOCl}{۱\,L\,NOCl} \times \frac{۱\,mol\,NOCl}{۶۵/۵\,g\,NOCl} \times \frac{۱\,mol\,Cl}{۱\,mol\,NOCl} \times \frac{N_A\,atom\,Cl}{۱\,mol\,Cl} = ۱/۸N_A\,atom\,Cl$$

با توجه به شمار اتم‌های کلر در گزینه‌های مختلف، تعداد اتم‌های کلر در گزینهٔ (۲)، ۱/۲ برابر شمار اتم‌های اکسیژن در نمونهٔ سیلیس موجود در صورت سؤال است.

توضیح محاسبات
$$\frac{۴۵\times۲/۶۲N_A}{۶۵/۵} = ? \xrightarrow[\text{اعداد ۲/۶۴ و ۶۶ قرار گیرد}]{\text{به جای اعداد ۲/۶۲ و ۶۵/۵}} \frac{۴۵\times۲/۶۴N_A}{۶۶} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{۴۵\times۲/۶۴^{۰/۲۴}N_A}{۶۶_{۶}} = \frac{۴۵\times۲۴\times۱۰^{-۲}N_A}{۶^{۴}} = ۱/۸N_A$$

C ۵۱۰ ۴ موارد اول و پنجم درست هستند. ابتدا مقدار مول و حجم هر یک از بالن‌ها را در شرایط استاندارد محاسبه می‌کنیم:

بالن (۱):
$$?\,mol\,Ne = ۶\,g\,Ne \times \frac{۱\,mol\,Ne}{۲۰\,g\,Ne} = ۰/۳\,mol\,Ne$$
$$?\,L\,Ne = ۰/۳\,mol\,Ne \times \frac{۲۲/۴\,L\,Ne}{۱\,mol\,Ne} = ۶/۷۲\,L\,Ne$$

بالن (۲):
$$?\,mol\,SO_۳ = ۲۰\,g\,SO_۳ \times \frac{۱\,mol\,SO_۳}{۸۰\,g\,SO_۳} = ۰/۲۵\,mol\,SO_۳$$
$$?\,L\,SO_۳ = ۰/۲۵\,mol\,SO_۳ \times \frac{۲۲/۴\,L\,SO_۳}{۱\,mol\,SO_۳} = ۵/۶\,L\,SO_۳$$

بالن (۳):
$$?\,mol\,CH_۴ = ۱۲\,g\,CH_۴ \times \frac{۱\,mol\,CH_۴}{۱۶\,g\,CH_۴} = ۰/۷۵\,mol\,CH_۴$$
$$?\,L\,CH_۴ = ۰/۷۵\,mol\,CH_۴ \times \frac{۲۲/۴\,L\,CH_۴}{۱\,mol\,CH_۴} = ۱۶/۸\,L\,CH_۴$$

بررسی موارد: مورد اول: با توجه به مقادیر محاسبه شده، مجموع حجم بالن‌های (۱) و (۳) در شرایط استاندارد برابر با ۲۳/۵۲ لیتر است. مورد دوم: در دما و فشار یکسان، نسبت حجم دو گاز با نسبت مقدار مول‌هایشان برابر است. از آنجا که نسبت مقدار مول گاز در بالن (۲) به مقدار مول گاز در بالن (۱) برابر با $\frac{۵}{۶}$ است، پس نسبت حجم این دو بالن نیز برابر با $\frac{۵}{۶}$ خواهد بود. مورد سوم:
$$\left.\begin{array}{l} ?\,mol\,O\,(\text{در } NO_۲) = ۱۱۵\,g\,NO_۲ \times \frac{۱\,mol\,NO_۲}{۴۶\,g\,NO_۲} \times \frac{۲\,mol\,O}{۱\,mol\,NO_۲} \times \frac{N_A\,atom\,O}{۱\,mol\,O} = ۵N_A\,atom\,O \\ ?\,mol\,H\,(\text{در } CH_۴) = ۱۲\,g\,CH_۴ \times \frac{۱\,mol\,CH_۴}{۱۶\,g\,CH_۴} \times \frac{۴\,mol\,H}{۱\,mol\,CH_۴} \times \frac{N_A\,atom\,H}{۱\,mol\,H} = ۳N_A\,atom\,H \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های اکسیژن}}{\text{شمار اتم‌های هیدروژن}} = \frac{۵N_A}{۳N_A} = \frac{۵}{۳}$$

مورد چهارم: در دما و فشار یکسان، نسبت چگالی دو گاز برابر با نسبت جرم مولی آن‌ها است؛ بنابراین خواهیم داشت: $\frac{\text{چگالی گاز } CH_۴}{\text{چگالی گاز } SO_۳} = \frac{\text{جرم مولی گاز } CH_۴}{\text{جرم مولی گاز } SO_۳} = \frac{۱۶}{۸۰} = ۰/۲$

مورد پنجم: در صورت یکسان بودن حجم ظرف‌ها و دمای گازها، هر چه مقدار مول یک گاز بیشتر باشد، فشار آن گاز نیز بالاتر خواهد بود، پس مقایسهٔ فشار گاز موجود در سه بالن به صورت: «بالن (۳) > بالن (۱) > بالن (۲)» است.

C ۵۱۱ ۳ جرم این مخلوط را ۱۰۰g در نظر می‌گیریم؛ بنابراین ۶۰ گرم از این مخلوط را گازهای دواتمی $N_۲$ و $O_۲$ و ۴۰g از آن را Ar تشکیل داده است. دمای جوش سه گاز آرگون، نیتروژن و اکسیژن به ترتیب برابر ۱۸۶−، ۱۹۶− و ۱۸۳− درجهٔ سلسیوس است؛ بنابراین با سرد کردن این مخلوط تا دمای جوش اکسیژن، اکسیژن به‌صورت مایع خارج شده و گازهای نیتروژن و آرگون باقی می‌مانند. چنانچه جرم اکسیژن را x در نظر بگیریم، درصد جرمی آرگون در مخلوط جدید برابر خواهد بود با:
$$\text{درصد جرمی Ar} = \frac{\text{جرم آرگون}}{\text{جرم مخلوط}} \times ۱۰۰ = \frac{۴۰\,g}{(۱۰۰-x)\,g} \times ۱۰۰ = ۶۶/۶ = x \simeq ۴۰\,g$$

بنابراین جرم اکسیژن موجود در این مخلوط برابر ۴۰g و جرم نیتروژن نیز برابر ۲۰g خواهد بود:
$$\text{تعداد مولکول‌های } O_۲ = ۳۲۰\,g\,\text{مخلوط} \times \frac{۴۰\,g\,O_۲}{۱۰۰\,g} \times \frac{۱\,mol\,O_۲}{۳۲\,g\,O_۲} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲} = ۲/۴۰۸\times۱۰^{۲۴}\,molecule\,O_۲$$

C ۵۱۲ ۳ حجم سیلندر استوانه‌ای از حاصل‌ضرب سطح مقطع آن‌ها در ارتفاع به‌دست می‌آید. با توجه به ثابت بودن سطح مقطع پیستون، حجم این پیستون با ارتفاع آن رابطهٔ مستقیم دارد:

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{h_۲}{h_۱}\longrightarrow\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{h_۱+۸}{h_۱}$$

همچنین می‌دانیم که در فشار و دمای ثابت، حجم مخلوطی از گازها با تعداد مول‌های آن‌ها رابطهٔ مستقیم دارد:

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{n_۲}{n_۱}\xrightarrow{\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{h_۱+۸}{h_۱}}\frac{n_۲}{n_۱}=\frac{h_۱+۸}{h_۱}$$

همچنین با توجه به‌صورت سؤال، داریم:

$$\frac{m_۲}{m_۱}=۹\Rightarrow\begin{cases}m_۲=m_{He}+m_{Ar}\\ m_۱=m_{He}\end{cases}\Rightarrow\frac{m_{He}+m_{Ar}}{m_{He}}=۹\Rightarrow m_{Ar}=۸m_{He}$$

$$n_۲=\frac{m_{He}}{۴}+\frac{m_{Ar}}{۴۰}\xrightarrow{m_{Ar}=۸m_{He}}n_۲=\frac{m_{He}}{۴}+\frac{m_{He}}{۵}=\frac{۹}{۲۰}m_{He}\ ,\ n_۱=\frac{m_{He}}{۴}$$

در نهایت خواهیم داشت:

$$\frac{n_۲}{n_۱}=\frac{h_۱+۸}{h_۱}\Rightarrow\frac{\frac{۹m_{He}}{۲۰}}{\frac{m_{He}}{۴}}=\frac{h_۱+۸}{h_۱}\Rightarrow\frac{۹}{۵}=\frac{h_۱+۸}{h_۱}\Rightarrow۹h_۱=۵h_۱+۴۰\Rightarrow h_۱=۱۰cm$$

C ۵۱۳ ۳ ابتدا می‌بایست تعداد مول‌های $SO_۲$ و $SO_۳$ را به‌دست آورده و سپس از طریق آن فشار مخلوط گازی را به‌دست آوریم. جرم هر یک از گازهای $SO_۲$ و $SO_۳$ را به ترتیب برابر x و y در نظر می‌گیریم:

$$\text{جرم مخلوط}=\text{جرم }SO_۲+\text{جرم }SO_۳=۲۵۶g\Rightarrow x+y=۲۵۶\quad(I)$$

اکنون جرم اکسیژن در هر کدام از این گازها را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم اکسیژن در }SO_۲=x\ g\ SO_۲\times\frac{۱\ mol\ SO_۲}{۶۴g\ SO_۲}\times\frac{۲mol\ O}{۱\ mol\ SO_۲}\times\frac{۱۶g\ O}{۱\ mol\ O}=۰/۵x\ g\ O$$

$$\text{جرم اکسیژن در }SO_۳=y\ g\ SO_۳\times\frac{۱\ mol\ SO_۳}{۸۰g\ SO_۲}\times\frac{۳mol\ O}{۱\ mol\ SO_۳}\times\frac{۱۶g\ O}{۱\ mol\ O}=۰/۶y\ g\ O$$

بنابراین مجموع جرم اکسیژن در این مخلوط برابر $(۰/۵x+۰/۶y)$ است. با توجه به درصد جرمی اکسیژن در این مخلوط خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن}=\frac{\text{جرم کل اکسیژن موجود در مخلوط}}{\text{جرم مخلوط}}\times۱۰۰=\frac{۰/۵x+۰/۶y}{۲۵۶}\times۱۰۰=۵۶/۲۵\Rightarrow۰/۵x+۰/۶y=۱۴۴\quad(II)$$

اکنون به کمک معادله‌های (I) و (II)، x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases}۰/۵x+۰/۶y=۱۴۴\\ x+y=۲۵۶\end{cases}\Rightarrow۰/۲y=۳۲\Rightarrow y=۱۶۰g\ ,\ x=۹۶g$$

اکنون تعداد مول‌های $SO_۲$ و $SO_۳$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ SO_۳\ \text{تعداد مول}=۱۶۰g\ SO_۳\times\frac{۱\ mol\ SO_۳}{۸۰g\ SO_۳}=۲\ mol\ SO_۳$$

$$?\ SO_۲\ \text{تعداد مول}=۹۶g\ SO_۲\times\frac{۱\ mol\ SO_۲}{۶۴g\ SO_۲}=۱/۵\ mol\ SO_۲$$

بنابراین در مجموع ۳/۵ مول گاز در این ظرف وجود دارد؛ پس فشار این مخلوط گازی برابر است با:

$$\text{فشار مخلوط گازی}=۳/۵mol\ gas\times\frac{۰/۳atm}{۱\ mol\ gas}=۱/۰۵atm$$

A ۵۱۴ ۱ واکنش گازها در صنعت، اهمیت و کاربردهای بسیاری دارد، به‌طوری که هر یک از فرایندهای تهیهٔ سولفوریک اسید و نیتریک اسید شامل چندین واکنش گازی متوالی است.

B ۵۱۵ ۴

★ نکته به منظور سرعت بخشیدن به حل مسائل استوکیومتری، می‌توانید از روش تناسب استفاده کنید. در این روش، ابتدا معادلهٔ واکنش را نوشته و موازنه کنید. سپس با توجه به داده‌های مطرح شده در صورت سؤال، به کمک دو عدد از کسرهای زیر، یک معادله تشکیل داده و مجهول (خواستهٔ مسئله) را به‌دست آورید.

$$\frac{\text{چگالی}(g.L^{-۱})\times\text{لیتر گاز}(\text{غیر STP})}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر گاز}(\text{غیر STP})}{\text{حجم مولی}\ (L.mol^{-۱})\times\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{۲۲/۴\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{اتم یا مولکول}}{N_A\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

$$۴KNO_۳(s)\xrightarrow{\theta>۵۰۰^\circ C}۲K_۲O(s)+۵O_۲(g)+۲N_۲(g)$$

برای حل این سؤال می‌توان از دو روش استفاده کرد:

روش اول (کسر تبدیل): در این روش ابتدا جرم هر یک از گازهای تولید شده را محاسبه کرده و با یکدیگر جمع می‌کنیم تا مقدار گاز تولید شده به‌دست آید:

$$?\ g\ O_۲=۶۰/۶g\ KNO_۳\times\frac{۱mol\ KNO_۳}{۱۰۱g\ KNO_۳}\times\frac{۵mol\ O_۲}{۴mol\ KNO_۳}\times\frac{۳۲g\ O_۲}{۱mol\ O_۲}=۲۴g\ O_۲$$

$$?\ g\ N_۲=۶۰/۶g\ KNO_۳\times\frac{۱mol\ KNO_۳}{۱۰۱g\ KNO_۳}\times\frac{۲mol\ N_۲}{۴mol\ KNO_۳}\times\frac{۲۸g\ N_۲}{۱mol\ N_۲}=۸/۴g\ N_۲$$

$$\text{مجموع جرم گاز تولید شده}=۲۴+۸/۴=۳۲/۴g\ \text{گاز}$$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم مصرفی } KNO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم تولیدی } O_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم تولیدی } N_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۶۰/۶}{۱۰۱\times۴}=\frac{x\,g\,O_2}{۳۲\times۵}=\frac{y\,g\,N_2}{۲۸\times۲}\Rightarrow x=۲۴g\,O_2\,,\,y=۸/۴g\,N_2$

مجموع جرم گازهای تولید شده برابر $۳۲/۴g$ $(۲۴+۸/۴)$ است.

روش ابتکاری: در این روش با اسـتفاده از قانون پایسـتگی جرم به حل مسـئله می‌پردازیم. با توجه به اینکه همهٔ مواد واکنش‌دهنده به مواد فراورده تبدیل می‌شوند، پس اگر مقدار جرم مادهٔ جامد فراورده را از مقدار جرم مادهٔ اولیه کم کنیم، جرم فراورده‌های گازی به‌دست می‌آید:

$$?\,g\,K_2O=۶۰/۶g\,KNO_3\times\frac{۱mol\,KNO_3}{۱۰۱g\,KNO_3}\times\frac{۲mol\,K_2O}{۴mol\,KNO_3}\times\frac{۹۴g\,K_2O}{۱mol\,K_2O}=۲۸/۲g\,K_2O$$

$$\text{مجموع جرم گاز تولید شده}=۶۰/۶-۲۸/۲=۳۲/۴g$$

B ۵۱۶ ۳ حجم گاز کربن دی‌اکسید تولید شده را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):
$$۸/۴ton\,Fe\times\frac{۱۰^۶g\,Fe}{۱ton\,Fe}\times\frac{۱mol\,Fe}{۵۶g\,Fe}\times\frac{۳mol\,CO_2}{۴mol\,Fe}\times\frac{۲۲/۴L\,CO_2}{۱mol\,CO_2}\times\frac{۱m^3CO_2}{۱۰^3L\,CO_2}=۲۵۲۰m^3CO_2$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم } Fe}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم } CO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۸/۴\times۱۰^۶g}{۴\times۵۶}=\frac{x}{۳\times۲۲/۴}\Rightarrow x=۲۵۲\times۱۰^۴L=۲۵۲۰m^3$$

B ۵۱۷ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ این دو واکنش به‌صورت زیر است:

$$I)\ I_2+۱۰HNO_3\rightarrow۲HIO_3+۱۰NO_2+۴H_2O\Rightarrow\text{مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌ها}=۲۷$$

$$II)\ ۲ClF_3+۲NH_3\rightarrow N_2+۶HF+Cl_2\Rightarrow\text{مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌ها}=۱۲$$

$$\text{اختلاف مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌ها}=۲۷-۱۲=۱۵$$

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,g\,ClF_3=۴/۴۸L\,NH_3\times\frac{۱mol\,NH_3}{۲۲/۴L\,NH_3}\times\frac{۲mol\,ClF_3}{۲mol\,NH_3}\times\frac{۹۲/۵g\,ClF_3}{۱mol\,ClF_3}=۱۸/۵g\,ClF_3$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{لیتر مصرفی } NH_3}{\text{ضریب}\times۲۲/۴}=\frac{\text{گرم مصرفی } NH_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۴/۴۸}{۲۲/۴\times۲}=\frac{x}{۲\times۹۲/۵}\Rightarrow x=۱۸/۵g\,ClF_3$$

B ۵۱۸ ۴ معادله موازنه شدهٔ دو واکنش به‌صورت زیر می‌باشد:

$$۳SCl_2(g)+۴NaF(g)\rightarrow SF_4(g)+S_2Cl_2(g)+۴NaCl(s)\qquad SF_4(s)+۲H_2O(l)\rightarrow SO_2(g)+۴HF(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول: محاسبهٔ جرم سدیم فلوئورید (NaF) مصرفی:

$$?\,g\,NaF=۵۰L\,HF\times\frac{۰/۸g\,HF}{۱L\,HF}\times\frac{۱mol\,HF}{۲۰g\,HF}\times\frac{۱mol\,SF_4}{۴mol\,HF}\times\frac{۴mol\,NaF}{۱mol\,SF_4}\times\frac{۴۲g\,NaF}{۱mol\,NaF}=۸۴\,g\,NaF$$

قسمت دوم: محاسبهٔ جرم گوگرد دی‌اکسید (SO_2) تولیدی:
$$?\,g\,SO_2=۵۰L\,HF\times\frac{۰/۸g\,HF}{۱L\,HF}\times\frac{۱mol\,HF}{۲۰g\,HF}\times\frac{۱mol\,SO_2}{۴mol\,HF}\times\frac{۶۴g\,SO_2}{۱mol\,SO_2}=۳۲\,g\,SO_2$$

روش دوم (تناسب): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری SF_4 در هر دو معادله یکسان است، می‌توان نتیجه گرفت:

$$۴mol\,HF\sim۴\,mol\,NaF\sim۱\,mol\,SO_2$$

$$\frac{\text{حجم HF تولیدی}\times\text{چگالی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم NaF مصرفی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } SO_2 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۵۰\times۰/۸}{۴\times۲۰}=\frac{x\,g\,NaF}{۴\times۴۲}=\frac{y\,g\,SO_2}{۱\times۶۴}\Rightarrow x=۸۴g\,NaF,\,y=۳۲g\,SO_2$$

B ۵۱۹ ۴ فرمول شیمیایی سدیم نیترید به صورت Na_3N بوده و در هر واحد فرمولی از آن، چهار یون وجود دارد. معادلهٔ واکنش این ترکیب با آب به صورت زیر است:

$$Na_3N(s)+۳H_2O(l)\rightarrow۳NaOH(aq)+NH_3(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول:
$$?\,L\,NH_3=۳/۶۱۲\times۱۰^{۲۴}\,ion\times\frac{۱mol\,ion}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,ion}\times\frac{۱mol\,Na_3N}{۴mol\,ion}\times\frac{۱mol\,NH_3}{۱mol\,Na_3N}\times\frac{۲۲/۴L\,NH_3}{۱mol\,NH_3}=۳۳/۶L\,NH_3$$

قسمت دوم:
$$?\,g\,NaOH=۳/۶۱۲\times۱۰^{۲۴}\,ion\times\frac{۱mol\,ion}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,ion}\times\frac{۱mol\,Na_3N}{۴mol\,ion}\times\frac{۳mol\,NaOH}{۱mol\,Na_3N}\times\frac{۴۰g\,NaOH}{۱mol\,NaOH}=۱۸۰g\,NaOH$$

روش دوم (تناسب): محاسبهٔ مقدار مول Na_3N از شمار یون‌ها:
$$\frac{\text{شمار یون‌ها در ترکیب } Na_3N}{\text{تعداد یون‌ها در فرمول}\times N_A}=\frac{\text{مول } Na_3N}{۱}\Rightarrow\frac{۳/۶۱۲\times۱۰^{۲۴}}{۴\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}=\frac{x}{۱}\Rightarrow x=۱/۵mol\,Na_3N$$

محاسبهٔ حجم NH_3 و جرم NaOH تولیدی:

$$\frac{\text{مول } Na_3N \text{ مصرفی}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر } NH_3 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب}\times 22/4}=\frac{\text{جرم NaOH تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{1/5}{1}=\frac{V\ L\ NH_3}{1\times 22/4}=\frac{y\ g\ NH_3}{3\times 40}\Rightarrow V=33/6L\ NH_3\ ,\ y=180g\ NaOH$$

B ۵۲۰ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $MBr_n(s)+n\ LiOH(aq)\rightarrow M(OH)_n(s)+n\ LiBr(aq)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ g\ M(OH)_n=43/2\ g\ MBr_n\times\frac{1\ mol\ MBr_n}{(M+80\times n)\ g\ MBr_n}\times\frac{1\ mol\ M(OH)_n}{1\ mol\ MBr_n}\times\frac{(M+17\times n)\ g\ M(OH)_n}{1\ mol\ M(OH)_n}=18\ g\ M(OH)_n\Rightarrow\frac{M}{n}=28$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم } MBr_n}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } M(OH)_n}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{43/2}{(M+80\times n)\times 1}=\frac{18}{(M+17\times n)\times 1}\Rightarrow\frac{M}{n}=28$$

B ۵۲۱ ۱ ابتدا حجم O_2 لازم برای سوختن کامل و سوختن ناقص ۷۲/۵ گرم بوتان را محاسبه می‌کنیم. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل بوتان به‌صورت زیر است:

$$2C_4H_{10}+13O_2\rightarrow 8CO_2+10H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ L\ O_2=72/5g\ C_4H_{10}\times\frac{1\ mol\ C_4H_{10}}{58g\ C_4H_{10}}\times\frac{13\ mol\ O_2}{2\ mol\ C_4H_{10}}\times\frac{22/4L\ O_2}{1\ mol\ O_2}=182L\ O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_4H_{10}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم } O_2}{\text{ضریب}\times 22/4}\Rightarrow\frac{72/5}{2\times 58}=\frac{V}{22/4\times 13}\Rightarrow V=182\ L\ O_2$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن ناقص بوتان به‌صورت مقابل است: $2C_4H_{10}+9O_2\rightarrow 8CO+10H_2O$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ L\ O_2=72/5g\ C_4H_{10}\times\frac{1\ mol\ C_4H_{10}}{58g\ C_4H_{10}}\times\frac{9\ mol\ O_2}{2\ mol\ C_4H_{10}}\times\frac{22/4L\ O_2}{1\ mol\ O_2}=126L\ O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_4H_{10}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم } O_2}{\text{ضریب}\times 22/4}\Rightarrow\frac{72/5}{2\times 58}=\frac{V}{22/4\times 9}\Rightarrow V=126L\ O_2$$

سپس اختلاف حجم گاز O_2 مصرفی را به‌دست می‌آوریم: اختلاف حجم گاز اکسیژن مصرفی $=182-126=56L\ O_2$

روش دیگر: با توجه به معادله‌های واکنش سوختن کامل و ناقص بوتان می‌توان دریافت که به ازای سوختن کامل و ناقص دو مول C_4H_{10}، به‌ترتیب ۱۳ و ۹ مول اکسیژن مصرف می‌شود که اختلاف مقدار مول O_2 مصرفی برابر ۴ مول می‌باشد؛ بنابراین:

$$?\ L\ O_2(\text{اختلاف})=72/5g\ C_4H_{10}\times\frac{1\ mol\ C_4H_{10}}{58g\ C_4H_{10}}\times\frac{4\ mol\ O_2\ \text{اختلاف}}{2mol\ C_4H_{10}}\times\frac{22/4L\ O_2\ \text{اختلاف}}{1\ mol\ O_2\ \text{اختلاف}}=56L\ O_2(\text{اختلاف})$$

B ۵۲۲ ۳ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است: $2NaN_3(s)\xrightarrow{\Delta}2Na(s)+3N_2(g)$

با توجه به اینکه واکنش در شرایط استاندارد صورت نمی‌گیرد، پس باید با استفاده از چگالی گاز نیتروژن به حل مسئله بپردازیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ L\ N_2=39g\ NaN_3\times\frac{1mol\ NaN_3}{65g\ NaN_3}\times\frac{3\ mol\ N_2}{2mol\ NaN_3}\times\frac{28g\ N_2}{1mol\ N_2}\times\frac{1L\ N_2}{1/12g\ N_2}=22/5L\ N_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } NaN_3 \text{ تجزیه شده}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر گاز } N_2 \text{ تولیدی}\times\text{چگالی}(\frac{g}{L})}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{39}{2\times 65}=\frac{x\times 1/12}{3\times 28}\Rightarrow x=22/5L\ N_2$$

قسمت دوم: ابتدا باید حجم مولی گاز نیتروژن را به‌دست آوریم:

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}\Rightarrow\frac{1\times 22/4}{273}=\frac{1/12\times 25}{T}\Rightarrow T=341/25K$$

$$N_2\ \text{چگالی}=\frac{\text{جرم مولی } N_2}{\text{حجم مولی } N_2}\Rightarrow 1/12=\frac{28}{V}\Rightarrow V=25L$$

$$\theta(^\circ C)=341/25-273=68/25^\circ C$$

توضیح محاسبات

$$T_2=\frac{273\times 1/12\times 25}{22/4}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{273\times 1/12\times 25}{22/4}=\frac{273\times 25}{20}=\frac{273\times 5}{4}\xrightarrow[\text{۲۷۲ قرار گیرد}]{\text{به جای ۲۷۳ عدد}}\frac{272\times 5}{4}=68\times 5=340$$

پاسخ نزدیک به $67^\circ C$ است. (پاسخ: ۶۸/۲۵)

B ۵۲۳ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است: $2NaHCO_3(s)\rightarrow Na_2CO_3(s)+H_2O(g)+CO_2(g)$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش می‌توان نوشت:

$$?\ g\ CO_2=6/3g\ NaHCO_3\times\frac{1mol\ NaHCO_3}{84g\ NaHCO_3}\times\frac{1mol\ CO_2}{2mol\ NaHCO_3}\times\frac{44g\ CO_2}{1mol\ CO_2}=1/65g\ CO_2$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۶/۳\times۴۴}{۸۴\times۲}=?\xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{تفکیک اعشار و}}\frac{\overset{۳}{۶۳}\times۴۴}{۸۴\times۲}\times۱۰^{-۱}=\frac{۳\times\overset{۱۱}{۴۴}}{\underset{۴}{۴}\times۲}\times۱۰^{-۱}=۱/۶۵$$

با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری گازهای کربن دی‌اکسید و بخار آب در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش برابر است، پس مقدار مول و حجم این دو گاز با یکدیگر برابر خواهد بود، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{چگالی}=\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}\Rightarrow\text{چگالی}=\frac{۱/۶۵\,g}{۰/۴۵\,L}\simeq۳/۶۷\,g.L^{-۱}\qquad CO_۲\text{ حجم گاز}=۰/۴۵L$$

B ۵۲۴ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت مقابل است: $I)\ Fe_۲S_۳+۶HCl\rightarrow۲FeCl_۳+۳H_۲S,\quad II)\ CS_۲+۲NH_۳\rightarrow NH_۴SCN+H_۲S$

روش اول (کسر تبدیل): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها، ابتدا میزان هیدروژن سولفید $(H_۲S)$ تولید شده در واکنش (I) را می‌یابیم:

$$?\,mol\,H_۲S=۴۱/۶\,g\,Fe_۲S_۳\times\frac{۱\,mol\,Fe_۲S_۳}{۲۰۸\,g\,Fe_۲S_۳}\times\frac{۳\,mol\,H_۲S}{۱\,mol\,Fe_۲S_۳}=۰/۶\,mol\,H_۲S$$

حال جرم کربن دی‌سولفید $(CS_۲)$ مورد نیاز برای تولید این مقدار هیدروژن سولفید $(H_۲S)$ در واکنش (II) را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CS_۲=۰/۶\,mol\,H_۲S\times\frac{۱\,mol\,CS_۲}{۱\,mol\,H_۲S}\times\frac{۷۶\,g\,CS_۲}{۱\,mol\,CS_۲}=۴۵/۶\,g\,CS_۲$$

روش دوم (تناسب): با ضرب کردن معادلهٔ (II) در عدد (۳)، ضریب $H_۲S$ را در هر دو معادله یکسان می‌کنیم:

$$I)\ Fe_۲S_۳+۶HCl\rightarrow۲FeCl_۳+۳H_۲S,\quad II)\ ۳CS_۲+۶NH_۳\rightarrow۳NH_۴SCN+۳H_۲S\Rightarrow Fe_۲S_۳\sim۳CS_۲$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم }Fe_۲S_۳\text{ در واکنش (I)}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }CS_۲\text{ در واکنش (II)}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۴۱/۶}{۱\times۲۰۸}=\frac{x\,g\,CS_۲}{۳\times۷۶}\Rightarrow x=۴۵/۶g\,CS_۲$$

برای محاسبهٔ چگالی $NH_۳$، ابتدا باید جرم $NH_۳$ مصرف شده در واکنش (II) را به‌دست آوریم.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NH_۳=۰/۶mol\,H_۲S\times\frac{۲mol\,NH_۳}{۱\,mol\,H_۲S}\times\frac{۱۷g\,NH_۳}{۱\,mol\,NH_۳}=۲۰/۴g\,NH_۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }H_۲S}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم مصرفی }NH_۳}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۰/۶}{۱}=\frac{x}{۱۷\times۲}\Rightarrow x=۲۰/۴g\,NH_۳,\qquad \text{چگالی}_{NH_۳}=\frac{\text{جرم }NH_۳}{\text{حجم }NH_۳}=\frac{۲۰/۴}{۱۳/۶}=۱/۵g.L^{-۱}$$

B ۵۲۵ ۳ ابتدا موازنهٔ معادلهٔ واکنش $mC_xH_yO_۶+۱۶۳O_۲\rightarrow۱۱۴CO_۲+۱۱۰H_۲O$ را کامل می‌کنیم، به این منظور، برای هر عنصر یک معادلهٔ ریاضی تشکیل داده و مقادیر m، x و y را به‌دست می‌آوریم:

$$C\text{ موازنهٔ: }mx=(۱۱۴\times۱)\xrightarrow{m=۲}۲x=۱۱۴\Rightarrow x=۵۷\qquad O\text{ موازنهٔ: }۶m+(۱۶۳\times۲)=(۱۱۴\times۲)+(۱۱۰\times۱)\Rightarrow m=۲$$

$$H\text{ موازنهٔ: }my=(۱۱۰\times۲)\xrightarrow{m=۲}۲y=۲۲۰\Rightarrow y=۱۱۰$$

بنابراین معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$۲C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶+۱۶۳O_۲\rightarrow۱۱۴CO_۲+۱۱۰H_۲O$$

حال با استفاده از جرم $C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶$، حجم گاز اکسیژن $(O_۲)$ مصرف شده و مقدار مول $CO_۲$ تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,O_۲=۸۹g\,C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶\times\frac{۱\,mol\,C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶}{۸۹۰g\,C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶}\times\frac{۱۶۳mol\,O_۲}{۲mol\,C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶}\times\frac{۲۵L\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲}=۲۰۳/۷۵L\,O_۲$$

$$?\,mol\,CO_۲=۸۹g\,C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶\times\frac{۱\,mol\,C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶}{۸۹۰g\,C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶}\times\frac{۱۱۴mol\,CO_۲}{۲mol\,C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶}=۵/۷mol\,CO_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم گاز }O_۲}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول }CO_۲}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۸۹}{۲\times۸۹۰}=\frac{x\,L\,O_۲}{۱۶۳\times۲۵}=\frac{y\,mol\,CO_۲}{۱۱۴}\Rightarrow x=۲۰۳/۷۵L\,O_۲,\ y=۵/۷\,mol\,CO_۲$$

B ۵۲۶ ۲

$$۲AX_۲(s)\xrightarrow{\Delta}۲AX(s)+X_۲(g)$$

برای حل تست، کافی است میان $AX_۲$ و AX یک رابطهٔ استوکیومتری بنویسیم: (جرم مولی A و X را به ترتیب a و x گرم بر مول در نظر می‌گیریم.)

روش اول (کسر تبدیل):

$$۱/۱۲g\,AX_۲\times\frac{۱\,mol\,AX_۲}{(a+۲x)g\,AX_۲}\times\frac{۲mol\,AX}{۲\,mol\,AX_۲}\times\frac{(a+x)g\,AX}{۱\,molAX}=۰/۷۲g\,AX\Rightarrow\frac{a+x}{a+۲x}=\frac{۰/۷۲}{۱/۱۲}\Rightarrow\frac{a+x}{a+۲x}=\frac{۹}{۱۴}$$

$$\Rightarrow۱۴a+۱۴x=۹a+۱۸x\Rightarrow۴x=۵a\Rightarrow\frac{x}{a}=\frac{۵}{۴}=۱/۲۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } AX_2 \text{ مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}=\frac{\text{جرم } AX \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/12}{2\times(a+2x)}=\frac{0/72}{2\times(a+x)} \Rightarrow \frac{14}{a+2x}=\frac{9}{a+x} \Rightarrow 14a+14x=9a+18x \Rightarrow 4x=5a \Rightarrow \frac{x}{a}=\frac{5}{4}=1/25$$

B ۵۲۷ ۲ محاسبهٔ جرم مولی عنصر X: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش عنصرهای A و X به‌صورت مقابل است:

$$A+X \rightarrow AX$$

جرم مولی عنصر X را m گرم بر مول در نظر می‌گیریم و آن را محاسبه می‌کنیم:

$$16g\ A\times\frac{1\ mol\ A}{128g\ A}\times\frac{1\ mol\ X}{1\ mol\ A}\times\frac{m\ g\ X}{1\ mol\ X}=7g\ X \Rightarrow m=56g.mol^{-1}$$

محاسبهٔ جرم مولی عنصر Z: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش عنصرهای Z و X به‌صورت مقابل است:

$$X+3Z \rightarrow XZ_3$$

جرم مولی عنصر Z را n گرم بر مول در نظر می‌گیریم و آن را به‌دست می‌آوریم:

$$2/8g\ X\times\frac{1\ mol\ X}{56g\ X}\times\frac{3\ mol\ Z}{1\ mol\ X}\times\frac{n\ g\ Z}{1\ mol\ Z}=12g\ Z \Rightarrow n=80g.mol^{-1}$$

اکنون نسبت جرم مولی عنصر X به عنصر Z و جرم مولی XZ_3 را محاسبه می‌کنیم: XZ_3 جرم مولی $=56+3(80)=296g.mol^{-1}$ ، $\frac{\text{جرم مولی } X}{\text{جرم مولی } Z}=\frac{56}{80}=0/7$

C ۵۲۸ ۲ معادلهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است:

$$SO_2Cl_2(g) \rightarrow SO_2(g)+Cl_2(g), \quad 2CO(g)+O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$$

	$2CO(g)+O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$		
مول آغازی	0/8	0/4	0
مول ثانویه	0/4	0/2	0/4

در واکنش اول، از تجزیهٔ کامل ۰/۵ مول واکنش‌دهنده (SO_2Cl_2)، ۰/۵ مول از هر کدام از فراورده‌ها (SO_2 و Cl_2) تولید می‌شود و مقدار SO_2Cl_2 به صفر می‌رسد. در واکنش دوم، پس از پیشرفت ۵۰ درصدی واکنش، ۰/۴ مول CO_2 تولید می‌شود و در کل ۰/۶ مول واکنش‌دهنده باقی می‌ماند:

حال می‌توانیم درصد مولی SO_2 را در مخلوط نهایی محاسبه کنیم:

$$\text{درصد مولی } SO_2=\frac{\text{مول } SO_2}{\text{کل مول‌های گازی درون ظرف}}\times100=\frac{0/5mol\ SO_2}{\underbrace{0/5mol\ SO_2+0/5mol\ Cl_2}_{\text{واکنش اول}}+\underbrace{0/4mol\ CO+0/2mol\ O_2+0/4mol\ CO_2}_{\text{واکنش دوم}}}\times100$$

$$=\frac{0/5mol}{2mol}\times100=\%25$$

B ۵۲۹ ۳ حجم مخلوط گازهای N_2 و H_2 برابر ۲۸ لیتر است. از آنجا که ۷۵ ٪ از این گازها با یکدیگر وارد واکنش می‌شوند، پس حجم گازهای N_2 و H_2 مصرفی را برابر $21\ L\ (28\times\frac{75}{100})$ در نظر می‌گیریم. از طرفی می‌دانیم که نسبت حجم مصرفی گازها در یک واکنش شیمیایی موازنه شده، متناسب با تعداد مول مصرفی آن‌ها و در نتیجه ضرایب استوکیومتری آن‌هاست؛ بنابراین از ۲۱ لیتر مخلوط گازی، ۵/۲۵ لیتر N_2 و ۱۵/۷۵ لیتر H_2 است. اکنون از حجم N_2 به مقدار مول NH_3 تولیدی می‌رسیم:

$$5/25L\ N_2\times\frac{d\ g\ N_2}{1L\ N_2}\times\frac{1\ mol\ N_2}{28g\ N_2}\times\frac{2mol\ NH_3}{1\ mol\ N_2}=0/3mol\ NH_3 \Rightarrow d=\frac{28\times0/3}{5/25\times2}=0/8$$

(چگالی گاز N_2 را $d\ g.L^{-1}$ در نظر بگیرید.)

C ۵۳۰ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$I)\ SOCl_2(l)+H_2O(l) \rightarrow SO_2(s)+2HCl(g) \qquad II)\ NiO(s)+2HCl(aq) \rightarrow NiCl_2(aq)+H_2O(l)$$

ابتدا حجم مولی گازها در شرایط انجام واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\underbrace{\frac{P_1V_1}{T_1}}_{\text{شرایط STP}}=\frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1atm\times22/4L}{273K}=\frac{2atm\times V_2}{325/6K} \Rightarrow V_2\simeq13/36L$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ L\ SO_2=35/7g\ SOCl_2\times\frac{1mol\ SOCl_2}{119g\ SOCl_2}\times\frac{1mol\ SO_2}{1mol\ SOCl_2}\times\frac{13/36\ L\ SO_2}{1mol\ SO_2}\simeq4L\ SO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } SOCl_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم } SO_2}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{35/7}{119\times1}=\frac{x\ L\ SO_2}{13/36\times1} \Rightarrow x\simeq4L\ SO_2$$

توضیح محاسبات پاسخ به ۳/۹ نزدیک است. (پاسخ: ۴)

$$\frac{13/36\times35/7}{119}=?\xrightarrow[\text{و ۱۱۹ اعداد ۱۳/۳۶ و ۱۲۰ قرار گیرد.}]{\text{به جای ۱۳/۳۹، ۳۵/۷}}\frac{13\times\overset{3}{\cancel{36}}}{\underset{10}{\cancel{120}}}=\frac{13\times3}{10}=\frac{39}{10}=3/9$$

قسمت دوم: با توجه به ضریب یکسان HCl در هر دو واکنش، می‌توانیم به‌طور مستقیم از جرم مصرفی $SOCl_2$ در واکنش اول، به جرم تولیدی $NiCl_2$ در واکنش دوم برسیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$1mol\ SOCl_2 \sim 1mol\ NiCl_2$$

$$?\ g\ NiCl_2=35/7g\ SOCl_2\times\frac{1mol\ SOCl_2}{119g\ SOCl_2}\times\frac{1mol\ NiCl_2}{1mol\ SOCl_2}\times\frac{129g\ NiCl_2}{1mol\ NiCl_2}=38/7g\ NiCl_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } SOCl_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } NiCl_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۳۵/۷}{۱۱۹\times۱} = \frac{x\ g\ NiCl_2}{۱۲۹\times۱} \Rightarrow x = ۳۸/۷ g\ NiCl_2$$

توضیح محاسبات پاسخ به ۳۹ نزدیک است. (پاسخ ۳۸/۷)

$$\frac{۳۵/۷\times۱۲۹}{۱۱۹} = ? \xrightarrow[\text{و ۱۱۹ اعداد ۳۶ و ۱۳۰ و ۱۲۰ قرار گیرد.}]{\text{به جای } ۱۲۹،۳۵/۷} \frac{۳۶\times۱۳۰}{۱۲۰} = \frac{۳۹۰}{۱۰} = ۳۹$$

(۳ و ۱۰ زیر اعداد)

C ۵۳۱ ۴

نکته آب تولید شده در واکنش سوختن در حالت طبیعی به‌صورت گازی در نظر گرفته می‌شود، اما اگر در صورت سؤال شرایط استاندارد (STP) ذکر شود، حالت فیزیکی آب را مایع یا جامد در نظر می‌گیریم.

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$CH_4(g)+۲O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+۲H_2O(l) \qquad ۲C(s,\text{گرافیت})+۲H_2O(g)\rightarrow CH_4(g)+CO_2(g)$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها می‌توان نوشت:

$$?\,g\,C = ۱۴/۵۶\,L\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,CO_2}{۲۲/۴\,L\,CO_2} \times \frac{۱\,mol\,CH_4}{۱\,mol\,CO_2} \times \frac{۲\,mol\,C}{۱\,mol\,CH_4} \times \frac{۱۲\,g\,C}{۱\,mol\,C} = ۱۵/۶\,g\,C$$

$$?\,g\,O_2 = ۱۴/۵۶\,L\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,CO_2}{۲۲/۴\,L\,CO_2} \times \frac{۲\,mol\,O_2}{۱\,mol\,CO_2} \times \frac{۳۲\,g\,O_2}{۱\,mol\,O_2} = ۴۱/۶\,g\,O_2$$

$$?\,g\,H_2O = ۱۴/۵۶\,L\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,CO_2}{۲۲/۴\,L\,CO_2} \times \frac{۲\,mol\,H_2O}{۱\,mol\,CO_2} \times \frac{۱۸\,g\,H_2O}{۱\,mol\,H_2O} = ۲۳/۴\,g\,H_2O$$

$$\Rightarrow \text{مجموع جرم } O_2 \text{ و } H_2O = ۲۳/۴+۴۱/۶ = ۶۵g$$

B ۵۳۲ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت روبه‌رو است:

$$I)\ C(s)+H_2O(g)\rightarrow H_2(g)+CO(g)$$

$$II)\ CO(g)+۲H_2(g)\rightarrow CH_3OH(g) \qquad III)\ ۲CO(g)+۲NO(g)\rightarrow ۲CO_2(g)+N_2(g)$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها و شرط داده شده در سؤال، جرم فراوردهٔ کربن‌دار در هر یک از واکنش‌های (II) و (III) را محاسبه می‌کنیم و در نهایت اختلاف جرم آن‌ها را می‌یابیم:

$$?\,g\,CO = ۵/۷۶\,g\,C \times \frac{۱\,mol\,C}{۱۲\,g\,C} \times \frac{۱\,mol\,CO}{۱\,mol\,C} = ۰/۴۸\,mol\,CO$$

به جای جرم کربن مونوکسید از مقدار مول آن برای سادگی محاسبات استفاده می‌کنیم:

$$?\,g\,CH_3OH = ۰/۴۸\,mol\,CO \times \frac{۷۵}{۱۰۰} \times \frac{۱\,mol\,CH_3OH}{۱\,mol\,CO} \times \frac{۳۲\,g\,CH_3OH}{۱\,mol\,CH_3OH} = ۱۱/۵۲\,g\,CH_3OH$$

$$?\,g\,CO_2 = ۰/۴۸\,mol\,CO \times \frac{۲۵}{۱۰۰} \times \frac{۲\,mol\,CO_2}{۲\,mol\,CO} \times \frac{۴۴\,g\,CO_2}{۱\,mol\,CO_2} = ۵/۲۸\,g\,CO_2,$$

اختلاف جرم فراوردهٔ کربن‌دار $= ۱۱/۵۲-۵/۲۸ = ۶/۲۴g$

C ۵۳۳ ۳ ابتدا تعداد مول‌های گاز بوتن (ظرف II) را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,C_4H_8 = ۱۱/۲\,g\,C_4H_8 \times \frac{۱\,mol\,C_4H_8}{۵۶\,g\,C_4H_8} = ۰/۲\,mol\,C_4H_8$$

سپس به بررسی عبارت هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم: گزینهٔ (۱): در دو ظرف دربستهٔ یکسان، با دمای برابر، هر چه تعداد مول گازی بیشتر باشد، فشار در آن ظرف بیشتر خواهد بود؛ بنابراین تعداد مول گازی و فشار گاز در ظرف (I) بیشتر از ظرف (II) است. گزینهٔ (۲): معادلهٔ واکنش سوختن کامل بوتن به‌صورت زیر است:

$$C_4H_8(g)+۶O_2(g)\rightarrow ۴CO_2(g)+۴H_2O(g)$$

بنابراین برای سوزاندن کامل ۰/۲ مول گاز بوتن به ۱/۲ مول $O_2(g)$ نیاز است؛ در حالی‌که در ظرف (I)، ۰/۲۴ مول O_2 وجود دارد. گزینهٔ (۳): شمار اتم‌های گازی در دو ظرف را به‌دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l} (II)\ \text{ظرف}: ۰/۲\ mol\ C_4H_8 \times \frac{۱۲\,mol\,atom}{۱\,mol\,C_4H_8} \times \frac{N_A\,atom}{۱\,mol\,atom} = ۲/۴N_A\,atom \\ (I)\ \text{ظرف}: ۰/۲۴\,mol\,O_2 \times \frac{۲\,mol\,atom}{۱\,mol\,O_2} \times \frac{N_A\,atom}{۱\,mol\,atom} = ۰/۴۸N_A\,atom \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های گازی در ظرف (II)}}{\text{شمار اتم‌های گازی در ظرف (I)}} = \frac{۲/۴}{۰/۴۸} = ۵$$

گزینهٔ (۴): همان‌طور که می‌دانید، در دما و فشار یکسان، حجم مول‌های یکسانی از گازها یکسان است؛ بنابراین در بررسی عبارت گزینهٔ (۴) کافی است که ببینیم مجموع مول گازها در ظرف‌های (I) و (II) با مقدار مول CO برابر است یا خیر! در ظرف‌های (I) و (II) به‌ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۲ مول گاز وجود دارد که مجموع مول گازی در این دو ظرف برابر ۰/۴۴mol (۰/۲۴+۰/۲) است. اکنون مقدار مول CO را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,CO = ۱۲/۳۲\,g\,CO \times \frac{۱\,mol\,CO}{۲۸\,g\,CO} = ۰/۴۴\,mol\,CO$$

از آنجا که مول CO نیز برابر ۰/۴۴ است، پس مجموع حجم گازهای موجود در ظرف‌های (I) و (II) برابر حجم ۱۲/۳۲ گرم CO است.

C ۵۳۴ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$I)\ ۲C_2H_2N_2O_4(s)+۱O_2(g)\rightarrow ۴CO_2(g)+۲H_2O(g)+۲N_2(g) \qquad II)\ ۲C_7H_5N_3O_6(s)\rightarrow ۳N_2(g)+۵H_2O(g)+۷CO(g)+۷C(s)$$

در واکنش (I)، به ازای مصرف ۰/۷۲ مول از واکنش‌دهنده‌ها (با نسبت‌های استوکیومتری) می‌توان نوشت:

$$?\,mol\ \text{فراورده} = ۰/۷۲\,mol\ \text{واکنش‌دهنده} \times \frac{۸\,mol\ \text{فراورده}}{۳\,mol\ \text{واکنش‌دهنده}} = ۱/۹۲\,mol\ \text{فراورده}$$

بررسی گزینه‌های نادرست: گزینهٔ (۱): واکنش (I) از نوع سوختن است. مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌های گازی در واکنش (II) برابر با ۱۵ و مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌های واکنش (I) برابر با ۸ است. گزینهٔ (۲): واکنش (I) از نوع سوختن است. مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (I) برابر با ۳ و ضریب استوکیومتری فراورده‌ها به ترتیب برابر با ۴، ۲ و ۲ است. گزینهٔ (۴): برای واکنش (II) می‌توان نوشت:

$$?\,g\,C = ۰/۲۷\,mol\ \text{واکنش‌دهنده} \times \frac{۷\,mol\,C}{۲\,mol\ \text{واکنش‌دهنده}} \times \frac{۱۲\,g\,C}{۱\,mol\,C} = ۱۱/۳۴\,g\,C$$

۵۳۵ **۲** قسمت اول: فرض می‌کنیم x مول گاز $NH_۳$ و y مول گاز $O_۲$ در مخلوط اولیه وجود داشته است، با جرم مخلوط داده شده و اینکه نسبت ضرایب استوکیومتری $NH_۳$ به $O_۲$ برابر $\frac{۴}{۳}$ است، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} I)\ ۱۷x+۳۲y=۵۴/۳ \\ II)\ x-\frac{۴}{۳}y=۰/۲x \Rightarrow ۰/۸x=\frac{۴}{۳}y \Rightarrow x=\frac{۵}{۳}y \end{cases} \xrightarrow{(I)\ و\ (II)} ۱۷(\frac{۵}{۳}y)+۳۲y=۵۴/۳$$

$$۸۵y+۹۶y=۱۶۲/۹ \Rightarrow y=۰/۹\,mol,\quad x=۱/۵\,mol$$

درصد حجمی گاز $NH_۳$ را در مخلوط اولیه به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد حجمی } NH_۳ = \text{درصد مولی } NH_۳ = \frac{۱/۵}{۱/۵+۰/۹} \times ۱۰۰ = ٪۶۲/۵$$

قسمت دوم: محاسبه می‌کنیم که ۰/۳ ($۰/۲ \times ۱/۵$) مول آمونیاک باقی‌مانده با چند لیتر گاز HCl واکنش می‌دهد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۰/۳\,mol\,NH_۳ \times \frac{۱\,mol\,HCl}{۱\,mol\,NH_۳} \times \frac{۳۶/۵\,g\,HCl}{۱\,mol\,HCl} \times \frac{۱\,L\,HCl}{۱/۸۲۵\,g\,HCl} = ۶\,L\,HCl$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } NH_۳}{\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم HCl} \times \text{چگالی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۰/۳}{۱} = \frac{x \times ۱/۸۲۵}{۱ \times ۳۶/۵} \Rightarrow x = ۶L$$

۵۳۶ **۴** قسمت اول: در واکنش سوختن هیدروکربن‌ها به‌صورت کامل، ناقص و یا نیمه‌کامل، تمامی اتم‌های کربن موجود در ساختار هیدروکربن، به فراورده‌های کربن‌دار $CO_۲$ یا CO تبدیل می‌شوند؛ بنابراین برای موازنهٔ چنین واکنش‌هایی، می‌توانید از این نکته که مجموع ضرایب $CO_۲$ و CO باید برابر شمار اتم‌های کربن هیدروکربن باشد، استفاده کنید. واکنش ذکر شده در صورت تست، سوختن نیمه کامل اوکتان است. می‌دانیم که در سوختن نیمه کامل هیدروکربن‌ها، افزون‌بر کربن دی‌اکسید و بخار آب، کربن مونوکسید نیز تولید می‌شود؛ بنابراین واکنش کلی سوختن ناقص اوکتان به‌صورت مقابل خواهد بود: $C_۸H_{۱۸}+O_۲ \rightarrow CO_۲+CO+H_۲O$

از آنجایی که تمام اتم‌های کربن در اوکتان، به فراورده‌های $CO_۲$ و CO تبدیل می‌شوند و با توجه به این نکته که میزان مول تولیدی هر ماده در معادلهٔ موازنه شده، متناسب با ضریب استوکیومتری آن است، براساس اطلاعات صورت تست، می‌توانیم نتیجه بگیریم که از سوختن هر مولکول اوکتان که حاوی ۸ اتم کربن است، ۳ اتم کربن آن به کربن مونوکسید و ۵ اتم کربن آن به کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شود؛ پس خواهیم داشت: $۱C_۸H_{۱۸}+۱۱O_۲ \rightarrow ۵CO_۲+۳CO+۹H_۲O$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب فراورده‌ها، برابر ۱۷ است.

قسمت دوم: به ازای مصرف هر ۱۱ مول اکسیژن، ۵ مول کربن دی‌اکسید که $۲۲۰g$ (۵×۴۴) جرم دارد و ۳ مول کربن مونوکسید که $۸۴g$ (۳×۲۸) جرم دارد، تولید می‌شود؛ بنابراین اختلاف جرم $CO_۲$ و CO تولیدی به ازای مصرف ۱۱ مول اکسیژن، برابر $۱۳۶g$ ($۲۲۰g-۸۴g$) خواهد بود؛ پس خواهیم داشت:

$$۱۱\,mol\,O_۲ \sim ۱۳۶\,g\ (\text{اختلاف جرم } CO_۲ \text{ و } CO)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ (\text{اختلاف جرم } CO_۲ \text{ و } CO) = ۰/۲۷\,mol\,O_۲ \times \frac{۱۳۶\,g\ (\text{اختلاف جرم } CO_۲ \text{ و } CO)}{۱۱\,mol\,O_۲} \simeq ۳/۳۴\,g\ (\text{اختلاف جرم } CO_۲ \text{ و } CO)$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } O_۲}{\text{ضریب}} = \frac{\text{اختلاف جرم } CO_۲ \text{ و } CO}{۱۳۶} \Rightarrow \frac{۰/۲۷}{۱۱} = \frac{x\,g\ (\text{اختلاف جرم } CO_۲ \text{ و } CO)}{۱۳۶} \Rightarrow x \simeq ۳/۳۴g\ (\text{اختلاف جرم } CO_۲ \text{ و } CO)$$

۵۳۷ **۴** معادلهٔ واکنش‌های مطرح شده در تست به‌صورت زیر است:

$$۲NO(g)+O_۲(g) \rightarrow ۲NO_۲(g)\ (\text{مرحلهٔ } ۲) \qquad N_۲(g)+O_۲(g) \rightarrow ۲NO(g)\ (\text{مرحلهٔ } ۱)$$

در واکنش مرحلهٔ (۱)، به ازای مصرف $۲۸g$ گاز نیتروژن و $۳۲g$ گاز اکسیژن، $۶۰g$ (۲×۳۰) گاز NO تولید می‌شود؛ بنابراین می‌توان گفت به ازای هر $۴g$ ($۳۲-۲۸$) اختلاف جرم واکنش‌دهنده‌ها، $۶۰g$ فراورده یعنی NO تولید می‌شود.

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NO = ۰/۱۲۵\,g\ \text{اختلاف جرم} \times \frac{۶۰\,g\,NO}{۴\,g\ \text{اختلاف جرم}} = ۱/۸۷۵\,g\,NO$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{اختلاف جرم واکنش‌دهنده‌ها}}{۴} = \frac{\text{جرم NO تولید}}{۶۰} \Rightarrow \frac{۰/۱۲۵}{۴} = \frac{\text{جرم NO تولید}}{۶۰} \Rightarrow \text{جرم NO} = ۱/۸۷۵\,g$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,NO_۲ = ۱/۸۷۵g\,NO \times \frac{۱\,mol\,NO}{۳۰\,g\,NO} \times \frac{۲\,mol\,NO_۲}{۲\,mol\,NO} \times \frac{۲۲/۴\,L\,NO_۲}{۱\,mol\,NO_۲} = ۱/۴\,L\,NO_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم NO}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم } NO_۲}{\text{ضریب} \times ۲۲/۴} \Rightarrow \frac{۱/۸۷۵}{۲ \times ۳۰} = \frac{x\,L\,NO_۲}{۲ \times ۲۲/۴} \Rightarrow x = ۱/۴L\,NO_۲$$

B ۵۳۸ ۱ ابتدا معادلهٔ این دو واکنش را موازنه می‌کنیم. برای موازنهٔ واکنش اول، ابتدا به K_2O و KNO_3 به ترتیب ضرایب ۱ و ۲ می‌دهیم. در ادامه N_2 و O_2 به ترتیب ضرایب ۱ و $\frac{5}{2}$ خواهند گرفت. در نهایت برای حذف ضریب کسری O_2، معادلهٔ واکنش را در ۲ ضرب می‌کنیم:

$$I)\ 4KNO_3(s)\rightarrow 2K_2O(s)+2N_2(g)+5O_2(g)$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش دوم نیز به صورت مقابل خواهد بود:

$$II)\ N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g)$$

قسمت اول: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ (I)، به ازای مصرف ۴ مول KNO_3 (۴۰۴g)، ۲ مول فراوردهٔ جامد K_2O ($2\times 94=188g$) و ۷ مول فراوردهٔ گازی ($2N_2$ ، $5O_2$) تولید می‌شود؛ بنابراین به ازای هر ۷ مول فراوردهٔ گازی، اختلاف جرم KNO_3 مصرفی و K_2O تولیدی برابر ۲۱۶g (۴۰۴−۱۸۸) خواهد بود؛ پس خواهیم داشت:

$$\text{گازهای تولید شده؟ L} = 10/8\,g\ \text{اختلاف جرم} \times \frac{7\,mol\ \text{گاز}}{216\,g\ \text{اختلاف جرم}} \times \frac{22/4\,L\ \text{گاز}}{1\,mol\ \text{گاز}} = 7/84\,L\ \text{گاز}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{10/8\times 7\times 22/4}{216}=? \xrightarrow[\text{اعداد ۱۱ و ۲۲۰ قرار گیرد.}]{\text{به جای اعداد ۱۰/۸، ۲۱۶}} \frac{11\times 7\times 22/4}{220}=\frac{7\times 22/4}{20}=7\times 1/12 \xrightarrow{\text{ضرب پلکانی}} 7(1/1+0/02)=7/7+0/14=7/84$$

(۱/۱۲ بالای $\frac{7\times 22/4}{20}$)

قسمت دوم: ابتدا مقدار گاز N_2 تولید شده در واکنش اول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار گاز } N_2 \text{ تولید شده؟} = 10/8\,g\ \text{اختلاف جرم} \times \frac{2\,mol\ N_2}{216\,g\ \text{اختلاف جرم}} = 0/1\,mol\ N_2$$

این مقدار N_2 در واکنش دوم مصرف می‌شود:

$$\text{مقدار گاز NO تولید شده در واکنش دوم؟} = 0/1\,mol\ N_2 \times \frac{2\,mol\ NO}{1\,mol\ N_2} = 0/2\,mol\ NO$$

B ۵۳۹ ۴ **قسمت اول:** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$I)\ N_2F_4+6HF\rightarrow 2NH_3+5F_2 \qquad II)\ Ba_3N_2+6H_2O\rightarrow 3Ba(OH)_2+2NH_3$$

حال با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها مقدار هر یک از مواد واکنش‌دهنده در مخلوط اولیه را محاسبه کرده و در نهایت درصد باریم نیترید (Ba_3N_2) در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,N_2F_4=152\,g\,F_2\times\frac{1\,mol\,F_2}{38\,g\,F_2}\times\frac{1\,mol\,N_2F_4}{5\,mol\,F_2}\times\frac{104\,g\,N_2F_4}{1\,mol\,N_2F_4}=83/2\,g\,N_2F_4$$

$$?\,g\,Ba_3N_2=513\,g\,Ba(OH)_2\times\frac{1\,mol\,Ba(OH)_2}{171\,g\,Ba(OH)_2}\times\frac{1\,mol\,Ba_3N_2}{3\,mol\,Ba(OH)_2}\times\frac{439\,g\,Ba_3N_2}{1\,mol\,Ba_3N_2}=439\,g\,Ba_3N_2$$

$$Ba_3N_2\ \text{درصد جرمی}=\frac{439}{83/2+439}\times 100\simeq 84\%$$

قسمت دوم: ابتدا مول NH_3 تولید شده در هر دو واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,NH_3=152\,g\,F_2\times\frac{1\,mol\,F_2}{38\,g\,F_2}\times\frac{2\,mol\,NH_3}{5\,mol\,F_2}=1/6\,mol\,NH_3$$

$$?\,mol\,NH_3=513\,g\,Ba(OH)_2\times\frac{1\,mol\,Ba(OH)_2}{171\,g\,Ba(OH)_2}\times\frac{2\,mol\,NH_3}{3\,mol\,Ba(OH)_2}=2\,mol\,NH_3$$

$$\text{اختلاف جرم}=(2-1/6)\,mol\,NH_3\times\frac{17\,g\,NH_3}{1\,mol\,NH_3}=6/8\,g\,NH_3$$

C ۵۴۰ ۱ با توجه به معادلهٔ واکنش و مقادیر داده شده در صورت سؤال، ابتدا جرم مولی میانگین فلز را محاسبه می‌کنیم:

$$2/25\,mol\,X=468/9\,g\,XSO_4\times\frac{1\,mol\,XSO_4}{(x+96)\,g\,XSO_4}\times\frac{1\,mol\,X}{1\,mol\,XSO_4}\Rightarrow x=112/4\,g.mol^{-1}$$

فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را F و ایزوتوپ سنگین‌تر را (۱۰۰−F) در نظر می‌گیریم. با توجه به جرم اتمی ایزوتوپ‌های دو عنصر می‌توان نوشت:

$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}\Rightarrow 112/4=\frac{112\times F+114\times(100-F)}{100}\Rightarrow F=80$$

با توجه به فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر، فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر با ۲۰ درصد خواهد بود؛ بنابراین نسبت فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر به فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر با ۴ ($\frac{80}{20}$) است.

C ۵۴۱ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

$$2CO(g)+2NO(g)\rightarrow 2CO_2(g)+N_2(g)$$

گونه	CO	NO	CO_2	N_2
مقدار اولیه	2a	2a	0	0
مقدار تغییرات	−2a	−2a	+2a	+a

با توجه به دادهٔ مسئله فرض می‌کنیم، 2a مول گاز نیتروژن مونوکسید (NO) مصرف شده باشد، پس با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، a مول گاز نیتروژن تولید شده است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{مجموع جرم گاز NO مصرف شده و جرم گاز } N_2 \text{ تولید شده} = 2a\,mol\,NO\times\frac{30\,g\,NO}{1\,mol\,NO}+a\,mol\,N_2\times\frac{28\,g\,N_2}{1\,mol\,N_2}=35/2\,g\Rightarrow a=0/4$$

$$CO_2\ \text{مقدار مول}=2a=0/8\Rightarrow ?\,L\,CO_2=0/8\,mol\,CO_2\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{1\,L\,CO_2}{1/76\,g\,CO_2}=20\,L\,CO_2$$

B ۵۴۲ ۳ شمار مول‌های کربن و PbO مصرف شده در واکنش‌ها را به ترتیب برابر با x و y مول در نظر می‌گیریم.

I) $H_2O(g)+C(s)\rightarrow CO(g)+H_2(g)$ II) $2PbO(s)+PbS(s)\rightarrow 3Pb(s)+SO_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم کربن و PbO مصرف شده در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{cases} ?\,g\,C=x\,mol\,C\times\frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C}=12x\,g\,C \\ ?\,g\,PbO=y\,mol\,PbO\times\frac{223\,g\,PbO}{1\,mol\,PbO}=223y\,g\,PbO \end{cases} \Rightarrow \boxed{12x+223y=2/71} \quad (1)$$

سپس جرم گازهای H_2 و SO_2 تولید شده در واکنش‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,H_2=x\,mol\,C\times\frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,C}\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=2x\,g\,H_2$$

$$?\,g\,SO_2=y\,mol\,PbO\times\frac{1\,mol\,SO_2}{2\,mol\,PbO}\times\frac{64\,g\,SO_2}{1\,mol\,SO_2}=32y\,g\,SO_2$$

با توجه به اطلاعات سؤال، جرم SO_2 تولید شده، ۴ برابر جرم H_2 تولیدی است:

$$\frac{32y}{2x}=4\Rightarrow \boxed{x=4y} \quad (2)$$

با توجه به معادلات (۱) و (۲) داریم:

$$12(4y)+223y=2/71\Rightarrow 271y=2/71\Rightarrow y=0/01\,mol(\text{مول PbO})$$

روش دوم (کسر تناسب): ابتدا جرم کربن و PbO مصرف شده در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \text{مول C}=\frac{\text{جرم C}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow x=\frac{\text{جرم C}}{12}\Rightarrow \text{جرم C}=12x\,g \\ \text{مول PbO}=\frac{\text{جرم PbO}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow y=\frac{\text{جرم PbO}}{223}\Rightarrow \text{جرم PbO}=223y\,g \end{cases} \Rightarrow \boxed{12x+223y=2/71} \quad (1)$$

اکنون جرم گازهای H_2 و SO_2 تولیدی در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول C}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم H}_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x}{1}=\frac{\text{جرم H}_2}{1\times 2}\Rightarrow \text{جرم H}_2=2x\,g$$

$$\frac{\text{مول PbO}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم SO}_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{y}{2}=\frac{\text{جرم SO}_2}{1\times 64}\Rightarrow \text{جرم SO}_2=32y\,g$$

با توجه به اطلاعات سؤال، جرم SO_2 تولیدی، ۴ برابر جرم H_2 تولیدی است:

$$\frac{32y}{2x}=4\Rightarrow \boxed{x=4y} \quad (2)$$

با توجه به معادلات (۱) و (۲) داریم:

$$12(4y)+223y=2/71\Rightarrow 271y=2/71\Rightarrow y=0/01\,mol\,(\text{مول PbO})$$

C ۵۴۳ ۱ همهٔ عبارت‌های داده شده درست هستند. برای موازنهٔ واکنش داده شده، ابتدا به N_2 و NH_3 به ترتیب ضرایب ۱ و ۲ می‌دهیم. سپس برای موازنهٔ شمار اتم‌های H، H_2O ضریب ۳ خواهد گرفت. در نهایت با دادن ضرایب ۳ به Cu و CuO، موازنهٔ واکنش کامل می‌شود: $3CuO+2NH_3\rightarrow N_2+3Cu+3H_2O$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۱۲ است.

عبارت (ب): **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,L\,NH_3=48\,g\,CuO\times\frac{1\,mol\,CuO}{80\,g\,CuO}\times\frac{2\,mol\,NH_3}{3\,mol\,CuO}\times\frac{22/4\,L\,NH_3}{1\,mol\,NH_3}=8/96\,L\,NH_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم CuO}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم NH}_3}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{48}{80\times 3}=\frac{\text{حجم NH}_3}{22/4\times 2}\Rightarrow \text{حجم NH}_3=8/96\,L$$

عبارت (پ): **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,Cu=48\,g\,CuO\times\frac{1\,mol\,CuO}{80\,g\,CuO}\times\frac{3\,mol\,Cu}{3\,mol\,CuO}\times\frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu}=38/4\,g\,Cu$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم CuO}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم Cu}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{48}{80\times 3}=\frac{\text{جرم Cu}}{64\times 3}\Rightarrow \text{جرم Cu}=38/4\,g$$

عبارت (ت): **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,\text{مقدار }N_2=48\,g\,CuO\times\frac{1\,mol\,CuO}{80\,g\,CuO}\times\frac{1\,mol\,N_2}{3\,mol\,CuO}=0/2\,mol\,N_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم CuO}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول N}_2}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{48}{80\times 3}=\frac{\text{مول N}_2}{1}\Rightarrow \text{تعداد مول N}_2=0/2$$

B ۵۴۴ ۳ ابتدا تعداد مول CO_2 تولید شده در طول یک سال را به دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,CO_2=5000\,\text{خودرو}\times\frac{8000\,km\,\text{مسافت}}{1\,\text{خودرو}}\times\frac{220\,g\,CO_2}{1\,km\,\text{مسافت}}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}=2\times 10^8\,mol\,CO_2$$

بنابراین سالانه 2×10^8 مول CO_2 توسط خودروها وارد هوای این شهر می‌شود. اکنون محاسبه می‌کنیم که چه مقدار از این CO_2 تولید شده مطابق واکنش زیر به کلسیم کربنات تبدیل شده و پاک‌سازی می‌شود:

$$CaO(s)+CO_2(g)\rightarrow CaCO_3(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,CO_2 = 8000\times10^6\,g\,CaCO_3 \times \frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3} = 8\times10^7\,mol$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CaCO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول } CO_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{8000\times10^6}{100\times1} = \frac{\text{مول } CO_2}{1} \Rightarrow \text{مول } CO_2 = 8\times10^7\,mol$$

بنابراین 8×10^7 مول از کربن دی‌اکسید تولیدی، توسط کلسیم اکسید پاک‌سازی می‌شود. اکنون محاسبه می‌کنیم که برای پاک‌سازی CO_2 باقی‌مانده، به چند درخت نیاز داریم:

$$\text{مقدار } CO_2 \text{ باقی‌مانده} = 2\times10^8\,mol - 8\times10^7\,mol = 12\times10^7\,mol$$

$$\text{تعداد درخت مورد نیاز} = ?\,\text{درخت} = 12\times10^7\,mol\,CO_2 \times \frac{1\,\text{درخت}}{1250\,mol\,CO_2} = 96\times10^3\,\text{درخت}$$

B ۵۴۵ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. معادلهٔ کامل شدهٔ واکنش‌های (۱)، (۲) و (۳) به صورت زیر می‌باشد:

$$۱)\ N_2(g)+O_2(g) \xrightarrow{\text{رعد و برق}} 2\underbrace{NO(g)}_{A} \qquad ۲)\ 2\underbrace{NO(g)}_{A}+O_2(g)\rightarrow 2\underbrace{NO_2(g)}_{B}$$

$$۳)\ \underbrace{NO_2(g)}_{B}+O_2(g) \xrightarrow{\text{نور خورشید}} \underbrace{NO(g)}_{A}+O_3(g)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): A و B به ترتیب گازهای NO و NO_2 هستند. از بین این دو گاز تنها گاز NO_2 به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود. عبارت (ب): گاز N_2 واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد و تنها هنگام رعد و برق و یا در دماهای بالا در درون موتور خودروها با یکدیگر واکنش می‌دهند. عبارت (پ): با توجه به معادله‌های موازنه شده، محاسبه می‌کنیم برای تولید ۲ مول O_3، به چند مول گاز اکسیژن نیاز داریم. برای تولید ۲ مول O_3 در واکنش سوم، به ۲ مول اکسیژن و ۲ مول NO_2 نیاز داریم. برای تولید ۲ مول NO_2 در واکنش دوم نیز به یک مول O_2 و ۲ مول NO نیاز داریم. همچنین برای تولید ۲ مول NO در واکنش اول، یک مول اکسیژن مورد نیاز است؛ بنابراین در مجموع در طی این سه واکنش برای تولید ۲ مول O_3 به ۴ مول $(2+1+1)$ اکسیژن نیازمندیم. عبارت (ت): از بین گازهای موجود در این سه واکنش، NO_2 قهوه‌ای رنگ است. ضریب استوکیومتری NO_2 در واکنش‌های تولید و مصرف آن به ترتیب برابر ۲ و ۱ می‌باشد.

C ۵۴۶ ۲ ابتدا باید معادلهٔ واکنش را موازنه کنیم. گام اول: موازنهٔ کربن:

$$mC_3H_xN_yO_z \sim 12CO_2 \Rightarrow 3m=12 \Rightarrow m=4$$

گام دوم: موازنهٔ اکسیژن:

$$4C_3H_xN_yO_z + 15O_2 \sim 12CO_2 + 7zH_2O \Rightarrow 4z+30=24+7z \Rightarrow z=2$$

گام سوم: موازنهٔ هیدروژن:

$$4C_3H_xN_yO_z \sim 14H_2O \Rightarrow 4x=28 \Rightarrow x=7$$

اکنون معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو درآمده است:

$$4C_3H_7N_yO_2 + 15\,O_2 \rightarrow 12CO_2 + 14H_2O + 2yN_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$8/9\,g\,C_3H_7N_yO_2 \times \frac{1\,mol\,C_3H_7N_yO_2}{(75+14y)\,g\,C_3H_7N_yO_2}\times\frac{2y\,mol\,N_2}{4\,mol\,C_3H_7N_yO_2}\times\frac{22/4\,L\,N_2}{1\,mol\,N_2} = 1/12\,L\,N_2 \Rightarrow y=1$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم ترکیب آلی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم گاز } N_2}{\text{ضریب}\times 22/4} \Rightarrow \frac{8/9}{(75+14y)\times4} = \frac{1/12}{22/4\times2y} \Rightarrow y=1$$

پس در ساختار هر مولکول از این ترکیب آلی یک اتم نیتروژن وجود دارد.

C ۵۴۷ ۳ فرض می‌کنیم n مول گاز C_3H_8 در سیلندر وجود دارد و تعداد مول گاز CH_4 را حساب می‌کنیم:

$$4/515\times10^{23}\,\text{مولکول } CH_4 \times \frac{1\,mol\,CH_4}{6/02\times10^{23}\,\text{مولکول } CH_4} = 0/75\,mol$$

با توجه به حجم و دمای نهایی سیلندر، مقدار n را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2} \xrightarrow{P_1=P_2} \frac{V_1}{n\times(273+127)} = \frac{5V_1}{(n+0/75)\times(273+127+100)} \Rightarrow n=0/25\,mol$$

قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

جرم اکسیژن مصرف شده در هر واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$0/75\,mol\,CH_4 \times \frac{2\,mol\,O_2}{1\,mol\,CH_4}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 48\,g\,O_2$$

$$0/25\,mol\,C_3H_8 \times \frac{5\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_3H_8}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 40\,g\,O_2$$

بنابراین در مجموع 88g $(40+48)$ اکسیژن برای سوختن کامل گازهای پروپان و متان نیاز است.

قسمت دوم: طبق معادلهٔ واکنش در واکنش سوختن پروپان، 0/75 $(3\times0/25)$ مول CO_2 و در واکنش سوختن متان، 0/75 $(1\times0/75)$ مول CO_2 و در مجموع 1/5 مول گاز CO_2 تولید می‌شود.

۵۴۸ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ تجزیهٔ Na_2CO_3 و $KClO_3$، به صورت زیر است:

$$I)\ Na_2CO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2O(s)+CO_2(g) \qquad II)\ 2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KCl(s)+3O_2(g)$$

ضریب استوکیومتری دو گاز CO_2 و O_2 تولید شده در این دو واکنش به ترتیب برابر ۱ و ۳ می‌باشد؛ بنابراین از هر ۴ لیتر گاز تولید شده در این فرایند، ۱ لیتر مربوط به CO_2 و ۳ لیتر مربوط به O_2 می‌باشد:

$$?\,L\,O_2=12/55\,L\,\text{گاز}\times\frac{3\,L\,O_2}{4\,L\,\text{گاز}}=9/41\,L\,O_2 \quad , \quad ?\,L\,CO_2=12/55\,L\,\text{گاز}\times\frac{1\,L\,CO_2}{4\,L\,\text{گاز}}=3/14\,L\,CO_2$$

اکنون با توجه به حجم گازهای تولید شده در این دو واکنش، جرم جامدهای باقی مانده یعنی Na_2O و KCl را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,KCl=9/41\,L\,O_2\times\frac{1/2\,g\,O_2}{1\,L\,O_2}\times\frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2}\times\frac{2\,mol\,KCl}{3\,mol\,O_2}\times\frac{74/5\,g\,KCl}{1\,mol\,KCl}\simeq 17/5\,g\,KCl$$

$$?\,g\,Na_2O=3/14\,L\,CO_2\times\frac{1/65\,g\,CO_2}{1\,L\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,Na_2O}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{62\,g\,Na_2O}{1\,mol\,Na_2O}=7/3\,g\,Na_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم } O_2\times\text{چگالی } O_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } KCl}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{9/41\times 1/2}{32\times 3}=\frac{\text{جرم } KCl}{74/5\times 2}\Rightarrow\text{جرم } KCl=17/5\,g$$

$$\frac{\text{حجم } CO_2\times\text{چگالی } CO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } Na_2O}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{3/14\times 1/65}{44\times 1}=\frac{\text{جرم } Na_2O}{1\times 62}\Rightarrow\text{جرم } Na_2O=7/3\,g$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر $2/4\ (\frac{17/5}{7/3})$ است.

۵۴۹ ۲ فرض می‌کنیم در مخلوط اولیهٔ گازها، n مول C_3H_8 و 5n مول O_2 وجود داشته باشد، بر این اساس شمار مول مواد شرکت‌کننده در واکنش تا لحظهٔ مورد نظر را به‌دست می‌آوریم:

$$C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(g)$$

لحظهٔ صفر	n	5n	۰	۰
لحظهٔ مورد نظر	n−x	5(n−x)	3x	4x

شمار مول گاز اکسیژن مورد نیاز در واکنش $2SO+2O_2(g)\rightarrow 2SO_3(g)$ را محاسبه می‌کنیم:

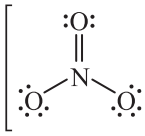
$$224\,L\,SO_2\times\frac{1\,mol\,SO_2}{22/4\,L\,SO_2}\times\frac{1\,mol\,O_2}{2\,mol\,SO_2}=5\,mol\,O_2$$

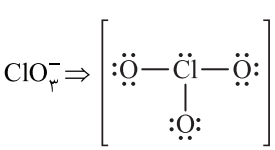
با توجه به معادله‌های زیر، مقادیر n، x و در نهایت جرم اولیهٔ C_3H_8 را به‌دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l} I)\ 5(n-x)=5\Rightarrow n-x=1 \\ II)\ \frac{(3x)\times 44}{(n-x)\times 44}=7/5\Rightarrow x=\frac{5}{7}n \end{array}\right\}\Rightarrow n-\frac{5}{7}n=1\Rightarrow n=3/5\,mol$$

$$\text{جرم اولیهٔ } C_3H_8=3/5\,mol\,C_3H_8\times\frac{44\,g\,C_3H_8}{1\,mol\,C_3H_8}=154\,g\,C_3H_8$$

۵۵۰ ۴ قسمت اول: با توجه به گزینه‌ها، X می‌تواند اتم‌های Cl یا N باشد؛ بنابراین آنیون ترکیب مورد نظر ClO_3^- یا NO_3^- است. ساختار لوویس این دو آنیون به صورت زیر است:

$NO_3^-\Rightarrow$  ⇒ ۱۶ الکترون ناپیوندی

$ClO_3^-\Rightarrow$  ⇒ ۲۰ الکترون ناپیوندی

اکنون به کمک جرم ترکیب و تعداد الکترون‌های ناپیوندی در آن، نوع آنیون را تعیین می‌کنیم: (M و n به ترتیب جرم مولی $Ca(XO_3)_2$ و تعداد الکترون‌های ناپیوندی XO_3^- است.)

$$\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}=4/1\,g\,Ca(XO_3)_2\times\frac{1\,mol\,Ca(XO_3)_2}{M\,g\,Ca(XO_3)_2}\times\frac{2\,mol\,XO_3^-}{1\,mol\,Ca(XO_3)_2}\times\frac{n\,mol\,e^-\text{ ناپیوندی}}{1\,mol\,XO_3^-}\times\frac{6/02\times 10^{23}\,e^-\text{ ناپیوندی}}{1\,mol\,e^-\text{ ناپیوندی}}$$

$$=4/816\times 10^{23}\,e^-\text{ ناپیوندی}\Rightarrow\frac{n}{M}=\frac{4}{41}$$

جرم مولی $Ca(NO_3)_2$ و $Ca(ClO_3)_2$ به ترتیب برابر ۱۶۴ و ۲۰۷ گرم بر مول و تعداد الکترون‌های ناپیوندی NO_3^- و ClO_3^- به ترتیب برابر ۱۶ و ۲۰ است. حال باید ببینیم نسبت $\frac{n}{M}$ برای کدام مورد برابر $\frac{4}{41}$ است.

$$Ca(ClO_3)_2\Rightarrow\frac{n}{M}=\frac{20}{207} \qquad Ca(NO_3)_2\Rightarrow\frac{n}{M}=\frac{16}{164}=\frac{4}{41}$$

قسمت دوم: ابتدا تعداد مول یون‌های موجود در $4/1\,g$ از $Ca(NO_3)_2$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,\text{یون}=4/1\,g\,Ca(NO_3)_2\times\frac{1\,mol\,Ca(NO_3)_2}{164\,g\,Ca(NO_3)_2}\times\frac{3\,mol\,\text{یون}}{1\,mol\,Ca(NO_3)_2}=\frac{3}{40}\,mol\,\text{یون}$$

فرمول شیمیایی کروم (II) اکسید به صورت CrO می‌باشد. اکنون محاسبه می‌کنیم در چند گرم از این ترکیب، $\frac{3}{40}$ مول یون وجود دارد:

$$?\,g\,CrO=\frac{3}{40}\,mol\,\text{یون}\times\frac{1\,mol\,CrO}{2\,mol\,\text{یون}}\times\frac{68\,g\,CrO}{1\,mol\,CrO}=2/55\,g\,CrO$$

۵۵۱ ۳ **قسمت اول:** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل و ناقص متان به صورت زیر است:

$$2CH_4(g)+3O_2(g)\rightarrow 2CO(g)+4H_2O(g)$$:سوختن ناقص $$CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$$:سوختن کامل

در مجموع $2/5mol$ $(\frac{40}{16})$ گاز متان در این دو واکنش مصرف شده است. فرض می‌کنیم که x مول از آن در واکنش سوختن کامل و y مول آن در سوختن ناقص مصرف شده است:

$$\text{مقدار کل } CH_4 \text{ مصرفی} = x+y=2/5mol$$

$$\text{جرم } O_2 \text{ مصرفی در سوختن کامل} = x\ mol\ CH_4\times\frac{2mol\ O_2}{1\ mol\ CH_4}\times\frac{32g\ O_2}{1\ mol\ O_2}=64x\ g\ O_2$$

$$\text{جرم } O_2 \text{ مصرفی در سوختن ناقص} = y\ mol\ CH_4\times\frac{32mol\ O_2}{2mol\ CH_4}\times\frac{32g\ O_2}{1\ mol\ O_2}=48y\ g\ O_2$$

مجموع جرم O_2 مصرف شده در این دو واکنش برابر $128g$ است، بنابراین:

$$64x+48y=128\ ,\ x+y=2/5\Rightarrow x=0/5mol\ ,\ y=2mol$$

بنابراین $0/5mol$ از متان در سوختن کامل و ۲ مول از آن در سوختن ناقص مصرف شده است:

$$\text{درصد جرمی } CH_4 \text{ مصرفی در واکنش سوختن کامل} = \frac{\text{جرم متان در سوختن کامل}}{\text{جرم متان در سوختن ناقص}}\times 100=\frac{0/5\times 16}{2(16)+0/5(16)}\times 100=\%20$$

قسمت دوم: ابتدا حجم مولی گاز N_2 را در شرایط انجام واکنش به کمک چگالی آن به‌دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی NO}=\frac{\text{جرم مولی NO}}{\text{حجم مولی NO}}\Rightarrow 0/4=\frac{30}{\text{حجم مولی NO}}=75L.mol^{-1}$$

از آنجا که در شرایط یکسان، حجم مولی گازها با هم برابر است؛ پس در این شرایط، حجم مولی CO نیز برابر $75L.mol^{-1}$ است:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ L\ CO=2mol\ CH_4\times\frac{2mol\ CO}{2mol\ CH_4}\times\frac{75L}{1\ mol\ CO}=150L\ CO$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } CH_4}{\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم CO}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{2}{2}=\frac{\text{حجم CO}}{75\times 2}\Rightarrow \text{حجم CO}=150L$$

۵۵۲ ۴ به جز عبارت دوم، سایر عبارت‌ها نادرست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل این دو ترکیب به‌صورت زیر است:

$$C_2H_5OH+3O_2\rightarrow 2CO_2+3H_2O$$: معادلهٔ سوختن اتانول $$2C_2H_6+7O_2\rightarrow 4CO_2+6H_2O$$: معادلهٔ سوختن اتان

در بررسی عبارت‌ها، مقدار CO_2 تولیدی در هر واکنش را برابر $xmol$ در نظر می گیریم. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت اول:

$$?\ gC_2H_6=x\ mol\ CO_2\times\frac{2\ mol\ C_2H_6}{4\ mol\ CO_2}\times\frac{30g\ C_2H_6}{1\ mol\ C_2H_6}=15\ x\ g\ C_2H_6$$

$$?\ gC_2H_5OH=x\ mol\ CO_2\times\frac{1\ mol\ C_2H_5OH}{2\ mol\ CO_2}\times\frac{46g\ C_2H_5OH}{1\ mol\ C_2H_5OH}=23\ x\ g\ C_2H_5OH$$

بنابراین جرم اتانول مصرف‌شده بیشتر از جرم اتان است.

عبارت دوم:

$$\text{مقدار آب تولیدشده در واکنش سوختن اتان}=x\ mol\ CO_2\times\frac{6\ mol\ H_2O}{4\ mol\ CO_2}\times\frac{18g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O}=27\ x\ g\ H_2O$$

$$\text{مقدار آب تولیدشده در واکنش سوختن اتانول}=x\ mol\ CO_2\times\frac{3\ mol\ H_2O}{2\ mol\ CO_2}\times\frac{18g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O}=27x\ g\ H_2O$$

بنابراین جرم H_2O تولید شده در این دو واکنش با یکدیگر برابر است.

عبارت سوم:

$$\text{مقدار } O_2 \text{ مصرفی در واکنش سوختن اتان}=x\ mol\ CO_2\times\frac{7\ mol\ O_2}{4\ mol\ CO_2}=\frac{7}{4}\ x\ mol\ O_2=1/75x$$

$$\text{مقدار } O_2 \text{ مصرفی در واکنش سوختن اتانول}=x\ mol\ CO_2\times\frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ CO_2}=\frac{3}{2}\ x\ mol\ O_2=1/5x$$

بنابراین مقدار اکسیژن مصرفی در واکنش سوختن اتان، بیشتر از سوختن اتانول است. عبارت چهارم: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، ضریب استوکیومتری CO_2 در واکنش سوختن اتان و اتانول به ترتیب برابر ۴ و ۲ است.

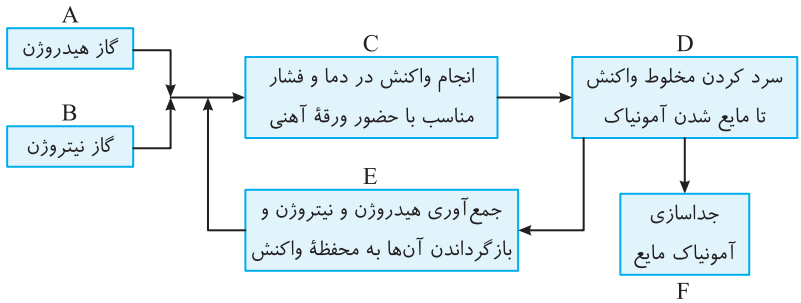
۵۵۳ ۴ فراوان‌ترین جزءِ سازندهٔ هواکره گاز نیتروژن است. گاز نیتروژن در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش‌ناپذیر است، اما در مقایسه با گازهای نجیب واکنش‌پذیری بیشتری دارد.

۵۵۴ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. گاز نشان داده شده در شکل صورت سؤال، گاز هیدروژن است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکول هیدروژن یک مولکول ناقطبی است که جرم و حجم کمی دارد، به همین دلیل نقطهٔ جوش آن بسیار پایین بوده و دمای جوش کمی دارد. عبارت (ب): واکنش نشان داده شده، مربوط به واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن است. این واکنش در حضور کاتالیزگر یا جرقه بسیار سریع و شدید انجام شده و آب تولید می‌کند. عبارت (پ): واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در دما و فشار مناسب و در حضور کاتالیزگر، به‌طور کامل انجام نشده و همهٔ واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل نخواهد شد. عبارت (ت): در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی رخ نمی‌دهد.

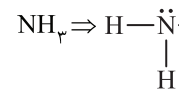
A ۵۵۵ ۴ نقطهٔ جوش گاز آمونیاک برابر $-۳۳^{\circ}C\,(۲۴۰K)$ است، پس با سرد کردن مخلوط و رساندن آن به دمایی کمتر از نقطهٔ جوش این گاز می‌توانیم آن را به‌صورت مایع استخراج کنیم؛ بنابراین گاز آمونیاک در دمای $-۳۳^{\circ}C\,(۲۴۰\,K)$ به‌صورت گازی خواهد بود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۳): هابر واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن را بارها در دماها و فشارهای گوناگون انجام داد تا بتواند شرایط بهینهٔ آن را پیدا کند. سرانجام دریافت که اگر مخلوط این گازها از روی یک ورقهٔ آهنی (کاتالیزگر) در دما و فشار مناسب عبور داده شود، با انجام واکنش، مقدار قابل توجهی آمونیاک تولید می‌شود؛ اما همهٔ واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل نخواهد شد؛ زیرا این واکنش همانند فرایند شارژ، باتری‌های قابل شارژ، برگشت‌پذیر است. گزینهٔ (۲): یکی از مشکلاتی که هابر برای تولید آمونیاک با آن روبه‌رو بود این بود که واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد.

B ۵۵۶ ۲ عبارت‌های سوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هابر به‌طور کلی با دو چالش عمده روبه‌رو بود:
چالش اول: واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد. (بزرگ‌ترین چالش) **چالش دوم:** جدا کردن فراوردهٔ واکنش (آمونیاک) از مخلوط واکنش
عبارت دوم: در میان مولکول‌های آمونیاک بر خلاف مولکول‌های نیتروژن و هیدروژن، علاوه‌بر نیروهای واندروالسی، پیوند هیدروژنی نیز وجود دارد؛ از این‌رو آمونیاک نسبت به دو گاز دیگر نقطهٔ جوش بالاتری دارد. نقطهٔ جوش آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن به‌ترتیب برابر $-۳۴^{\circ}C$ ، $-۱۹۶^{\circ}C$ و $-۲۵۳^{\circ}C$ است. عبارت سوم: از آنجایی که این فرایند به‌صورت تعادلی انجام می‌شود؛ بنابراین در مخلوط واکنش علاوه‌بر آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن نیز وجود دارد که ابتدا آمونیاک از مخلوط واکنش جدا می‌شود و سپس نیتروژن و هیدروژن را برای واکنش مجدد به محفظهٔ واکنش باز می‌گردانند. عبارت چهارم: هابر با بررسی نقطهٔ جوش مواد شرکت‌کننده در تعادل، راه حلی برای جداسازی آمونیاک پیدا کرد. در واقع اگر مخلوط واکنش را تا کمی بیشتر از $-۳۴^{\circ}C$ سرد کنیم، آمونیاک به صورت مایع از مخلوط جدا شده و نیتروژن و هیدروژن همچنان به‌صورت گاز باقی می‌مانند.

B ۵۵۷ ۴ شمای کلی فرایند تولید صنعتی آمونیاک از گازهای $N_۲$ و $H_۲$ به صورت زیر است.



بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در بخش C در اثر انجام واکنش شیمیایی بین هیدروژن و نیتروژن، گاز آمونیاک تولید می‌شود، اما در بخش D با کاهش دما تا نقطهٔ میعان آمونیاک، آن را به‌صورت مایع از مخلوط واکنش جدا می‌کنند؛ بنابراین فرایندی فیزیکی است و تغییری در ساختار شیمیایی مواد ایجاد نمی‌کند. گزینهٔ (۲): در بخش F آمونیاکی که در اثر کاهش دما در مرحلهٔ D ، مایع شده است، از مخلوط واکنش جدا می‌شود. گزینهٔ (۳): با توجه به برگشت‌پذیر بودن واکنش تولید آمونیاک، در مخلوط واکنش علاوه‌بر گاز آمونیاک، هیدروژن و نیتروژن نیز وجود دارد که در بخش E جمع‌آوری شده و مجدداً به ظرف واکنش باز می‌گردد و مانع از هدر رفتن مواد اولیه می‌شود. گزینهٔ (۴): واکنش‌دهنده‌های این فرایند $N_۲$ و $H_۲$ هستند که از میان آن‌ها $N_۲$ با جرم مولی $۲۸g.mol^{-۱}$ ، سنگین‌تر است. ساختار لوویس $N_۲$ و فراوردهٔ این واکنش، یعنی $NH_۳$ به‌صورت زیر است:

$NH_۳ \Rightarrow$ ۱ جفت‌الکترون ناپیوندی $\Rightarrow$ 

$N_۲ \Rightarrow :N\equiv N: \Rightarrow$ ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی

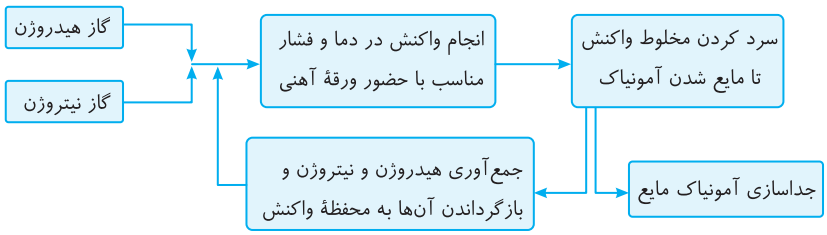
نکته ترکیبی **نیتروژن:** ۱- پنجمین عنصر فراوان سیارهٔ مشتری است. ۲- عنصری با عدد اتمی ۷ از گروه ۱۵ و دورهٔ دوم جدول دوره‌ای است. ۳- آرایش الکترونی آن به صورت $۱s^۲۲s^۲۲p^۳$ است. ۴- این عنصر در ترکیب با فلزها یون پایدار نیترید $(N^{۳-})$ است. ۵- یکی از عناصری است که در دما و فشار اتاق به شکل مولکول‌های دواتمی $(N_۲)$ یافت می‌شود. ۶- این عنصر به صورت $N_۲$ در هواکره یافت می‌شود. همچنین این عنصر به صورت یون $N_۲^+$ نیز در لایه‌های بالایی هواکره یافت می‌شود. ۷- به منظور ممانعت از فساد مواد غذایی و طولانی شدن تاریخ مصرف آن‌ها، از گاز $N_۲$ برای پر کردن بسته‌های مواد غذایی استفاده می‌شود. ۸- از گاز نیتروژن همچنین در پر کردن تایر خودروها، نگهداری نمونه‌های بیولوژیک و صنعت سرماسازی کاربرد دارد. ۹- عنصر نیتروژن توسط جانداران ذره‌بینی برای مصرف گیاهان تثبیت می‌شود. ۱۰- نیتروژن فراوان‌ترین گاز موجود در هواکره است که حدود ۷۹ ٪ حجم آن را تشکیل می‌دهد. ۱۱- نیتروژن نخستین گازی است که از مخلوط هوای مایع جدا می‌شود. ۱۲- اکسیدهای آن در تشکیل باران‌های اسیدی نقش دارند. همچنین در میان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودرو نیز یافت می‌شوند. ۱۳- گاز نیتروژن به علت وجود پیوند سه گانه در ساختار آن $(:N\equiv N:)$ ، واکنش‌پذیری کمی دارد؛ به طوری که به جو بی‌اثر شهرت دارد. ۱۴- گاز نیتروژن در هنگام رعد و برق به علت دمای بالا و در موتور خودروها در دمای بالای $۱۰۰۰^{\circ}C$ ، با اکسیژن واکنش می‌دهد و نیتروژن مونوکسید تولید می‌کند. ۱۵- گاز NO تولید شده از واکنش نیتروژن با $O_۲$ بسیار واکنش‌پذیر است و با اکسیژن هوا وارد واکنش شده و گاز $NO_۲$ را تولید می‌کند. $NO_۲$ گازی به رنگ قهوه‌ای است؛ به‌طوری که وجود آن در هوای آلودهٔ شهرها باعث می‌شود تا هوای شهر به رنگ قهوه‌ای روشن درآید. این گاز در حضور نور خورشید با گاز $O_۲$ واکنش داده و موجب تولید اوزون تروپوسفر طی واکنش زیر می‌شود:

$$NO_۲ + O_۲ \xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO + O_۳$$

۱۶- این گاز با $H_۲$ در دما و فشار اتاق حتی با ایجاد جرقه و در حضور کاتالیزگر واکنش نمی‌دهد.

B ۵۵۸ ۱ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کاتالیزگر فرایند هابر، یک ورقهٔ آهنی است. این فلز عنصری از دستهٔ d جدول تناوبی بوده و آرایش الکترونی آن به‌صورت مقابل است، پس تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت آن برابر با ۸ است. $_{۲۶}Fe:[_{۱۸}Ar]\,۳d^۶۴s^۲$

عبارت (ب): از آنجا که فرایند تولید گاز آمونیاک به‌صورت برگشت‌پذیر است، پس در ظرف واکنش هر سه ترکیب شرکت‌کننده در واکنش وجود دارد. عبارت (پ): نمای تولید آمونیاک در صنعت به روش هابر را در شکل زیر مشاهده می‌کنید. با توجه به این شکل، هیدروژن و نیتروژن را که واکنش نداده‌اند مجدد به ظرف واکنش منتقل می‌کنند.



ماده	H_2	N_2	NH_3
نقطهٔ جوش ($^\circ C$)	−۲۵۳	−۱۹۶	−۳۳

عبـارت (ت): برای جدا کردن گاز آمونیاک، کافی اسـت دمای مخلـوط واکنش را به دمایی پایین‌تر از نقطهٔ جوش گاز آمونیاک برسانیم. از آنجا که آمونیاک مولکولی قطبی است، پس نقطهٔ جوش آن بیشتر از گاز هیدروژن خواهد بود. نقطهٔ جوش این سه گونه به‌صورت روبه‌رو است.

A ۵۵۹ ۳ نفت کوره نسبت به نفت سفید تعداد کربن بیشتری داشته و در نتیجه نقطهٔ جوش آن نیز بالاتر است؛ بنابراین در دمایی که نفت کوره به حالت بخار است، قطعاً نفت سفید نیز به حالت بخار یافت می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): واکنش تولید اتانول از گاز اتن و آب در محیط اسیدی و به کمک سولفوریک اسید (H_2SO_4) انجام می‌شود. گزینهٔ (۲): تمامی آلکن‌ها به دلیل داشتن پیوند دوگانهٔ کربن - کربن ($C=C$) می‌توانند با برم مایع واکنش داده و فراوردهٔ سیرشده تشکیل بدهند. گزینهٔ (۴): در برج تقطیر نفت خام، مولکول‌های درشت‌تر که دمای جوش بالاتری دارند، از پایین برج خارج شده و با افزایش ارتفاع در برج، دما کاهش یافته و در نتیجه مولکول‌های کوچک‌تر با دمای جوش کمتر خارج می‌شوند.

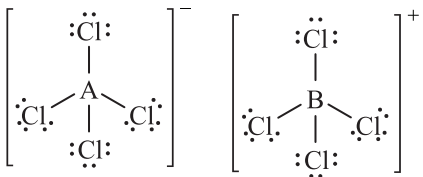
B ۵۶۰ ۱ با توجه به نقطهٔ جوش سه گاز هیدروژن، نیتروژن و آمونیاک، در دمای $75K$ ($-198^\circ C$) و فشار $1atm$، تنها مولکول هیدروژن در حالت گازی قرار دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): از آنجا که در مخلوط، گاز نیتروژنی که برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا استفاده می‌شود، مقدار کمتری اکسیژن وجود دارد، به همین دلیل استفاده از این مخلوط باعث کاهش خوردگی و زنگ‌زدگی تایر خودرو می‌شود. گزینهٔ (۳): کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار را به خاک می‌افزایند. یکی از این کودها، آمونیاک است که به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌شود. گزینهٔ (۴): ساختار لوویس گاز نیتروژن به‌صورت $(:N\equiv N:)$ است. در این ساختار ۳ جفت‌الکترون پیوندی و ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد، پس نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی برابر ۱/۵ است.

B ۵۶۱ ۱ موارد چهارم و ششم به حالت گاز هستند. ابتدا دمای داده شده را به درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کنیم: $\theta = 61 - 273 = -212^\circ C$

بررسـی موارد: مورد اول: فراوردهٔ فرایند هابر، آمونیاک با نقطهٔ جوش $-33^\circ C$ بوده و در این دما به حالت گاز نیسـت. مورد دوم: آلوتروپ واکنش‌پذیرتر اکسـیژن، اوزون با نقطهٔ جوش $-112^\circ C$ بوده و در این دما حالت گاز ندارد. مورد سـوم: فراورده‌های اکسـایش چربی کوهان شـتر، کربن دی‌اکسـید و آب هسـتند. آب فراوردهٔ سـبک‌تری بوده و دارای نقطهٔ جوش $100^\circ C$ و در این دما به حالت جامد اسـت. مورد چهارم: فراوان‌ترین عنصر جهان، هیدروژن با نقطهٔ جوش $-253^\circ C$ بوده و در این دما به حالت گاز اسـت. مورد پنجم: اصلی‌ترین جزء سـازندهٔ هواکره، نیتروژن با نقطهٔ جوش $-196^\circ C$ اسـت و در این دما به حالت گاز نیست. مورد ششم: هلیم با نقطهٔ جوش $-269^\circ C$، تنها گاز نجیب دسـتهٔ s اسـت و در این دما حالت گاز دارد. مورد هفتم: آخرین عنصر ردیف دوم دسـتهٔ p، آرگون با نقطهٔ جوش $-186^\circ C$ بوده و در این دما به حالت گاز نیست.

B ۵۶۲ ۳ a: همان گاز O_2 است که آلوتروپ آن یعنی اوزون (O_3) خاصیت گندزدایی داشته و برای از بین بردن جانداران ذره‌بینی از آن استفاده می‌شود. b: همان گاز آرگون است که از تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد در پتروشیمی شیراز تهیه می‌شود. c: همان گاز N_2 است که در واکنش با هیدروژن تولید آمونیاک می‌کند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هر سه گاز ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. گزینهٔ (۲): گاز c همان N_2 است که از آن در صنعت سرماسازی و برای انجماد مواد غذایی استفاده می‌شود. دقت کنید که برای خنک‌سازی قطعات الکترونیکی دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI از گاز هلیم استفاده می‌شود. گزینهٔ (۳): گاز b همان آرگون است که یک گاز نجیب بوده و تمایلی به انجام واکنش شیمیایی ندارد. گاز c نیز همان N_2 است که در مقایسه با اکسیژن واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و در دمای اتاق با هیدروژن واکنش نمی‌دهد. گاز a (اکسیژن) برخلاف b و c می‌تواند در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، با هیدروژن ترکیب شده و آب تولید کند. گزینهٔ (۴): دمای جوش سه گاز a (O_2)، b (Ar) و c (N_2) به ترتیب برابر ۱۸۳−، ۱۸۶− و ۱۹۶− درجهٔ سلسیوس است؛ بنابراین ترتیب خروج آن‌ها از هوای مایع به‌صورت c، b و a خواهد بود.

C ۵۶۳ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در انتهای لایهٔ دوم هواکره (استراتوسفر) دمای هوا به $7^\circ C$ می‌رسد. در این دما و فشار یک اتمسفر، آب به‌صورت مایع خواهد بود. عبارت (ب): ساختار لوویس دو گونهٔ (ACl_4^-) و (BCl_4^+) به‌صورت زیر است:



با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، شمار الکترون‌های ظرفیت عنصرهای A و B را به‌دست می‌آوریم:

عنصر A: $-1 = (a + 4\times7) - (16\times2) \Rightarrow a = 3$

عنصر B: $+1 = (b + 4\times7) - (16\times2) \Rightarrow a = 5$

با توجه به شـمار الکترون‌های ظرفیت، عنصرهای A و B به‌ترتیب متعلق به گروه‌های ۱۳ و ۱۵ جدول تناوبی هسـتند. عبارت (پ): زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شـده حاصل از پرتوهای خورشـیدی را به‌صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد. پرتوهای فروسرخ دارای طول موجی بیش از ۷۰۰ نانومتر هستند. عبارت (ت): بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن برای تولید آمونیاک بود، زیرا این واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد. عبارت (ث): ساختار لوویس هر دو گونه را رسم می‌کنیم:



پاسخ تشریحی — شیمی ۱: فصل سوم

A ۵۶۴ ۳ به درسنامه رجوع شود.

A ۵۶۵ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست:** برآوردها نشان می‌دهند که ۵×۱۰^{۱۶} تن از انواع نمک‌ها (نه فقط نمک طعام) در آب اقیانوس‌ها و دریاها وجود دارد و سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ‌کره نیز وارد آب‌کره می‌شوند. از آنجا که جرم کل مواد حل‌شده در آب‌های کرهٔ زمین تقریباً ثابت است، پس باید همین مقدار ماده نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شوند.

A ۵۶۶ ۲ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ‌کره وارد آب‌کره شده و همین مقدار ماده نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج می‌شوند، پس جرم کل مواد حل‌شده در آب‌های کرهٔ زمین تقریباً ثابت است. گزینهٔ (۳): اگرچه ۷۵ درصد سطح زمین را آب پوشانده است، اما ۵۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج می‌برند و ۶۶ درصد از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبه‌رو خواهند شد. گزینهٔ (۴): بخش زیادی از منابع غیر اقیانوسی آب (حدود ۷۷٪) را کوه‌های یخ تشکیل می‌دهند. کوه‌های یخ جزء منابع در دسترس بشر برای مصارف خانگی، کشاورزی و صنعتی نیست.

A ۵۶۷ ۲ کرهٔ زمین را می‌توان سامانه‌ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب‌کره، سنگ‌کره و زیست‌کره است. در شکل صورت سؤال A، B، C و D به ترتیب ارتباط میان «هواکره و آب‌کره»، «هواکره و زیست‌کره»، «هواکره و سنگ‌کره» و «سنگ‌کره و آب‌کره» را نشان می‌دهد. درون این سامانه و بین این چهار بخش، پیوسته مواد گوناگونی مبادله می‌شود. جانداران آبزی سالانه میلیاردها تن کربن دی‌اکسید را وارد هواکره و مقدار بسیار زیاد از گاز اکسیژن محلول در آب را مصرف می‌کنند. همچنین لاشهٔ جانوران و گیاهان بر اثر واکنش‌های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول‌های کوچک‌تری وارد آب‌کره، هواکره یا سنگ‌کره می‌شوند.

A ۵۶۸ ۳ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کرهٔ زمین را می‌توان سامانه‌ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب‌کره، سنگ‌کره و زیست‌کره است. عبارت (ب): سالانه حجم عظیمی از آب دریاها بخار (فرایند فیزیکی تبخیر) و وارد هواکره می‌شود و به‌صورت بارش (فرایند فیزیکی میعان) در آب‌کره یا سنگ‌کره فرود می‌آید. عبارت (پ): هشت یون فراوان‌تر حل‌شده در آب دریا به‌صورت زیر است:

$$Br^- < CO_3^{2-} < K^+ < Ca^{2+} < Mg^{2+} < SO_4^{2-} < Na^+ < Cl^-$$

با توجه به این مقایسه، می‌توان دریافت که در میان هشت یون فراوان‌تر حل شده در آب دریا، تنها فلزهای گروه اول و دوم جدول تناوبی قرار دارند. عبارت (ت): از آنجا که جرم کل مواد حل شده در آب‌های کرهٔ زمین تقریباً ثابت است، پس باید همین مقدار ماده نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شوند.

B ۵۶۹ ۱ موارد چهارم و پنجم درست هستند. فراوانی برخی یون‌های موجود در آب دریاها را در جدول زیر مشاهده می‌کنید:

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

بررسی موارد: مورد اول: فراوان‌ترین یون موجود در آب دریاها، یون کلرید است. عنصر کلر در گروه ۱۷ و دورهٔ سوم جدول تناوبی قرار دارد. مورد دوم: فراوان‌ترین آنیون موجود در آب دریاها، یون کلرید است. این یون دارای آرایش الکترونی هشت‌تایی پایدار گاز نجیب آرگون است. مورد سوم: فراوان‌ترین آنیون چندتایی موجود در آب دریاها، یون سولفات (SO_4^{2-}) است. در هر واحد فرمولی از این یون، چهار اتم اکسیژن وجود دارد. مورد چهارم: فراوان‌ترین کاتیون موجود در آب دریاها، یون سدیم است. این عنصر در گروه اول و دورهٔ سوم جدول تناوبی قرار دارد. مورد پنجم: فراوان‌ترین کاتیون ۲ بار مثبت، یون منیزیم $(_{۱۲}Mg^{2+})$ است. در آرایش الکترونی این یون ۴ الکترون از زیرلایهٔ s $(l=۰)$ وجود دارد.

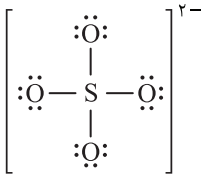
$$_{۱۲}Mg^{2+}: 1s^2\,2s^2\,2p^6$$

B ۵۷۰ ۱ فراوانی برخی یون‌های موجود در آب دریاها به صورت زیر است:

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
میلی‌گرم در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

با توجه به این جدول، عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در میان هشت یون فراوان حل‌شده در آب دریاها، ۶ یون تک‌اتمی وجود دارد که همهٔ آن‌ها متعلق به گروه‌های ۱، ۲ و ۱۷ جدول تناوبی هستند. عبارت (ب): با توجه به جدول بالا، فراوان‌ترین آنیون و کاتیون حل شده در آب دریاها به ترتیب Cl^- و Na^+ هستند.

* **توجه** فراوان‌ترین ترکیب حل‌شده در آب دریاها، نمک طعام (سدیم کلرید) است.



عبارت (پ): فراوان‌ترین یون چندتایی حل‌شده در آب دریاها، یون سولفات است که ساختار لوویس آن به صورت مقابل است. با توجه به این ساختار، همهٔ پیوندها در یون سولفات، یگانه هستند. عبارت (ت): دومین کاتیون فراوان حل شده در آب دریاها، یون منیزیم است. این عنصر متعلق به گروه دوم و دورهٔ سوم جدول تناوبی است.

B ۵۷۱ ۳ مجموع درصد فراوانی آب‌های زیرزمینی، نهرها، جوی‌ها و آب شیرین و آب شور دریاچه‌ها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا برابر با ۶۵/۰٪ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): حدود ۹۷/۲ درصد از آب‌کره را اقیانوس‌ها و ۲/۸ درصد باقی‌مانده را منابع غیراقیانوسی تشکیل می‌دهند. گزینهٔ (۲): حدود ۷۷ درصد از منابع غیراقیانوسی را کوه‌های یخ و ۲۳ درصد باقی‌مانده را آب‌های زیرزمینی، نهرها و جوی‌ها، آب شیرین و آب شور دریاچه‌ها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا تشکیل می‌دهند. گزینهٔ (۴): مقایسهٔ درصد فراوانی آب موجود در منابع غیراقیانوسی به صورت زیر است:

آب شیرین و آب شور دریاچه‌ها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا < نهرها و جوی‌ها < آب‌های زیرزمینی < کوه‌های یخ

A ۵۷۲ ۴ جرم کل آب‌های روی کرهٔ زمین در حدود $۱/۵\times۱۰^{۱۸}$ تن برآورد می‌شود. برآوردها نشان می‌دهند که ۵×۱۰^{۱۶} تن نمک در آب اقیانوس‌ها و دریاها وجود دارد؛ بنابراین جرم کل آب‌های روی کرهٔ زمین حدوداً ۳۰ برابر جرم نمک‌های حل‌شده در آب اقیانوس‌ها و دریاها است.

B ۵۷۳ ۳ به‌جز عبارت (پ)، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آب اقیانوس‌ها و دریاها مخلوطی همگن (محلول) از انواع نمک‌ها در آب بوده و اغلب شورمزه است. عبارت (ب): غلظت یون کلرید در آب دریا از سایر یون‌ها بیشتر است. در جدول زیر غلظت یون های فراوان در آب دریا آورده شده است.

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

عبارت (پ): آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است؛ زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همهٔ مواد حل شده در آب از آن جدا می‌شوند. عبارت (ت): همهٔ منابع اقیانوسی آب های زمین (حدود ۹۷/۲٪) و بخشی از منابع غیراقیانوسی آن (آب شور دریاچه‌ها) شور بوده و در کشاورزی کاربرد ندارند.

C ۵۷۴ ۴ عبارت‌های دوم و چهارم نادرست هستند. جدول زیر، غلظت ۸ یون فراوان در آب دریا را نشان می‌دهد:

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: کاتیون‌های Na^+ و K^+ دو کاتیون از گروه اول جدول تناوبی هستند. دومین کاتیون فراوان گروه اول، K^+ است. از طرفی فراوان‌ترین آنیون در آب دریا، Cl^- است. این دو یون هر دو به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون $(_{18}Ar)$ رسیده‌اند.

$$_{19}K:[_{18}Ar]4s^1 \xrightarrow{-e^-} {}_{19}K^+:[_{18}Ar] \qquad {}_{17}Cl:[_{10}Ne]3s^2 3p^5 \xrightarrow{+e^-} {}_{17}Cl^-:\underbrace{[_{10}Ne]3s^2 3p^6}_{[_{18}Ar]}$$

عبارت دوم: از میان یون‌های بالا، دو یون Na^+ و Mg^{2+} هر دو به آرایش الکترونی گاز نئون رسیده‌اند. می‌دانیم فراوانی و در نتیجه غلظت Na^+ از Mg^{2+} بیشتر است.

عبارت سوم: در میان این یون‌ها، Na^+ و K^+ از گروه ۱، یون‌های Mg^{2+} و Ca^{2+} از گروه ۲ و یون‌های Cl^- و Br^- از گروه ۱۷ جدول دوره‌ای هستند.

عبارت چهارم: این یون‌ها به طور کلی از ۹ عنصر: «$_{35}Br$، $_{20}Ca$، $_{19}K$، $_{17}Cl$، $_{16}S$، $_{12}Mg$، $_{11}Na$، $_{8}O$ و $_{6}C$» تشکیل شده‌اند.

A ۵۷۵ ۳ اغلب چشمه‌ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها، آب زلال و شفاف دارند که شیرین، گوارا و آشامیدنی است، اما این آب‌ها خالص نبوده و دارای مواد حل‌شده در خود هستند.

A ۵۷۶ ۳ آب آشامیدنی، مخلوطی زلال و همگن بوده که حاوی مقدار کمی از یون‌های گوناگون است. برخی از این یون‌ها به‌طور طبیعی در آب حل شده و برخی دیگر در مراکز تأمین آب آشامیدنی سالم به آن افزوده می‌شود. برای نمونه به آب آشامیدنی، مقدار بسیار کم و مناسب یون فلوئورید می‌افزایند، زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود. مقدار و نوع یون‌های موجود در آب‌های شیرین از محلی به محل دیگر تفاوت دارد. یون‌های موجود در آب‌های آشامیدنی و شیرین برخی تک‌اتمی و برخی چنداتمی هستند.

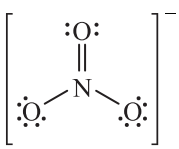
B ۵۷۷ ۱ فقط به کمک محلول‌های مورد اول می‌توان یون‌های Cl^-، Ca^{2+} و Ba^{2+} را شناسایی نمود. برای شناسایی یک یون در یک محلول باید محلولی به آن اضافه کنیم که با یون مورد نظر تشکیل رسوب بدهد. یون کلرید با یون نقره تولید رسوب سفید رنگ نقره کلرید می‌کند، پس محلول‌هایی مانند نقره نیترات که در آن‌ها کاتیون نقره وجود دارد، مناسب هستند. یون کلسیم با یون فسفات تولید رسوب سفید رنگ کلسیم فسفات می‌کند، پس محلول‌هایی مانند پتاسیم فسفات که دارای آنیون فسفات هستند، برای شناسایی یون کلسیم استفاده می‌شود. یون باریم نیز با یون سولفات تولید رسوب سفید رنگ باریم سولفات می‌کند، پس محلول‌هایی مانند سدیم سولفات که دارای آنیون سولفات هستند، برای شناسایی یون باریم استفاده می‌شود. دقت کنید که نمک‌های ارائه شده در مورد پنجم، خودشان در آب نامحلول هستند و در محلول آن‌ها به قدر کافی یون وجود ندارد که بتوان با محلول آن‌ها، حضور یون‌های کلرید، کلسیم و باریم را تشخیص داد.

★ **نکته** ترکیب‌هایی که دارای شرایط زیر باشند حتماً در آب محلول هستند:
۱- تمام ترکیب‌های فلزهای قلیایی (گروه ۱ جدول دوره‌ای) ۲- تمام ترکیب‌های آمونیوم‌دار (NH_4^+) ۳- تمام ترکیب‌های نیترات‌دار (NO_3^-)

B ۵۷۸ ۲ فقط عبارت (ب) درست است. شکل داده شده در صورت سؤال، واکنش میان محلول‌های سدیم کلرید و نقره نیترات را نمایش می‌دهد:

$$NaCl(aq)+AgNO_3(aq)\rightarrow AgCl(s)+NaNO_3(aq)$$

در شکل داده شده گونه‌های A، B، C و D به ترتیب یون کلرید، یون سدیم، یون نیترات و نقره کلرید هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به اینکه کاتیون نقره به صورت رسوب نقره کلرید از محلول خارج می‌شود، پس برای شناسایی یون نقره می‌توان از یون‌های کلرید استفاده کرد. عبارت (ب): گونهٔ D همان نقره کلرید $(AgCl)$ رسوبی سفید رنگ بوده و در آن شمار کاتیون‌ها با شمار آنیون‌ها برابر است. عبارت (پ): گونه‌های A و B به ترتیب یون کلرید و یون سدیم هستند که به ترتیب به آرایش گاز نجیب آرگون و نئون رسیده‌اند. عبارت (ت): ساختار لوویس یون C (یون نیترات) به صورت روبه‌رو است. در این ساختار اتم مرکزی (اتم نیتروژن) فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است.

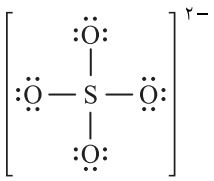


B ۵۷۹ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:

$$3CaCl_2(aq)+2Na_3PO_4(aq)\rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s)+6NaCl(aq)$$

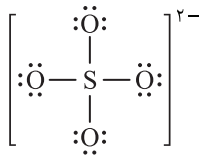
بنابراین عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): از این واکنش برای شناسایی یون کلسیم استفاده می‌شود. کلسیم در ساختار آهک که فرمول شیمیایی آن (CaO) است نیز وجود دارد. عبارت (ب): در این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها به ترتیب برابر با ۷ و ۵ است، پس نسبت مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها به مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها برابر با ۱/۴ است. عبارت (پ): رنگ رسوب کلسیم فسفات $(Ca_3(PO_4)_2)$ تشکیل شده در این واکنش همانند رنگ رسوب باریم سولفات سفید است. عبارت (ت): در این واکنش یون‌های کلسیم به صورت رسوب کلسیم فسفات از محلول خارج می‌شوند، پس غلظت آن‌ها کاهش می‌یابد، اما یون‌های کلرید به صورت محلول باقی مانده و غلظت آن ثابت می‌ماند.

B ۵۸۰ **۲** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت $BaCl_2(aq)+Na_2SO_4(aq)\rightarrow BaSO_4(s)+2NaCl(aq)$ است. در شکل داده شده در صورت سؤال، شکل‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴) به ترتیب گونه‌های $Na_2SO_4(aq)$ ، $NaCl(aq)$ ، $BaSO_4(s)$ و $BaCl_2(aq)$ هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): یون باریم به صورت رسوب سفید رنگ باریم سولفات از محلول واکنش جدا می‌شود؛ بنابراین از این واکنش می‌توان برای شناسایی یون باریم استفاده نمود. گزینهٔ (۲): از واکنش محلول‌های (۱) و (۴)، رسوب (۳) و محلول (۲) تولید می‌شود. با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در این واکنش برابر با ۵ است. گزینهٔ (۳): رنگ باریم سولفات و نقره کلرید یکسان و سفید است. در هر دوی این گونه‌ها نسبت شمار آنیون به کاتیون یکسان و برابر با یک است. محلول حاصل از این واکنش، محلول سدیم کلرید است. این محلول در واکنش با محلول نقره نیترات رسوب سفید رنگ نقره کلرید را تولید می‌کند:



$$NaCl(aq)+AgNO_3(aq)\rightarrow AgCl(s)+NaNO_3(aq)$$

گزینهٔ (۴): یون چنداتمی شرکت‌کننده در این واکنش، یون سولفات است. ساختار لوویس یون سولفات به صورت روبه‌رو است. در این یون نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی برابر با ۳ است.

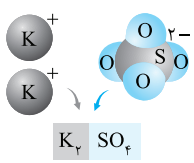


C ۵۸۱ **۳** **بررسی عبارت داده شده:** فراوان‌ترین یون چنداتمی موجود در آب دریا، یون سولفات (SO_4^{2-}) با ساختار لوویس مقابل است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در ساختار لوویس این یون، ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و چهار جفت (۸ عدد) الکترون پیوندی وجود دارد که نسبت آن‌ها برابر $1/5\left(\frac{12}{8}\right)$ است. عبارت‌های اول، سوم و چهارم، همانند عبارت داده شده نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت اول: معادلهٔ واکنش به صورت مقابل است: $BaCl_2(aq)+Na_2SO_4(aq)\rightarrow BaSO_4(s)+2NaCl(aq)$

طی واکنش رسوب باریم سولفات $(BaSO_4)$ تولید می‌شود که سفید رنگ است. عبارت دوم: آب دریاها و اقیانوس‌ها محلول‌هایی (مخلوط همگن) از آب و یون‌ها و مولکول‌های مختلف می‌باشد. با توجه به اینکه آب، این مواد را در خود حل کرده است؛ پس آب نقش حلال و سایر این مواد حل نقش شونده دارند. عبارت سوم: زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش‌های مختلف آن با هم برهم‌کنش شیمیایی و فیزیکی دارند. عبارت چهارم: در آب دریا، فراوان‌ترین آنیون، Cl^- و فراوان‌ترین کاتیون، Na^+ است.

A ۵۸۲ **۲** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** برخی از یون‌ها مانند Ca^{2+} ، Cl^- ، Na^+ و F^- تک‌اتمی هستند، در حالی که برخی دیگر مانند یون نیترات (NO_3^-)، یون سولفات (SO_4^{2-}) و یون پراکسید (O_2^{2-}) از چند اتم تشکیل شده‌اند. این یون‌ها را که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده‌اند، یون‌های چنداتمی می‌نامند. در یون‌های چنداتمی، بار الکتریکی به اتم خاصی تعلق ندارد بلکه متعلق به کل یون است. برای مثال پتاسیم سولفات، ترکیبی یونی است که هر واحد فرمولی آن شامل دو یون تک‌اتمی پتاسیم (K^+) و یک یون چنداتمی سولفات (SO_4^{2-}) است. عناصر تشکیل‌دهندهٔ برخی یون‌های چنداتمی، فلزی یا شبه‌فلزی هستند. برای نمونه در SiO_4^{4-} ، Si شبه‌فلزی است. در MnO_4^- و CrO_4^{2-}، اتم‌های Mn و Cr فلزی هستند و در یون Hg_2^{2+} نیز اصلاً اتم نافلزی وجود ندارد.



B ۵۸۳ **۴** یون فسفات بار (-3) دارد و با توجه به اینکه در یک ترکیب یونی مجموع بار کاتیون با مجموع بار آنیون برابر است، پس بار کاتیون پایدار X در ترکیب $X_3(PO_4)_2$ برابر $(+2)$ می‌باشد. یون‌های سولفید و نیترید به ترتیب S^{2-} و N^{3-} هستند و در ترکیب با کاتیون X^{2+} ترکیب‌های XS و X_3N_2 را تشکیل می‌دهند.

$$X^{2+}+N^{3-}\Rightarrow X_3N_2$$

$$X^{2+}+S^{2-}\Rightarrow X_2S_2 \xrightarrow{\text{ساده کردن}} XS$$

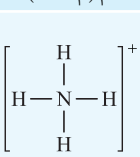
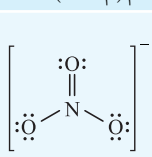
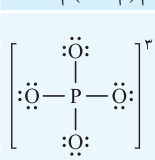
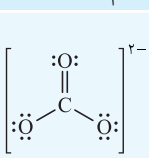
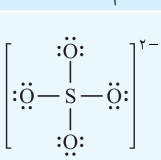
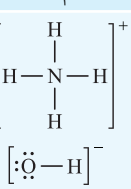
عناصر گروه دوم جدول دوره‌ای، مانند $_{12}Mg$ و $_{20}Ca$ و ... کاتیون‌های پایدار با بار $(+2)$ تشکیل می‌دهند.

B ۵۸۴ **۱** در این تست، فرمول شیمیایی سه ترکیب به‌درستی آورده شده است. فرمول شیمیایی درست سایر ترکیب‌ها به صورت زیر است:

سولفات (III) کبالت $\Rightarrow Co^{3+}, SO_4^{2-}\Rightarrow CO_2(SO_4)_3$ مس (II) سولفید $\Rightarrow Cu^{2+}, S^{2-}\Rightarrow CuS$ گالیم کلرید $\Rightarrow Ga^{3+}, Cl^-\Rightarrow GaCl_3$

* **توجه** فرمول شیمیایی یون سیانید که به صورت CN^- است در کتاب درسی وجود ندارد ولی با توجه به فرمول هیدروژن سیانید که به صورت HCN است، می‌توان نتیجه گرفت که فرمول یون سیانید به صورت CN^- می‌باشد.

B ۵۸۵ **۱** در هر واحد از آمونیوم سولفید و آهن (II) فسفات، مجموعاً ۸ پیوند اشتراکی وجود دارد. برای محاسبهٔ تعداد پیوند کووالانسی در یک واحد فرمولی، باید تعداد پیوند کووالانسی هر یون را در تعداد آن یون در هر واحد فرمولی ضرب کرد.

نام ترکیب یونی	آمونیوم سولفید	آلومینیم نیترات	آهن (II) فسفات	روی کربنات	کلسیم سولفات	آمونیوم هیدروکسید
فرمول شیمیایی	$(NH_4)_2S$	$Al(NO_3)_3$	$Fe_3(PO_4)_2$	$ZnCO_3$	$CaSO_4$	NH_4OH
ساختار لوویس یون چنداتمی						
تعداد یون چنداتمی در یک واحد فرمولی	۲	۳	۲	۱	۱	۲
تعداد پیوند کووالانسی در هر واحد فرمولی	۸	۱۲	۸	۴	۴	۵

۵۸۶ B ۴ معادلهٔ انحلال دو ترکیب در آب به صورت زیر است:

$$Cu_2SO_4(s) \xrightarrow{\text{آب}} 2Cu^+(aq)+SO_4^{2-}(aq)$$

$$CaCl_2(s) \xrightarrow{\text{آب}} Ca^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)$$

در اثر انحلال یک مول از هر کدام از دو ترکیب یونی مقدار یکسانی یون ایجاد می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه بار یون فسفات (-3) است (PO_4^{3-})، نام ترکیب $Cr_3(PO_4)_2$، کروم (II) فسفات است.

$$Cr_3(PO_4)_2 \Rightarrow \text{کاتیون}: Cr^{2+} \text{ , آنیون}: PO_4^{3-}$$

گزینهٔ (۲): فرمول شیمیایی و نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها برای سه ترکیب در جدول بالا ذکر شده است.

گزینهٔ (۳): جدول مقابل، مجموع شمار اتم‌ها و شمار عنصرهای به کار رفته در ترکیب‌های ذکر شده را نشان می‌دهد:

با توجه به جدول، مقایسهٔ داده شده درست است.

ترکیب یونی	فرمول شیمیایی	نسبت شمارکاتیون‌ها به آنیون‌ها
باریم فسفات	$Ba_3(PO_4)_2$	$\frac{3}{2}=1/5$
آمونیوم سولفات	$(NH_4)_2SO_4$	$\frac{2}{1}=2$
آهن (III) نیترات	$Fe(NO_3)_3$	$\frac{1}{3}\simeq 0/33$

ترکیب یونی	فرمول شیمیایی	شمار اتم‌ها	شمار عنصرها	شمار اتم‌ها / شمار عنصرها
آمونیوم کربنات	$(NH_4)_2CO_3$	۱۴	۴	$\frac{14}{4}\simeq 3/5$
آمونیوم نیترات	NH_4NO_3	۹	۳	$\frac{9}{3}=3$
لیتیم سولفات	Li_2SO_4	۷	۳	$\frac{7}{3}\simeq 2/33$

۵۸۷ B ۴ نماد شیمیایی فلز مورد نظر را X در نظر می‌گیریم؛ با توجه به دو ظرفیتی بودن کاتیون این فلز، فرمول فسفات آن به صورت $X_3(PO_4)_2$ خواهد بود.

برای حل این مسئله، جرم مولی عنصر X را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم و مقدار آن را به‌دست می‌آوریم:

$$X^{(2+)} \quad PO_4^{(3-)} \Rightarrow X_3(PO_4)_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,X_3(PO_4)_2 = 0/15\,mol\,X \times \frac{1\,mol\,X_3(PO_4)_2}{3\,mol\,X} \times \frac{(3M+190)\,g\,X_3(PO_4)_2}{1\,mol\,X_3(PO_4)_2} = 13/1\,g\,X_3(PO_4)_2 \Rightarrow M = 24\,g.mol^{-1}$$

جرم مولی فلز X برابر ۲۴ گرم بر مول است، پس این عنصر منیزیم (Mg) می‌باشد.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } X_3(PO_4)_2}{\text{جرم مولی } X_3(PO_4)_2} = \frac{\text{مول } X}{3} \Rightarrow \frac{13/1\,g}{3M+190} = \frac{0/15\,mol}{3} \Rightarrow M = 24\,g.mol^{-1}$$

جرم مولی فلز X برابر ۲۴ گرم بر مول است، پس این عنصر منیزیم (Mg) می‌باشد.

۵۸۸ B ۳ قسمت اول: محاسبهٔ نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در $ScPO_4$، $MgSO_4$، $AlPO_4$ و $CaSO_4$ به صورت زیر است:

$$MgSO_4 \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی آنیون } SO_4^{2-}}{\text{جرم مولی کاتیون } Mg^{2+}} = \frac{32+4(16)}{24} = \frac{96}{24} = 4$$

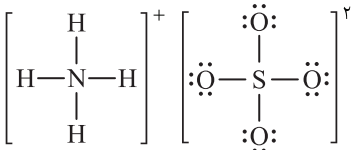
$$ScPO_4 \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی آنیون } PO_4^{3-}}{\text{جرم مولی کاتیون } Sc^{3+}} = \frac{31+4(16)}{45} = \frac{95}{45} \simeq 2/11$$

$$CaSO_4 \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی آنیون } SO_4^{2-}}{\text{جرم مولی کاتیون } Ca^{2+}} = \frac{32+4(16)}{40} = \frac{96}{40} = 2/4$$

$$AlPO_4 \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی آنیون } PO_4^{3-}}{\text{جرم مولی کاتیون } Al^{3+}} = \frac{31+4(16)}{27} = \frac{95}{27} \simeq 3/5$$

نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در $MgSO_4$ بیشتر است. قسمت دوم: نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در $AlPO_4$ تقریباً برابر ۳/۵ است.

۵۸۹ B ۴ فرمول شیمیایی آمونیوم سولفات به صورت $(NH_4)_2SO_4$ بوده و ساختار لوویس یون‌های سازندهٔ آن به صورت روبه‌رو است؛ بنابراین همهٔ عبارت‌های بیان شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گیاهان برای رشد مناسب، افزون‌بر CO_2 و H_2O به عنصرهایی مانند N، P، S و ... نیاز دارند. آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. عبارت (ب): با توجه به ساختار لوویس رسم شده، تعداد پیوندهای کووالانسی در هر یک از ساختارهای کاتیون و آنیون یکسان و برابر با ۴ است. عبارت (پ): در اثر انحلال هر واحد آمونیوم سولفات در آب، دو یون آمونیوم و یک یون سولفات تولید می‌شود. عبارت (ت): با توجه به ساختار لوویس رسم شده، مجموع شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی با مجموع شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی یکسان و برابر با ۱۲ است. عبارت (ث): در هر واحد فرمولی آمونیوم سولفات با فرمول $(NH_4)_2SO_4$، ۸ اتم هیدروژن و در هر واحد فرمولی روی فسفات با فرمول $Zn_3(PO_4)_2$، ۸ اتم اکسیژن وجود دارد.



۵۹۰ B ۱

نکته ترکیبی **مدل فضاپرکن یون‌های چنداتمی:** در سطح کتاب درسی، ۳ نوع یون چنداتمی برحسب شمار اتم‌های سازندهٔ آن‌ها وجود دارد که در ادامهٔ مدل فضاپرکن آن‌ها را بررسی می‌کنیم: ۱- دواتمی: برای این مورد فقط یون هیدروکسید (OH^-) را می‌شناسیم که مدل فضاپرکن آن به صورت روبه‌رو است:



۲- چهاراتمی: مدل فضاپرکن یون‌های چهاراتمی همچون کربنات (CO_3^{2-}) و نیترات (NO_3^-) به صورت روبه‌رو است:



۳- پنج‌اتمی: اکثر یون‌های چنداتمی معرفی شده در کتاب درسی، مانند سولفات (SO_4^{2-})، فسفات (PO_4^{3-})، آمونیوم (NH_4^+) و ... از این دسته هستند و مدل فضاپرکن آن‌ها مشابه گاز متان (CH_4) است.



مدل فضاپرکن یون‌ها در برخی جزئیات مانند نسبت اندازهٔ اتم‌ها و رنگ‌های آن‌ها متفاوت‌اند.

مدل فضاپرکن داده شده، نمایی از یک ترکیب یونی با دو یون تک‌اتمی و یک یون چنداتمی که در هر واحد فرمولی خود، ۴ اتم دارد را نشان می‌دهد؛ بنابراین فقط ترکیب سدیم کربنات (Na_2CO_3) دارای شرایط بیان شده است. **بررسی سایر ترکیب‌ها:**

- آمونیوم سولفید: فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت $(NH_4)_2S$ است؛ بنابراین دارای دو یون چنداتمی و یک یون تک‌اتمی است.
- منیزیم فسفات: فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت $Mg_3(PO_4)_2$ است؛ بنابراین دارای دو یون چنداتمی و سه یون تک‌اتمی است.
- لیتیم نیترات: فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت $LiNO_3$ است؛ بنابراین دارای یک یون چنداتمی و یک یون تک‌اتمی است.
- پتاسیم سولفات: فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت K_2SO_4 است؛ بنابراین دارای یک یون چنداتمی و دو یون تک‌اتمی است، اما توجه کنید که یون سولفات دارای ۵ اتم در ساختار خود بوده و مدل فضاپرکن آن با شکل نشان داده شده متفاوت است.

C ۵۹۱ ۲ شمار یون‌های حاصل از انحلال هر ترکیب در آب را محاسبه می‌کنیم. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فرمول شیمیایی آهن (III) یدید به صورت FeI_3 است. پس، از انحلال هر مول از این ترکیب در آب، ۴ مول یون تولید می‌شود:

$$?\text{یون} = 0/03\,\text{mol}\,FeI_3 \times \frac{4\,\text{mol یون}}{1\,\text{mol}\,FeI_3} \times \frac{6\times10^{23}\,\text{یون}}{1\,\text{mol یون}} = 7/2\times10^{22}\,\text{یون}$$

گزینهٔ (۲): فرمول شیمیایی روی فسفات به صورت $Zn_3(PO_4)_2$ است. پس، از انحلال هر مول از این ترکیب در آب، ۵ مول یون تولید می‌شود:

$$?\text{یون} = 0/04\,\text{mol}\,Zn_3(PO_4)_2 \times \frac{5\,\text{mol یون}}{1\,\text{mol}\,Zn_3(PO_4)_2} \times \frac{6\times10^{23}\,\text{یون}}{1\,\text{mol یون}} = 1/2\times10^{23}\,\text{یون}$$

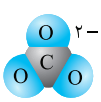
گزینهٔ (۳): فرمول شیمیایی لیتیم کربنات به صورت Li_2CO_3 است. پس، از انحلال هر مول از این ترکیب در آب، ۳ مول یون تولید می‌شود:

$$?\text{یون} = 0/025\,\text{mol}\,Li_2CO_3 \times \frac{3\,\text{mol یون}}{1\,\text{mol}\,Li_2CO_3} \times \frac{6\times10^{23}\,\text{یون}}{1\,\text{mol یون}} = 4/5\times10^{22}\,\text{یون}$$

گزینهٔ (۴): فرمول شیمیایی منیزیم سولفات به صورت $MgSO_4$ است. پس، از انحلال هر مول از این ترکیب در آب، ۲ مول یون تولید می‌شود:

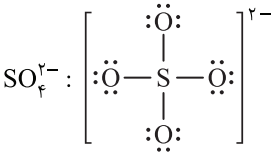
$$?\text{یون} = 0/45\,\text{mol}\,MgSO_4 \times \frac{2\,\text{mol یون}}{1\,\text{mol}\,MgSO_4} \times \frac{6\times10^{23}\,\text{یون}}{1\,\text{mol یون}} = 5/4\times10^{23}\,\text{یون}$$

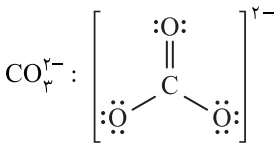
B ۵۹۲ ۳ فرمول شیمیایی باریم سولفات و مس (I) کربنات به ترتیب به صورت $BaSO_4$ و Cu_2CO_3 است؛ بنابراین موارد (ب) و (ت) جزء شباهت‌های دو ترکیب داده شده است. **بررسی موارد:** مورد (الف): آنیون ترکیب‌های باریم سولفات و مس (I) کربنات به ترتیب SO_4^{2-} و CO_3^{2-} است. با توجه به فرمول شیمیایی این دو ترکیب، مدل فضاپرکن آن‌ها نمی‌تواند یکسان باشد. مدل فضاپرکن این دو آنیون به صورت روبه‌رو است. مورد (ب): شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول از یک ترکیب یونی برابر با «حاصل‌ضرب تعداد کاتیون در بار آن» یا «حاصل‌ضرب تعداد آنیون در بار آن» است، پس مقدار مول الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول از هر یک از ترکیب‌های باریم سولفات و مس (I) کربنات یکسان و برابر با ۲ مول است. مورد (پ): نسبت شمار آنیون به کاتیون در هر یک از ترکیب‌های باریم سولفات و مس (I) کربنات به ترتیب برابر با ۱ و $\frac{1}{2}$ است. مورد (ت): نسبت مجموع شمار اتم‌ها به شمار عنصرها در هر یک از ترکیب‌های باریم سولفات و مس (I) کربنات یکسان و برابر با ۲ است.



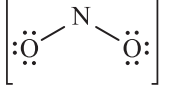


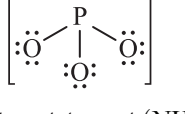
B ۵۹۳ ۲ مقایسه‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی مقایسه‌ها:** مقایسهٔ (الف): فرمول شیمیایی کلسیم کربنات و آهن (III) سولفات به ترتیب به صورت $CaCO_3$ و $Fe_2(SO_4)_3$ است. ساختار لوویس آنیون این دو ترکیب به صورت مقابل است.



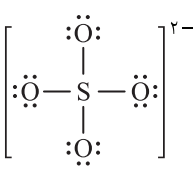


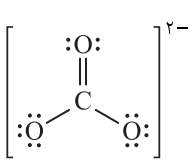
با توجه به ساختارهای لوویس رسم شده، تعداد پیوند کووالانسی در هر واحد فرمولی از آهن (III) سولفات برابر ۱۲ و تعداد پیوندهای کووالانسی در هر واحد فرمولی از کلسیم کربنات برابر ۴ است. مقایسهٔ (ب): ساختار لوویس یون‌های فسفات (PO_4^{3-}) و نیترات (NO_3^-) به صورت روبه‌رو است. با توجه به ساختار لوویس این دو یون، تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در هر آنیون از ترکیب‌های منیزیم فسفات و مس (II) نیترات به ترتیب برابر با ۱۲ و ۸ است. مقایسهٔ (پ): فرمول شیمیایی مس (I) نیترید و آمونیوم سولفید به ترتیب به صورت Cu_3N و $(NH_4)_2S$ است؛ بنابراین در اثر انحلال یک مول از هر یک از نمک‌های مس (I) نیترید و آمونیوم سولفید در آب به ترتیب ۴ و ۳ مول یون ایجاد می‌شود. مقایسهٔ (ت): فرمول شیمیایی هر یک از ترکیب‌های آلومینیم کربنات و کروم (II) فسفات به صورت $Al_2(CO_3)_3$ و $Cr_3(PO_4)_2$ است، پس تعداد اتم‌های نافلزی در ترکیب آلومینیم کربنات بیشتر از کروم (II) فسفات است.





B ۵۹۴ ۴ ترکیب سدیم آزید از دو یون N_3^- و Na^+ تشکیل شده است، بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب کلسیم آزید به صورت $Ca(N_3)_2$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ساختار لوویس یون‌های سولفات (SO_4^{2-}) و کربنات (CO_3^{2-}) به صورت روبه‌رو است. با توجه به این ساختارها، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به جفت‌الکترون‌های پیوندی در یون سولفات و یون کربنات به ترتیب برابر با ۳ و ۲ است.





گزینهٔ (۲): فرمول شیمیایی آمونیوم سولفات و آمونیوم کلرید به ترتیب به صورت $(NH_4)_2SO_4$ و NH_4Cl است؛ بنابراین تعداد اتم‌ها در هر واحد فرمولی از ترکیب آمونیوم سولفات، ۲/۵ برابر آمونیوم کلرید است. گزینهٔ (۳): در ساختار هر دو ترکیب کلسیم نیترات $(Ca(NO_3)_2)$ و سدیم هیدروکسید $(NaOH)$، به دلیل وجود یون‌های چنداتمی، هم پیوند کووالانسی و هم پیوند یونی یافت می‌شود.

C ۵۹۵ ۱ **بررسی ویژگی ترکیب‌ها در هر ردیف جدول:** بررسی ردیف های ۱ و ۳: فرمول شیمیایی مس (II) نیترات و مس (II) سولفات به ترتیب به صورت $Cu(NO_3)_2$ و $CuSO_4$ بوده و نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در $Cu(NO_3)_2$ و $CuSO_4$ به ترتیب برابر ۲ و ۱ است. رنگ شعلهٔ هر دو ترکیب به دلیل وجود یون‌های مس، سبز رنگ است. در هر دو ترکیب، کاتیون Cu^{2+} ($_{29}Cu^{2+}$) است. مس در گروه ۱۱ جدول دوره‌ای قرار دارد و شمار الکترون‌ها در کاتیون آن، یعنی Cu^{2+} برابر ۶ است.

$$_{29}Cu^{2+}: 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^9$$

بررسی ردیف‌های ۲ و ۴: فرمول شیمیایی لیتیم سولفات و لیتیم نیترات به ترتیب Li_2SO_4 و $LiNO_3$ بوده و نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در Li_2SO_4 و $LiNO_3$ به ترتیب برابر $\frac{1}{2}$ و ۱ است. رنگ شعلهٔ هر دو ترکیب، به دلیل وجود یون Li^+، سرخ رنگ است. در هر دو ترکیب، کاتیون لیتیم است. لیتیم در گروه ۱ جدول تناوبی قرار دارد و شمار الکترون‌ها در کاتیون آن، یعنی $_3Li^+$ برابر ۲ است.

$$_3Li^+: 1s^2$$

B ۵۹۶ ۲ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ترکیب یونی حاصل از یون های سولفات (SO_4^{2-}) و آمونیوم (NH_4^+)، آمونیوم سولفات $(NH_4)_2SO_4$ است. گیاهان برای رشد مناسب، افزون‌بر CO_2 و H_2O به عنصرهایی مانند N، P، S و .... نیاز دارند. آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن (N) و گوگرد (S) را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. عبارت دوم: کمتر از ۳ درصد (حدود ۲/۸٪) منابع آبی کرهٔ زمین را منابع غیر اقیانوسی تشکیل می‌دهند. عبارت سوم: فراوان‌ترین کاتیون‌های آب دریا $_{11}Na^+$، $_{12}Mg^{2+}$، $_{20}Ca^{2+}$ و $_{19}K^+$ هستند. یون‌های $_{11}Na^+$ و $_{19}K^+$ در گروه ۱ و یون‌های $_{12}Mg^{2+}$ و $_{20}Ca^{2+}$ در گروه ۲ جدول دوره‌ای قرار دارند. عبارت چهارم: اغلب چشمه‌ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها، آبی زلال و شفاف دارند که شیرین، گوارا و آشامیدنی است. در آب آشامیدنی، یون‌های کلرید، منیزیم، آهن (II)، هیدروکسید، نیترات، سدیم و کلسیم یافت می‌شوند؛ بنابراین آب این منابع خالص نیست و حاوی مقادیر متفاوتی از این حل‌شونده‌ها می‌باشد. عبارت پنجم: گیاهان و جانوران جزئی از زیست‌کره هستند و لذا ورود مواد حاصل از تجزیهٔ بقایای آن‌ها به سفره‌های آب‌های زیرزمینی، نشان دهندهٔ ارتباط زیست‌کره با آب‌کره است.

C ۵۹۷ ۲ فرمول‌های اول، چهارم و پنجم به درستی نوشته شده‌اند. نسبت تعداد کاتیون به آنیون در یک ترکیب یونی برابر با نسبت قدرمطلق بار آنیون به بار کاتیون است:

$$X, CO_3^{2-} \Rightarrow \frac{\text{تعداد کاتیون}}{\text{تعداد آنیون}} = \frac{2}{\text{بار کاتیون}} = \frac{2}{3} \Rightarrow X^{3+}$$

$$M, SO_4^{2-} \Rightarrow \frac{\text{تعداد کاتیون}}{\text{تعداد آنیون}} = \frac{|\text{بار آنیون}|}{\text{بار کاتیون}} = \frac{2}{\text{بار کاتیون}} = 1 \Rightarrow M^{2+}$$

باید توجه داشت که برای یون Y و آهن نسبت تعداد آنیون به کاتیون داده شده است.

$$Fe^{2+}, Y \Rightarrow \frac{\text{تعداد آنیون}}{\text{تعداد کاتیون}} = \frac{\text{بار کاتیون}}{|\text{بار آنیون}|} = \frac{2}{\text{بار آنیون}} = \frac{2}{3} \Rightarrow Y^{3-}$$

باید دقت کرد که در صورت در نظر گرفتن یون Fe^{3+} با توجه به نسبت داده شده، یون $Y^{4/5-}$ به دست می‌آید که نادرست است پس یون آهن فقط می‌تواند Fe^{2+} باشد. با در نظر گرفتن بار یون‌های به‌دست آمده، فرمول شیمیایی درست ترکیبات یونی داده شده به صورت زیر است:

- MCO_3
- Mg_3Y_2
- XPO_4
- M_3Y_2
- XY

C ۵۹۸ ۱ با توجه به ویژگی‌های داده شده برای دو یون اگزالات $([C_nO_m]^{q-})$ و کرومات $([Cr_xO_y]^{q'})$ داریم:

- قدر مطلق یون فسفات (PO_4^{3-}) برابر ۳ است: ۳) $m=y=4$ ۲) $n=2x$ ۱) $q=q', |q|<3$
- ترکیب‌های حاصل $Al_q(C_nO_m)_3$ و $Al_q(Cr_xO_y)_3$ هستند: ۴) $3n-3x=3 \Rightarrow n-x=1$
- ترکیب‌های مورد نظر $Na_qC_nO_m$ و NH_4NO_3 هستند: ۵) $n+m+q=9-1=8$

با توجه به رابطه‌های ۲ و ۴ داریم: $n=2$ و $x=1$ و با توجه به رابطه‌های ۳ و ۵ داریم: $2+4+q=8 \Rightarrow q=2$

در نتیجه اختلاف شمار اتم‌های موجود در واحدهای فرمولی $K_2C_2O_4$ و $CaCrO_4$ برابر با ۲ (۶−۸) است.

C ۵۹۹ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ابتدا عدد اتمی و نوع عنصر M را تعیین می‌کنیم:

روش اول (تشریحی):

$$\begin{cases} n+p=137 \\ n-e=25 \end{cases} \xrightarrow{e=p} \begin{cases} n+p=137 \\ n-p=25 \end{cases} \Rightarrow n=81, p=56$$

روش دوم (تستی):

$$\text{عدد اتمی} = \frac{\text{(تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها)} - \text{عدد جرمی}}{2} = \frac{(137)-(25)}{2} = 56$$

عنصر مورد نظر باریم $(_{56}Ba)$ از گروه ۲ جدول دوره‌ای است. سولفات عنصر باریم یک ترکیب نامحلول در آب است. عبارت (ب): می‌دانید که برای شناسایی یون $(_{17}Cl^-)$ از محلول حاوی یون نقره (Ag^+) استفاده می‌شود که آرایش الکترونی به صورت زیر می‌باشد:

$$_{17}Cl: [_{10}Ne]\,3s^2\,3p^5 \xrightarrow{+e} {}_{17}Cl^-: [_{10}Ne]\underbrace{3s^2\,3p^6}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\times(\underbrace{3+0}_{3s}) + 6\times(\underbrace{3+1}_{3p}) = 6+24 = 30$$

عبارت (پ): سومین عنصر گروه ۲ جدول دوره‌ای کلسیم $(_{20}Ca)$ است که یون پایدار Ca^{2+} تشکیل می‌دهد. فرمول شیمیایی فسفات این فلز به صورت $Ca_3(PO_4)_2$ است. این ماده در آب نامحلول بوده و سفید رنگ است. عبارت (ت): آمونیوم سولفات $((NH_4)_2SO_4)$ همانند آمونیاک یک کود شیمیایی است. این ترکیب در آب محلول است و ضمن انحلال یک مول از آن در آب ۲ مول کاتیون و ۱ مول آنیون تولید می‌شود:

$$(NH_4)_2SO_4(s) \xrightarrow{\text{آب}} 2NH_4^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

بنابراین نسبت شمار کاتیون به آنیون در محلول آن برابر ۲ است. عبارت (ث): با توجه به بار الکتریکی کاتیون کلسیم (Ca^{2+}) می‌توان پی برد که بار الکتریکی یون سیلیکات برابر (-4) است؛ بنابراین فرمول ترکیب حاصل از یون سیلیکات (SiO_4^{4-}) و یون سدیم (Na^+) به صورت Na_4SiO_4 است؛ پس خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,ion = 92\times10^{-3}\,g\,Na_4SiO_4 \times \frac{1\,mol\,Na_4SiO_4}{184\,g\,Na_4SiO_4} \times \frac{5\,mol\,ion}{1\,mol\,Na_4SiO_4} \times \frac{6/02\times10^{23}\,ion}{1\,mol\,ion} = 1/505\times10^{21}\,ion$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } Na_4SiO_4}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{شمار یون‌ها } (Na^+, SiSO_4^{4-})}{\text{یون‌ها در واحد فرمولی} \times N_A} \Rightarrow \frac{92\times10^{-3}}{184} = \frac{x}{5\times6/02\times10^{23}} = x = 1/505\times10^{21}\,ion$$

B ۶۰۰ | ۱ عبارت‌های سوم و پنجم نادرست هستند. درسنامه مطالعه شود!

A ۶۰۱ | ۱ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۲): محلول آبی مس(II) سولفات، به دلیل وجود یون‌های مس (II) (Cu^{2+})، به رنگ آبی دیده می‌شود. گزینهٔ (۳): در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده، حدود ۲۷ گرم از انواع نمک‌ها وجود دارد (نه فقط نمک طعام!) گزینهٔ (۴): ترتیب صحیح مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون به‌صورت مقابل است: اقیانوس آرام > دریای مدیترانه > دریای سرخ > دریای مرده
با توجه به این مقایسه، مقدار نمک‌های حل شده در آب دریای مدیترانه از آب دریای سرخ کمتر و از مقدار آن در آب اقیانوس آرام بیشتر است.

A ۶۰۲ | ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): هر محلول از دو جزء حلال و حل‌شونده تشکیل شده است. در واقع، حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است. عبارت (پ): خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل‌شونده و مقدار هر یک از آن‌ها بستگی دارد؛ بنابراین دانستن اینکه چه مقدار حل‌شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

A ۶۰۳ | ۴ ماهیت حلال و حل‌شونده همهٔ ویژگی‌های یک محلول را تحت تأثیر قرار می‌دهد و غلظت محلول و دما نیز تأثیر زیادی بر ویژگی‌های یک محلول مانند رسانایی الکتریکی و ظرفیت گرمایی دارند. وزن و حجم یک محلول در تعیین ویژگی‌های آن تأثیری ندارند. به‌عنوان مثال خواص ۱ کیلوگرم محلول آب نمک با ۲ کیلوگرم از همین محلول در دمای یکسان تفاوتی ندارد و یا خواص یک لیتر محلول آب نمک و دو لیتر از همین محلول با هم تفاوتی ندارند.

A ۶۰۴ | ۴ هوای پاک مخلوطی همگن از گازهاست که گاز N_2 به دلیل درصد حجمی (درصد مولی) بیشتر نسبت به سایر گازها، در این مخلوط همگن (محلول)، نقش حلال دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): دریاچهٔ ارومیه یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که مقدار نمک‌های حل شده در آن بسیار زیاد است. محلول آبی این دریاچه نیز بسیار غلیظ است؛ از این‌رو دریاچهٔ ارومیه منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به‌شمار می‌آید. گزینهٔ (۲): ترتیب صحیح مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون به‌صورت مقابل است: اقیانوس آرام > دریای مدیترانه > دریای سرخ > دریای مرده
بنابراین دریای مرده غلیظ‌ترین و اقیانوس آرام رقیق‌ترین آب را در میان این چهار دریا دارد. گزینهٔ (۳): هر چه مقدار مواد حل شده در آب دریاها و اقیانوس‌ها بیشتر باشد، به دلیل افزایش بیشتر جرم محلول نسبت به حجم آن، چگالی محلول افزایش می‌یابد. در محلول سرم فیزیولوژی که محلول آبی سدیم کلرید است، حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

B ۶۰۵ | ۱ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): برخی محلول‌ها مانند سرم فیزیولوژی (محلول آبی سدیم کلرید) رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه (مخلوطی همگن از چند مادهٔ آلی در آب) غلیظ هستند. مقدار مادهٔ حل شده در محلول رقیق، کم و در محلول غلیظ، زیاد است. عبارت (ب): هوا مخلوطی همگن از چند گاز مختلف است که گاز نیتروژن در آن حلال محسوب می‌شود. عبارت (پ): محلول‌ها به سه حالت فیزیکی جامد، مایع و گازی یافت می‌شوند. برای مثال آلیاژها محلول‌های جامد هستند. عبارت (ت): هوا همانند گلاب، محلولی شامل یک حلال و چند حل‌شونده است. در هوا گاز نیتروژن حلال و سایر گازها حل‌شونده محسوب می‌شوند. در گلاب آب حلال و سایر مواد آلی حل‌شونده هستند. عبارت (ث): اتیلن گلیکول در آب یک مخلوط همگن (محلول) است و با افزودن آب به این مخلوط، حجم آن افزایش و غلظت آن کاهش می‌یابد.

B ۶۰۶ | ۳ به‌جز مورد (پ)، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): برخی محلول‌ها مانند سرم فیزیولوژی رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه غلیظ هستند. هنگامی که گفته می‌شود محلولی غلیظ است یعنی مقدار حل شونده(ها) در آن زیاد است. عبارت (ب): سرم فیزیولوژی، محلول نمک $(NaCl)$ در آب است.
این ترکیب یونی از یون‌های Na^+ و Cl^- تشکیل شده است.
آرایش الکترونی Na^+ و Cl^- به صورت زیر است:

$$_{11}Na:[_{10}Ne]\,3s^1 \xrightarrow{-e^-} {}_{11}Na^+:[_{10}Ne] \qquad {}_{17}Cl^-:[_{10}Ne]\,3s^2 3p^5 \xrightarrow{+e^-} {}_{17}Cl^-:\underbrace{[_{10}Ne]\,3s^2 3p^6}_{[_{18}Ar]}$$

عبارت (پ): درصد جرمی اجزای حل‌شونده در آب دریای مرده برابر ۲۷ است. در واقع در هر ۱۰۰ گرم آب این دریا، ۲۷ گرم حل‌شونده وجود دارد. عبارت (ت): محلول‌ها مخلوط‌های همگنی از دو یا چند ماده هستند که می‌توانند به حالت‌های جامد (مانند آلیاژها)، مایع (مانند محلول آب نمک) و گاز (مانند هوا) باشند.

B ۶۰۷ | ۲ حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است؛ در نتیجه با مقایسهٔ شمار مول‌های آب و استون (C_3H_6O) در هر حالت می‌توان حلال را تعیین کرد. در محلول حاصل از اختلاط x گرم آب و $4x$ گرم استون داریم:

$$\begin{cases} \text{شمار مول } H_2O = \dfrac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \dfrac{x}{18} \\ \text{شمار مول استون} = \dfrac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \dfrac{4x}{58} = \dfrac{x}{14/5} \end{cases} \Rightarrow \frac{x}{14/5} > \frac{x}{18} \Rightarrow \text{استون حلال است.}$$

در جرم برابر از آب و استون داریم:

$$\begin{cases} \text{شمار مول } H_2O = \dfrac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \dfrac{x}{18} \\ \text{شمار مول استون} = \dfrac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \dfrac{x}{56} \end{cases} \Rightarrow \frac{x}{18} > \frac{x}{58} \Rightarrow \text{آب حلال است.}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در مخلوطی از جرم‌های برابر آب و اتانول داریم: آب حلال است.

$$\begin{cases} \text{شمار مول } H_2O = \dfrac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \dfrac{y}{18} \\ \text{شمار مول } C_2H_5OH = \dfrac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \dfrac{y}{46} \end{cases} \Rightarrow \frac{y}{18} > \frac{y}{46} \Rightarrow$$

اگر در محلول جرم آب و اتانول به ترتیب برابر با y گرم و $2/2y$ گرم باشد، داریم:

$$\begin{cases} \text{شمار مول } H_2O = \dfrac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \dfrac{y}{18} \\ \text{شمار مول } C_2H_5OH = \dfrac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \dfrac{2/2y}{46} = \dfrac{1/1y}{23} \simeq \dfrac{y}{21} \end{cases} \Rightarrow \frac{y}{18} > \frac{y}{21} \Rightarrow$$ آب حلال است.

گزینهٔ (۳): هگزان (C_6H_{14})، حلال مواد ناقطبی و رقیق‌کنندهٔ رنگ (تینر) است، در حالی که استون (C_3H_6O)، حلال مواد قطبی، برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها است. گزینهٔ (۴): چگالی هگزان از آب کمتر است و از آنجایی که آب، قطبی و هگزان ناقطبی است، از مخلوط کردن آن‌ها، یک مخلوط ناهمگن تشکیل می‌شود که هگزان لایهٔ بالایی و آب لایهٔ زیرین آن را تشکیل می‌دهد.

C ۶۰۸ ۱

نکته ترکیبی تعیین حلال در محلول‌ها: محلول‌ها مخلوط‌های همگنی هستند که از یک حلال و یک یا چند حل‌شونده تشکیل می‌شوند. با توجه به اینکه فقط یک جزء از محلول می‌تواند حلال باشد، باید برای تعیین آن قاعده‌ای وجود داشته باشد؛ لذا داریم: ۱- در محلول حاصل از دو یا چند ماده که هم‌فاز نیستند، مانند یک مایع و چند جامد یا یک مایع و چند گاز، همواره مایع را حلال در نظر می‌گیریم. علت این امر آن است که مایعات می‌توانند هر سه حالت جامد، مایع و گاز را در خود حل کنند، در حالی که جامدها یا گازها نمی‌توانند موادی غیر از مواد هم حالت خود را در خود حل نمایند. ۲- اگر محلول مورد مطالعه از دو یا چند ماده با حالت‌های یکسان تشکیل شده بود مانند محلول آب و اتانول یا هوا و یا یک آلیاژ، حلال ماده‌ای است که شمار مول‌های بیشتری دارد. مثلاً در هوا گاز نیتروژن نقش حلال دارد؛ زیرا درصد مولی بیشتری نسبت به دیگر گازها دارد.

فقط در محلول سوم، آب حلال است. هر محلول از دو جزء حلال و حل‌شونده تشکیل شده است. در واقع، حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است؛ بنابراین در هر یک از گزینه‌ها باید مقدار مول هر یک از اجزای مخلوط را محاسبه کرده و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم: محلول اول:

$$?\,mol\,H_2O = 10\,g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O} \simeq 0/56\,mol\,H_2O \qquad ?\,mol\,CH_3OH = 20\,g\,CH_3OH \times \frac{1\,mol\,CH_3OH}{32\,g\,CH_3OH} = 0/625\,mol\,CH_3OH$$

پس در این محلول، متانول حلال است. محلول دوم:

$$?\,mol\,H_2O = 54\,g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O} = 3\,mol\,H_2O$$

$$?\,mol\,C_2H_5OH = 200\,mL\,C_2H_5OH \times \frac{0/8\,g\,C_2H_5OH}{1\,mL\,C_2H_5OH} \times \frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{46\,g\,C_2H_5OH} \simeq 3/5\,mol\,C_2H_5OH$$

پس در این محلول، اتانول حلال است. محلول سوم:

$$?\,mol\,H_2O = 45\,g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O} = 2/5\,mol\,H_2O$$

$$?\,mol\,C_2H_6O_2 = 99/2\,mL\,C_2H_6O_2 \times \frac{1/25\,g\,C_2H_6O_2}{1\,mL\,C_2H_6O_2} \times \frac{1\,mol\,C_2H_6O_2}{62\,g\,C_2H_6O_2} = 2\,mol\,C_2H_6O_2$$

با توجه به مقدار مول‌های محاسبه شده، در این محلول، آب حلال است. محلول چهارم:

$$?\,mol\,H_2O = 30\,g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O} \simeq 1/67\,mol\,H_2O \qquad ?\,mol\,C_3H_6O = 100\,g\,C_3H_6O \times \frac{1\,mol\,C_3H_6O}{58\,g\,C_3H_6O} \simeq 1/72\,mol\,C_3H_6O$$

بنابراین در این محلول، استون (C_3H_6O) حلال است.

A ۶۰۹ ۲ برای بیان ساده‌تر غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب دریا، بدن جانداران، بافت گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا از کمیتی به نام قسمت در میلیون (ppm) استفاده می‌شود. این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل‌شونده وجود دارد.

قسمت در میلیون (ppm) از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$$

توجه در محلول‌های بسیار رقیق می‌توان از جرم حل‌شونده در برابر جرم حلال صرف‌نظر کرد و رابطهٔ ppm را به‌صورت $ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حلال}} \times 10^6$ نوشت. توجه کنید در این رابطه، یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد.

بررسی گزینهٔ (۳): مس (II) سولفات در آب محلول بوده و در اثر انحلال این ترکیب در آب، محلولی به رنگ آبی به‌دست می‌آید.

B ۶۱۰ ۳ پرسش (الف): با توجه به جرم حل‌شونده (یون منیزیم) و جرم محلول (آب رودخانه) خواهیم داشت:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow ppm = \frac{1\,g}{2/5\,kg \times \frac{1000\,g}{1\,kg}} \times 10^6 = 400$$

پرسش (ب): ابتدا از غلظت یون پتاسیم، جرم آن را محاسبه کرده و سپس با استفاده از جرم مولی، مقدار مول این یون را محاسبه می‌کنیم: **روش اول:**

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 10^6 \Rightarrow 780=\frac{x\,g}{40\,kg\times\frac{1000\,g}{1\,kg}}\times 10^6 \Rightarrow x=31/2\,g\,K^+$$

$$?\,mol\,K^+=31/2\,g\,K^+\times\frac{1\,mol\,K^+}{39\,g\,K^+}=0/8\,mol\,K^+$$

* **توجه** در مسائل استوکیومتری می‌توان از کسرهای تبدیل $\left(\frac{ppm}{10^6}\right)$ و $\left(\frac{10^6}{ppm}\right)$ برای حل مسائل استفاده کرد.

روش دوم:

$$?\,mol\,K^+=40\,kg\,\text{محلول}\times\frac{1000\,g\,\text{محلول}}{1\,kg\,\text{محلول}}\times\frac{780\,g\,K^+}{10^6\,g\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,K^+}{39\,g\,K^+}=0/8\,mol\,K^+$$

B ۶۱۱ ۴

$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم مادهٔ حل‌شونده}}{\text{جرم کل محلول}}\times 10^6=\frac{10^{-1}\,g}{4\times10^{15}\,g}\times 10^6=2/5\times10^{-11}\,ppm$$

B ۶۱۲ ۴ قسمت اول: فرمول شیمیایی سدیم فسفید به‌صورت Na_3P است، در هر مول از این ترکیب، ۴ مول یون ($3Na^+$ و $1P^{3-}$) وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,\text{یون‌ها}=5g\,Na_3P\times\frac{1\,mol\,Na_3P}{100\,g\,Na_3P}\times\frac{4\,mol\,\text{یون}}{1\,mol\,Na_3P}\times\frac{6/02\times10^{23}\,\text{یون}}{1\,mol\,\text{یون}}=1/204\times10^{23}\,\text{یون}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }Na_3P}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد یون}}{4\times N_A}\Rightarrow\frac{5g}{1\times100}=\frac{x}{4\times6/02\times10^{23}}\Rightarrow x=1/204\times10^{23}\,\text{یون}$$

قسمت دوم: ابتدا جرم یون سدیم موجود در این محلول را به یکی از روش‌های زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,gNa^+=5g\,Na_3P\times\frac{1\,mol\,Na_3P}{100\,g\,Na_3P}\times\frac{3\,mol\,Na^+}{1\,mol\,Na_3P}\times\frac{23\,g\,Na^+}{1\,mol\,Na^+}=3/45\,g\,Na^+$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }Na_3P}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }Na^+}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{5g}{1\times100}=\frac{x\,g\,Na^+}{3\times23}\Rightarrow x=3/45\,g\,Na^+$$

حال می‌توانیم غلظت ppm یون سدیم را در محلول به‌دست آوریم:

$$5\times10^{-3}\,g\,\text{محلول}=5L\,\text{محلول}\times\frac{10^3\,mL\,\text{محلول}}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{1\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}$$

$$ppm=\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{3/45\times10^3\,mg}{5L}=690\,ppm$$

B ۶۱۳ ۳ قسمت اول: **روش اول:** ابتدا جرم یون برمید مورد نظر را محاسبه کرده و سپس با استفاده از غلظت یون برمید، حجم آب آشامیدنی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Br^-=8/4\times10^{20}\,Br^-\times\frac{1\,mol\,Br^-}{6\times10^{23}\,Br^-}\times\frac{80\,g\,Br^-}{1\,mol\,Br^-}=0/112\,g\,Br^-$$

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6\Rightarrow700=\frac{0/112\,g}{x\,g}\times10^6\Rightarrow x=160\,g\,\text{محلول}$$

از آنجایی که چگالی محلول تقریباً برابر با $1\,g.mL^{-1}$ است، پس حجم محلول نیز برابر با ۱۶۰ میلی‌لیتر است.

روش دوم (کسر تبدیل):

$$?\,mL\,\text{محلول}=8/4\times10^{20}\,Br^-\times\frac{1\,mol\,Br^-}{6\times10^{23}\,Br^-}\times\frac{80\,g\,Br^-}{1\,mol\,Br^-}\times\frac{10^6\,g\,\text{محلول}}{700\,g\,Br^-}\times\frac{1\,mL\,\text{محلول}}{1\,g\,\text{محلول}}=160\,mL\,\text{محلول}$$

قسمت دوم: هر ppm معادل $\frac{\text{میلی‌گرم‌های حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}$ است، بنابراین:

$$700=\frac{\text{میلی‌گرم‌های }Br^-}{\text{لیتر محلول}}=\frac{1/75}{V}\Rightarrow V=0/0025L=2/5mL$$

B ۶۱۴ ۲ **روش اول:** فرمول شیمیایی آمونیوم کربنات به‌صورت $(NH_4)_2CO_3$ است، بنابراین با توجه به غلظت یون کربنات خواهیم داشت:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6\Rightarrow24=\frac{\text{جرم }CO_3^{2-}}{45kg\times\frac{1000g}{1kg}}\times10^6\Rightarrow\text{جرم }CO_3^{2-}=1/08g$$

$$?\,mol\,NH_4^+=1/08g\,CO_3^{2-}\times\frac{1\,mol\,CO_3^{2-}}{60g\,CO_3^{2-}}\times\frac{2mol\,NH_4^+}{1\,mol\,CO_3^{2-}}=0/036mol\,NH_4^+$$

روش دوم (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,NH_4^+=45kg\,\text{محلول}\times\frac{1000g\,\text{محلول}}{1kg\,\text{محلول}}\times\frac{24g\,CO_3^{2-}}{10^6\,g\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,CO_3^{2-}}{60g\,CO_3^{2-}}\times\frac{2mol\,NH_4^+}{1mol\,CO_3^{2-}}=0/036mol\,NH_4^+$$

توضیح محاسبات پاسخ از جنس ۳۶۰ است (پاسخ: ۰/۰۳۶)

$$\frac{45\times1000\times24\times2}{10^6\times60}=?\xrightarrow[\text{گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن، بدون در نظر}}\frac{45\times24\times2}{6}=45\times4\times2=360$$

B ۶۱۵ ۳ ابتدا جرم یون هیدروکسید موجود در محلول اولیه را محاسبه کرده و سپس غلظت ppm آن را در محلول نهایی به‌دست می‌آوریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 10^6 \Rightarrow 600=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{8/4kg\times\frac{1000g}{1kg}}\times 10^6 \Rightarrow \text{جرم حل‌شونده}=5/04g\,KOH$$

$$?\,g\,OH^- = 5/04g\,KOH\times\frac{1mol\,KOH}{56g\,KOH}\times\frac{1mol\,OH^-}{1mol\,KOH}\times\frac{17g\,OH^-}{1mol\,OH^-}=1/53g\,OH^-\,,\ ppm=\frac{1/53g}{(8/6+8/4)kg\times\frac{1000g}{1kg}}\times 10^6=900ppm\,OH^-$$

B ۶۱۶ ۴ ابتدا جرم یون سولفات (SO_4^{2-}) موجود در محلول سدیم سولفات (Na_2SO_4) را محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 10^6 \Rightarrow 1380=\frac{x\,g\,Na^+}{100}\times 10^6 \Rightarrow x=0/138g\,Na^+$$

$$?\,g\,SO_4^{2-}=0/138g\,Na^+\times\frac{1mol\,Na^+}{23g\,Na^+}\times\frac{1mol\,SO_4^{2-}}{2mol\,Na^+}\times\frac{96g\,SO_4^{2-}}{1mol\,SO_4^{2-}}=0/288g\,SO_4^{2-}$$

اکنون جرم یون سولفات موجود در ۴۰ میلی‌گرم $Fe_2(SO_4)_3$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,SO_4^{2-}=40\times10^{-3}\,g\,Fe_2(SO_4)_3\times\frac{1mol\,Fe_2(SO_4)_3}{400g\,Fe_2(SO_4)_3}\times\frac{3mol\,SO_4^{2-}}{1mol\,Fe_2(SO_4)_3}\times\frac{96g\,SO_4^{2-}}{1mol\,SO_4^{2-}}=0/0288g\,SO_4^{2-}$$

در پایان با توجه به مجموع جرم SO_4^{2-} در محلول و جرم نهایی محلول، غلظت ppm این یون را در محلول نهایی محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{مجموع جرم }SO_4^{2-}}{\text{جرم محلول}}\times 10^6=\frac{(0/288+0/0288)}{100}\times 10^6=3168ppm$$

B ۶۱۷ ۳ ابتدا جرم یون‌های نیترات را در دو محلول به دست می‌آوریم:

محلول منیزیم نیترات $(Mg(NO_3)_2)$:

$$?\,g\,NO_3^-=0/001mol\,Mg(NO_3)_2\times\frac{2mol\,NO_3^-}{1mol\,Mg(NO_3)_2}\times\frac{62g\,NO_3^-}{1mol\,NO_3^-}=0/124g\,NO_3^-$$

محلول آلومینیم نیترات $(Al(NO_3)_3)$:

$$?\,g\,NO_3^-=500g\,\text{محلول}\times\frac{426g\,Al(NO_3)_3}{10^6g\,\text{محلول}}\times\frac{1mol\,Al(NO_3)_3}{213g\,Al(NO_3)_3}\times\frac{3mol\,NO_3^-}{1mol\,Al(NO_3)_2}\times\frac{62g\,NO_3^-}{1mol\,NO_3^-}=0/186g\,NO_3^-$$

در نهایت می‌توان غلظت ppm یون‌های نیترات را در محلول نهایی، محاسبه کرد:

$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 10^6=\frac{(0/124+0/186)}{100+500}\times 10^6\simeq 517ppm$$

B ۶۱۸ ۲ اگر جرم محلول مورد نیاز از NaF با غلظت ۸۴ppm را برابر x گرم در نظر بگیریم، جرم یون F^- موجود در آن برابر است با:

$$x\,g\,NaF\times\frac{84g\,NaF}{10^6g\,\text{محلول NaF}}\times\frac{1mol\,NaF}{42g\,NaF}\times\frac{1mol\,F^-}{1mol\,NaF}\times\frac{19g\,F^-}{1mol\,F^-}=(3/8\times10^{-5}x)\,g\,F^-$$

جرم یون F^- در ۷۰۰ گرم از محلول MgF_2 با غلظت ۳۱۰ppm نیز به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$700g\,\text{محلول}\,MgF_2\times\frac{310g\,MgF_2}{10^6g\,\text{محلول}\,MgF_2}\times\frac{1mol\,MgF_2}{62g\,MgF_2}\times\frac{2mol\,F^-}{1mol\,MgF_2}\times\frac{19g\,F^-}{1mol\,F^-}=1/33\times10^{-1}g\,F^-$$

به این ترتیب مقدار کل یون F^- در مخلوط نهایی برابر خواهد بود با:

$$\text{جرم کل }F^-=(3/8\times10^{-5}x+1/33\times10^{-1})g$$

از آنجا که جرم کلی مخلوط نهایی $x+700$ گرم خواهد بود، در مورد آن می‌توان گفت:

$$ppm=\frac{\text{جرم مادهٔ حل‌شونده}}{\text{جرم کل محلول}}\times 10^6 \Rightarrow 127=\frac{3/8\times10^{-5}x+1/33\times10^{-1}}{x+700}\times 10^6=89x=44100\Rightarrow x\simeq 495g$$

B ۶۱۹ ۲ غلظت ppm یون Mg^{2+} در آب دریا برابر ۱۳۵۰ppm است. این بدان معنا است که در 10^6 گرم از این آب ۱۳۵۰ گرم Mg^{2+} وجود دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$?\,\text{ton آب}=1\,\text{ماه}\times\frac{30\,\text{روز}}{1\,\text{ماه}}\times\frac{2700kg\,Mg}{1\,\text{روز}}\times\frac{1000g\,Mg}{1kg\,Mg}\times\frac{10^6g\,\text{آب}}{1350g\,Mg}\times\frac{1ton\,\text{آب}}{10^6g\,\text{آب}}\times\underbrace{\frac{100}{80}}_{\text{بازده کارگاه}}=7500ton\,\text{آب}$$

B ۶۲۰ ۱

* **توجه** در محلول‌های بسیار رقیق آبی، غلظت ppm از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$ppm=\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{کیلوگرم یا لیتر محلول}}$$

با توجه به نکتهٔ بیان شده خواهیم داشت:

$$ppm=\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow ۲/۵=\frac{x\ mg}{۹/۶L}\Rightarrow x=۲۴mg\,S^{۲-}$$

$$S^{۲-}\text{ جرم CaS موجود در }S^{۲-}\text{ جرم}+(۱۷mg\,(NH_۴)_۲S\times\frac{۱g\,(NH_۴)_۲S}{۱۰۰۰mg\,(NH_۴)_۲S}\times\frac{۳۲g\,S^{۲-}}{۶۸g\,(NH_۴)_۲S}\times\frac{۱۰۰۰mg\,S^{۲-}}{۱g\,S^{۲-}})$$

$$\text{CaS موجود در }S^{۲-}\text{ جرم}=۲۴-۸=۱۶mg\,S^{۲-}$$

$$\text{CaS جرم}=۱۶\times۱۰^{-۳}g\,S^{۲-}\times\frac{۱mol\,S^{۲-}}{۳۲g\ S^{۲-}}\times\frac{۱mol\,CaS}{۱mol\,S^{۲-}}\times\frac{۷۲g\,CaS}{۱mol\,CaS}\times\frac{۱۰۰۰mg\,CaS}{۱g\,CaS}=۳۶mg\,CaS$$

C ۶۲۱ ۲ ابتدا از جرم یون سولفات به شمار مول‌های آهن (III) سولفات رسیده و سپس با نسبت داده‌شده در صورت سوال، شمار مول‌های آهن (III) برمید را محاسبه می‌کنیم. در نهایت با استفاده از شمار مول‌های آهن (III) سولفات و آهن (III) برمید، غلظت یون آهن (III) را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mol\,Fe_۲(SO_۴)_۳=۸/۶۴\,g\,SO_۴^{۲-}\times\frac{۱mol\,SO_۴^{۲-}}{۹۶g\,SO_۴^{۲-}}\times\frac{۱mol\,Fe_۲(SO_۴)_۳}{۳mol\,SO_۴^{۲-}}=۰/۰۳mol\,Fe_۲(SO_۴)_۳$$

$$?\,mol\,FeBr_۳=۰/۰۳mol\,Fe_۲(SO_۴)_۳\times\frac{۲mol\,FeBr_۳}{۱mol\,Fe_۲(SO_۴^{۲-})_۳}=۰/۰۶\,mol\,FeBr_۳$$

$$?\,mol\,Fe^{۳+}=(۰/۰۳\times۲)+(۰/۰۶\times۱)=۰/۱۲mol\,Fe^{۳+}\Rightarrow ppm(Fe^{۳+})=\frac{۰/۱۲mol\,Fe^{۳+}\times\frac{۵۶g\,Fe^{۳+}}{۱mol\,Fe^{۳+}}}{۴۰۰g}\times۱۰^۶=۱۶۸۰۰ppm$$

C ۶۲۲ ۲ از آنجایی که به هر محلول تنها آب اضافه می‌کنیم، پس جرم $Cu^{۲+}$ از محلول (۱) تا محلول (۵) ثابت می‌ماند، پس مقدار $Cu^{۲+}$ در محلول (۵) نیز برابر با ۶×۱۰^{-۴} مول است.

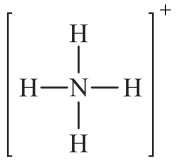
$$?\,g\,Cu^{۲+}=۶\times۱۰^{-۴}\,mol\,CuSO_۴\times\frac{۱mol\,Cu^{۲+}}{۱mol\,CuSO_۴}\times\frac{۶۴g\,Cu^{۲+}}{۱mol\,Cu^{۲+}}=\frac{۲۴}{۶۲۵}g\,Cu^{۲+}$$

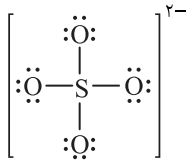
$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times۱۰^۶\Rightarrow ۱/۶=\frac{\frac{۲۴}{۶۲۵}g}{\text{جرم محلول}}\times۱۰^۶\Rightarrow\text{جرم محلول}=۲۴۰۰۰g=۲۴kg$$

جرم اولیهٔ محلول ۸ کیلوگرم بوده و جرم نهایی آن ۲۴kg است. با فرض اینکه در هر مرحله x کیلوگرم آب به محلول اضافه کرده‌ایم، خواهیم داشت:

$$۸+۴x=۲۴\Rightarrow x=۴kg\Rightarrow ?\,L\,H_۲O=۴kg\,H_۲O\times\frac{۱L\,H_۲O}{۱kg\,H_۲O}=۴L\,H_۲O$$

B ۶۲۳ ۳ به‌جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: نسبت کاتیون به آنیون در منیزیم کربنات ($MgCO_۳$) برابر ۱ و در آلومینیم نیترات ($Al(NO_۳)_۳$) برابر $\frac{۱}{۳}$ است. عبارت دوم: ساختار لوویس یون‌های آمونیوم ($NH_۴^+$) و سولفات ($SO_۴^{۲-}$) به صورت زیر است. با توجه به این ساختارها، قسمت اول عبارت، درست است؛ اما دقت کنید در یون آمونیوم اتم‌های هیدروژن به آرایش دوتایی هلیم رسیده‌اند نه هشت‌تایی! عبارت سوم: در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده (بحرالمیت)، حدود ۲۷ گرم حل شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد نه فقط سدیم کلرید! عبارت چهارم: از رابطهٔ غلظت ppm داریم:





$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times۱۰^۶=\frac{۰/۰۵\times۱۰^{-۳}g\,F^-}{\text{آب آشامیدنی }۲۵۰g}\times۱۰^۶=۰/۲$$

B ۶۲۴ ۲ اگر تعداد یون‌های حاصل از انحلال هر واحد فرمولی از ترکیب یونی را n و جرم مولی ترکیب یونی را M گرم بر مول در نظر بگیریم، می‌توانیم نسبت جرم مولی به تعداد یون حاصل را به‌دست آوریم و با گزینه‌ها بررسی کنیم:

$$?\,\text{یون}=۲۵kg\,\text{محلول}\times\frac{۷۵mg\,\text{نمک}}{۱kg\,\text{محلول}}\times\frac{۱g\,\text{نمک}}{۱۰^۳mg\,\text{نمک}}\times\frac{۱mol\,\text{نمک}}{Mg\,\text{نمک}}\times\frac{n\,mol\,\text{یون}}{۱mol\,\text{نمک}}\times\frac{۶\times۱۰^{۲۳}\,\text{یون}}{۱mol\,\text{یون}}=۴/۵\times۱۰^{۲۲}\,\text{یون}\Rightarrow\frac{M}{n}=۲۵$$

با توجه به گزینه‌ها، تنها نسبت M به n در ترکیب گزینهٔ (۲) برابر ۲۵ ($\frac{۱۰۰}{۴}$) است.

C ۶۲۵ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ هر یک از واکنش‌ها: مرحلهٔ ۱: $S+O_۲\rightarrow SO_۲$ مرحلهٔ ۲: $۲SO_۲+O_۲\rightarrow ۲SO_۳$ مرحلهٔ ۳: $SO_۳+H_۲O\rightarrow H_۲SO_۴$

* **توجه** در مسائلی که بیش از یک واکنش داریم، برای راحتی می‌توان از هم‌ارزی دو ماده استفاده کرد. به این صورت که از یک ماده در واکنش اول چند مول فراورده در واکنش سوم تولید می‌شود. برای مثال در این سؤال از هر مول S در واکنش اول، یک مول $H_۲SO_۴$ تولید می‌شود، پس ۱ مول S هم‌ارز با ۱ مول $H_۲SO_۴$ است:

$$۱mol\,S\sim۱mol\,H_۲SO_۴$$

قسمت اول: **روش اول:** ابتدا مقدار گوگرد مورد نیاز برای تولید ۳۱۳/۶ گرم سولفوریک اسید ($H_۲SO_۴$) را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم }H_۲SO_۴}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی }H_۲SO_۴}=\frac{\text{جرم S}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی S}}\Rightarrow\frac{۳۱۳/۶}{۱\times۹۸}=\frac{x}{۱\times۳۲}\Rightarrow x=۱۰۲/۴gS$$

سپس جرم سوخت را به‌دست می‌آوریم: $ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 10^6 \Rightarrow 80=\frac{10/2/4}{\text{جرم سوخت}}\times 10^6 \Rightarrow \text{جرم سوخت}=1/28\times 10^6\,g=1/28\,ton$

روش دوم: $?\,ton\,\text{سوخت}=313/6\,g\,H_2SO_4\times\frac{1\,mol\,H_2SO_4}{98\,g\,H_2SO_4}\times\frac{1\,mol\,S}{1\,mol\,H_2SO_4}\times\frac{32\,g\,S}{1\,mol\,S}\times\frac{10^6\,g\,\text{سوخت}}{80\,g\,S}\times\frac{1\,ton\,\text{سوخت}}{10^6\,g\,\text{سوخت}}=1/28\,ton\,\text{سوخت}$

قسمت دوم: با توجه به معادله‌های داده شده، به ازای مصرف یک مول O_3 در واکنش مرحلهٔ (۱) و مصرف ۰/۵ مول O_2 در واکنش مرحلهٔ (۲)، یک مول H_2SO_4 تولید شده است. بنابراین به ازای مصرف ۱/۵ مول O_2، ۱ مول H_2SO_4 تولید می‌شود.

$$?\,L\,O_2=313/6\,g\,H_2SO_4\times\frac{1\,mol\,H_2SO_4}{98\,g\,H_2SO_4}\times\frac{1/5\,mol\,O_2}{1\,mol\,H_2SO_4}\times\frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}=107/52\,L\,O_2$$

توضیح محاسبات

پاسخ به ۱۱۲ نزدیک است. (پاسخ: ۱۰۷/۵۲) $\frac{313/6\times 1/5\times 22/4}{98}=?$ ← تخمین زدن و ساده کردن به جای ۳۱۳/۶ و ۹۸ اعداد ۳۱۰ و ۹۶ قرار دهیم. $\frac{310\times 1/5\times 22/4}{96}=\frac{15\times 22/4}{3}=112$ (۱۰ روی ۳۱۰، ۵ روی ۱۵، ۹۶ روی ۳)

C ۶۲۶ ۲ مقدار a، b، c و d را محاسبه می‌کنیم:

a: $634/4\,C_6H_5COOH\times\frac{1\,mol\,C_6H_5COOH}{122\,g\,C_6H_5COOH}=5/2\,mol\,C_6H_5COOH$

b: $\underbrace{\frac{PV_n}{T}}_{STP}=\underbrace{\frac{PV_n}{T}}_{\text{شرایط جدید}}\Rightarrow\frac{1\times 22/4}{273}=\frac{2\times V_n}{409/5}\Rightarrow V_n=16/8\,L.mol^{-1}$ $\quad ?\,mol\,HCl=103/04\,L\,HCl\times\frac{1\,mol\,HCl}{16/8\,L\,HCl}\simeq 6/13\,mol$

c: $?\,mol\,NH_3=50\,L\,NH_3\times\frac{1\,mol\,NH_3}{25\,L\,NH_3}=2\,mol\,NH_3$ $\quad (d)\,\text{چگالی}=\frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow 1/28=\frac{32}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow\text{حجم مولی}=25\,L.mol^{-1}$

d: $\text{جرم محلول}=1/2\,g.mL^{-1}\times 1600\,mL=1920\,g$ محلول $\quad ppm\,OH=\frac{\text{جرم }OH^-}{\text{جرم محلول}}\times 10^6\Rightarrow 34\times 10^3=\frac{\text{جرم }OH^-}{1920}\times 10^6\Rightarrow\text{جرم }OH^-=65/28\,g$

$$?\,mol\,Na^+=65/28\,g\,OH^-\times\frac{1\,mol\,OH^-}{17\,g\,OH^-}\times\frac{1\,mol\,Na^+}{1\,mol\,H^-}=3/84\,mol\,Na^+$$

C ۶۲۷ ۱ ابتدا جرم آهن موجود در آب دریاچه را محاسبه می‌کنیم و سپس به جرم مولی آهن می‌رسیم و به کمک جرم مولی آهن، فراوانی ایزوتوپ ^{54}Fe را محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{جرم یون آهن}}{\text{جرم آب دریاچه}}\times 10^6\Rightarrow 69/75=\frac{\text{جرم یون آهن}}{40\times 10^3\,g}\times 10^6\Rightarrow\text{جرم یون آهن}=2/79\,g$$

با توجه به اینکه تعداد مول آهن (II) برمید $(FeBr_2)$ در آب این دریاچه برابر با ۰/۰۵ است، پس تعداد مول Fe^{2+} هم برابر با ۰/۰۵ مول می‌شود. جرم مولی آهن برابر است با: $\text{جرم مولی آهن}=\frac{\text{جرم آهن}}{\text{تعداد مول آهن}}\Rightarrow\text{جرم مولی آهن}=\frac{2/79\,g}{0/05}\Rightarrow\text{جرم مولی آهن}=55/8\,g.mol^{-1}$

میزان فراوانی ایزوتوپ ^{54}Fe را برابر با x در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه جرم مولی آهن با جرم اتمی میانگین آن برابر است، داریم:

$$55/8=\frac{54(x)+56(100-x)}{100}\Rightarrow x=\%10$$

A ۶۲۸ ۳ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): فرمول محاسبهٔ درصد جرمی و ppm به‌صورت زیر است:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 10^6\ ,\ \text{درصد جرمی}(\%w/w)=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 100$$

در نتیجه رابطهٔ $(\text{درصد جرمی}=ppm\times 10^{-4})$ بین درصد جرمی و غلظت ppm یک حل‌شونده در یک محلول برقرار است. عبارت (ت): با توجه به جرم حل‌شونده و حلال، می‌توان از جرم حل‌شوندهٔ موجود در محلول صرف‌نظر کرد.

$$\text{درصد جرمی}=\frac{19000\,mg\times\frac{1\,g}{1000\,mg}}{1\,kg\,\text{محلول}\times\frac{1000\,g\,\text{محلول}}{1\,kg\,\text{محلول}}}\times 100=\%1/9$$

B ۶۲۹ ۲ یک مخلوط می‌تواند دارای اجزایی با حالت‌های فیزیکی متفاوت باشد. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): دو شرط برای اینکه در یک محلول حلال را مشخص کنیم وجود دارد. اول آن که شمار مول‌های حلال بیشتر از حل‌شونده باشد، چرا که بتواند ذرات حل‌شونده را حلال‌پوشی کند. دوم آن که حل‌شونده را در خود حل کند. حجم حلال به‌تنهایی تعیین‌کنندهٔ هیچ یک از دو عامل ذکر شده نیست. گزینهٔ (۳): با کاهش حجم محلول، غلظت محلول تغییری نمی‌کند؛ بلکه برای این منظور باید حجم حلال را کاهش داد. با افزایش غلظت محلول‌های رنگی می‌توان شدت رنگ آن‌ها را افزایش داد. گزینهٔ (۴): از آنجا که چگالی محلول را نمی‌دانیم؛ بنابراین عبارت داده شده همواره درست نیست. تنها در صورتی که چگالی محلول با چگالی آب برابر باشد عبارت داده شده درست است.

A ۶۳۰ ۱ ابتدا جرم آب موجود در محلول اول و جرم گلوکز موجود در محلول دوم را محاسبه کرده و سپس این دو مقدار را از هم کم می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow\begin{cases}\text{محلول اول: درصد جرمی آب}=۱۰۰-۴۶=۵۴\Rightarrow ۵۴=\frac{x}{۱۲۵}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۶۷/۵\,g\ \text{آب}\\ \text{محلول دوم: }۱۵=\frac{y}{۳۰۰}\times ۱۰۰\Rightarrow y=۴۵\,g\ \text{گلوکز}\end{cases}$$

اختلاف خواسته شده $=۶۷/۵-۴۵=۲۲/۵$

B ۶۳۱ ۳ ابتدا جرم سدیم نیترات موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم. با خروج سدیم نیترات به‌عنوان رسوب، جرم محلول نیز کاهش می‌یابد؛ بنابراین با فرض اینکه x گرم سدیم نیترات رسوب کرده است، خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۴۰=\frac{a}{۲۰۰}\times ۱۰۰\Rightarrow a=۸۰\,g\,NaNO_۳\Rightarrow ۳۳/۳=\frac{۸۰-x}{۲۰۰-x}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۲۰\,(NaNO_۳)\ \text{جرم رسوب}$$

B ۶۳۲ ۲ ابتدا جرم شکر مصرفی در یک روز را محاسبه می‌کنیم: شکر $۳۸۴۰\,kg=\frac{\text{شکر }۱\,kg}{\text{شکر }۱۰^۳\,g}\times\frac{\text{شکر }۱۲\,g}{\text{نوشابه }۱۰۰\,g}\times\frac{\text{نوشابه }۳۲۰\,g}{\text{قوطی }۱}\times\text{قوطی }۱۰^۵=$ جرم شکر در یک روز

سپس جرم آب مصرفی در یک روز را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم آب مصرفی در یک روز}=\text{جرم شکر مصرفی}-\text{مجموع جرم نوشابه‌های تولیدی}=\left[\text{قوطی }۱۰^۵\times\frac{\text{نوشابه }۳۲۰\,g}{\text{قوطی }۱}\times\frac{\text{نوشابه }۱\,kg}{\text{نوشابه }۱۰^۳\,g}\right]-۳۸۴۰\,kg=۲۸۱۶۰\,kg$$

با توجه به اینکه چگالی آب برابر $۱\,g.mL^{-۱}$ است، می‌توان نتیجه گرفت که حجم آب مصرفی برابر ۲۸۱۶۰ لیتر یا ۲۸/۱۶ متر مکعب بوده است.

B ۶۳۳ ۲ قسمت اول: با توجه به درصد جرمی محلول، در هر صد گرم محلول، ۲۸ گرم پتاسیم هیدروکسید و ۷۲ گرم آب وجود دارد، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{نسبت خواسته‌شده}=\frac{\text{mol KOH}}{\text{mol }H_۲O}=\frac{۲۸\,g\ KOH\times\frac{۱\,mol\ KOH}{۵۶\,g\ KOH}}{۷۲\,g\ H_۲O\times\frac{۱\,mol\ H_۲O}{۱۸\,g\ H_۲O}}=۰/۱۲۵$$

قسمت دوم: $?\,K^+=۳۰۰\,g\ \text{محلول}\times\frac{۲۸\,g\ KOH}{۱۰۰\,g\ \text{محلول}}\times\frac{۱\,mol\ KOH}{۵۶\,g\ KOH}\times\frac{۱\,mol\ K^+}{۱\,mol\ KOH}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ ion\ K^+}{۱\,mol\ ion K^+}=۹/۰۳\times۱۰^{۲۳}\ ion\ K^+$

B ۶۳۴ ۴ پرسش (الف): جرم منیزیم سولفات حل شده را x در نظر می‌گیریم:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۴۰=\frac{x}{(۹۰+x)}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۶۰\,g\ MgSO_۴\ ,\ ?\,mol\ MgSO_۴=۶۰\,g\ MgSO_۴\times\frac{۱\,mol\ MgSO_۴}{۱۲۰\,g\ MgSO_۴}=۰/۵\,mol\ MgSO_۴$$

پرسش (ب): برای حل این سؤال ابتدا جرم محلول را محاسبه کرده و سپس با استفاده از حجم آن، چگالی محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۱۸=\frac{۰/۶\,mol\ NaHCO_۳\times\frac{۸۴\,g\ NaHCO_۳}{۱\,mol\ NaHCO_۳}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰$$

$$\text{جرم محلول}=۲۸۰\,g\Rightarrow\text{چگالی}=\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}\Rightarrow\text{چگالی}=\frac{۲۸۰\,g}{۲۰۰\,mL}=۱/۴\,g.mL^{-۱}$$

B ۶۳۵ ۳ جرم اولیهٔ روی کلرید حل شده در محلول را x در نظر می‌گیریم، با توجه به داده‌های مسئله خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۲۰=\frac{x}{۴۵+۱۳۵}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۳۶\,g\ ZnCl_۲\ ,\ \text{جرم آب اضافه شده}=۷/۵\,mol\ H_۲O\times\frac{۱۸\,g\ H_۲O}{۱\,mol\ H_۲O}=۱۳۵\,g\ H_۲O$$

از آنجا که جرم نمک حل شده با افزودن آب، تغییر نمی‌کند، می‌توان نوشت: $\text{درصد جرمی}=\frac{۳۶}{۴۵}\times ۱۰۰=٪۸۰$

B ۶۳۶ ۲

★ نکته اگر $m_۱$ گرم محلول $a_۱$ درصد جرمی یک نمک را با $m_۲$ گرم محلول $a_۲$ درصد جرمی همین نمک مخلوط کنیم، درصد جرمی محلول حاصل به‌صورت زیر است:

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی}=\frac{m_۱a_۱+m_۲a_۲}{m_۱+m_۲}$$

با توجه به نکتهٔ بالا خواهیم داشت: $۴۰=\frac{(۴۰۰\times۲۸)+(m\times۵۹/۲)}{۴۰۰+m}\Rightarrow m=۲۵۰\,g$

B ۶۳۷ ۱ در صورتی که دو یا چند محلول از یک حل‌شونده با درصدهای جرمی متفاوت را با یکدیگر مخلوط کنیم، درصد جرمی محلول نهایی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{درصد جرمی نهایی}=\frac{[(۱)\ \text{جرم محلول}\times\text{درصد جرمی محلول }(۱)]+[(۲)\ \text{جرم محلول}\times\text{درصد جرمی محلول }(۲)]+\cdots}{(\text{جرم آب اضافه‌شده})+(۱)\ \text{جرم محلول}+(۲)\ \text{جرم محلول}+\cdots)\ \text{جرم نهایی محلول}}$$

بنابراین داریم: $۵=\frac{(۲۰۰\times۱۰)+(۴۰۰\times۱۵)}{x+۲۰۰+۴۰۰}\Rightarrow x=۱۰۰۰\,g\ H_۲O\xrightarrow{d=۱\,g.mL^{-۱}}x=۱۰۰۰\,mL\ H_۲O$

B ۶۳۸ ۱ قسمت اول: ابتدا با استفاده از شمار یون‌های نیترات، جرم آمونیوم نیترات و یون آمونیوم را محاسبه می‌کنیم، سپس با استفاده از جرم آب، درصد جرمی یون آمونیوم را در محلول به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,NH_4NO_3 = 9/03\times10^{22}\,NO_3^- \times \frac{1\,mol\,NO_3^-}{6/02\times10^{23}\,NO_3^-}\times\frac{1\,mol\,NH_4NO_3}{1\,mol\,NO_3^-}\times\frac{80\,g\,NH_4NO_3}{1\,mol\,NH_4NO_3} = 12\,g\,NH_4NO_3$$

$$?\,g\,NH_4^+ = 12\,g\,NH_4NO_3\times\frac{1\,mol\,NH_4NO_3}{80\,g\,NH_4NO_3}\times\frac{1\,mol\,NH_4^+}{1\,mol\,NH_4NO_3}\times\frac{18\,g\,NH_4^+}{1\,mol\,NH_4^+} = 2/7\,g\,NH_4^+$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{2/7}{(12+42)}\times100 = \%5$$

قسمت دوم: در قسمت اول سؤال، جرم NH_4NO_3 را محاسبه کرده بودیم. در نتیجه:

$$ppm = \frac{\text{جرم } NH_4NO_3}{\text{جرم آب} + \text{جرم } NH_4NO_3}\times10^6 = \frac{12}{12+42}\times10^6 = 222222\,ppm$$

B ۶۳۹ ۱ ابتدا جرم آب استخر را به دست می‌آوریم:

$$?\,ton\,\text{آب} = 700\,m^3\,\text{آب}\times\frac{1000\,L\,\text{آب}}{1\,m^3\,\text{آب}}\times\frac{1\,kg\,\text{آب}}{1\,L\,\text{آب}} = 7\times10^5\,kg\,\text{آب}$$

اکنون از رابطهٔ ppm، جرم Cl_2 موجود در آب استخر را که معادل مقدار Cl_2 موجود در محلول ضدعفونی کننده است محاسبه می‌کنیم:

$$ppm = \frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{کیلوگرم آب استخر}} \Rightarrow 1 = \frac{x\,mg\,Cl_2}{7\times10^5\,kg} \Rightarrow x = 7\times10^5\,mg\,Cl_2 = 700\,g\,Cl_2$$

در آخر، به کمک درصد جرمی Cl_2 در محلول ضدعفونی کننده، جرم محلول موردنیاز را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times100 \Rightarrow 0/7 = \frac{700}{\text{جرم محلول}}\times100 \Rightarrow \text{جرم محلول} = 10^5\,g$$

* **توجه** با توجه به چگالی آب استخر، پس از افزودن محلول کلر، جرم آن از ۷۰۰ تن به ۷۰۰/۱ تن می‌رسد که به علت کوچکی عدد، از آن صرف‌نظر کردیم.

B ۶۴۰ ۲

$$\text{جرم محلول} = 4\,mL\times\frac{1/85\,g}{1\,mL} = 7/4\,g\ \text{محلول}, \quad \text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times100 \Rightarrow 0/14 = \frac{x}{7/4}\times100 \Rightarrow x = 0/01036\,g\,Li_2CO_3$$

$$?\,g\,Li^+ = 0/01036\,g\,Li_2CO_3\times\frac{1\,mol\,Li_2CO_3}{74\,g\,Li_2CO_3}\times\frac{2\,mol\,Li^+}{1\,mol\,Li_2CO_3}\times\frac{7\,g\,Li^+}{1\,mol\,Li^+} = 1/96\times10^{-3}\,g\,Li^+$$

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6 \Rightarrow 490 = \frac{1/96\times10^{-3}}{y}\times10^6 \Rightarrow y = 4\,g\ \text{محلول}, \quad \text{جرم آب تبخیر شده} = 7/4\,g - 4\,g = 3/4\,g$$

B ۶۴۱ ۱ ابتدا درصد جرمی $CaBr_2$ را در محلول اولیه محاسبه می‌کنیم. برای این منظور فرض می‌کنیم ۱۰۰ گرم از محلول را در اختیار داریم:

$$ppm\ \text{غلظت} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6 \Rightarrow 8000 = \frac{x(g)}{100}\times10^6 \Rightarrow x = 0/8\,g\,Br^-$$

اکنون می‌توان جرم کلسیم برمید موجود در این محلول را به دست آورد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaBr_2 = 0/8\,g\,Br^-\times\frac{1\,mol\,Br^-}{80\,g\,Br^-}\times\frac{1\,mol\,CaBr_2}{2\,mol\,Br^-}\times\frac{200\,g\,CaBr_2}{1\,mol\,CaBr_2} = 1\,g\,CaBr_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Br^-}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } CaBr_2}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0/8}{2\times80} = \frac{y}{200} \Rightarrow y = 1\,g\,CaBr_2$$

پس در ۱۰۰ گرم از این محلول، ۱ گرم $CaBr_2$ حل شده است و درصد جرمی $CaBr_2$ در این محلول برابر ۱٪ می‌باشد. اکنون برای محاسبهٔ جرم محلول اولیه می‌توان از رابطهٔ مقابل استفاده کرد:

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی} = \frac{(\text{جرم محلول }(1)\times\text{درصد جرمی محلول }(2)) + (\text{جرم محلول }(2)\times\text{درصد جرمی محلول }(1)) + \cdots}{\text{جرم محلول }(2) + \text{جرم محلول }(1)}$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{(m\times1)+(160\times4)}{m+160} \Rightarrow 2m+320 = m+640 \Rightarrow m = 320\,g$$

B ۶۴۲ ۲ ابتدا جرم یون کلرید را در محلول اولیه به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,Cl^- = 400\,mL\,\text{محلول}\times\frac{1/2\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}\times\frac{36/5\,g\,HCl}{100\,g\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,HCl}{36/5\,g\,HCl}\times\frac{1\,mol\,Cl^-}{1\,mol\,HCl}\times\frac{35/5\,g\,Cl^-}{1\,mol\,Cl^-} = 170/4\,g\,Cl^-$$

ضمن افزودن آب مقطر به این محلول، جرم یون‌های کلرید ثابت می‌ماند و فقط جرم محلول افزایش می‌یابد. اگر جرم آب مقطر افزوده شده را m در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6 \Rightarrow 53/25\times10^3 = \frac{170/4}{(400\,mL\times\frac{1/2\,g}{1\,mL})+m}\times10^6 \Rightarrow m+480 = 3200 \Rightarrow m = 2720\,g\,H_2O$$

اکنون می‌توان زمان سپری شده را محاسبه کرد:

$$?\,s = 2720\,g\,H_2O\times\frac{1\,mL\,H_2O}{1\,g\,H_2O}\times\frac{1\,s}{10\,mL\,H_2O} = 272\,s$$

B ۶۴۳ ۳ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در یک محلول، غلظت ppm یک حل‌شونده، 10^{4} برابر درصد جرمی آن است؛ بنابراین:

$$ppm = 10^{4} \times \text{درصد جرمی} = 10^{4} \times 0/01 = 100$$

عبارت دوم: سرم فیزیولوژی محلول رقیق سدیم کلرید در آب است. عبارت سوم: نسبت شمار اتم‌های سازندهٔ آمونیوم کربنات $((NH_4)_2CO_3)$ به آلومینیم سولفات $(Al_2(SO_4)_3)$ به تقریب برابر است با:

$$\left.\begin{matrix} (NH_4)_2CO_3: \text{شماره اتم‌های سازنده} = 2\times5+4=14 \\ Al_2(SO_4)_3: \text{شمار اتم‌های سازنده} = 2+3\times5=17 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \text{نسبت خواسته شده} = \frac{14}{17} \simeq 0/8$$

عبارت چهارم: با استفاده از رابطهٔ درصد جرمی داریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 27 = \frac{x\ kg\ \text{حل‌شونده}}{1/2\times10^{3}\ kg} \times 100 \Rightarrow x = 324\ kg\ \text{حل‌شونده}$$

C ۶۴۴ ۳ قسمت اول: **روش اول:** ابتدا با استفاده از چگالی، جرم محلول را محاسبه کرده و سپس به کمک درصد جرمی محلول، جرم HI حل شده را می‌یابیم. در نهایت با استفاده از حجم مولی گازها در شرایط STP ، حجم گاز HI حل شده در محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \Rightarrow 1/6 = \frac{x}{50mL} \Rightarrow x = 80g\ \text{محلول}$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{y}{80} \times 100 \Rightarrow y = 64g\ HI$$

$$?\ L\ HI = 64g\ HI \times \frac{1\ mol\ HI}{128g\ HI} \times \frac{22/4L\ HI}{1\ mol\ HI} = 11/2L\ HI$$

روش دوم:

$$?\ L\ HI(g) = 50mL\ \text{محلول} \times \frac{1/6g\ \text{محلول}}{1mL\ \text{محلول}} \times \frac{80g\ HI}{100g\ \text{محلول}} \times \frac{1\ mol\ HI}{128g\ HI} \times \frac{22/4L\ HI}{1\ mol\ HI} = 11/2L\ HI$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شده این واکنش به‌صورت $Ca(OH)_2 + 2HI \rightarrow CaI_2 + 2H_2O$ است. با توجه به اینکه جرم HI موجود در محلول را در پاسخ قسمت اول مسئله محاسبه کردیم، راه‌حل قسمت دوم را ادامه می‌دهیم.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ g\ Ca(OH)_2 = 64g\ HI \times \frac{1\ mol\ HI}{128g\ HI} \times \frac{1\ mol\ Ca(OH)_2}{2mol\ HI} \times \frac{74g\ Ca(OH)_2}{1\ mol\ Ca(OH)_2} = 18/5g\ Ca(OH)_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم HI}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{گرم } Ca(OH)_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{64}{128\times2} = \frac{x\ g\ Ca(OH)_2}{74\times1} \Rightarrow x = 18/5g\ Ca(OH)_2$$

C ۶۴۵ ۴

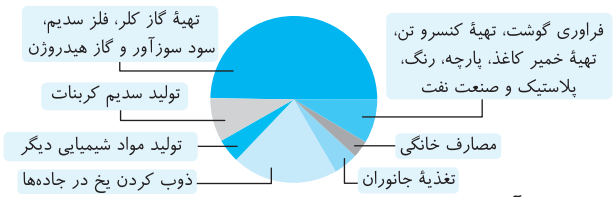
$$MgCl_2\ \text{در محلول}\ g\ Cl^{-} = 190mL\ \text{محلول}\ MgCl_2 \times \frac{1/5g\ \text{محلول}}{1mL\ \text{محلول}} \times \frac{40g\ MgCl_2}{100g} \times \frac{1\ mol\ MgCl_2}{95g\ MgCl_2} \times \frac{2mol\ Cl^{-}}{1\ mol\ Cl_2} \times \frac{35/5g\ Cl^{-}}{1\ mol\ MgCl_2} = 2/4\times35/5g\ Cl^{-}$$

$$FeCl_3\ \text{در محلول}\ g\ Cl^{-} = 325mL\ \text{محلول}\ FeCl_3 \times \frac{1/5g\ \text{محلول}}{1mL\ \text{محلول}} \times \frac{4\times10^{4}g\ FeCl_3}{10^{6}g\ \text{محلول}} \times \frac{1\ mol\ FeCl_3}{162/5g\ FeCl_3} \times \frac{3mol\ Cl^{-}}{1\ mol\ FeCl_3} \times \frac{35/5g\ Cl^{-}}{1\ mol\ Cl^{-}} = 0/36\times35/5g\ Cl^{-}$$

$$a_{Cl^{-}} = \frac{MgCl_2\ \text{محلول}\ g\ Cl^{-} + FeCl_3\ \text{محلول}\ g\ Cl^{-}}{MgCl_2\ \text{محلول}\ g + FeCl_3\ \text{محلول}\ g + g\ H_2O} \times 100 \Rightarrow a_{Cl^{-}} = \frac{2/4\times35/5 + 0/36\times35/5}{285+487/5+227/5} \times 100 = \frac{2/76\times35/5}{1000} \times 100 = \%9/8$$

A ۶۴۶ ۳ مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می‌توان به روش‌های فیزیکی و شیمیایی از آن جدا کرد. برای نمونه سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید با روش تبلور از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود. درحالی‌که منیزیم کلرید موجود در آب دریا را به روش‌های شیمیایی جداسازی و استخراج می‌کنند.

A ۶۴۷ ۱ فقط عبارت (ب) نادرست است. میزان مصرف نمک طعام (سدیم کلرید) برای کاربردهای متفاوت به‌صورت نمودار مقابل است. با توجه به نمودار، مقدار مصرفی سدیم کلرید برای ذوب کردن یخ در جاده‌ها بیشتر از مقدار مصرفی آن برای تولید سدیم کربنات است.



A ۶۴۸ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): یون‌های کلرید و سدیم به ترتیب اولین و دومین یون فراوان آب دریا هستند. به منظور تولید فلز منیزیم، جریان برق را از منیزیم کلرید مذاب (نه محلول آن!) عبور می‌دهند. گزینهٔ (۲): سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید طی فرایند تبلور (نوعی فرایند فیزیکی) از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود. برای استخراج و جداسازی Mg، در مرحلهٔ نخست منیزیم را به صورت مادهٔ جامد و نامحلول $Mg(OH)_2$ رسوب می‌دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید تبدیل می‌کنند. در پایان با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازندهٔ آن تجزیه می‌کنند.

$$MgCl_2 \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$$

گزینهٔ (۳): کمترین سهم کاربرد NaCl در مصارف خانگی است. در فرایند استخراج منیزیم از آب دریا، نخست نمک نامحلول $Mg(OH)_2$ و سپس نمک محلول در آب $MgCl_2$ تولید می‌شود. گزینهٔ (۴): یکی از کاربردهای NaCl، تهیهٔ مواد شیمیایی گوناگون مانند گاز کلر، فلز سدیم، سود سوزآور و گاز هیدروژن است. از سدیم کلرید (نه منیزیم کلرید!) برای ذوب کردن یخ جاده‌ها استفاده می‌شود.

B ۶۴۹ ۳ برای تهیهٔ همهٔ مواد به جز مورد چهارم، از نمک طعام $(NaCl)$ استفاده می‌شود. **بررسی موارد:** مورد اول: فلزی از دورهٔ سوم جدول تناوبی که رنگ شعلهٔ آن زرد است، همان فلز سدیم است که از برقکافت سدیم کلرید مذاب حاصل می‌شود. مورد دوم: کلر از گروه هالوژن‌ها، در حالت مذاب به‌صورت مولکول‌های دواتمی است که اتم‌های آن به آرایش گاز نجیب آرگون $(_{18}Ar)$ رسیده‌اند. این گاز از برقکافت سدیم کلرید مذاب حاصل می‌شود. مورد سوم: سود سوزآور همان سدیم هیدروکسید است که با استفاده از سدیم کلرید می‌توان آن را تهیه کرد. مورد چهارم: در فرایند هابر دو واکنش‌دهنده $(N_2$ و $H_2)$ شرکت می‌کنند. واکنش‌دهنده با نقطهٔ جوش بالاتر، همان گاز نیتروژن است که آن را از تقطیر جزء‌به‌جزء هوای مایع به‌دست می‌آورند. مورد پنجم: فراوان‌ترین کاتیون موجود در آب دریا، یون Na^{+} است. برای تهیهٔ سدیم کربنات (Na_2CO_3)، از سدیم کلرید استفاده می‌شود.

ترکیب یونی	فرمول شیمیایی	شمار اتم‌ها	شمار عنصرها	شمار اتم‌ها / شمار عنصرها
آمونیوم کربنات	$(NH_4)_2CO_3$	۱۴	۴	$\frac{14}{4}=3/5$
آهن(III)سولفات	$Fe_2(SO_4)_3$	۱۷	۳	$\frac{17}{3}\simeq 5/66$

B ۶۵۰ ۴ بررسی عبارت داده شده: تهیهٔ فلز سدیم، از سدیم کلرید استخراج شده از آب دریا و تهیهٔ منیزیم از آب دریا هر دو فرایندهای شیمیایی هستند. پس این عبارت نادرست است. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): برای شناسایی یون‌های باریم و کلسیم، به ترتیب از محلول حاوی یون سولفات مانند سدیم سولفات و محلول حاوی یون فسفات مانند سدیم فسفات استفاده می‌کنند. گزینهٔ (۲): در جدول مقابل، نسبت شمار اتم‌ها و عنصرهای دو ترکیب آمده است. این دو نسبت با یکدیگر برابر نیستند. گزینهٔ (۳): حلال جزئی از محلول است که اولاً حل شونده را در خود حل کرده و ثانیاً شمار مول‌های بیشتری نسبت به حل‌شونده دارد.

A ۶۵۱ ۳ سرکهٔ خوراکی خاصیت اسیدی ملایم دارد و به‌عنوان چاشنی در غذاها مصرف می‌شود.

B ۶۵۲ ۲ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دستگاه اندازه‌گیری قند خون (گلوکومتر) میلی‌گرم گلوکز را در هر دسی‌لیتر $(100mL)$ از خون نشان می‌دهد. عبارت (ث): ابتدا به کمک رابطهٔ غلظت مولی، مقدار مول KI را محاسبه کرده و سپس جرم آن را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,KI=0/05\,mol\,KI\times\frac{166\,g\,KI}{1\,mol\,KI}=8/3\,g\,KI$$

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 0/2=\frac{n}{0/25}\Rightarrow n=0/05\,mol\,KI$$

B ۶۵۳ ۳ غلظت مولی گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ در محلول از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{شمار مول‌های گلوکز}}{\text{حجم محلول }(L)}$$

جرم محلول برابر با مجموع جرم حلال و حل‌شونده است:

$$\text{جرم محلول}=143/25+6/75=150\,g\xrightarrow{d_{\text{محلول}}=1\,g.mol^{-1}}\text{حجم محلول}=150\,mL=0/15\,L$$

اکنون با استفاده از رابطهٔ غلظت مولی داریم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\frac{(6/75)\,mol}{180}}{0/15\,L}=0/25\,mol.L^{-1}$$

B ۶۵۴ ۳ پرسش (الف): ابتدا مقدار مول Na_3P حل شده را محاسبه کرده و سپس به کمک غلظت مولی محلول، حجم آن را به‌دست می‌آوریم:

روش اول:

$$\text{مول}=\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}=\frac{7/0}{100}=0/7\,mol\,Na_3P$$

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 5=\frac{0/7}{V}\Rightarrow V=0/14\,L=140\,mL$$

روش دوم (کسر تبدیل):

$$?\,mL\ \text{محلول}=7/0\,g\,Na_3P\times\frac{1\,mol\,Na_3P}{100\,g\,Na_3P}\times\frac{1\,L\ \text{محلول}}{5\,mol\,Na_3P}\times\frac{1000\,mL\ \text{محلول}}{1\,L\ \text{محلول}}=140\,mL\ \text{محلول}$$

پرسش (ب): در شکل نشان داده شده، ۱۰ ذره داریم. ابتدا تعداد مول‌های درون محلول را محاسبه کرده و سپس مقدار خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مقدار مول هم‌ارز با هر ذره در شکل}=\frac{0/3}{10}=0/03\,mol\Rightarrow\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 6=\frac{n}{0/05}\Rightarrow n=0/3\,mol$$

B ۶۵۵ ۴

$$?\,mL\,O_2=3\times10^{-3}\,mol\,O_2\times\frac{22400\,mL\,O_2}{1\,mol\,O_2}=67/2\,mL\,O_2$$

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 1/2\times10^{-3}=\frac{n}{2/5}\Rightarrow n=3\times10^{-3}\,mol\,O_2,$$

$$?\,g\,O_2=3\times10^{-3}\,mol\,O_2\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=96\times10^{-3}\,g\,O_2$$

$$\text{غلظت }O_2\,(g.L^{-1})=\frac{\text{جرم }O_2}{\text{حجم محلول}}=\frac{96\times10^{-3}}{2/5}=38/4\times10^{-3}\,g.L^{-1}$$

B ۶۵۶ ۳ برای راحتی حل مسئله، جرم محلول را ۱۰۰ گرم در نظر می‌گیریم، به این ترتیب ۲۱ گرم آن را فرمالدهید و ۷۹ گرم آن را استون تشکیل می‌دهد. برای محاسبهٔ حجم محلول، حجم اجزای مختلف محلول را حساب کرده و با یکدیگر جمع می‌کنیم. ابتدا حجم هر یک از مواد موجود در محلول را حساب می‌کنیم:

$$21\,g\,CH_2O\times\frac{1\,mol\,CH_2O}{0/84\,g\,CH_2O}=25\,mL$$

$$79\,g\,C_3H_6O\times\frac{1\,mL\,C_3H_6O}{0/79\,g\,C_3H_6O}=100\,mL$$

پس حجم محلول برابر ۱۲۵ میلی‌لیتر یا ۰/۱۲۵ لیتر است. حال مقدار مول فرمالدهید را در این محلول به‌دست می‌آوریم:

$$21\,g\,CH_2O\times\frac{1\,mol\,CH_2O}{30\,g\,CH_2O}=0/7\,mol\,CH_2O$$

در نهایت غلظت مولی فرمالدهید را در محلول محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول}}=\frac{0/7\,mol}{0/125\,L}=5/6\,mol.L^{-1}$$

B ۶۵۷ ۱

نکته‌ترکیبی رابطهٔ میان درصد جرمی و غلظت مولار: برای محاسبهٔ غلظت مولی از درصد جرمی یک محلول، می‌توان از فرمول تستی زیر استفاده نمود:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{چگالی محلول}\times\text{درصد جرمی}\times10}{\text{جرم مولی}}$$

در این رابطه، چگالی محلول باید برحسب $g.mL^{-1}$ باشد. اگر در مسئله‌ای خواستید غلظت ppm را به مولاریته تبدیل نمایید، ابتدا آن را به کمک رابطهٔ زیر به درصد جرمی تبدیل کرده و سپس در رابطهٔ بالا قرار دهید.

$$\text{غلظت ppm}=\text{درصد جرمی}\times10^4$$

قسمت اول: برای محاسبهٔ غلظت مولی ترکیبی با درصد جرمی a و جرم مولی M در محلولی با چگالی d از رابطهٔ $C=\frac{۱۰ad}{M}$ می‌توان استفاده کرد. فرمول شیمیایی سدیم کلرید، NaCl است و پس از انحلال یک مول از آن در آب، یک مول یون سدیم و یک مول یون کلرید تولید می‌شود و در نتیجه غلظت مولی سدیم کلرید برابر غلظت مولی یون سدیم و همین‌طور یون کلرید در آن محلول است. پس خواهیم داشت:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{۱۰ad}{M}\Rightarrow ۷/۵=\frac{۱۰\times a\times ۱/۱۵}{۲۳}\Rightarrow a=٪۱۵$$

قسمت دوم:

$$M_۱V_۱=M_۲V_۲\Rightarrow ۳۵\times ۷/۵=۱/۲۵\times V_۲\Rightarrow V_۲=۲۱۰mL\Rightarrow \text{حجم آب اضافه‌شده}=۲۱۰-۳۵=۱۷۵mL$$

C ۶۵۸ ۴ نمایشگر گلوکومتر، میلی‌گرم‌های گلوکز را در هر دسی لیتر خون نشان می‌دهد؛ بنابراین داریم:

$$?\frac{mg}{dL}\,C_۶H_{۱۲}O_۶=۷\times ۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}\times\frac{۱L}{۱۰dL}\times\frac{۱۸۰g\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}\times\frac{۱۰۰۰mg}{۱g}=۱۲/۶\frac{mg}{dL}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): غلظت استیک اسید در سرکهٔ خوراکی برابر ۵ درصد و غلظت نیتریک اسید تولید شده در صنعت برابر ۷۰ درصد است؛ بنابراین غلظت محلول نیتریک اسید $۱۴(\frac{۷۰}{۵})$ برابر غلظت استیک در اسید سرکه است. گزینهٔ (۲): در حل مسائل مربوط به رقیق کردن یک محلول توسط حلال از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$M(\text{غلیظ})\times V(\text{غلیظ})=M(\text{رقیق})\times V(\text{رقیق})\Rightarrow ۰/۸۱\times ۴۰۵=۰/۴۵\times V(\text{رقیق})\Rightarrow V(\text{رقیق})=۷۲۹mL$$

گزینهٔ (۳): ابتدا حجم محلول را به دست می‌آوریم:

$$d(\text{چگالی})=\frac{m(\text{جرم})}{V(\text{حجم})}\Rightarrow ۱/۹=\frac{۱۱۴۰}{V}\Rightarrow V=۶۰۰mL=۰/۶L$$

سپس غلظت مولی محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{n(\text{مول})}{V(\text{حجم})}\Rightarrow M=\frac{۲/۷}{۰/۶}=۴/۵mol.L^{-۱}$$

B ۶۵۹ ۲ جرم مولی فلز M را a گرم بر مول در نظر گرفته و با توجه به داده‌های مسئله می‌توان نوشت:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow\frac{۲}{۹}=\frac{n}{۰/۷۵}\Rightarrow n=\frac{۱}{۶}mol\,CO_۳^{۲-}\xrightarrow{n(CO_۳^{۲-})=n(M_۲CO_۳)}n(M_۲CO_۳)=\frac{۱}{۶}mol$$

$$n=\frac{m}{M}\Rightarrow\frac{۱}{۶}=\frac{۲۲}{M}\Rightarrow M=۱۳۲g.mol^{-۱}$$

$$M=(۲\times a)+(۱\times ۱۲)+(۳\times ۱۶)=۱۳۲\Rightarrow a=۳۶\,g.mol^{-۱}$$

B ۶۶۰ ۱ قسمت اول: فرمول شیمیایی آهن (III) سولفات به‌صورت $Fe_۲(SO_۴)_۳$ است، پس به ازای هر سه مول یون سولفات، دو مول یون آهن داریم. با استفاده از جرم یون سولفات، شمار مول‌های $Fe^{۳+}$ را محاسبه می‌کنیم و سپس غلظت مولی $Fe^{۳+}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,Fe^{۳+}=۳۶g\,SO_۴^{۲-}\times\frac{۱mol\,SO_۴^{۲-}}{۹۶g\,SO_۴^{۲-}}\times\frac{۲mol\,Fe^{۳+}}{۳mol\,SO_۴^{۲-}}=۰/۲۵mol\,Fe^{۳+}\,,\quad \text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow C=\frac{۰/۲۵mol}{۰/۳۱۲۵L}=۰/۸\,mol.L^{-۱}$$

قسمت دوم: تعداد مول یون سولفات را در هر دو محلول به‌دست می‌آوریم:

$$\text{محلول اول: }۳۶g\,SO_۴^{۲-}\times\frac{۱mol\,SO_۴^{۲-}}{۹۶g\,SO_۴^{۲-}}=۰/۳۷۵mol\,SO_۴^{۲-}$$

$$\text{محلول دوم: }۱۸۷/۵ml\text{محلول}\times\frac{۱L\ \text{محلول}}{۱۰۰۰mL\ \text{محلول}}\times\frac{۱/۲mol\,(NH_۴)_۲SO_۴}{۱L\ \text{محلول}}\times\frac{۱mol\,SO_۴^{۲-}}{۱mol\,(NH_۴)_۲SO_۴}=۰/۲۲۵mol\,SO_۴^{۲-}$$

$$SO_۴^{۲-}\text{ غلظت نهایی}=\frac{۰/۳۷۵+۰/۲۲۵}{۰/۱۸۷۵+۰/۳۱۲۵}=۱/۲mol.L^{-۱}$$

B ۶۶۱ ۱ ابتدا در غلظت ppm محلول، درصد جرمی آن را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی}=ppm\times ۱۰^{-۴}=۳۵۰۰۰\times ۱۰^{-۴}=٪۳/۵$$

سپس به کمک رابطهٔ مقابل، جرم مولی حل‌شونده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{۱۰ad}{M}\Rightarrow ۰/۶=\frac{۱۰\times ۳/۵\times ۲/۰۴}{M}\Rightarrow M=۱۱۹\,g.mol^{-۱}$$

بنابراین ترکیب مورد نظر پتاسیم برمید (KBr) است.

B ۶۶۲ ۴ قسمت اول: در شکل ۱۰ ذره وجود دارد. هر ذره را معادل n' مول در نظر می‌گیریم و n' را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{n(\text{مول})}{V(\text{حجم})}\Rightarrow ۰/۵=\frac{۱۰n'}{۲۰\times ۱۰^{-۳}L}=۱۰n'=۰/۰۱\Rightarrow n'=۱۰^{-۳}\,mol$$

قسمت دوم: جرم مولی حل شونده را M در نظر می‌گیریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$۲۰mL\text{ محلول}\times\frac{۱g\ \text{محلول}}{۱mL\ \text{محلول}}\times\frac{۲g\ \text{حل‌شونده}}{۱۰۰g\ \text{محلول}}\times\frac{۱mol\ \text{حل‌شونده}}{M(g)\ \text{حل‌شونده}}=۱۰\times ۱۰^{-۳}\,mol\ \text{حل‌شونده}\Rightarrow ۱۰^{-۲}=\frac{۰/۴}{M}\Rightarrow M=۴۰\,g.mol^{-۱}$$

روش دوم (تستی): با استفاده از رابطهٔ زیر به راحتی می‌توان جرم مولی حل شونده را محاسبه کرد:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{۱۰\times\text{درصد جرمی}\times\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow ۰/۵=\frac{۱۰\times ۲\times ۱}{M}\Rightarrow M=۴۰\,g.mol^{-۱}$$

B ۶۶۳ ۲

$$\text{غلظت مولی محلول غلیظ}=\frac{10ad}{M}=\frac{10\times 23/5\times 1/92}{188}=2/4\,mol.L^{-1}\,,\quad C_{\text{غلیظ}}V_{\text{غلیظ}}=C_{\text{رقیق}}V_{\text{رقیق}}\Rightarrow 2/4\times V_{\text{غلیظ}}=1/95\times 800\Rightarrow V_{\text{غلیظ}}=650\,mL$$

$$\text{حجم آب}=V_{\text{رقیق}}-V_{\text{غلیظ}}=800-650=150\,mL$$

برای تهیهٔ چنین محلولی باید ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول رقیق و ۶۵۰ میلی‌لیتر آب خالص استفاده کرد.

B ۶۶۴ ۱ در محلول‌های بسیار رقیق آبی که چگالی آن‌ها برابر با $1\,g.mL^{-1}$ است، غلظت ppm از رابطهٔ مقابل محاسبه می‌شود: $\text{ppm}=\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$?\,mg\,NO_3^-=400\,mL\times\frac{1\,L\ \text{محلول}}{1000\,mL\ \text{محلول}}\times\frac{2/5\times10^{-3}\,mol\,Cr(NO_3)_3}{1\,L\ \text{محلول}}\times\frac{3\,mol\,NO_3^-}{1\,mol\,Cr(NO_3)_3}\times\frac{62\,g\,NO_3^-}{1\,mol\,NO_3^-}\times\frac{1000\,mg\,NO_3^-}{1\,g\,NO_3^-}=186\,mg\,NO_3^-$$

$$\text{ppm}=\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 600=\frac{186}{x}\Rightarrow x=0/31\,L=310\,mL\qquad \text{حجم آب تبخیرشده}=400-310=90\,mL$$

B ۶۶۵ ۴ ابتدا حجم و مقدار مول حل‌شونده در هر محلول را جداگانه حساب می‌کنیم:

$$\text{حجم محلول : محلول اول}=4000\,g\times\frac{1\,mL}{1\,g}\times\frac{1\,L}{1000\,mL}=4\,L\,,\ ?\,mol\,NaOH=4000\,g\ \text{محلول}\times\frac{80\,g\,NaOH}{10^6\,g\ \text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,NaOH}{40\,g\,NaOH}=0/008\,mol\,NaOH$$

$$\text{حجم محلول: محلول دوم}=1000\,g\times\frac{1\,mL}{1\,g}\times\frac{1\,L}{1000\,mL}=1\,L\,,\ ?\,mol\,NaOH=1000\,g\ \text{محلول}\times\frac{0/08\,g\,NaOH}{100\,g\ \text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,NaOH}{40\,g\,NaOH}=0/002\,mol\,NaOH$$

سپس غلظت مولی NaOH در محلول نهایی را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مجموع حجم مخلوط}=4+1=5\,L\qquad \text{مجموع مول NaOH}=0/008+0/02=0/028\,mol\qquad M=\frac{n}{V}=\frac{0/028\,mol}{5\,L}=0/0056\,mol.L^{-1}$$

B ۶۶۶ ۱ با توجه به چگالی محلول که برابر با ۱ گرم بر میلی‌لیتر بوده و رقیق بودن این محلول، می‌توان گفت در یک لیتر از این محلول به ازای غلظت ppm، میلی‌گرم حل‌شونده وجود دارد؛ بنابراین این محلول مساوی ۷۸۰ میلی‌گرم از نمک فسفات X در هر لیتر از خود است. همچنین با توجه به غلظت مولی فسفات، در یک لیتر از این محلول ۰/۰۰۳ مول یون فسفات وجود دارد. جرم این مقدار یون را حساب می‌کنیم:

$$0/003\,mol\,PO_4^{3-}\times\frac{95\,g\,PO_4^{3-}}{1\,mol\,PO_4^{3-}}=0/285\,g$$

بنابراین از ۰/۷۸ گرم نمک موجود در هر لیتر از محلول مورد نظر، ۰/۲۸۵ گرم آن مربوط به یون فسفات و مابقی آن (معادل ۰/۴۹۵ گرم) مربوط به یون X است؛ بر این اساس مقدار مول یون را به‌دست می‌آوریم:

$$0/495\,g\,X\times\frac{1\,mol\,X}{55\,g\,X}=0/009\,mol\,X$$

از این‌رو در هر لیتر از این محلول مقدار ۰/۰۰۹ یون X وجود دارد که ۳ برابر مول یون‌های فسفات (PO_4^{3-}) است. رابطهٔ زیر میان بار یون‌ها و تعداد یون‌ها در ترکیبات یونی برقرار است:

$$\frac{\text{قدر مطلق بار کاتیون}}{\text{قدر مطلق بار آنیون}}=\frac{\text{تعداد آنیون}}{\text{تعداد کاتیون}}\Rightarrow\frac{x}{3}=\frac{1}{3}\Rightarrow x=1$$

در نتیجه کاتیون مورد نظر به صورت X^+ است.

B ۶۶۷ ۱ مقدار یون Na^+ را در محلول $NaNO_3$ به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مول}\ Na^+=0/02\times2=0/04\,mol\,Na^+$$

حجم محلول Na_2SO_4 را برابر V لیتر فرض کرده و مقدار مول یون Na^+ را حساب می‌کنیم:

$$\text{مول}\ Na^+=0/04\times2\times V=0/08V\,mol\,Na^+$$

با توجه به رابطهٔ غلظت ppm، مقدار V را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت ppm یون}\ Na^+=\frac{\text{جرم یون}\ Na^+}{\text{جرم کل محلول}}\times10^6\Rightarrow1120=\frac{(0/04+0/08V)\times23}{(2000\times1/06)+(1000\,V\times1/21)}\times10^6\Rightarrow V=3\,L$$

در محلول $NaNO_3$ ، 0/04 $(0/02\times2)$ مول یون NO_3^- و در محلول Na_2SO_4 ، 0/12 $(0/04\times3)$ مول یون SO_4^{2-} وجود دارد، بنابراین مجموع غلظت مولی آنیون‌ها برابر است با:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول}}=\frac{0/04+0/12}{2+3}=0/032\,mol.L^{-1}$$

B ۶۶۸ ۳ ابتدا با توجه به اطلاعات داده شده، جرم حل شونده و جرم محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم NaOH}=0/5\,L\ \text{محلول}\times\frac{2\,mol\,NaOH}{1\,L\ \text{محلول}}\times\frac{40\,g\,NaOH}{1\,mol\,NaOH}=40\,g\,NaOH$$

دقت کنید که در اثر افزودن آب، جرم NaOH ثابت و برابر با ۴۰g باقی می‌ماند.

$$\text{جرم محلول}=500\,mL\ \text{محلول}\times\frac{1/2\,g\ \text{محلول}}{1\,mL\ \text{محلول}}=600\,g\ \text{محلول}$$

اکنون با توجه به درصد جرمی NaOH در محلول رقیق شده، می‌توان جرم آب اضافه شده به محلول را به دست آورد:

$$\text{درصد جرمی NaOH}=\frac{\text{جرم NaOH}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰ \Rightarrow ۵=\frac{۴۰}{۶۰۰+x}\times ۱۰۰ \Rightarrow ۶۰۰+x=۸۰۰ \Rightarrow x=۲۰۰g$$

B ۶۶۹ ۲ در محلول‌های رقیق، در صورتی که از جرم حل‌شونده در مقایسه با جرم حلال صرف‌نظر شود و همچنین از تغییر حجم محلول بر اثر انحلال صرف‌نظر شود و حجم حلال یکسان و حل‌شونده مشابه باشد، نسبت درصد جرمی دو محلول و نسبت غلظت مولی آن‌ها با یکدیگر برابر خواهد بود:

$$\text{غلظت مولی }(C_M)=\frac{\text{درصد جرمی}\times \text{چگالی}\times ۱۰}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{C_{M_۱}}{C_{M_۲}}=\frac{\frac{۱۰a_۱d_۱}{M_۱}}{\frac{۱۰a_۲d_۲}{M_۲}} \xrightarrow{d_۱=d_۲ ,\ M_۱=M_۲} \frac{C_{M_۱}}{C_{M_۲}}=\frac{a_۱}{a_۲}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): تفاوت جرم محلول (۲) و جرم محلول (۱) برابر ۰/۵g (۱−۰/۵) است و جرم مولی حل‌شونده مشخص نیست؛ پس دربارهٔ درستی این گزاره نمی‌توان اظهارنظر کرد. گزینهٔ (۳): با نصف شدن حجم حلال، حجم محلول نصف‌شده و غلظت حل‌شونده در هر دو محلول (۱) و (۲) دو برابر می‌شود؛ به عبارت دیگر نسبت افزایش غلظت‌ها یکسان بوده اما چون مقدار اولیهٔ غلظت مولی محلول‌ها برابر نیست، مقدار افزایش غلظت محلول‌ها متفاوت خواهد بود. گزینهٔ (۴):

$$\text{درصد جرمی محلول (۱)}=\frac{\text{جرم حل‌شوندهٔ (۱)}}{\text{جرم محلول (۱)}}=\frac{۰/۵g}{۲۵g}\times ۱۰۰=٪۲ \quad , \quad \text{درصد جرمی محلول نهایی}=\frac{\text{مجموع جرم حل‌شونده‌ها}}{\text{مجموع جرم محلول‌ها}}\times ۱۰۰=\frac{۰/۵g+۱g}{۵۰g}=٪۳$$

نسبت درصد جرمی محلول نهایی به محلول (۱) برابر ۱/۵ $\left(\frac{۳}{۲}\right)$ است.

C ۶۷۰ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ابتدا غلظت مولی محلول (۴) و محلول (۳) را به کمک رابطهٔ «غلظت مولی $=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}$» محاسبه می‌کنیم و سپس نسبت آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی محلول (۴)}=\frac{۳\times ۰/۰۲۵}{۲۵\times ۱۰^{-۳}}=۳mol.L^{-۱} \ , \ \text{غلظت مولی محلول (۳)}=\frac{۵\times ۰/۰۲۵}{۵۰\times ۱۰^{-۳}}=۲/۵mol.L^{-۱} \Rightarrow \frac{\text{غلظت مولی محلول (۴)}}{\text{غلظت مولی محلول (۳)}}=\frac{۳}{۲/۵}=۱/۲$$

عبارت دوم: با اضافه کردن محلول‌های (۱) و (۳) به یکدیگر، حجم دو برابر شده (از ۵۰mL به ۱۰۰mL) و چون حل‌شونده‌ها متفاوت هستند، غلظت هر دو نصف می‌شود.

عبارت سوم: اگر جرم مولی حل‌شوندهٔ موجود در محلول‌های (۱) و (۲) را به ترتیب $M_۱$ و $M_۲$ در نظر بگیریم، برای دو محلول خواهیم داشت:

$$\text{جرم محلول (۱)}=\text{جرم حل‌شونده}+\text{جرم حلال} = ۹\times ۰/۰۲۵\times M_۱ + \text{جرم حلال}$$

$$\text{جرم محلول (۲)}=\text{جرم حل‌شونده}+\text{جرم حلال} = ۱۲\times ۰/۰۲۵\times M_۲ + \text{جرم حلال}$$

از آنجا که حجم حلال در هر دو محلول یکسان است، پس جرم حلال هم برابر می‌باشد؛ بنابراین جرم حل‌شوندهٔ موجود در محلول‌ها نیز یکسان است.

$$\text{جرم حل‌شوندهٔ محلول (۱)} = \text{جرم حل‌شوندهٔ محلول (۲)} \Rightarrow ۹\times ۰/۰۲۵\times M_۱ = ۱۲\times ۰/۰۲۵\times M_۲ \Rightarrow \frac{M_۲}{M_۱}=۰/۷۵$$

عبارت چهارم: جرم مولی حل‌شوندهٔ موجود در محلول‌های (۲) و (۵) را به ترتیب $M_۲$ و $M_۵$ در نظر می‌گیریم و غلظت ppm هر محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت ppm محلول (۵)}=\frac{۸\times ۰/۰۲۵\times M_۵}{۲۵}\times ۱۰^۶=۸\times ۱۰^۳ M_۵ \qquad \text{غلظت ppm محلول (۲)}=\frac{۱۲\times ۰/۰۲۵\times M_۲}{۵۰}\times ۱۰^۶=۶\times ۱۰^۳ M_۲$$

اگر جرم مولی حل‌شوندهٔ محلول (۵)، ۰/۷۵ برابر جرم مولی حل‌شوندهٔ محلول (۲) باشد، غلظت ppm هر دو محلول برابر خواهد بود.

$$\text{غلظت ppm محلول (۵)}=۸\times ۱۰^۳ M_۵ \xrightarrow{M_۵=۰/۷۵M_۲} ۸\times ۱۰^۳\times ۰/۷۵M_۲=۶\times ۱۰^۳ M_۲$$

غلظت ppm محلول (۵) با غلظت ppm محلول (۲) برابر شد.

B ۶۷۱ ۱ ابتدا حجم محلول اولیه را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مول حل‌شونده محلول اولیه}=۶۰۰mL\times\frac{۸mol\ NaOH}{۱۰۰۰mL}=۴/۸mol\ NaOH$$

$$\text{حجم محلول اولیه}=۷۵۰g\times\frac{۱mL}{۱/۲۵g}=۶۰۰mL$$

با اضافه کردن محلول، غلظت اولیه ۲ مولار کاهش می‌یابد. (یعنی از ۸ مولار به ۶ مولار می‌رسد).

$$\text{غلظت مولی محلول نهایی}=\frac{\text{مجموع مول‌های حل‌شونده}}{\text{مجموع حجم‌های محلول}} \Rightarrow ۶=\frac{(۴/۸+x)mol}{(۰/۶+۰/۴)L} \Rightarrow x=۱/۲mol$$

اکنون از رابطهٔ زیر، درصد جرمی محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$M=\frac{\text{درصد جرمی}\times \text{چگالی}\times ۱۰}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow ۳=\frac{۱۰\times a\times ۱/۲}{۴۰} \Rightarrow a=٪۱۰$$

$$M=\frac{n}{V} \Rightarrow \frac{۱/۲mol}{۰/۴L}=۳mol.L^{-۱}$$

B ۶۷۲ ۳ ابتدا جرم حل‌شوندهٔ نهایی را از طریق فرمول مقابل به دست می‌آوریم: $m(\text{گرم نهایی})=m_1\times\frac{a_1}{100}+m_2\times\frac{a_2}{100}=300\times\frac{60}{100}+200\times\frac{35}{100}=180+70=250g$

حالا طبق رابطهٔ چگالی، حجم محلول را به دست می‌آوریم: $\text{چگالی}=\frac{m}{V}\Rightarrow 1/25=\frac{500}{V}\Rightarrow V=400mL$

در گام آخر فرمول مولاریته را نوشته و طبق آن جرم مولی حل‌شونده (نمک x) را به دست می‌آوریم:

$$M(\text{مولاریته})=\frac{\text{mol حل‌شونده}}{V\text{ محلول}}\Rightarrow\frac{\frac{\text{گرم حل‌شونده}}{\text{جرم مولی حل‌شونده}}}{\text{حجم محلول}}\Rightarrow 8/375=\frac{(\frac{250}{\text{جرم مولی حل‌شونده}})mol}{0/4L}\Rightarrow\text{جرم مولی حل‌شونده}\Rightarrow 74/5\Rightarrow KCl$$

B ۶۷۳ ۲ با توجه به اینکه غلظت مولی دو نمک برابر است می‌توان دریافت شمار مول‌های نمک Na_2S و NaF در محلول با یکدیگر برابر است. شمار مول هر نمک را برابر x در نظر گرفته و جرم هر یک را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم NaF}=x\ mol\times\frac{42g\ NaF}{1\ mol\ NaF}=42x\ NaF \qquad \text{جرم } Na_2S=x\ mol\times\frac{78g\ Na_2S}{1\ mol\ Na_2S}=78x\ Na_2S$$

با توجه به اطلاعات سؤال، مجموع جرم این دو نمک برابر با ۶ گرم است: $\text{مجموع جرم نمک‌ها}=78x+42x=6\Rightarrow 120x=6\Rightarrow x=0/05mol$

اکنون می‌توان غلظت ppm یون سولفید را محاسبه کرد: $Na_2S(aq)\rightarrow 2Na^+(aq)+S^{2-}(aq)$

شمار مول یون S^{2-} برابر شمار مول Na_2S و برابر ۰/۰۵ مول است. $ppm\ (S^{2-})=\frac{\text{جرم } S^{2-}}{\text{جرم محلول}}\times 10^6=\frac{(0/05\times 32)g\ S^{2-}}{500}\times 10^6=3200ppm$

B ۶۷۴ ۱ ابتدا معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش را نوشته و سپس به کمک داده‌های مسئله جرم N_2O_5 اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$N_2O_5(g)+H_2O(l)\rightarrow 2HNO_3(aq) \qquad \text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 3/25=\frac{n}{0/4}\Rightarrow n=1/3\ mol\ HNO_3$$

روش اول (کسر تبدیل): $?\ g\ N_2O_5=1/3mol\ HNO_3\times\frac{1\ mol\ N_2O_5}{2\ mol\ HNO_3}\times\frac{108g\ N_2O_5}{1\ mol\ N_2O_5}=70/2g\ N_2O_5$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{مول } HNO_3}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم } N_2O_5}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{1/3}{2}=\frac{x}{108\times 1}\Rightarrow x=70/2g\ N_2O_5$

C ۶۷۵ ۲ فرمول درصد جرمی محلول‌ها به صورت مقابل است: $w/w=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 100=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حل‌شونده+جرم حلال}}\times 100\Rightarrow w/w_2-w/w_1=15$

با توجه به فرض سؤال داریم: فرض سؤال را با توجه به کسر دوم تعریف درصد جرمی بسط می‌دهیم. (جرم آب اولیه $=m$):

$$\frac{15}{\frac{m}{2}+15}\times 100-\frac{15}{m+15}\times 100=15\Rightarrow\frac{100}{\frac{m}{2}+15}-\frac{100}{m+15}=1\Rightarrow\frac{200}{m+30}=\frac{m+115}{m+15}\Rightarrow(m+30)(m+115)=200(m+15)$$

$$\Rightarrow m^2+145m+3450=200m+3000\Rightarrow m^2-55m+450=0\Rightarrow(m-10)(m-45)=0\Rightarrow m=10\text{ یا }45$$

با توجه به فرض سؤال، جرم حلال (آب) از جرم حل‌شونده بیشتر است. بنابراین مقدار $m=10$ برای جرم آب قابل‌قبول نیست.

$$d(\text{چگالی})=\frac{m(\text{جرم})}{V(\text{حجم})}\Rightarrow 1/25=\frac{15+45}{V}\Rightarrow V=48mL=48\times 10^{-3}\ L$$

در نهایت غلظت مولی نمک A را می‌توان محاسبه کرد: $M=\frac{n}{V(\text{محلول})}\Rightarrow M_A=\frac{\frac{15}{75}}{48\times 10^{-3}}\simeq 4/16mol.L^{-1}$

C ۶۷۶ ۳ تعداد مول منیزیم سولفات را برابر x و تعداد مول منیزیم نیترات را برابر y در نظر می‌گیریم.

$$x\ mol\ MgSO_4\times\frac{1\ mol\ Mg^{2+}}{1\ mol\ MgSO_4}=x\ mol\ Mg^{2+} \qquad y\ mol\ Mg(NO_3)_2\times\frac{1\ mol\ Mg^{2+}}{1\ mol\ Mg(NO_3)_2}=y\ mol\ Mg^{2+}$$

تعداد مول یون منیزیم در این مخلوط، برابر است با: $M=\frac{\text{مقدار مول یون منیزیم}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 0/5=\frac{x+y}{0/11}\Rightarrow x+y=0/055 \quad (I)$

جرم منیزیم سولفات و منیزیم نیترات و یون سولفات در مخلوط اولیه برابر است با: $?\ g\ MgSO_4=x\ mol\ MgSO_4\times\frac{120g\ MgSO_4}{1\ mol\ MgSO_4}=120x\ g\ MgSO_4$

$$?\ g\ Mg(NO_3)_2=y\ mol\ Mg(NO_3)_2\times\frac{148g\ Mg(NO_3)_2}{1\ mol\ Mg(NO_3)_2}=148y\ g\ Mg(NO_3)_2$$

$$?\,g\,SO_4^{2-} = x\,mol\,MgSO_4 \times \frac{1\,mol\,SO_4^{2-}}{1\,mol\,MgSO_4} \times \frac{96\,g\,SO_4^{2-}}{1\,mol\,SO_4^{2-}} = 96x\,g\,SO_4^{2-}$$

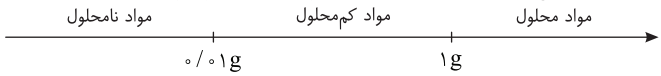
$$\text{درصد جرمی یون سولفات} = \frac{\text{جرم یون سولفات}}{\text{جرم منیزیم نیترات} + \text{جرم منیزیم سولفات}} \times 100 \Rightarrow 6 = \frac{96x}{120x+148y} \times 100 \Rightarrow 10x = y \qquad (II)$$

با توجه به روابط (I) و (II) داریم: $x+y=0/055, 10x=y \Rightarrow x=0/005, y=0/05$

جرم مخلوط برابر است با: $\text{جرم مخلوط اولیه} = (0/005\,mol\,MgSO_4 \times \frac{120\,g\,MgSO_4}{1\,mol\,MgSO_4}) + (0/05\,mol\,Mg(NO_3)_2 \times \frac{148\,g\,Mg(NO_3)_2}{1\,mol\,Mg(NO_3)_2})$

$= 0/6\,g\,MgSO_4 + 7/4\,g\,Mg(NO_3)_2 = 8\,g$

A ۶۷۷ ۱ شیمی‌دان‌ها بیشترین مقدار از یک حل‌شونده را که در دمای معین، در ۱۰۰ گرم حلال حل می‌شود، انحلال‌پذیری آن ماده می‌نامند. در این عبارت، واژهٔ «بیشترین» نشان‌دهندهٔ رسیدن محلول به حالت سیرشده است، محلولی که نمی‌تواند حل‌شوندهٔ بیشتری را در خود حل کند. شیمی‌دان‌ها مواد حل‌شوندهٔ جامد را بر اساس انحلال‌پذیری در آب و در دمای اتاق به‌صورت مقابل دسته‌بندی می‌کنند:



B ۶۷۸ ۳ از آنجایی که در این واکنش یک محلول به مخلوط تبدیل شده است، می‌توان نتیجه گرفت ترکیب M در آب نامحلول و دو ترکیب A و D در آب محلول هستند. بنابراین مقایسهٔ انحلال‌پذیری این مواد به‌صورت $M<A, D$ است.

B ۶۷۹ ۱

نکته ترکیبی • **مواد کم‌محلول در آب:** انحلال‌پذیری این مواد بین ۰/۰۱ تا ۱ گرم در هر ۱۰۰ گرم آب است. در سطح کتاب درسی، کلسیم سولفات ($CaSO_4$) و الکل‌های دارای ۶ تا ۸ اتم کربن جزء مواد کم محلول محسوب می‌شوند.

• **مواد نامحلول در آب:** انحلال‌پذیری این دسته از مواد، کمتر از ۰/۰۱ گرم در هر ۱۰۰ گرم آب است.

نام	فرمول شیمیایی	نام	فرمول شیمیایی
نقره کلرید	$AgCl$	منیزیم هیدروکسید	$Mg(OH)_2$
باریم سولفات	$BaSO_4$	نمک‌های کلسیم اسید چرب	$(C_xH_yCOO)_2Ca$
کلسیم فسفات	$Ca_3(PO_4)_2$	نمک‌های منیزیم اسید چرب	$(C_xH_yCOO)_2Mg$
آهن (II) هیدروکسید	$Fe(OH)_2$	هیدروکربن‌ها	C_xH_y
آهن (III) هیدروکسید	$Fe(OH)_3$	الکل‌های دارای ۹ اتم کربن و بیشتر	$C_nH_{2n+1}OH$

موارد اول و ششم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. شکر، سدیم نیترات و سدیم کلرید جزء ترکیب‌های محلول در آب، کلسیم سولفات جزء ترکیب‌های کم‌محلول در آب، کلسیم فسفات، نقره کلرید و باریم سولفات جزء ترکیب‌های نامحلول در آب هستند؛ بنابراین موارد اول و ششم، عبارت داده شده را به‌درستی تکمیل می‌کند.

* **توجه** استون و اتانول به هر نسبتی در آب حل می‌شوند و نمی‌توان محلول سیرشدهٔ این ترکیب‌ها را در آب تهیه کرد.

C ۶۸۰ ۲ اگر جرم مادهٔ اضافه شده برابر با ۵/۳۵ گرم باشد و ۵/۳۳۵ گرم از آن رسوب کند، پس ۰/۰۱۵ گرم از این ترکیب در آب حل شده است، پس انحلال‌پذیری این ترکیب برابر است با: $\frac{0/015\,g\,\text{نمک}}{12/5\,g\,\text{آب}} = \frac{x\,g\,\text{نمک}}{100\,g\,\text{آب}} \Rightarrow x=0/12$

بنابراین این نمک، کم‌محلول است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اگر جرم مادهٔ اضافه شده برابر با ۶ گرم باشد و ۵/۹۹۶ گرم از آن رسوب کند، پس ۰/۰۰۴ گرم از این ترکیب در آب حل شده است، پس انحلال‌پذیری این ترکیب برابر است با: $\frac{0/004\,g\,\text{نمک}}{12/5\,g\,\text{آب}} = \frac{x\,g\,\text{نمک}}{100\,g\,\text{آب}} \Rightarrow x=0/032$

بنابراین این نمک، کم‌محلول است. گزینهٔ (۳): اگر جرم مادهٔ اضافه شده برابر با ۸/۵ گرم باشد و ۸/۳۸ گرم از آن رسوب کند، پس ۰/۱۲ گرم از این ترکیب در آب حل شده است، پس انحلال‌پذیری این ترکیب برابر است با: $\frac{0/12\,g\,\text{نمک}}{12/5\,g\,\text{آب}} = \frac{x\,g\,\text{نمک}}{100\,g\,\text{آب}} \Rightarrow x=0/96$

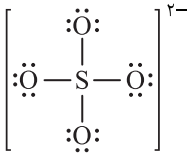
بنابراین این نمک، کم‌محلول است. گزینهٔ (۴): اگر جرم مادهٔ اضافه شده برابر با ۳/۲ گرم باشد و ۳/۱۸ گرم از آن رسوب کند، پس ۰/۰۲ گرم از این ترکیب در آب حل شده است، پس انحلال‌پذیری این ترکیب برابر است با: $\frac{0/02\,g\,\text{نمک}}{12/5\,g\,\text{آب}} = \frac{x\,g\,\text{نمک}}{100\,g\,\text{آب}} \Rightarrow x=0/16$

بنابراین این نمک، کم‌محلول است.

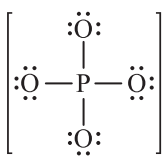
B ۶۸۱ ۱ نقاط B و D نشان‌دهندهٔ یک محلول سیرشده، نقطهٔ C نشان‌دهندهٔ یک محلول سیرنشده و نقطهٔ A نشان‌دهندهٔ یک محلول فراسیرشده است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): نقطهٔ A نشان‌دهندهٔ یک محلول فراسیرشده بوده که نشان از حل شدن حل‌شونده بیشتر از مقدار انحلال‌پذیری است. گزینهٔ (۳): محلول در حالت C سیرنشده است که با حل کردن بیشتر حل‌شونده در آن، یک محلول سیرشده ایجاد می‌شود. گزینهٔ (۴): با افزایش دما انحلال‌پذیری افزایش یافته؛ بنابراین انحلال گرماگیر است. محلول در حالت D سیرشده است. با سرد کردن آهسته محلول مقدار انحلال‌پذیری کمتر شده و یک محلول فراسیرشده ایجاد می‌شود.

B ۶۸۲ ۳ فراورده‌های واکنش گفته شده آمونیوم کلرید و کلسیم سولفات هستند که اولی محلول در آب و دومی کم‌محلول است. انحلال‌پذیری کلسیم سولفات در دمای اتاق بین ۰/۰۱ تا ۱ گرم در هر ۱۰۰ گرم آب است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): گیاهان برای رشد مناسب، افزون‌بر CO_2 و H_2O به عنصرهایی مانند S، P، N و ... نیاز دارند. آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

گزینهٔ (۲): آنیون سازندهٔ آمونیوم سولفات همان یون سولفات با فرمول SO_4^{2-} است. ساختار لوویس یون‌های سولفات و فسفات (PO_4^{3-}) به‌صورت زیر است:



$$\Rightarrow \frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}}=\frac{۱۲}{۴}=۳$$



$$\Rightarrow \frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}}=\frac{۱۲}{۴}=۳$$

گزینهٔ (۴): با توجه به قیمت برابر، هر چه درصد جرمی نیتروژن در یک کود بیشتر باشد، مقدار بیشتری از این عنصر در آن کود یافت می‌شود؛ بنابراین برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه مناسب‌تر است:

$$\text{در } (NH_4)_2SO_4\ \%N=\frac{\text{جرم اتم‌های N در هر مول}}{\text{جرم مولی}}\times ۱۰۰=\frac{۲\times ۱۴}{(۲\times ۱۴)+(۸\times ۱)+(۱\times ۳۲)+(۴\times ۱۶)}\times ۱۰۰=\frac{۲۸}{۱۳۲}\times ۱۰۰\simeq \%۲۱$$

$$\text{در } KNO_3\ \%N=\frac{\text{جرم اتم‌های N در هر مول}}{\text{جرم مولی}}\times ۱۰۰=\frac{۱\times ۱۴}{(۱\times ۳۹)+(۱\times ۱۴)+(۳\times ۱۶)}\times ۱۰۰=\frac{۱۴}{۱۰۱}\times ۱۰۰\simeq \%۱۴$$

بنابراین آمونیوم سولفات کود به‌صرفه‌تری برای تهیهٔ نیتروژن مورد نیاز گیاه است.

B ۶۸۳ ۱ فقط عبارت (ت) نادرست است. آمارها نشان می‌دهند که نزدیک به ۳ درصد از جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند. این بیماری افزون‌بر زمینهٔ ژن‌شناختی می‌تواند به دلیل تغذیهٔ نامناسب، کم‌تحرکی، مصرف بیش از حد نمک خوراکی، نوشیدن کم آب، مصرف پروتئین حیوانی و لبنیات و نیز اختلالات هورمونی ایجاد شود. اغلب سنگ‌های کلیه از رسوب کردن برخی نمک‌های کلسیم‌دار در کلیه‌ها تشکیل می‌شوند. مقدار این نمک‌ها در ادرار افراد سالم از انحلال‌پذیری آن‌ها کمتر است، به همین دلیل این نمک‌ها در جریان تولید و دفع ادرار در بدن افراد سالم رسوب نمی‌کند، اما در افرادی که به سنگ کلیه مبتلا می‌شوند، مقدار این نمک‌ها در ادرار از انحلال‌پذیری آن‌ها بیشتر است، به همین دلیل این نمک‌ها رسوب کرده و به تدریج تبدیل به سنگ کلیه می‌شوند.

B ۶۸۴ ۱ انحلال‌پذیری $NaNO_3$ در دمای $۲۰^\circ C$ برابر ۹۰ گرم است. بدین معنا که در این دما حداکثر ۹۰ گرم از این ترکیب در ۱۰۰ گرم آب حل‌شده و ۱۹۰ گرم محلول سیرشده تشکیل می‌شود. قسمت اول:

$$?\,g\ NaNO_3=۲۲۸g\ \text{محلول}\times\frac{\text{نمک }۹۰g}{\text{محلول }۱۹۰g}=۱۰۸g\ \text{نمک}$$

قسمت دوم:

$$?\,mol\ H_2O=۲۲۸g\ \text{محلول}\times\frac{\text{آب }۱۰۰g}{\text{محلول }۱۹۰g}\times\frac{۱\,mol\ H_2O}{۱۸g\ H_2O}\simeq ۶/۷\,mol\ H_2O$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۲۲۸\times ۹۰}{۱۹۰}=?\xrightarrow[\text{و ۱۹۰اعداد ۲۴۰ و ۲۰۰ می‌گیرد}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌سازی به جای ۲۲۸}}\frac{\overset{۱/۲}{۲۴۰}\times ۹۰}{۲۰۰}=۱/۲\times ۹۰=۱۰۸$$

$$\frac{۲۲۸\times ۱۰۰}{۱۹۰\times ۱۸}=?\xrightarrow[\text{و ۱۹۰اعداد ۲۴۰ و ۲۰۰ می‌گیرد}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌سازی به جای ۲۲۸}}\frac{\overset{۱/۲}{۲۴۰}\times ۱۰۰}{۲۰۰\times ۱۸}=\frac{۱/۲\times ۱۰۰}{۱۸}=\frac{۱۲۰}{۱۸}=\frac{۲۰}{۳}=۶/۷$$

B ۶۸۵ ۱ به حداکثر مقدار مادهٔ حل‌شده از یک ترکیب در ۱۰۰ گرم حلال در دمای معین، انحلال‌پذیری آن ترکیب گفته می‌شود.

$$\frac{۳۶g\ NaCl}{۱۰۰g\ \text{حلال}}=\frac{x\ g\ NaCl}{۱۲۵g\ \text{حلال}}\Rightarrow x=۴۵\Rightarrow \text{جرم محلول}=۴۵+۱۲۵=۱۷۰g$$

$$\text{جرم NaCl ته ظرف}=۵۰-۴۵=۵g\ NaCl$$

B ۶۸۶ ۳

$$\frac{۱۵g\ Li_2SO_4}{۱۱۵g\ \text{محلول}}=\frac{x\ g\ Li_2SO_4}{۲۵۳g\ \text{محلول}}\Rightarrow x=۳۳g\ Li_2SO_4$$

$$?Li^+=۳۳g\ Li_2SO_4\times\frac{۱\,mol\ Li_2SO_4}{۱۱۰g\ Li_2SO_4}\times\frac{۲mol\ Li^+}{۱\,mol\ Li_2SO_4}\times\frac{۶\times ۱۰^{۲۳}\ ion\ Li^+}{۱\,mol\ Li^+}=۳/۶\times ۱۰^{۲۳}\ ion\ Li^+$$

B ۶۸۷ ۲ در هر مولکول شکر با فرمول $C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$، تعداد ۴۵ اتم وجود دارد. ابتدا مقدار m را که برابر با مقدار شکر حل‌نشده است به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}=۵/۴۱۸\times ۱۰^{۲۴}\ atom\times\frac{۱\,mol\ atom}{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}\ atom}\times\frac{۱\,mol\ C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}}{۴۵\,mol\ atom}\times\frac{۳۴۲g\ C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}}{۱\,mol\ C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}}=۶۸/۴gC_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{شمار اتم‌ها}}{N_A\times\text{تعداد اتم‌ها در هر مولکول}}\Rightarrow\frac{m}{۳۴۲}=\frac{۵/۴۱۸\times ۱۰^{۲۴}}{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}\times ۴۵}\Rightarrow m=۶۸/۴g\ C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$$

با توجه به مقدار m می‌توان گفت که ۶۱۵g (۶۸/۴−۶۸۳/۴) شکر در آب حل شده است. با توجه به اینکه در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۲۰۵ گرم شکر حل می‌شود و ۳۰۵ گرم محلول سیرشده حاصل می‌شود، خواهیم داشت:

$$?\,g\ \text{محلول}=۶۱۵g\ \text{حل‌شونده}\times\frac{\text{محلول }۳۰۵\,g}{\text{حل‌شونده }۲۰۵g}=۹۱۵g\ \text{محلول}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۵/۴۱۸\times ۱۰^{۲۴}\times ۳۴۲}{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}\times ۴۵}=??\xrightarrow[\text{و ۶/۰۲اعداد ۵/۴ و ۶ می‌گیرد}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌سازی به جای ۵/۴۱۸}}\frac{\overset{۹}{۵/۴\times ۱۰^{۲۴}}\times ۳۴۲}{۶\times ۱۰^{۲۳}\times\underset{۵}{۴۵}}=\frac{\overset{۹}{۹}\times ۳۴۲}{\underset{۵}{۴۵}}=\frac{۳۴۲}{۵}\xrightarrow[\text{ضرب شود}]{\text{صورت و مخرج در ۲}}\frac{۳۴۲\times ۲}{\underset{۱۰}{۵\times ۲}}=\frac{۶۸۴}{۱۰}=۶۸/۴$$

B ۶۸۸ ۴ $\text{جرم حل شونده} = ۰/۶\text{mol KNO}_۳ \times \frac{۱۰۱\text{g KNO}_۳}{۱\text{mol KNO}_۳} = ۶۰/۶\text{g KNO}_۳ \Rightarrow \text{جرم حلال} = ۱۷۰/۶ - ۶۰/۶ = ۱۱۰\text{g}$ حلال

$\frac{۷۰\text{g KNO}_۳}{۱۰۰\text{g حلال}} = \frac{x\text{ g KNO}_۳}{۱۱۰\text{g حلال}} \Rightarrow x = ۷۷\text{g KNO}_۳$

از آنجایی که جرم پتاسیم نیترات ($KNO_۳$) حل شده در محلول (۶۰/۶g) از حداکثر جرم قابل حل در ۱۱۰ گرم حلال (۷۷g) کمتر است، پس محلول سیرنشده است و برای تبدیل آن به محلول سیرشده به ۱۶/۴g (۷۷ − ۶۰/۶) پتاسیم نیترات نیاز است.

B ۶۸۹ ۴ پرسش (الف): ابتدا جرم نمک A حل شده را محاسبه کرده و انحلال‌پذیری آن را در ۱۰۰ گرم آب به دست می‌آوریم:

$?\text{g A} = ۰/۱۵\text{mol A} \times \frac{۸۵\text{g A}}{۱\text{mol A}} = ۱۲/۷۵\text{g A}, \quad \frac{۱۲/۷۵\text{g A نمک}}{۱۵\text{g H}_۲\text{O}} = \frac{x\text{ g A نمک}}{۱۰۰\text{g H}_۲\text{O}} \Rightarrow x = ۸۵\text{g A نمک}$

پرسش (ب): $\frac{۳۰\text{g نمک}}{۲۴۰\text{g حلال}} = \frac{x\text{ g نمک}}{۱۰۰\text{g حلال}} \Rightarrow x = ۱۲/۵\text{g}$ $\text{جرم حلال} = ۲۷۰ - ۳۰ = ۲۴۰\text{g}$ حلال

پرسش (پ): در محلول‌های بسیار رقیق می‌توان از جرم حل‌شونده در مقابل جرم حلال صرف‌نظر کرد.

$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ \xrightarrow{\text{جرم حل‌شونده} << \text{جرم حلال}} \text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow ۶۰ = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{۱۰۰\text{g}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow \text{جرم حل‌شونده} = ۶ \times ۱۰^{-۳}\text{ g}$

B ۶۹۰ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): انحلال‌پذیری شکر، ۲۰۵ گرم حل‌شونده در هر ۱۰۰ گرم آب است، پس مقدار ۱۰۲/۵ گرم شکر در هر ۵۰ گرم آب حل می‌شود؛ بنابراین با حل کردن ۱۰۰ گرم شکر در ۵۰ گرم آب یک محلول سیرنشده به‌دست می‌آید. عبارت (ب): مقدار انحلال‌پذیری سدیم کلرید، ۳۶ گرم حل‌شونده در هر ۱۰۰ گرم آب است، پس مقدار ۷/۲ گرم سدیم کلرید در هر ۲۰ گرم آب حل می‌شود؛ بنابراین در اثر انحلال ۸ گرم سدیم کلرید در ۲۰ گرم آب، ۰/۸ گرم از آن به‌صورت حل‌نشده باقی می‌ماند. عبارت (پ): انحلال‌پذیری سدیم نیترات، ۹۲ گرم حل‌شونده در هر ۱۰۰ گرم آب است، پس مقدار ۱۳۸ گرم سدیم نیترات در هر ۱۵۰ گرم آب حل می‌شود؛ بنابراین برای سیر شدن محلولی که از حل شدن ۱۱۹ گرم سدیم نیترات در ۱۵۰ گرم آب تشکیل شده است، نیاز به ۱۹ گرم سدیم نیترات است. عبارت (ت): انحلال‌پذیری نقره کلرید، $۲/۱ \times ۱۰^{-۴}$ گرم حل‌شونده در هر ۱۰۰ گرم آب است، پس غلظت ppm این نمک در محلول سیرشدهٔ آن به‌صورت مقابل محاسبه می‌شود:

$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow \text{ppm(AgCl)} = \frac{۲/۱ \times ۱۰^{-۴}}{۱۰۰} \times ۱۰^۶ = ۲/۱$

* **توجه** برای سادگی محاسبات، به‌دلیل جرم کم حل‌شونده در مقایسه با جرم حلال، در این محاسبه از مقدار آن در برابر جرم حلال صرف نظر شد.

C ۶۹۱ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. با توجه به اینکه انحلال‌پذیری سدیم کلرید در این شرایط برابر ۳۶ گرم در ۱۰۰ گرم آب است، پس در یک کیلوگرم آب که ۱۰۰۰ گرم جرم دارد، ۳۶۰ گرم سدیم کلرید حل می‌شود؛ بنابراین اگر ۴۱۶ گرم سدیم کلرید را در یک کیلوگرم آب بریزیم، مقداری از این نمک رسوب می‌کند. پس برای دست‌یابی به یک مخلوط همگن، یا باید مقداری آب به محلول اضافه کنیم و یا مقداری از نمک را خارج کنیم؛ بنابراین عبارت‌های دوم و چهارم بدون انجام محاسبات نادرست هستند.

بررسی عبارت اول: محاسبه می‌کنیم که در صورت اضافه کردن ۱۵/۵٪ مقدار حلال اولیه به محلول، در محلول حاصل در ۱۰۰ گرم حلال چند گرم سدیم کلرید وجود دارد:

$\text{مقدار آب اضافه شده} = ۱۰۰۰ \times \frac{۱۵/۵}{۱۰۰} = ۱۵۵\text{g آب}$

$\text{جرم نمک به‌ازای ۱۰۰ گرم آب در محلول جدید} = ۱۰۰\text{g آب} \times \frac{۴۱۶\text{g نمک}}{(۱۰۰۰ + ۱۵۵)\text{g آب}} \simeq ۳۶\text{g}$

بنابراین با این اقدام، مخلوط سیرشدهٔ همگن ایجاد می‌شود. **بررسی عبارت سوم:** $\text{مقدار نمک خارج شده} = ۴۱۶ \times \frac{۱۳/۵}{۱۰۰} \simeq ۵۶\text{g}$

$\text{جرم نمک به‌ازای ۱۰۰ گرم آب در محلول جدید} = ۱۰۰\text{g آب} \times \frac{(۴۱۶ - ۵۶)\text{g نمک}}{۱۰۰۰\text{g آب}} \simeq ۳۶\text{g نمک}$

بنابراین با این اقدام، مخلوط سیرشدهٔ همگن ایجاد می‌شود.

B ۶۹۲ ۴ قسمت اول: محلولی از این نمک را در نظر بگیرید که حاوی ۴ مول آب و ۰/۶ مول منیزیم کربنات است. ابتدا جرم آب و جرم منیزیم کربنات را محاسبه کرده و سپس به کمک آن انحلال‌پذیری این نمک را به‌دست می‌آوریم:

$?\text{g MgCO}_۳ = ۰/۶\text{mol CO}_۳^{۲-} \times \frac{۱\text{mol MgCO}_۳}{۱\text{mol CO}_۳^{۲-}} \times \frac{۸۴\text{g MgCO}_۳}{۱\text{mol MgCO}_۳} = ۵۰/۴\text{g MgCO}_۳$

$?\text{g H}_۲\text{O} = ۴\text{mol H}_۲\text{O} \times \frac{۱۸\text{g H}_۲\text{O}}{۱\text{mol H}_۲\text{O}} = ۷۲\text{g H}_۲\text{O}$ $\frac{۵۰/۴\text{g MgCO}_۳}{۷۲\text{g H}_۲\text{O}} = \frac{x\text{ g MgCO}_۳}{۱۰۰\text{g H}_۲\text{O}} \Rightarrow x = ۷۰\text{g MgCO}_۳$

قسمت دوم: ابتدا باید جرم یون منیزیم و جرم محلول را به‌دست آوریم:

$\text{جرم محلول} = \text{MgCO}_۳\text{ جرم} + \text{جرم آب} = ۵۰/۴ + ۷۲ = ۱۲۲/۴\text{g}$

$?\text{g Mg}^{۲+} = ۰/۶\text{ mol CO}_۳^{۲-} \times \frac{۱\text{ mol MgCO}_۳}{۱\text{ mol CO}_۳^{۲-}} \times \frac{۱\text{ mol Mg}^{۲+}}{۱\text{ mol MgCO}_۳} \times \frac{۲۴\text{g Mg}^{۲+}}{۱\text{ mol Mg}^{۲+}} = ۱۴/۴\text{g Mg}^{۲+}$

$\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم یون Mg}^{۲+}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ = \frac{۱۴/۴}{۱۲۲/۴} \times ۱۰^۶ \simeq ۱۱۷۰۰۰\text{ppm}$

B ۶۹۳ ۴ $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۳۶=\frac{x}{۲۰۰}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۷۲g\,CaCl_۲$

$\text{جرم آب در محلول سیرنشده}=۲۰۰-۷۲=۱۲۸g\Rightarrow\frac{۷۵g\,CaCl_۲}{۱۰۰g\,H_۲O}=\frac{y\,g\,CaCl_۲}{۱۲۸g\,H_۲O}\Rightarrow y=۹۶g\Rightarrow \text{مقدار نمک لازم}=۹۶-۷۲=۲۴g\,CaCl_۲$

B ۶۹۴ ۱ فرض می‌کنیم ۳ گرم سدیم هیدروکسید و ۵ گرم آب را با هم مخلوط کرده‌ایم: $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حلال + جرم حل‌شونده}}\times ۱۰۰=\frac{۳}{۳+۵}\times ۱۰۰=٪۳۷/۵$

اکنون برای محاسبهٔ غلظت مولار از فرمول تستی مقابل استفاده می‌کنیم: $\text{غلظت مولی}=\frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times ۱۰}{\text{جرم مولی}}=\frac{۱۰\times ۳۷/۵\times ۱/۶}{۴۰}=۱۵\ mol.L^{-۱}$

قسمت دوم: نخست انحلال‌پذیری را در دمای گفته شده به‌دست می‌آوریم. در ۱۰۰ گرم محلول ٪۳۷/۵ از NaOH، مقدار ۳۷/۵ گرم NaOH و ۶۲/۵ گرم آب وجود دارد. اکنون محاسبه می‌کنیم که در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر چند گرم NaOH حل می‌شود:

$\text{انحلال‌پذیری NaOH}=۱۰۰g\ \text{آب}\times\frac{۳۷/۵g\ NaOH}{۶۲/۵g\ \text{آب}}=۶۰g\ NaOH$

در نهایت نسبت انحلال‌پذیری به درصد جرمی را محاسبه می‌کنیم: $\frac{\text{انحلال‌پذیری}}{\text{درصد جرمی}}=\frac{۶۰}{۳۷/۵}=۱/۶$

B ۶۹۵ ۲ ابتدا جرم منیزیم سولفات را با استفاده از درصد جرمی یون‌های سولفات به دست می‌آوریم. سپس با توجه به میزان انحلال‌پذیری می‌توان مشخص کرد که چند گرم دیگر منیزیم سولفات در این محلول حل می‌شود:

$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم }SO_۴^{۲-}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۱۰=\frac{\text{جرم }SO_۴^{۲-}}{۵۰۰}\times ۱۰۰\Rightarrow \text{جرم }SO_۴^{۲-}=۵۰g$

$\text{جرم }MgSO_۴=۵۰g\ SO_۴^{۲-}\times\frac{۱\ mol\ SO_۴^{۲-}}{۹۶g\ SO_۴^{۲-}}\times\frac{۱\ mol\ MgSO_۴}{۱\ mol\ SO_۴^{۲-}}\times\frac{۱۲۰g\ MgSO_۴}{۱\ mol\ MgSO_۴}=۶۲/۵g\ MgSO_۴$

$\text{جرم آب}=\text{جرم محلول}-\text{جرم }MgSO_۴=۵۰۰-۶۲/۵=۴۳۷/۵g$, $\text{آب}\ ۴۳۷/۵\ \text{گرم در}\ MgSO_۴\ \text{حداکثر میزان}=۴۳۷/۵g\ \text{آب}\times\frac{۳۵g}{۱۰۰g\ \text{آب}}=۱۵۳/۱۲۵g\ MgSO_۴$

جرم $MgSO_۴$ اضافی که می‌توان در این محلول حل کرد برابر ۹۰/۶۲۵g (۱۵۳/۱۲۵−۶۲/۵) است.

B ۶۹۶ ۲ ابتدا جرم آب موجود در محلول را به دست می‌آوریم:

$\text{جرم محلول}=۱\ L\ \text{محلول}\times\frac{۱۰۰۰mL\ \text{محلول}}{۱\ L\ \text{محلول}}\times\frac{۱/۱۲g\ \text{محلول}}{۱\ L\ \text{محلول}}=۱۱۲۰g$

$\text{جرم حل‌شونده }(NaNO_۳)=۱\ L\ \text{محلول}\times\frac{۴mol\ NaNO_۳}{۱\ L\ \text{محلول}}\times\frac{۸۵g\ NaNO_۳}{۱mol\ NaNO_۳}=۳۴۰g$

جرم آب موجود برابر است با تفاوت جرم محلول و حل‌شونده: $\text{جرم حلال (آب)}=۱۱۲۰-۳۴۰=۷۸۰g$

مقدار سدیم نیترات لازم برای سیر شدن ۷۸۰ گرم آب را به کمک مقدار انحلال‌پذیری محاسبه می‌کنیم: $۷۸۰g\ \text{آب}\times\frac{۸۰g\ NaNO_۳}{۱۰۰g\ \text{آب}}=۶۲۴g\ NaNO_۳$

در حال حاضر ۳۴۰ گرم حل‌شونده در محلول وجود دارد؛ بنابراین برای ایجاد محلول سیرشده باید ۲۸۴g (۶۲۴−۳۴۰) سدیم نیترات به محلول اضافه کرد.

B ۶۹۷ ۲ ابتدا شمار یون‌های برمید موجود در هر محلول را جداگانه محاسبه می‌کنیم:

محلول کلسیم برمید: $\text{محلول ۹۰g}\times\frac{۱۵۰g\ CaBr_۲}{(۱۰۰+۱۵۰)\ g\ \text{محلول}}\times\frac{۱mol\ CaBr_۲}{۲۰۰g\ CaBr_۲}\times\frac{۲mol\ Br^-}{۱mol\ CaBr_۲}=۰/۵۴mol\ Br^-$

محلول لیتیم برمید: $\text{محلول ۱۲۰mL}\times\frac{۱/۵g\ \text{محلول}}{۱mL\ \text{محلول}}\times\frac{۴۳/۵g\ LiBr}{۱۰۰g\ \text{محلول}}\times\frac{۱mol\ LiBr}{۸۷g\ LiBr}\times\frac{۱mol\ Br^-}{۱mol\ LiBr}=۰/۹mol\ Br^-$

پس مولاریتهٔ نهایی یون برمید را در محلول محاسبه می‌کنیم:

$\text{غلظت مولی نهایی}=\frac{\text{مجموع مول‌های حل‌شونده}}{\text{مجموع حجم محلول‌ها}}=\frac{(۰/۵۴+۰/۹)mol}{[(۹۰g\times\frac{۱mL}{۱/۵g})+\underbrace{۱۲۰mL}_{\text{حجم محلول دوم}}]\times\frac{۱\ L}{۱۰۰۰mL}}=\frac{۱/۴۴mol}{\underbrace{۱۸۰mL}_{\text{حجم محلول اول}}\times\frac{۱\ L}{۱۰^۳mL}}=\frac{۱/۴۴mol}{۰/۱۸L}=۸mol.L^{-۱}$

A ۶۹۸ ۳ نمودار انحلال‌پذیری نمک‌های مختلف متفاوت بوده و می‌تواند خطی یا غیرخطی باشد. انحلال‌پذیری نمک‌ها می‌تواند با افزایش دما، افزایش یافته، ثابت بماند یا کاهش یابد. **بررسی گزینهٔ (۴):** فرمول مولکولی شکر به صورت $C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$ است. سرد شدن چای بعد از انحلال شکر در آن نشان دهندهٔ گرماگیر بودن انحلال شکر در آب است.

A ۶۹۹ ۳ هر چه قدرمطلق شیب نمودار انحلال‌پذیری یک ماده بیشتر باشد، تأثیر دما بر انحلال‌پذیری آن ماده بیشتر است. با توجه به این تعریف، میزان تأثیر دما بر انحلال‌پذیری نمک پتاسیم نیترات نسبت به سایر نمک‌های داده شده در نمودار بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به نمودار داده شده، ترتیب انحلال‌پذیری نمک‌های موجود در نمودار در دمای $۰^\circ C$ به‌صورت مقابل است: پتاسیم نیترات > پتاسیم کلرید > سدیم کلرید > لیتیم سولفات > سدیم نیترات

گزینهٔ (۲): انحلال‌پذیری نمک پتاسیم نیترات در دمای $55^\circ C$ تقریباً برابر با ۱۰۰ گرم نمک در هر ۱۰۰ گرم آب است، پس جرم حلال (آب) و حل‌شونده (پتاسیم نیترات) در این محلول یکسان و برابر با ۱۰۰ گرم است. گزینهٔ (۴): انحلال‌پذیری دو نمک، هنگامی که نمودار آن‌ها یکدیگر را قطع کنند با هم برابر می‌شود. در نمودار داده شده، منحنی انحلال‌پذیری نمک سدیم کلرید و نمک لیتیم سولفات، حدوداً در دمای $12^\circ C$ یکدیگر را قطع می‌کنند.

B ۷۰۰ ۴ با توجه به نمودار داده‌شده، نمودار انحلال‌پذیری سرب (II) نیترات ($Pb(NO_3)_2$) در هر دمایی بالاتر از نمودار پتاسیم دی‌کرومات ($K_2Cr_2O_7$) است، پس در هر حالتی، در شرایط محلول A، محلولی از $Pb(NO_3)_2$ سیرنشده خواهد بود. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): در هر دمایی، می‌توان محلول سیرشده‌ای از نمک کلسیم کلرید ($CaCl_2$) تولید کرد، اما باید توجه داشت که چون نمودار داده شده تا انحلال‌پذیری ۱۰۰ گرم را نشان می‌دهد، محلول‌های سیرشده با دمای بالاتر از حدود ۲۸ درجهٔ سلسیوس نمایش داده نشده است. گزینهٔ (۲): عبارت محلول دارای نمک سدیم نیترات ($NaNO_3$) و عدم بیان سیرشده یا سیرنشده بودن می‌تواند هر دمایی را بیان کند، برای مثال ممکن است m برابر با $50^\circ C$ باشد، اما محلول سیرنشده‌ای از سدیم نیترات دارای دمای $30^\circ C$ باشد؛ بنابراین قید (به یقین) برای این گزینه نامناسب است. گزینهٔ (۳): نمودار انحلال‌پذیری دو نمک پتاسیم کلرید (KCl) و پتاسیم دی‌کرومات ($K_2Cr_2O_7$) در دمای حدود $72^\circ C$ برخورد داشته و در دماهای بیشتر از آن، محلول نمک پتاسیم کلرید می‌تواند در حالی سیرشده باشد که محلول پتاسیم دی‌کرومات سیرنشده باشد، پس دمای موردنظر گزینه نمی‌تواند زیر $70^\circ C$ باشد.

B ۷۰۱ ۱ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شیمی‌دان‌ها بیشترین مقدار از یک حل‌شونده را که در دمای معین، در ۱۰۰ گرم حلال حل می‌شود، انحلال‌پذیری آن ماده می‌نامند. در این عبارت، واژهٔ «بیشترین» نشان‌دهندهٔ رسیدن محلول به حالت سیرشده است، محلولی که نمی‌تواند حل‌شوندهٔ بیشتری را در خود حل کند. عبارت (ب): شیب نمودار انحلال‌پذیری نمک لیتیم سولفات نسبت به دما نزولی است، پس با افزایش دما انحلال‌پذیری این نمک کاهش یافته و در دماهای پایین‌تر، میزان انحلال‌پذیری این نمک در آب بیشتر خواهد بود. عبارت (پ): نمودار انحلال‌پذیری هر سه مادهٔ پتاسیم کلرید، پتاسیم نیترات و سدیم نیترات به‌صورت صعودی هستند، اما نمودار انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات برخلاف دو نمک دیگر به‌صورت غیرخطی است. عبارت (ت): شیب نمودار انحلال‌پذیری نمک سدیم کلرید نسبت به دما تقریباً صفر بوده و با تغییر دما انحلال‌پذیری این نمک تغییر چندانی نمی‌کند. عبارت (ث): در دمای اتاق Li_2SO_4، محلول در آب، $CaSO_4$، کم‌محلول در آب و $BaSO_4$ نامحلول در آب است.

B ۷۰۲ ۳ از آنجا که تغییر حجم نداریم، پس حجم هر چهار محلول یکسان بوده و هر کدام که جرم بیشتری داشته باشد، طبق رابطهٔ $d=\frac{m}{V}$، چگالی بیشتری نیز خواهد داشت. با توجه به نمودار داده‌شده ترتیب انحلال‌پذیری نمک‌های داده‌شده در دمای $30^\circ C$ در صورت سؤال به‌صورت $KClO_3 < K_2Cr_2O_7 < KNO_3 < Pb(NO_3)_2$ است؛ بنابراین ترتیب چگالی محلول درون ظرف‌ها به‌صورت $D<C<A<B$ است.

B ۷۰۳ ۱ انحلال‌پذیری Li_2SO_4 در دمای $100^\circ C$ برابر ۲۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. ابتدا، مقدار مول یون لیتیم موجود در ۲۰ گرم لیتیم سولفات را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,Li^+ = 20g\,Li_2SO_4 \times \frac{1\,mol\,Li_2SO_4}{110g\,Li_2SO_4} \times \frac{2mol\,Li^+}{1\,mol\,Li_2SO_4} = \frac{4}{11}\,mol\,Li^+$$

جرم محلول برابر مجموع جرم حلال و حل‌شونده است: $جرم\ محلول = 100+20 = 120g$

با استفاده از جرم محلول و چگالی آن حجم محلول را برحسب لیتر محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\ محلول = 120g\ محلول \times \frac{1\,mL}{1/1\,g} \times \frac{1\,L}{1000mL} = \frac{12}{110}\,L\ محلول$$

اکنون می‌توانیم غلظت مولار یون لیتیم را محاسبه کنیم:

$$M=\frac{n(mol)}{V(L)}=\frac{\frac{4}{11}\,mol\,Na^+}{\frac{12}{110}\,L\ محلول} \simeq 3/33\,mol.L^{-1}$$

B ۷۰۴ ۳ بخش اول: ابتدا با توجه به درصد جرمی $KClO_3$ در محلول، انحلال‌پذیری آن را محاسبه کرده و سپس با توجه به مقدار آن و نمودار داده‌شده، دما را به‌دست می‌آوریم:

$$درصد\ جرمی = \frac{جرم\ حل‌شونده}{جرم\ محلول} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{x}{100+x} \times 100 \Rightarrow x = 25g$$

با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری $KClO_3$ در دمای $63^\circ C$ تقریباً برابر با ۲۵ گرم است. بخش دوم: با توجه به نمودار داده‌شده، انحلال‌پذیری نمک $Pb(NO_3)_2$ در دمای $14^\circ C$ برابر با ۵۰ گرم است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$درصد\ جرمی = \frac{50}{50+100} \times 100 \simeq \%33/3 \Rightarrow درصد\ جرمی = \frac{جرم\ حل‌شونده}{جرم\ محلول} \times 100$$

B ۷۰۵ ۲ انحلال‌پذیری یک ماده، بیشترین مقدار از یک ماده برحسب گرم است که در دمای معین در 100g آب حل می‌شود. طبق تعریف، ابتدا انحلال‌پذیری KNO_3 را در دماهای $a^\circ C$ و $b^\circ C$ به‌دست آوریم:

$$جرم\ محلول\ سیرشدهٔ\ حاوی\ 100g\ آب = 100+S_{KNO_3}$$

$$a^\circ C\ درصد\ جرمی\ در\ دمای = \frac{S_{KNO_3}}{100+S_{KNO_3}} \times 100 \Rightarrow 37/5 = \frac{S_{KNO_3}}{100+S_{KNO_3}} \times 100 \Rightarrow S_{KNO_3} = 60g\,KNO_3$$

$$b^\circ C\ درصد\ جرمی\ در\ دمای = \frac{S_{KNO_3}}{100+S_{KNO_3}} \times 100 \Rightarrow 16/7 = \frac{S_{KNO_3}}{100+S_{KNO_3}} \times 100 \Rightarrow S_{KNO_3} = 20g\,KNO_3$$

با توجه به نمودار در دمای $40^\circ C$ ($a^\circ C$ دمای) انحلال‌پذیری KNO_3 برابر با ۶۰ گرم و در دمای $10^\circ C$ ($b^\circ C$ دمای) برابر ۲۰ گرم است. تفاوت a و b برابر $30^\circ C$ (۴۰−۱۰) می‌باشد.

C ۷۰۶ ۱ از حل شدن هر مول لیتیم سولفات ($LiSO_4$) در آب، سه مول یون تولید می‌شود ($Li_2SO_4(s)\rightarrow 2Li^+(aq)+SO_4^{2-}(aq)$) پس غلظت یون‌ها در محلول ۲ مولار این ماده برابر ۶ مولار است. از حل شدن هر مول NaCl در آب، دو مول یون طبق معادلهٔ ($NaCl(s)\rightarrow Na^+(aq)+Cl^-(aq)$) تولید می‌شود. پس اگر غلظت این ماده در آب ۳ مولار باشد، غلظت یون‌ها برابر ۶ مولار خواهد بود. اکنون جرم سدیم کلرید حل شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۳ مولار سدیم کلرید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ NaCl=0/1\,L\ محلول\times\frac{3\,mol\ NaCl}{1\,L\ محلول}\times\frac{58/5\,g\ NaCl}{1\,mol\ NaCl}=17/55\,g\ NaCl$$

اگر فرض کنیم ۱ لیتر محلول ۲ مولار لیتیم سولفات داریم، مقدار لیتیم سولفات موجود در این محلول برابر است با ۲ مول. برای پیدا کردن مقدار انحلال‌پذیری لیتیم سولفات، باید مقدار حل شده از آن در محلول به ازای ۱۰۰ گرم آب را محاسبه کنیم. جرم لیتیم سولفات حل شده در ۱ لیتر محلول و جرم محلول را محاسبه می‌کنیم:

جرم لیتیم سولفات حل شده در محلول:
$$2\,mol\ Li_2SO_4\times\frac{110\,g\ Li_2SO_4}{1\,mol\ Li_2SO_4}=220\,g\ Li_2SO_4$$

محاسبهٔ جرم محلول:
$$چگالی\ محلول=\frac{جرم\ محلول}{حجم\ محلول}\Rightarrow 1/12=\frac{x\,g\ محلول}{1000\,mL}\Rightarrow x=1120\,g\ محلول$$

اکنون جرم آب موجود در این محلول را محاسبه می‌کنیم:
$$جرم\ محلول=جرم\ حلال\ (آب)+جرم\ حل‌شونده\Rightarrow 1120=x+220\Rightarrow x=900\,g\ آب$$

پس در ۹۰۰ گرم آب، ۲۲۰ گرم لیتیم سولفات حل شده است. مقدار لیتیم سولفات حل شده در محلول به ازای ۱۰۰ گرم آب را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ لیتیم\ سولفات=100\,g\ آب\times\frac{220\,g\ لیتیم\ سولفات}{900\,g\ آب}=24/44\,g\ Li_2SO_4$$

با توجه به نمودار، در دمای حدود $70^\circ C$، انحلال‌پذیری Li_2SO_4 برابر این عدد است.

B ۷۰۷ ۴

★ **نکته** برای حل سؤالات محاسبهٔ جرم رسوب در انحلال‌پذیری می‌بایست ابتدا مقدار جرم رسوب به ازای ۱۰۰ گرم حلال را محاسبه کرد و سپس به کمک تناسب جرم رسوب را به ازای محلول داده‌شده به‌دست آورد. محاسبات بیان شده به‌صورت تناسب زیر خلاصه می‌شود:

$$\frac{مقدار\ رسوب}{جرم\ محلول\ داده\ شده}=\frac{انحلال‌پذیری\ در\ دمای\ نهایی-انحلال‌پذیری\ در\ دمای\ اولیه}{\underbrace{انحلال‌پذیری\ در\ دمای\ اولیه+100}_{جرم\ محلول\ مرجع\ در\ دمای\ اولیه}}$$

ابتدا با توجه به نکتهٔ بالا می‌نویسیم:
$$\frac{70-50}{170}=\frac{x}{612}\Rightarrow x=72\,g\ رسوب$$

سپس با توجه به اینکه انحلال‌پذیری $Pb(NO_3)_2$ در دمای $14^\circ C$ برابر ۵۰ گرم است، حداقل مقدار آب لازم با دمای $14^\circ C$ برای حل کردن ۷۲ گرم $Pb(NO_3)_2$ را به‌دست می‌آوریم.
$$?\,g\ آب=72\,g\ Pb(NO_3)_2\times\frac{100\,g\ آب}{50\,g\ Pb(NO_3)_2}=144\,g\ آب$$

B ۷۰۸ ۱
$$جرم\ محلول\ سیرشده=100\,g\ آب+60\,g\ نمک=160\,g\ محلول$$

جرم محلول اولیه برابر با $160\,g$ $(60+100)$ است و ۱۰٪ آن برابر با ۱۶ گرم است. بنابراین جرم حل‌شوندهٔ موجود در محلول سیرشده در دمای $18^\circ C$ برابر با $44\,g$ $(16-60)$ در ۱۰۰ گرم آب است.

B ۷۰۹ ۲ قسمت اول: در دمای $50^\circ C$، ۸۰ گرم A در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود و ۱۸۰ گرم محلول سیرشده تولید می‌کند؛ در نتیجه داریم:
$$?\,g\ محلول=40\,g\ H_2O\times\frac{180\,g\ محلول}{100\,g\ H_2O}=72\,g\ محلول$$

* **توجه** حواستان باشد که کل ۶۰ گرم مادهٔ A افزوده شده به ۴۰ گرم آب، در آن حل نمی‌شود.

قسمت دوم: در بخش دوم، سؤال می‌گوید که مجموعه را از صافی عبور می‌دهیم؛ بنابراین رسوبی که ایجاد شده بود از آن جدا می‌شود. ابتدا انحلال‌پذیری A در دمای $20^\circ C$ را با استفاده از درصد جرمی محلول سیرشدهٔ آن در این دما را به‌دست می‌آوریم. برای این کار فرض می‌کنیم ۱۰۰ گرم حلال (آب) داریم:
$$درصد\ جرمی=\frac{جرم\ حل‌شونده}{جرم\ حلال+جرم\ حل‌شونده}\times 100\Rightarrow 20=\frac{m}{m+100}\times 100\Rightarrow 20m+2000=100m\Rightarrow m=\frac{2000}{80}=25\,g$$

بنابراین انحلال‌پذیری A در دمای $20^\circ C$ برابر ۲۵ گرم است. اکنون از رابطهٔ زیر برای محاسبهٔ جرم رسوب ایجاد شده در اثر کاهش دمای محلول از $50^\circ C$ به $20^\circ C$ استفاده می‌کنیم:

$$\frac{مقدار\ رسوب}{جرم\ محلول\ داده\ شده}=\frac{|انحلال‌پذیری\ در\ دمای\ نهایی-انحلال‌پذیری\ در\ دمای\ اولیه|}{\underbrace{انحلال‌پذیری\ در\ دمای\ اولیه+100}_{جرم\ محلول\ مرجع\ در\ دمای\ اولیه}}$$

در این مسئله انحلال‌پذیری در دمای اولیه $(50^\circ C)$ و نهایی $(20^\circ C)$ به‌ترتیب برابر $80\,g$ و $25\,g$ است. از طرفی جرم محلول اولیه برابر ۷۲ گرم بوده و به این ترتیب می‌توانیم جرم رسوب حاصل را به‌دست آوریم:
$$\frac{|80-25|}{100+80}=\frac{x}{72}\Rightarrow\frac{55}{180}=\frac{x}{72}\Rightarrow x=22\,g$$

$\frac{۷۲\times۵۵}{۱۸۰}=?$ ساده‌سازی $\rightarrow \frac{\overset{۸}{۷۲}\times۵۵}{\underset{۲۰}{۱۸۰}}=\frac{\overset{۴}{۸}\times۵۵}{\underset{۱۰}{۲۰}}=\frac{۴\times۵۵}{۱۰}$ ضرب پلکانی $\rightarrow \frac{۴\times(۵۰+۵)}{۱۰}=\frac{\overset{۲۰}{۲۰۰}+\overset{۲}{۲۰}}{\underset{(۱۰)}{۱۰}}=۲۰+۲=۲۲$

توضیح محاسبات

B ۷۱۰ ۲ جرمی از مادهٔ A که به ۴۰ گرم آب اضافه شده است را x گرم در نظر می‌گیریم و با توجه به رابطهٔ درصد جرمی مقدار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times۱۰۰\Rightarrow ۲۰=\frac{x-۲}{۴۰+(x-۲)}\times۱۰۰\Rightarrow x=۱۲g$$

با توجه به درصد جرمی A در محلول نهایی می‌توان جرم آن را محاسبه کرد:

$$\frac{۱۲}{m}\times۱۰۰=۲۰\Rightarrow m=۶۰g$$

بنابراین جرم محلول سیرشدهٔ نهایی برابر با ۶۰ گرم است.

B ۷۱۱ ۱ مطابق متن تست، با حل کردن ۴۸ گرم پتاسیم نیترات در ۸۰ گرم آب در دمای $۴۸^\circ C$ یک محلول سیرنشده ایجاد می‌شود. حال اگر دمای محلول را به‌طور پیوسته کاهش دهیم، محلول تا تبدیل شدن به یک محلول سیرشده، رسوبی نمی‌دهد؛ بنابراین حداکثر مقداری که می‌توان دما را کاهش داد رساندن دما از $۴۸^\circ C$ به دمای سیرشدن محلول است.

قسمت اول: ابتدا برای به‌دست‌آوردن انحلال‌پذیری $KNO_۳$ در دمای ثانویه، مشخص می‌کنیم ۴۸ گرم $KNO_۳$ در ۸۰ گرم آب، معادل چند گرم نمک در ۱۰۰ گرم آب است:

$$?\,g\,KNO_۳=۱۰۰g\,H_۲O\times\frac{۴۸g\,KNO_۳}{۸۰g\,H_۲O}=۶۰g\,KNO_۳$$

پس انحلال‌پذیری $KNO_۳$ در دمای ثانویه برابر ۶۰ گرم است. مطابق نمودار، در دمای حدود $۴۰^\circ C$، انحلال‌پذیری $KNO_۳$ برابر ۶۰ گرم است و در این دما یک محلول سیرشده داریم؛ بنابراین دمای محلول را حداکثر $۸^\circ C$ $(۴۰-۴۸)$ می‌توان کاهش داد تا رسوبی ایجاد نشود. قسمت دوم: ابتدا مشخص می‌کنیم انحلال‌پذیری $KNO_۳$ در دمای $۱۲^\circ C$ چند گرم است. با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری این ماده در دمای $۱۲^\circ C$ برابر ۲۰ گرم است. اکنون از رابطهٔ زیر داریم:

$$\frac{|\text{انحلال‌پذیری در دمای نهایی}-\text{انحلال‌پذیری در دمای اولیه}|}{\underbrace{\text{انحلال‌پذیری در دمای اولیه}+۱۰۰}_{\text{جرم محلول مرجع در دمای اولیه}}}=\frac{\text{مقدار رسوب}}{\text{جرم محلول داده شده}}$$

دقت کنید این رابطه مربوط به محلول‌های سیرشده است؛ بنابراین دمای اولیه را در اینجا همان $۴۰^\circ C$ در نظر می‌گیریم:

$$\frac{۶۰-۲۰}{۱۰۰+۶۰}=\frac{x}{۸۰+۴۸}\Rightarrow\frac{۴۰}{۱۶۰}=\frac{x}{۱۲۸}\Rightarrow x=۳۲g\,KNO_۳$$

B ۷۱۲ ۴ فرض می‌کنیم که وقتی دمای این محلول را از $۵۰^\circ C$ به $۴۰^\circ C$ کاهش می‌دهیم، x گرم پتاسیم نیترات رسوب می‌کند؛ بنابراین در دمای $۴۰^\circ C$ داریم:

$$\text{درصد جرمی } KNO_۳=\frac{\text{جرم } KNO_۳ \text{ رسوب کرده} - \text{جرم } KNO_۳ \text{ در دمای } ۵۰^\circ C}{\text{جرم } KNO_۳ \text{ رسوب کرده} - \text{جرم محلول در دمای } ۵۰^\circ C}\times۱۰۰\Rightarrow ۳۷/۵=\frac{۱۶۲-x}{۳۶۰-x}\times۱۰۰\Rightarrow\frac{۳}{۸}=\frac{۱۶۲-x}{۳۶۰-x}$$

$$\Rightarrow ۳(۳۶۰-x)=۸(۱۶۲-x)\Rightarrow ۱۰۸۰-۳x=۱۲۹۶-۸x\Rightarrow ۵x=۲۱۶\Rightarrow x=۴۳/۲g\,KNO_۳$$

قسمت دوم: حال مقدار $KNO_۳$ رسوب کرده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,KNO_۳=۴۳/۲g\,KNO_۳\times\frac{۱\,mol\,KNO_۳}{۱۰۰g\,KNO_۳}\simeq ۰/۴۳mol\,KNO_۳$$

قسمت اول: در ادامه، جرم $KNO_۳$ باقی‌مانده در محلول را به‌دست می‌آوریم:

مقدار $KNO_۳$ رسوب کرده $-$ مقدار اولیهٔ $KNO_۳$ = مقدار $KNO_۳$ باقی‌مانده در محلول $=۱۶۲-۴۳/۲=۱۱۸/۸g$

C ۷۱۳ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. نمودارهای (۱)، (۲)، (۳) و (۴) به ترتیب مربوط به انحلال‌پذیری نمک‌های $KNO_۳$، KCl، $NaCl$ و $Li_۲SO_۴$ است.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هر چه شیب نمودار «انحلال‌پذیری - دما» کمتر باشد، وابستگی انحلال‌پذیری نمک به دما کمتر است. عبارت (ب): در نمودار «انحلال‌پذیری - دما»، نقاط روی منحنی، زیر منحنی و بالای منحنی به ترتیب نشان‌دهندهٔ یک محلول سیرشده، سیرنشده و فراسیرشده در آن دما است. عبارت (پ): انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات در آب در دماهای $۴۰^\circ C$ و $۲۰^\circ C$ به ترتیب برابر ۶۰ گرم و ۳۰ گرم (به تقریب) در ۱۰۰ گرم آب است و اگر ۱۶۰g محلول سیرشده (۱۰۰g آب و ۶۰g حل‌شونده) در دمای $۴۰^\circ C$ را تا دمای $۲۰^\circ C$ سرد کنیم، ۳۰ گرم رسوب تشکیل خواهد شد. بنابراین داریم:

$$?=۸۰g\,\text{محلول}\times\frac{۳۰g\,\text{رسوب}}{۱۶۰g\,\text{محلول}}=۱۵g\,\text{رسوب}\,(KNO_۳)$$

رسوب تشکیل شده در اثر سرد کردن ۸۰ گرم محلول

از تناسب مقابل نیز می‌توان جرم رسوب را محاسبه کرد:

$$\frac{|S_۱-S_۲|}{۱۰۰+S_۱}=\frac{\text{جرم رسوب}}{\text{جرم محلول}}\Rightarrow\frac{۶۰-۳۰}{۱۰۰+۶۰}=\frac{x}{۸۰}\Rightarrow x=\frac{۸۰\times۳۰}{۱۶۰}=۱۵g$$

عبارت (ت): محل برخورد نمودار انحلال‌پذیری با محور انحلال‌پذیری همان عرض از مبدأ در معادلهٔ انحلال‌پذیری است.

C ۷۱۴ ۱ ابتدا باید مقدار حل‌شونده و حلال موجود در محلول سیرشده در دمای $۲۰^\circ C$ را بیابیم.

$$?\,g\,\text{حل‌شونده}=۳۵g\,\text{محلول}\times\frac{۴۰g\,\text{حل‌شونده}}{۱۴۰g\,\text{محلول}}=۱۰g\,\text{حل‌شونده}\Rightarrow\text{جرم حلال}=۲۵g$$

بعـد از حـرارت دادن محلـول ۲ اتفاق همزمان رخ می‌دهد: ۱- حجم و جرم محلول کاهش می‌یابد. ۲- انحلال‌پذیری کم می‌شـود و جرم حل‌شـوندهٔ محلول در آب نیز کاهش می‌یابد. مقدار حلال و حل‌شونده را در محلول نهایی تعیین می‌کنیم:

$$\text{جرم حلال} = ۲۰\text{g} \Rightarrow \text{حل‌شونده} = ۲۳\text{g} \times \frac{\text{حل‌شونده } ۱۵\text{g}}{\text{محلول } ۱۱۵\text{g}} = ۳\text{g} \Rightarrow \text{حل‌شونده} ?\,\text{g}$$

درصد حلال تبخیر شده: $\frac{|۲۰-۲۵|}{۲۵} \times ۱۰۰ = ٪۲۰$ درصد حل‌شوندهٔ رسوب کرده: $\frac{|۱۰-۳|}{۱۰} \times ۱۰۰ = ٪۷۰$

C ۷۱۵ ۲ دمای ۳۱۳ کلوین، معادل با دمای $۴۰^\circ C$ است. با توجه به نمودار داده شده، در دمای $۴۰^\circ C$ برای تهیهٔ محلول‌های آبی سیرشده از نمک‌های $K_۲Cr_۲O_۷$ و $Pb(NO_۳)_۲$ به ترتیب باید ۲۵ و ۷۵ گرم از این نمک‌ها را در ۱۰۰ گرم از آب خالص حل کنیم تا محلول‌های سیرشده‌ای ایجاد شوند که جرم آن‌ها برابر با ۱۲۵ و ۱۷۵ گرم است. اگر دمای این دو محلول آبی را به اندازهٔ ۲۵ کلوین (یا $۲۵^\circ C$) کاهش دهیم و به $۱۵^\circ C$ برسانیم، انحلال‌پذیری این دو نمک به ترتیب به ۱۰ و ۵۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب می‌رسد. به بیان دیگر، طی کاهش دما به ترتیب ۱۵ گرم نمک $K_۲Cr_۲O_۷$ و ۲۵ گرم نمک $Pb(NO_۳)_۲$ رسوب می‌کنند. دو محلول سیرشده از نمک‌های $K_۲Cr_۲O_۷$ و $Pb(NO_۳)_۲$ در دمای $۴۰^\circ C$ در نظر می‌گیریم که جرم آن‌ها به ترتیب برابر ۳۵۰ و ۱۷۵ گرم است. جرم رسوبی که با کاهش دما در آن‌ها ایجاد می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$Pb(NO_۳)_۲ : ۱۷۵\text{g محلول} \times \frac{\text{رسوب } ۲۵\text{g}}{\text{محلول } ۱۷۵\text{g}} = \text{رسوب } ۲۵\text{g}$$

$$K_۲Cr_۲O_۷ : ۳۵۰\text{g محلول} \times \frac{\text{رسوب } ۱۵\text{g}}{\text{محلول } ۱۲۵\text{g}} = \text{رسوب } ۴۲\text{g}$$

در نهایت مقدار نسبت خواسته شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم رسوب } K_۲Cr_۲O_۷}{\text{جرم رسوب } Pb(NO_۳)_۲} = \frac{۴۲}{۲۵} = ۱/۶۸$$

C ۷۱۶ ۲ با توجه به چگالی محلول، جرم محلول سیرشده در دمای $۹۰^\circ C$ برابر ۳۰۰g $(۲۰۰\text{mL} \times ۱/۵\text{g.mL}^{-۱})$ است که ضمن افزوده شدن ۳۷۰۰ گرم آب مقطر به آن، جرمش به ۴۰۰۰ گرم می‌رسد. ابتدا جرم یون‌های X^- را به‌دست می‌آوریم:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow ۲۲۵ \times ۱۰^۲ = \frac{m}{۴۰۰۰} \times ۱۰^۶ \Rightarrow m = ۹۰\text{g } X^-$$

معادلهٔ انحلال $AX_۲$ در آب به‌صورت مقابل است:

$$AX_۲(s) \xrightarrow{\text{آب}} A^{۲+}(aq) + ۲X^-(aq)$$

با استفاده از آن می‌توان جرم $AX_۲$ حل‌شده را به‌دست آورد:

$$?\,\text{g } AX_۲ = ۹۰\text{g } X^- \times \frac{۱\,\text{mol } X^-}{۳۰\text{g } X^-} \times \frac{۱\,\text{mol } AX_۲}{۲\,\text{mol } X^-} \times \frac{۱۰۰\text{g } AX_۲}{۱\,\text{mol } AX_۲} = ۱۵۰\text{g } AX_۲$$

بنابراین در ۳۰۰ گرم محلول سیرشده در دمای $۹۰^\circ C$، ۱۵۰ گرم $AX_۲$ و ۱۵۰ گرم آب وجود دارد؛ در نتیجه انحلال‌پذیری این ماده در دمای $۹۰^\circ C$ در ۱۰۰ گرم آب برابر است با:

$$?\,\text{g } AX_۲ = ۱۰۰\text{g } H_۲O \times \frac{۱۵۰\text{g } AX_۲}{۱۵۰\text{g } H_۲O} = ۱۰۰\text{g } AX_۲$$

اکنون به سراغ انحلال‌پذیری $AX_۲$ در دمای $۳۰^\circ C$ می‌رویم. برای این کار نخست جرم X^- حل‌شده در محلول رقیق‌شدهٔ دوم را به‌دست می‌آوریم:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow ۱۸ \times ۱۰^۳ = \frac{m'}{۲۰۰\text{mL} \times \frac{۱/۵\text{g}}{۱\text{mL}} + ۱۷۰۰\text{g}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow m' = ۳۶\text{g } X^-$$

مجدداً از معادلهٔ انحلال $AX_۲$ در آب، جرم $AX_۲$ حل‌شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,\text{g } AX_۲ = ۳۶\text{g } X^- \times \frac{۱\,\text{mol } X^-}{۳۰\text{g } X^-} \times \frac{۱\,\text{mol } AX_۲}{۲\,\text{mol } X^-} \times \frac{۱۰۰\text{g } AX_۲}{۱\,\text{mol } AX_۲} = ۶۰\text{g } AX_۲$$

بنابراین در ۳۰۰ گرم محلول سیرشدهٔ $AX_۲$ در دمای $۳۰^\circ C$، ۶۰ گرم $AX_۲$ و ۲۴۰ گرم آب وجود دارد؛ در نتیجه انحلال‌پذیری این ماده در دمای $۳۰^\circ C$ در آب برابر ۲۵g در ۱۰۰ گرم آب است:

$$?\,\text{g } AX_۲ = ۱۰۰\text{g } H_۲O \times \frac{۶۰\text{g } AX_۲}{۲۴۰\text{g } H_۲O} = ۲۵\text{g } AX_۲$$

حال که انحلال‌پذیری این ماده در دو دمای $۳۰^\circ C$ و $۹۰^\circ C$ به‌دست آمد، از رابطهٔ زیر داریم:

$$\frac{|\text{انحلال‌پذیری در دمای نهایی} - \text{انحلال‌پذیری در دمای اولیه}|}{\underbrace{\text{انحلال‌پذیری در دمای اولیه} + ۱۰۰}_{\text{جرم محلول مرجع در دمای اولیه}}} = \frac{\text{مقدار رسوب}}{\text{جرم محلول داده شده}} \Rightarrow \frac{|۱۰۰-۲۵|}{۱۰۰+۱۰۰} = \frac{m}{۲۵۰} \Rightarrow m = ۹۳/۷۵\text{g}$$

A ۷۱۷ ۱ چون نمودار خطی است، پس معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک در آب به‌صورت $(S = a\theta + b)$ است و با توجه به داده‌های صورت سؤال می‌توان نوشت:

$$S(۳۵^\circ C) = a \times ۳۵ + b = ۶۸, S(۴۸^\circ C) = a \times ۴۸ + b = ۸۳/۶ \Rightarrow a = ۱/۲, b = ۲۶$$

بنابراین معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک به‌صورت $(S = ۱/۲\theta + ۲۶)$ است.

B ۷۱۸ ۱ با توجه به معادلهٔ انحلال‌پذیری داده شده که به‌صورت $S = +۰/۳۵\theta + ۲۶$ است، می‌توان دریافت که انحلال‌پذیری مادهٔ مورد نظر به‌صورت خطی بوده که شیب مثبت دارد و عرض از مبدأ آن ۲۶ است. یعنی انحلال‌پذیری آن در دمای $۰^\circ C$ برابر ۲۶g می‌باشد. با توجه به نمودار صورت تست، عرض از مبدأ نمودار انحلال‌پذیری برای KCl برابر ۲۶ و عرض از مبدأ نمودار انحلال‌پذیری NaCl برابر ۳۴ است.

در ادامه انحلال‌پذیری KCl در دمای $76^\circ C$ را به کمک رابطهٔ انحلال‌پذیری به‌دست می‌آوریم: $S=+0/35\theta+26 \xrightarrow{\theta=76^\circ C} S=+0/35(76)+26=52/6g$

با توجه به نمودار، مقدار انحلال‌پذیری KCl در دمای $76^\circ C$ برابر با ۵۰ گرم است؛ بنابراین اختلاف میزان انحلال‌پذیری KCl در دمای $76^\circ C$ به کمک معادلهٔ انحلال‌پذیری و از روی نمودار برابر $2/6g$ $(52/6-50)$ است.

B ۷۱۹ ۴ قسمت اول: ابتدا با توجه به انحلال‌پذیری نمک A و معادلهٔ آن، دمای محلول A را می‌یابیم:

$$S_A=-0/14\theta+38 \Rightarrow 27/5=-0/14\theta+38 \Rightarrow \theta=75^\circ C$$

$$\frac{5/5g\,A}{20g\,آب}=\frac{x}{100g\,آب} \Rightarrow x=27/5g\,A \text{(انحلال‌پذیری نمک A)}$$

سپس انحلال‌پذیری نمک B را در دمای $75^\circ C$ محاسبه می‌کنیم:

$$S_B=0/36\theta+40 \xrightarrow{\theta=75^\circ C} S_B=0/36\times75+40 \Rightarrow S_B=67g$$

اکنون مقدار نمک B که در دمای $75^\circ C$ در ۳۰ گرم آب حل می‌شود را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{67g\,B}{100g\,آب}=\frac{y}{30g\,آب} \Rightarrow y=20/1g\,B$$

قسمت دوم: باید معادلهٔ انحلال‌پذیری ترکیب A را از ترکیب B کم کنیم:

$$S_B-S_A=(0/36\theta+40)-(-0/14\theta+38)=0/5\theta+2 \xrightarrow{S_B-S_A=6} 0/5\theta+2=6 \Rightarrow \theta=8^\circ C$$

B ۷۲۰ ۲ ابتدا معادلهٔ انحلال‌پذیری KCl را محاسبه کرده و سپس مقدار انحلال‌پذیری این نمک را در دماهای $45^\circ C$ و $90^\circ C$ به‌دست می‌آوریم. در نهایت به کمک مقادیر به‌دست آمده، جرم رسوب خواسته شده را محاسبه می‌کنیم: محاسبهٔ b (عرض از مبدأ):

$$S=a\theta+b \xrightarrow{\theta=0^\circ C} 27=a\times0+b \Rightarrow b=27$$

محاسبهٔ a (شیب):

$$S=a\theta+b \xrightarrow{\theta=20^\circ C} 33=a\times20+27 \Rightarrow a=0/3$$

معادلهٔ انحلال پتاسیم کلرید:

$$S=0/3\theta+27,\quad S(90^\circ C)=0/3\times90+27=54g,\quad S(45^\circ C)=0/3\times45+27=40/5g$$

هنگام سرد کردن m گرم محلولی از دمای θ_1 با انحلال‌پذیری S_1 به دمای θ_2 با انحلال‌پذیری S_2 می‌توان جرم رسوب تولید شده در طی فرایند را از رابطهٔ زیر محاسبه کرد:

$$\frac{S_1-S_2}{100+S_1}=\frac{\text{جرم رسوب}}{m} \Rightarrow \frac{54-40/5}{100+54}=\frac{x}{308} \Rightarrow x=27g\,KCl$$

B ۷۲۱ ۱ برای به‌دست آوردن معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک، ابتدا باید انحلال‌پذیری آن در دماهای $75^\circ C$ و $0^\circ C$ را به‌دست آوریم. انحلال پذیری در دمای $75^\circ C$:

در 75g محلول سیرشدهٔ آن در دمای $75^\circ C$، 25 گرم نمک و ۵۰ گرم آب وجود دارد؛ پس:

$$\text{نمک } 50g=\frac{\text{نمک } 25g}{\text{آب } 50g}\times\text{آب } 100g=\text{انحلال‌پذیری نمک در دمای } 75^\circ C$$

انحلال پذیری در دمای $0^\circ C$: در ۵۰ گرم محلول سیرشدهٔ نمک در دمای $0^\circ C$، 13/5 گرم نمک و 36/5 گرم آب وجود دارد؛ پس:

$$\text{نمک } 37g\simeq\frac{\text{نمک } 13/5g}{\text{آب } 36/5g}\times\text{آب } 100g=\text{انحلال‌پذیری در دمای } 0^\circ C$$

اکنون ضریب θ را که همان شیب معادلهٔ انحلال‌پذیری است به‌دست می‌آوریم:

$$a=\frac{S_2-S_1}{\theta_2-\theta_1}=\frac{50-37}{75-0}\simeq0/17 \quad (\text{شیب معادلهٔ انحلال‌پذیری})$$

B ۷۲۲ ۱ قسمت اول: ابتدا به کمک معادلهٔ انحلال‌پذیری داده شده، انحلال‌پذیری این ترکیب در دمای $30^\circ C$ را به‌دست می‌آوریم:

$$S=0/8\theta+72 \xrightarrow{\theta=30^\circ C} S=(0/8\times30)+72=96g$$

بنابراین در دمای $30^\circ C$، در هر 100g آب، 96g از این ترکیب حل می‌شود؛ حال محاسبه می‌کنیم که در این دما، حداکثر چند گرم از این ترکیب در 250g آب حل می‌شود:

$$\text{ترکیب } 240g=\frac{\text{ترکیب } 96g}{\text{آب } 100g}\times\text{آب } 250g=\text{جرم ترکیب حل‌شده در } 250g \text{ آب}\ ?$$

در نتیجه 84g $(324-240)$ از این ترکیب رسوب خواهد کرد.

قسمت دوم: برای آن‌که در اثر حل‌کردن 84g از این نمک در 100g آب، محلولی سیرنشده به‌دست آید، باید دمایی را به‌دست آوریم که در آن انحلال‌پذیری این ترکیب بیشتر از 84g باشد؛ بنابراین:

$$S(\text{انحلال‌پذیری})>84g \Rightarrow 0/8\theta+72>84 \Rightarrow 0/8\theta>12 \Rightarrow \theta>15^\circ C$$

بنابراین در دماهای بیشتر از ۱۵ درجهٔ سلسیوس، محلول این نمک سیرنشده خواهد بود.

C ۷۲۳ ۳ ابتدا معادلهٔ انحلال‌پذیری سدیم نیترات برحسب دما را به‌دست می‌آوریم؛ بنابراین با توجه به جدول، شیب، عرض از مبدأ و در نتیجه معادلهٔ انحلال‌پذیری ترکیب $NaNO_3$ برابر است با:

$$\left.\begin{array}{l}(S_2)\,10^\circ C \text{ در دمای انحلال‌پذیری} = 80g \\ (S_1)\,0^\circ C \text{ در دمای انحلال‌پذیری} = 72g\end{array}\right\} \Rightarrow \text{شیب}=\frac{S_2-S_1}{\theta_2-\theta_1}=\frac{80g-72g}{10-0}=0/8,\quad \text{عرض از مبدأ}=0^\circ C \text{ انحلال‌پذیری در دمای}=72$$

بنابراین معادلهٔ انحلال‌پذیری $NaNO_3$ به‌صورت $S=0/8\theta+72$ است. انحلال‌پذیری این نمک در دمای $10^\circ C$ و $20^\circ C$ برابر است با:

$$\left.\begin{array}{l}\theta=10^\circ C \Rightarrow S=0/8\theta+72=0/8\times10+72=80g \Rightarrow \text{جرم محلول سیرشده}=100g+80g=180g \\ \theta=20^\circ C \Rightarrow S=0/8\theta+72=0/8\times20+72=88g \Rightarrow \text{جرم محلول سیرشده}=100g+88g=188g\end{array}\right\} \Rightarrow \text{جرم رسوب}=8g$$

با کاهش دمای ۹۰۰ گرم محلول، ۳۸ گرم رسوب ایجاد می‌شود:

محلول (g)	رسوب (g)
۱۸۸	۸
۹۰۰	x

$\Rightarrow x \simeq 38g$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): انحلال‌پذیری نمک در دمای $35^\circ C$ برابر است با:

$S=0/8\theta+72=0/8\times35+72=100\,g$

درصد جرمی محلول سیرشده در دمای $35^\circ C$ برابر است با:

$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حل‌شونده}+\text{جرم حلال}}\times100=\frac{100g\ NaNO_3}{(100+100)g\ \text{محلول}}\times100=\%50$

گزینهٔ (۲): انحلال‌پذیری این نمک در دمای $97/5^\circ C$ برابر است با:

$S=0/8\theta+72=0/8\times97/5+100=150\,g$

نسبت جرم نمک در محلول سیرشده (۱۵۰ g) به جرم حلال (۱۰۰ g) برابر ۱/۵ است. گزینهٔ (۴): انحلال‌پذیری $NaNO_3$ در دمای $10^\circ C$، ۸۰ گرم است؛ یعنی برای تهیهٔ ۱۸۰ گرم از محلول سیرشدهٔ $NaNO_3$ در این دما، به ۱۰۰ گرم حلال (آب مقطر) نیاز داریم؛ بنابراین:

$$\begin{bmatrix} 180\,(g\ \text{محلول}) & 100\,(g\ \text{آب مقطر}) \\ 225\,(g\ \text{محلول}) & x\,(g\ \text{آب مقطر}) \end{bmatrix} \Rightarrow x=125\,g\ \text{آب مقطر}$$

C ۷۲۴ ۴ ابتدا معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک را به‌دست می‌آوریم:

$(a)\ \text{شیب}=\frac{S_2-S_1}{\theta_2-\theta_1}=\frac{25-35}{70-10}=\frac{-10}{60}=\frac{-1}{6}$

$S-S_0=a(\theta-\theta_0)\Rightarrow S-35=-\frac{1}{6}(\theta-10)\Rightarrow S=-\frac{1}{6}\theta+36/6$

در محلول ۲ مولار این نمک در هر $1000\,mL$ محلول که معادل $1000\,g$ از آن است، ۲ مول از این نمک یافت می‌شود:

$\text{جرم نمک موجود در ۱۰۰۰g محلول}=2\,mol\ \text{نمک}\times\frac{110g\ \text{نمک}}{1\,mol\ \text{نمک}}=220g\ \text{نمک}$

در $1000\,g$ از این محلول، $220\,g$ نمک وجود دارد؛ بنابراین $780\,g$ (۱۰۰۰−۲۲۰) حلال در این محلول وجود دارد. اکنون انحلال‌پذیری این نمک را به‌دست می‌آوریم:

$S_1=100g\ \text{حلال}\times\frac{220g\ \text{نمک}}{780g\ \text{حلال}}=28/2g$

در ادامهٔ دمای این محلول سیرشده را به کمک معادلهٔ انحلال‌پذیری به‌دست می‌آوریم:

$S=\frac{-1}{6}\theta+36/6\Rightarrow28/2=-\frac{1}{6}\theta+36/6\Rightarrow\theta=50/5^\circ C$

همچنین انحلال‌پذیری این نمک در دمای $65/5^\circ C$ (۵۰/۵+۱۵) به‌دست می‌آید:

$S_2-\frac{1}{6}\theta+36/6\Rightarrow S_2=-\frac{1}{6}(65/5)+36/6=25/68\,g$

در آخر درصد رسوب تشکیل‌شده در اثر تغییر دما را از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آوریم:

$\%\ \text{رسوب}=\frac{\Delta S}{S_1}\times100=\frac{28/2-25/68}{28/8}\times100\simeq\%8/9$

B ۷۲۵ ۳ با توجه به داده‌های جدول، معادلهٔ انحلال‌پذیری را به‌دست می‌آوریم:

$S=m\theta+S_0\Rightarrow m=\frac{\Delta S}{\Delta\theta}=\frac{33-34/5}{20-10}=\frac{-1/5}{10}=-0/15\xrightarrow{\theta=20^\circ C}S=-0/15\times20+S_0=33\Rightarrow S_0-3=33\Rightarrow S_0=36g\Rightarrow S=-0/15\theta+36$

شیب منفی $(m<0)$ است؛ بنابراین نمودار انحلال‌پذیری برحسب دما برای لیتیم سولفات به صورت نزولی است. سپس انحلال‌پذیری در دمای $40^\circ C$ را محاسبه کرده، و اجزای محلول را مشخص می‌کنیم:

$\xrightarrow{\theta=40^\circ C}S=-0/15\times40+36=30g$

$\text{جرم آب (حلال)}=65-15=50g\ H_2O$

$\text{جرم حل‌شونده}=65\times\frac{30}{100+30}=15g\ Li_2SO_4$

با فرض سؤال و افزودن $12/5g$ آب $(d=1g.mL^{-1})$، انحلال‌پذیری جدید را محاسبه می‌کنیم:

$S=\frac{15g\ Li_2SO_4}{(50+12/5)g\ H_2O}\times100=24\Rightarrow-0/15\theta+36=24\Rightarrow0/15\theta=12\Rightarrow\theta=80^\circ C$

B ۷۲۶ ۳ موارد دوم و سوم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول:

$S=-0/2\theta+35\xrightarrow{\theta=60^\circ C}S(60^\circ C)=-0/2(60)+35=23\frac{g}{100g\ H_2O}$

مورد دوم: ابتدا انحلال‌پذیری نمک را در دمای $50^\circ C$ محاسبه می‌کنیم:

$S(50^\circ C)=-0/2(50)+35=25\frac{g}{100g\ H_2O}$

سپس در صورتی که جرم آب ۱۰۰ گرم باشد، درصد جرمی محلول سیر شدهٔ نمک را به‌دست می‌آوریم:

$\%\ \text{جرمی نمک}=\frac{\text{جرم نمک}}{\text{جرم نمک}+\text{جرم آب}}\times100=\frac{25}{100+25}\times100=\%20$

مورد سوم: با توجه به اینکه شیب در معادلهٔ انحلال‌پذیری $S=-0/2\theta+35$، منفی است، پس روند تغییر انحلال‌پذیری نمک مورد نظر با دما، همانند لیتیم سولفات (Li_2SO_4) است و با افزایش دما، انحلال‌پذیری نمک در آب کاهش می‌یابد. مورد چهارم: با توجه به منفی بودن شیب نمودار انحلال‌پذیری نمک، با کاهش دمای محلول، انحلال‌پذیری نمک افزایش می‌یابد و نه تنها نمک رسوب نمی‌کند، بلکه این محلول می‌تواند میزان بیشتری از نمک را در خود حل کند.

۷۲۷ **۱** قسمت اول: ابتدا جرم $NaNO_3$ حل شده در هر محلول را محاسبه می‌کنیم:

در محلول اول: $?\,g\,NaNO_3=2L\,\text{محلول}\times\frac{2/5mol\,NaNO_3}{1L\,\text{محلول}}\times\frac{85g\,NaNO_3}{1mol\,NaNO_3}=425g\,NaNO_3$

در محلول دوم: $?\,g\,NaNO_3=1000g\,\text{محلول}\times\frac{55000g\,NaNO_3}{10^6g\,\text{محلول}}=55g\,NaNO_3$

سپس جرم حل‌شونده و حلال را در محلول نهایی به دست می‌آوریم:

$\text{جرم محلول}=(2L\times\frac{1000mL}{1L}\times\frac{1/3g}{1mL}+1000g)=2600g+1000g=3600g$

$\text{جرم حل‌شونده}=425g+55g=480g\,NaNO_3$

حال درصد جرمی $NaNO_3$ در محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$\text{درصد جرمی}\,NaNO_3=\frac{480g}{3600g}\times100\simeq\%13/33$

قسمت دوم: به کمک معادلهٔ انحلال‌پذیری و تغییرات آن، جرم رسوب حاصل را به‌دست می‌آوریم:

$\text{جرم رسوب}=480g\,NaNO_3\times\frac{\text{رسوب }16g}{96g\,NaNO_3}=\text{رسوب }80g$

$\left.\begin{matrix}S_{30^\circ C}=0/8\times30+72=96\\S_{10^\circ C}=0/8\times10+72=80\end{matrix}\right\}\Rightarrow\Delta S=16g$

توضیح محاسبات $\frac{480\times16}{96}=?\xrightarrow[\text{به جای ۴۸۰ و ۹۶ اعداد ۵۰۰ و ۱۰۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌سازی}}\frac{\overset{5}{\cancel{500}}\times16}{\underset{1}{\cancel{100}}}=5\times16=80$

۷۲۸ **۳** موارد اول، سوم، چهارم و پنجم درست است. **بررسی موارد:** مورد اول: برای پیدا کردن نقطهٔ برخورد، دو معادله را مساوی هم قرار می‌دهیم:

$S_A=S_C\Rightarrow0/8\theta+72=-0/16\theta+45\Rightarrow0/96\theta=-27$ ✗

$S_A=S_B\Rightarrow0/8\theta+72=0/4\theta+17\Rightarrow0/4\theta=-55$ ✗

پس در بازهٔ دمایی صفر تا $100^\circ C$، در هیچ دمایی انحلال‌پذیری مادهٔ A با انحلال‌پذیری دو مادهٔ B و C برابر نخواهد شد. مورد دوم: هر چه قدرمطلق شیب نمودار کمتر باشد، دما تأثیر کمتری بر انحلال‌پذیری ماده دارد. در میان این ۴ نمودار، کمترین قدرمطلق شیب نمودار متعلق به نمودار D است. مورد سوم:

$S_C=S_D\Rightarrow-0/16\theta+45=0/1\theta+33\Rightarrow12=0/26\theta\Rightarrow\theta\simeq46^\circ C$

مورد چهارم:

$\left.\begin{matrix}\text{A مادهٔ: }S=0/8\theta+72\xrightarrow{\theta=30^\circ C}S_A=0/8(30)+72=96g\\\text{D مادهٔ: }S=0/1\theta+33\xrightarrow{\theta=70^\circ C}S_D=0/1(70)+33=40g\end{matrix}\right\}\Rightarrow\frac{96}{40}=2/4$

مورد پنجم: $S_B=0/4\theta+17\xrightarrow{\theta=55^\circ C}S_B=0/4(55)+17=39g$

$\text{درصد جرمی}=\frac{39}{139}\times100\simeq\%28$

۷۲۹ **۲** ابتدا به کمک معادلهٔ «انحلال‌پذیری- دما»، انحلال‌پذیری نمک A را در آب در دماهای $0^\circ C$ و $40^\circ C$ به‌دست می‌آوریم:

$S_A=0/9\theta+35\Rightarrow\theta=0^\circ C\Rightarrow S_A=35g\,,\theta=40^\circ C\Rightarrow S_A=0/9\times(40)+35=73/8g$

بنابراین انحلال‌پذیری نمک B در دماهای $0^\circ C$ و $40^\circ C$ به ترتیب برابر $35g$ و $30g$ است، اکنون معادلهٔ «انحلال‌پذیری - دما» را برای مادهٔ B به‌دست می‌آوریم:

$(\text{شیب})\,a=\frac{S_2-S_1}{\theta_2-\theta_1}=\frac{30-35}{40-0}=-\frac{1}{8},\quad S-S_1=a(\theta-\theta_1)\Rightarrow S-35=-\frac{1}{8}(\theta-0)\Rightarrow S=-\frac{1}{8}\theta+35$

اکنون انحلال‌پذیری نمک‌های A و B را در دمای $50^\circ C$ به‌دست می‌آوریم:

$S_A(\theta=50^\circ C)=0/9\times50+35=83/5g$

$S_B(\theta=50^\circ C)=-\frac{1}{8}\times50+35=28/75g$

برای محاسبهٔ نسبت غلظت مولار محلول‌ها، ۱۰۰ گرم از هر محلول را در نظر می‌گیریم و با توجه به یکسان بودن حجم محلول‌های سیرشدهٔ A و B، نسبت غلظت مولار آن‌ها برابر نسبت مقدار مول آن‌ها است:

$\left.\begin{matrix}\text{مول A در محلول سیرشدهٔ آن}=83/5g\,A\times\frac{1mol\,A}{330g\,A}\simeq0/253mol\,A\\\text{مول B در محلول سیرشدهٔ آن}=28/75g\,B\times\frac{1mol\,B}{110g\,B}\simeq0/261mol\,B\end{matrix}\right\}\Rightarrow\frac{\text{غلظت B در محلول آن}}{\text{غلظت A در محلول آن}}=\frac{\text{مقدار مول B}}{\text{مقدار مول A}}=\frac{0/261}{0/253}\simeq1/03$

۷۳۰ **۲** ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم: $2HCl(aq)+CaCO_3(s)\rightarrow CaCl_2(aq)+H_2O(l)+CO_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل): اگر شمار مول‌های HCl مصرف شده را محاسبه کنیم و بر حجم محلول تقسیم کنیم، مولاریتهٔ آن به راحتی به‌دست می‌آید:

$?\,mol\,HCl=33/6L\,CO_2\times\frac{1mol\,CO_2}{22/4L\,CO_2}\times\frac{2mol\,HCl}{1mol\,CO_2}=3mol\,HCl\,,\quad\text{مولاریته}=\frac{\text{شمار مول‌ها}}{\text{حجم محلول}}\Rightarrow\text{مولاریته}=\frac{3}{2/5}=1/2mol.L^{-1}$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{\text{ضریب}\times22/4}=\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{33/6}{1\times22/4}=\frac{2/5\times x}{2}\Rightarrow x=1/2mol.L^{-1}$

B ۷۳۱ ۳ ابتدا معادلهٔ واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$2Al(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2AlCl_3(aq)+3H_2(g)$$

اگر تعداد یون‌های کلرید موجود در ۶۰۰ میلی‌لیتر محلول HCl را به‌دست آوریم، به سادگی می‌توان محاسبه کرد که در چند میلی‌لیتر محلول HCl، $1/505\times10^{22}$ یون کلرید وجود دارد.

$$?\,ion\,Cl^- = 4/5\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{6\,mol\,HCl}{2\,mol\,Al}\times\frac{1\,mol\,Cl^-}{1\,mol\,HCl}\times\frac{6/02\times10^{23}\,ion\,Cl^-}{1\,mol\,Cl^-}=3/01\times10^{23}\,ion\,Cl^-$$

$$?\,L\,H_2 = 4/5\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{3\,mol\,H_2}{2\,mol\,Al}\times\frac{22/4\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2}=5/6\,L\,H_2$$

$$1/505\times10^{22}\,ion\,Cl^-\times\frac{600\,mL\ \text{محلول اسید}}{3/01\times10^{23}\,ion\,Cl^-}=30\,mL\ \text{محلول اسید}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{4/5\times3\times22/4}{27\times2}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{4/5\times3\times22/4}{27\times2}=\frac{4/5\times11/2}{9}=\frac{11/2}{2}=5/6$$

(۱۱/۲ بالای $4/5\times3\times22/4$؛ ۹ زیر 27×2؛ ۹ زیر $4/5$؛ ۲ زیر ۱۱/۲)

B ۷۳۲ ۴ ابتدا باید واکنش را موازنه کنیم:

$$F_2(g)+2NaCl(aq)\rightarrow 2NaF(aq)+Cl_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): کافی است جرم F_2 را به‌دست آوریم و با تقسیم بر حجم، چگالی آن را محاسبه کنیم:

$$?\,g\,F_2 = 160\,mL\ \text{محلول}\,NaCl(aq)\times\frac{0/3\,mol\,NaCl}{1000\,mL\ \text{محلول}\,NaCl(aq)}\times\frac{1\,mol\,F_2}{2\,mol\,NaCl}\times\frac{38\,g\,F_2}{1\,mol\,F_2}=0/912\,g\,F_2\ ,\ \text{چگالی}=\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}=\frac{0/912}{0/6}=1/52\,g.L^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{چگالی}\,(g.L^{-1})\times\text{لیتر}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/16\times0/3}{2}=\frac{0/6\times x}{38\times1}\Rightarrow x=1/52\,g.L^{-1}$$

B ۷۳۳ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2HNO_3(aq)+Zn(OH)_2(s)\rightarrow Zn(NO_3)_2(aq)+2H_2O(l)$$

ابتدا براساس واکنش انجام‌شده، غلظت مولی محلول نیتریک اسید رقیق را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,mol\,HNO_3 = 0/002\,mol\,Zn(OH)_2\times\frac{2\,mol\,HNO_3}{1\,mol\,Zn(OH)_2}=4\times10^{-3}\,mol\,HNO_3\ ,\ \text{غلظت مولی محلول نیتریک اسید رقیق}=\frac{4\times10^{-3}\,mol}{10\times10^{-3}\,L}=0/4\,mol.L^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول}\,Zn(OH)_2}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{10\times10^{-3}\times M}{2}=\frac{0/002\,mol}{1}\Rightarrow M=0/4\,mol.L^{-1}\Rightarrow\text{مولاریتهٔ}\,HNO_3\ \text{رقیق}=0/4\,mol.L^{-1}$$

اکنون با توجه به مولاریتهٔ HNO_3 رقیق‌شده و رابطهٔ رقیق‌سازی، می‌توان مولاریتهٔ محلول غلیظ اولیه را محاسبه نمود:

$$M_{\text{رقیق}}\times V_{\text{رقیق}}=M_{\text{غلیظ}}\times V_{\text{غلیظ}}\Rightarrow0/4\times250=M_{\text{غلیظ}}\times40\Rightarrow M_{\text{غلیظ}}=2/5\,mol.L^{-1}$$

B ۷۳۴ ۴ قسمت اول: ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$2Al(s)+3CuSO_4(aq)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+3Cu(s)$$

*** توجه** بدون موازنه نیز می‌توانستیم بفهمیم که ضرایب مولی Cu و $CuSO_4$ برابر است و نسبت ضرایب استوکیومتری این دو ماده برابر ۱ است.

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم مس (II) سولفات مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CuSO_4 = 72\,g\,Cu\times\frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu}\times\frac{3\,mol\,CuSO_4}{3\,mol\,Cu}\times\frac{160\,g\,CuSO_4}{1\,mol\,CuSO_4}=180\,g\,CuSO_4$$

جرم محلول $CuSO_4$ اولیه را نیز به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم محلول}=\text{حجم}\times\text{چگالی}=300\times1/25=375\,g$$

اکنون درصد جرمی محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times100\Rightarrow\text{درصد جرمی}=\frac{180}{375}\times100=\%48$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مس}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{درصد جرمی}\times\text{چگالی}\times\text{حجم محلول}\ CuSO_4}{100\times\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{72}{64\times1}=\frac{300\times1/25\times x}{100\times160\times1}\Rightarrow x=\%48$$

قسمت دوم:

$$?\,g\,Al = 72\,g\,Cu\times\frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu}\times\frac{2\,mol\,Al}{3\,mol\,Cu}\times\frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al}=20/25\,g\,Al$$

توضیح محاسبات

$$\frac{72\times2\times27}{64\times3}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{72\times2\times27}{64\times3}=\frac{9\times2\times9}{8}=\frac{81}{4}\xrightarrow{\text{تقسیم پلکانی}}\frac{80+1}{4}=20+0/25=20/25$$

(۹ بالای ۷۲ و ۲۷؛ ۸ زیر 64×3؛ ۹ زیر ۹؛ ۴ زیر ۸؛ ۲۰ و ۰/۲۵ بالای $80+1$؛ ۴ زیر ۱)

B ۷۳۵ ۴ دستگاه گلوکومتر قند خون را بر حسب میلی‌گرم بر دسی‌لیتر (dL) نشان می‌دهد؛ بنابراین داریم:

$$1\,L\ \text{خون}\times\frac{10\,dL}{1\,L}\times\frac{135\,mg\,C_6H_{12}O_6}{1\,dL\ \text{خون}}\times\frac{1\,g}{10^3\,mg}\times\frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{180\,g\,C_6H_{12}O_6}=7/5\times10^{-3}\,mol$$

بنابراین غلظت مولی گلوکز در خون این فرد برابر $7/5\times10^{-3}$ مول بر لیتر است.

حجم گاز CO_2 تولید شده در واکنش $C_6H_{12}O_6(aq)\rightarrow 2C_2H_5OH(aq)+2CO_2$ را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{خون } 6L\times\frac{7/5\times10^{-3}\,mol\,C_6H_{12}O_6}{1\,L\text{ خون}}\times\frac{2\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}\times\frac{22400\,mL\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=2016\,mL\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی گلوکز}\times\text{حجم محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم }CO_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{6\times7/5\times10^{-3}}{1}=\frac{x}{2\times22400}\Rightarrow x=2016\,mL$$

۷۳۶ (B) ۱ معادلهٔ موازنهٔ واکنش‌های داده شده به‌صورت مقابل است:

$$3H_2SO_4(aq)+2Al(OH)_3(s)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+6H_2O(l)$$

$$H_2SO_4(aq)+2NaOH(aq)\rightarrow Na_2SO_4(aq)+2H_2O(l)$$

واکنش اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\text{ محلول}=0/03\,mol\,Al(OH)_3\times\frac{3\,mol\,H_2SO_4}{2\,mol\,Al(OH)_3}\times\frac{1\,L\,H_2SO_4\text{ محلول}}{0/1\,mol\,H_2SO_4}=0/45\,L\,H_2SO_4\text{ محلول}=450\,mL\,H_2SO_4\text{ محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }Al(OH)_3}{\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم محلول}\times\text{مولاریتهٔ }H_2SO_4}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/03}{2}=\frac{0/1\times x\,L\text{ محلول}}{3}\Rightarrow x=0/45L\text{ محلول}=450\,mL\text{ محلول}$$

واکنش دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\text{ محلول}=0/3L\,NaOH\text{ محلول}\times\frac{0/2mol\,NaOH}{1\,L\,NaOH\text{ محلول}}\times\frac{1\,mol\,H_2SO_4}{2\,mol\,NaOH}\times\frac{1\,L\,H_2SO_4\text{ محلول}}{0/1\,mol\,H_2SO_4}=0/3L\,H_2SO_4\text{ محلول}=300\,mL\,H_2SO_4\text{ محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم محلول}\times\text{مولاریتهٔ }NaOH}{\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم محلول}\times\text{مولاریتهٔ }H_2SO_4}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/2\times0/3}{2}=\frac{0/1\times y\,L\text{ محلول}}{1}\Rightarrow y=0/3L\text{ محلول}=300\,mL\text{ محلول}$$

بنابراین برای واکنش با محلول (الف)، حجم بیشتری از محلول سولفوریک اسید ۰/۱ مولار لازم است و این حجم برابر ۴۵۰ میلی‌لیتر می‌باشد.

۷۳۷ (B) ۲ ابتدا شمار مول یون‌های Ag^+ در دو محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,Ag^+(\text{محلول ۱})=2L\text{ محلول}\times\frac{0/2mol\,AgNO_3}{1\,L\text{ محلول}}\times\frac{1\,mol\,Ag^+}{1\,mol\,AgNO_3}=0/4mol\,Ag^+$$

$$?\,mol\,Ag^+(\text{محلول ۲})=10L\times\frac{0/03mol\,AgNO_3}{1\,L\text{ محلول}}\times\frac{1\,mol\,Ag^+}{1\,mol\,AgNO_3}=0/3mol\,Ag^+$$

با مخلوط کردن دو محلول در مجموع $0/7\,mol$ $(0/3+0/4)$ یون نقره داریم که افزودن آب خالص یا آب دریا تغییری در مقدار آن ایجاد نمی‌کند. معادلهٔ واکنش یون‌های نقره و یون‌های کلرید به‌صورت مقابل است:

$$Ag^+(aq)+Cl^-(aq)\rightarrow AgCl(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,AgCl=0/7\,mol\,Ag^+\times\frac{1\,mol\,AgCl}{1\,mol\,Ag^+}\times\frac{143/5g\,AgCl}{1\,mol\,AgCl}=100/45g\,AgCl$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }Ag^+}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }AgCl}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/7}{1}=\frac{x\,g\,AgCl}{1\times143/5}\Rightarrow x=100/45g\,AgCl$$

توضیح محاسبات پاسخ اندکی از ۹۸ بزرگ‌تر است. (پاسخ ۱۰۰/۴۵)

$$143/5\times0/7=?\xrightarrow[\text{عدد ۱۴۰ قرار گیرد}]{\text{تخمین‌زدن به جای ۱۴۳/۵،}}140\times0/7=98$$

۷۳۸ (C) ۲ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$3CaCl_2(aq)+2Na_3PO_4(s)\rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s)+6NaCl(aq)$$

حال، جرم کلسیم کلرید موجود در ۲۰۰ گرم محلول ۲/۲۲ درصد جرمی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times100\Rightarrow2/22=\frac{\text{جرم }CaCl_2}{200g}\times100\Rightarrow\text{جرم }CaCl_2=4/44\,g$$

جرم یون کلرید در پایان واکنش برابر است با:

$$?\,g\,Cl^-=4/44g\,CaCl_2\times\frac{1\,mol\,CaCl_2}{111\,g\,CaCl_2}\times\frac{6mol\,NaCl}{3mol\,CaCl_2}\times\frac{1\,mol\,Cl^-}{1\,mol\,NaCl}\times\frac{35/5g\,Cl^-}{1\,mol\,Cl^-}=2/84g\,Cl^-$$

در آخر غلظت یون کلرید را در محلول نهایی براساس ppm محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6\Rightarrow ppm=\frac{2/84g}{(1800+200)g}\times10^6=1420$$

۷۳۹ (B) ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ این دو واکنش به‌صورت زیر است:

۱) $Fe_2O_3(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2FeCl_3(aq)+3H_2O(l)$

۲) $FeCl_3(aq)+3NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_3(s)+3NaCl(aq)$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا باید جرم آهن موجود در سنگ معدن را به‌دست آوریم:

$$?\,g\,Fe=5/35g\,Fe(OH)_3\times\frac{1\,mol\,Fe(OH)_3}{107g\,Fe(OH)_3}\times\frac{1\,mol\,FeCl_3}{1\,mol\,Fe(OH)_3}\times\frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{2mol\,FeCl_3}\times\frac{2mol\,Fe}{1\,mol\,Fe_2O_3}\times\frac{56g\,Fe}{1\,mol\,Fe}=2/8g\,Fe$$

سپس درصد جرمی آهن در این نمونه از سنگ معدن را که ۲۰ گرم جرم دارد محاسبه می‌کنیم: $\text{درصد جرمی آهن}=\frac{\text{جرم آهن}}{\text{جرم سنگ معدن}}\times ۱۰۰=\frac{۲/۸}{۲۰}\times ۱۰۰=٪۱۴$

روش دوم (تناسب): برای حل این مسئله به روش تناسب، باید توجه کنید که به‌ازای مصرف هر مول $Fe_۲O_۳$ که حاوی ۲ مول آهن است، در نهایت ۲ مول $Fe(OH)_۳$ تولید می‌شود. درصد جرمی Fe موجود در نمونهٔ سنگ معدن را x در نظر می‌گیریم و خواهیم داشت:

$$۲Fe\sim ۲Fe(OH)_۳$$

$$\frac{\text{جرم آهن ناخالص}\times\frac{x}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } Fe(OH)_۳}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲۰\times\frac{x}{۱۰۰}}{۲\times۵۶}=\frac{۵/۳۵}{۲\times۱۰۷}\Rightarrow x=٪۱۴$$

B ۷۴۰ ۴ **قسمت اول:** برای محاسبهٔ جرم یون‌های سدیم در محلول اول داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Na^+=۹۰g\,\text{محلول}\times\frac{۱\,mL\,\text{محلول}}{۱/۲g\,\text{محلول}}\times\frac{۱\,L\,\text{محلول}}{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}\times\frac{۵mol\,Na_۲SO_۴}{۱\,L\,\text{محلول}}\times\frac{۲mol\,Na^+}{۱\,mol\,Na_۲SO_۴}\times\frac{۲۳g\,Na^+}{۱\,mol\,Na^+}=۱۷/۲۵g\,Na^+$$

روش دوم (تستی): در این روش ابتدا درصد جرمی یون‌های سدیم را به‌دست می‌آوریم سپس جرم آن‌ها را در ۹۰ گرم محلول محاسبه می‌کنیم. ابتدا باید بدانیم که با توجه به زیروند Na در فرمول $Na_۲SO_۴$، غلظت مولار Na^+ در محلول آن برابر $(۲\times۵)۱۰\,mol.L^{-۱}$ است:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times۱۰}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow ۱۰=\frac{۱۰\times a\times۱/۲}{۲۳}\Rightarrow a=٪(\frac{۲/۳}{۱/۲})$$

اکنون از رابطهٔ درصد جرمی داریم:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow\frac{۲۳}{۱/۲}=\frac{m}{۹۰}\times ۱۰۰\Rightarrow m=۱۷/۲۵g\,Na^+$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\,BaCl_۲=۹۰g\,Na_۲SO_۴\,\text{محلول}\times\frac{۱\,mol\,Na_۲SO_۴\,\text{محلول}}{۱/۲\,g\,Na_۲SO_۴\,\text{محلول}}\times\frac{۱\,L\,\text{محلول}}{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}\times\frac{۵\,mol\,Na_۲SO_۴}{۱\,L\,Na_۲SO_۴\,\text{محلول}}$$

$$\times\frac{۱\,mol\,BaCl_۲}{۱\,mol\,Na_۲SO_۴}\times\frac{۱\,L\,BaCl_۲\,\text{محلول}}{۰/۴\,mol\,BaCl_۲}\times\frac{۱۰۰۰mL\,BaCl_۲\,\text{محلول}}{۱\,L\,BaCl_۲\,\text{محلول}}=۹۳۷/۵mL\,BaCl_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولار}\times\text{کیلو محلول }Na_۲SO_۴}{\text{ضریب}\times\text{چگالی}}=\frac{\text{غلظت مولار}\times\text{لیتر محلول }BaCl_۲}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{(۹۰\times۱۰^{-۳})\times۵}{۱/۲\times۱}=\frac{V\times۰/۴}{۱}\Rightarrow V=۰/۹۳۷۵L=۹۳۷/۵mL$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۹۰\times۱۰^{-۳}\times۵}{۱/۲\times۰/۴}=?\xrightarrow{\text{جدا کردن صفر و اعشار}}\frac{۹\times۵}{۱۲\times۴}\times\frac{۱۰\times۱۰^{-۳}}{۱۰^{-۱}\times۱۰^{-۱}}\xrightarrow[\text{به جای ۴۸ عدد ۵۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌سازی}}\frac{۹\times\cancel{۵}^{۵۰}}{\cancel{۱۰}}=۰/۹\Rightarrow ۹۰۰mL$$

پاسخ به عدد ۹۰۰ نزدیک است. (پاسخ ۹۳۷/۵)

B ۷۴۱ ۲ ابتدا جرم گوگرد موجود در ۱۰ تن از این سوخت فسیلی را به کمک رابطهٔ ppm به‌دست آوریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم سوخت}}\times۱۰^۶\Rightarrow ۶۴۰۰=\frac{\text{جرم گوگرد}}{۱۰\,ton\times\frac{۱۰^۶\,g}{۱\,ton}}\times۱۰^۶\Rightarrow\text{جرم گوگرد}=۶۴۰۰۰\,g$$

معادلهٔ واکنش سوختن گوگرد و دو واکنش دیگر که در صورت تست داده شده به‌صورت زیر است:

$$I)\ S(s)+O_۲(g)\rightarrow SO_۲(g)\qquad II)\ SO_۲(g)+CaO(s)\rightarrow CaSO_۳(s)\qquad III)\ CaCO_۳(s)\rightarrow CO_۲(g)+CaO(s)$$

روش اول (کسر تبدیل): محاسبهٔ جرم CaO لازم برای جذب کامل گاز $SO_۲$ تولید شده:

$$?\,kg\,CaO=۶۴۰۰۰g\,S\times\frac{۱\,mol\,S}{۳۲g\,S}\times\frac{۱\,mol\,SO_۲}{۱\,mol\,S}\times\frac{۱\,mol\,CaO}{۱\,mol\,SO_۲}\times\frac{۵۶g\,CaO}{۱\,mol\,CaO}\times\frac{۱\,kg\,CaO}{۱۰۰۰g\,CaO}=۱۱۲kg\,CaO$$

محاسبهٔ جرم $CaCO_۳$ ناخالص لازم برای تولید ۱۱۲kg کلسیم اکسید:

$$?\,kg\,CaCO_۳=۱۱۲kg\,CaO\times\frac{۱۰۰۰g\,CaO}{۱\,kg\,CaO}\times\frac{۱\,mol\,CaO}{۵۶g\,CaO}\times\frac{۱\,mol\,CaCO_۳}{۱\,mol\,CaO}\times\frac{۱۰۰g\,CaCO_۳}{۱\,mol\,CaCO_۳}\times\frac{۱۰۰g\,CaCO_۳\,\text{ناخالص}}{۸۰g\,CaCO_۳\,\text{خالص}}$$

$$\text{ناخالص}\,CaCO_۳=۲۵۰kg\,CaCO_۳\,\text{ناخالص}=۲۵۰۰۰۰g\,CaCO_۳$$

روش دوم (تناسب): با توجه به معادلهٔ واکنش‌ها، به ازای سوختن یک مول S، یک مول $SO_۲$ تولید و برای حذف یک مول $SO_۲$، یک مول CaO لازم است که از تجزیهٔ یک مول $CaCO_۳$ تولید می‌شود.

$$۱\,mol\,S\sim ۱\,mol\,CaO\sim ۱\,mol\,CaCO_۳$$

$$\frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم آهک}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{درصد خلوص}\times\text{جرم }CaCO_۳}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۶۴۰۰۰}{۳۲\times۱}=\frac{x}{۵۶\times۱}=\frac{y\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱۰۰\times۱}\Rightarrow x=۱۱۲۰۰۰g=۱۱۲kg\,CaO\,,\,y=۲۵۰kg\,CaCO_۳$$

B ۷۴۲ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$Ba(OH)_2(aq)+2HCl(aq)\rightarrow BaCl_2(aq)+2H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\,HCl=200\,mL\,\text{محلول}\times\frac{1\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}\times\frac{21375\,g\,Ba(OH)_2}{10^6\,g\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Ba(OH)_2}{171\,g\,Ba(OH)_2}\times\frac{2\,mol\,HCl}{1\,mol\,Ba(OH)_2}\times\frac{1000\,mL\,HCl\,\text{محلول}}{0/4\,mol\,HCl}=125\,mL\,HCl\,\text{محلول}$$

روش دوم (تناسب): با توجه به اینکه چگالی محلول برابر چگالی آب $(1\,g.mol^{-1})$ است؛ بنابراین جرم محلول $Ba(OH)_2$ برابر $200\,g$ است؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم محلول}\times ppm}{10^6\times\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم}\times\text{مولاریته}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{200\times21375}{171\times1\times10^6}=\frac{V\,L\,HCl\,\text{محلول}\times0/4}{2}\Rightarrow V=0/125\,L\,HCl\,\text{محلول}\Rightarrow125\,mL\,HCl\,\text{محلول}$$

B ۷۴۳ ۴ **قسمت اول:** ابتدا شمار مول‌های سدیم فسفات را در محلول آن به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,Na_3PO_4=1000\,mL\,\text{محلول}\times\frac{1/15\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}\times\frac{3000\,g\,Na^+}{10^6\,g\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Na^+}{23\,g\,Na^+}\times\frac{1\,mol\,Na_3PO_4}{3\,mol\,Na^+}=0/05\,mol\,Na_3PO_4$$

اکنون می‌توان حجم محلول مورد نیاز کلسیم نیترات را محاسبه کرد:

$$?\,mL\,Ca(NO_3)_2\,\text{محلول}=0/05\,mol\,Na_3PO_4\times\frac{3\,mol\,Ca(NO_3)_2}{2\,mol\,Na_3PO_4}\times\frac{3\,mol\,ion}{1\,mol\,Ca(NO_3)_2}\times\frac{1\,L\,Ca(NO_3)_2\,\text{محلول}}{0/75\,mol\,ion}$$

$$=0/3\,L\,Ca(NO_3)_2\,\text{محلول}=300\,mL\,Ca(NO_3)_2\,\text{محلول}$$

قسمت دوم: جرم رسوب کلسیم فسفات برابر است با:

$$?\,g\,Ca_3(PO_4)_2=0/05\,mol\,Na_3PO_4\times\frac{1\,mol\,Ca_3(PO_4)_2}{2\,mol\,Na_3PO_4}\times\frac{310\,g\,Ca_3(PO_4)_2}{1\,mol\,Ca_3(PO_4)_2}=7/75\,g\,Ca_3(PO_4)_2$$

B ۷۴۴ ۳ ابتدا واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم:

$$I)\ BaCl_2(aq)+Na_2SO_4(aq)\rightarrow BaSO_4(s)+2NaCl(aq)$$

$$II)\ 2AgNO_3(aq)+BaCl_2(aq)\rightarrow 2AgCl(s)+Ba(NO_3)_2(aq)$$

ابتدا شمار مول‌های $BaCl_2$ موجود در ۱۱۰ میلی‌لیتر محلول را به‌دست می‌آوریم: (دقت کنید که در هر مول Na_2SO_4، ۳ مول یون وجود دارد.)

$$?\,mol\,BaCl_2=360\,mL\,Na_2SO_4(aq)\times\frac{1/65\,mol\,ion}{1000\,mL\,Na_2SO_4(aq)}\times\frac{1\,mol\,Na_2SO_4}{3\,mol\,ion}\times\frac{1\,mol\,BaCl_2}{1\,mol\,Na_2SO_4}=0/198\,mol\,BaCl_2$$

حال شمار مول‌های $BaCl_2$ لازم برای واکنش با نقره نیترات را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,BaCl_2=306\,g\,AgNO_3\times\frac{1\,mol\,AgNO_3}{170\,g\,AgNO_3}\times\frac{1\,mol\,BaCl_2}{2\,mol\,AgNO_3}=0/9\,mol\,BaCl_2$$

در ۱۱۰ میلی‌لیتر محلول باریم کلرید، ۰/۱۹۸ مول $BaCl_2$ وجود دارد، بنابراین می‌توان حجم محلولی که حاوی ۰/۹ مول $BaCl_2$ باشد را محاسبه نمود:

$$?\,mL\,\text{محلول}=0/9\,mol\,BaCl_2\times\frac{110\,mL\,\text{محلول}}{0/198\,mol\,BaCl_2}=500\,mL\,\text{محلول}$$

B ۷۴۵ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$CuA_2(aq)+2NaOH(aq)\rightarrow Cu(OH)_2(s)+2NaA(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل): **قسمت اول:** جرم مولی یون A را برابر a گرم بر مول در نظر می‌گیریم و از حجم و غلظت محلول NaOH به جرم CuA_2 مصرفی می‌رسیم و مقدار a را محاسبه می‌کنیم:

$$100\times10^{-3}\,L\,NaOH\,\text{محلول}\times\frac{0/5\,mol\,NaOH}{1\,L\,NaOH\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,CuA_2}{2\,mol\,NaOH}\times\frac{(64+2a)\,g\,CuA_2}{1\,mol\,CuA_2}=4/55\,g\,CuA_2$$

$$\Rightarrow64+2a=\frac{4/55\times2}{100\times10^{-3}\times0/5}=182\Rightarrow2a=182-64=118\Rightarrow a=59\,g.mol^{-1}$$

فرمول شیمیایی یون‌های استات و نیترات به ترتیب $C_2H_3O_2^-$ و NO_3^- بوده و جرم مولی آن‌ها به‌ترتیب برابر ۵۹ و ۶۲ گرم بر مول است؛ پس یون A همان استات است.

قسمت دوم:

$$?\,g\,Cu(OH)_2=100\times10^{-3}\,L\,NaOH\,\text{محلول}\times\frac{0/5\,mol\,NaOH}{1\,L\,NaOH\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Cu(OH)_2}{2\,mol\,NaOH}\times\frac{98\,g\,Cu(OH)_2}{1\,mol\,Cu(OH)_2}=2/45\,g\,Cu(OH)_2$$

روش دوم (تناسب): هر دو قسمت این مسئله را می‌توان به روش تناسب، در یک مرحله حل نمود: (جرم مولی یون A را برابر a گرم بر مول در نظر می‌گیریم.)

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{حجم محلول NaOH مصرفی}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم } CuA_2\text{ مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم } Cu(OH)_2\text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/1\times0/5}{2}=\frac{4/55}{1\times(64+2a)}=\frac{y\,g\,Cu(OH)_2}{1\times98}$$

$$\Rightarrow a=59\,g.mol^{-1},\ y=2/45\,g\,Cu(OH)_2$$

فرمول شیمیایی یون‌های استات و نیترات به ترتیب $C_2H_3O_2^-$ و NO_3^- بوده و جرم مولی آن‌ها به‌ترتیب برابر ۵۹ و ۶۲ گرم بر مول است؛ پس یون A همان استات است.

B ۷۴۶ ۱ قسمت اول: ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$Cl_2(g)+2KI(aq)\rightarrow 2KCl(aq)+I_2(s)$

سپس جرم محلول را به‌دست می آوریم و بر حجم آن تقسیم می‌کنیم:

$?\,g\,KI(aq)_{\text{محلول}}=17/4\,g\,Cl_2\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{71\,g\,Cl_2}\times\frac{2\,mol\,KI}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{166\,g\,KI}{1\,mol\,KI}\times\frac{125\,g\,KI(aq)_{\text{محلول}}}{25\,g\,KI}=3984\,g\,KI(aq)_{\text{محلول}}$

$\text{چگالی}=\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}\Rightarrow \text{چگالی}=\frac{3984\,g}{1600\,mL}=2/49\,g.mL^{-1}$

قسمت دوم:

$?\,g\,KCl=17/4\,g\,Cl_2\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{71\,g\,Cl_2}\times\frac{2\,mol\,KCl}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{74/5\,g\,KCl}{1\,mol\,KCl}\times\frac{1000\,mg}{1\,g}=35760\,mg\,KCl$

$ppm=\frac{\text{میلی‌گرم‌های KCl}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 3576=\frac{35760}{V}\Rightarrow V=10\,L_{\text{محلول}}$

B ۷۴۷ ۴ روش اول (کسر تبدیل): اگر جرم مولی فلز A را M فرض کنیم، داریم:

$30\,mL\,AOH(aq)_{\text{محلول}}=30\,mL\,HCl(aq)_{\text{محلول}}\times\frac{5/76\,mol\,HCl}{1000\,mL\,HCl(aq)_{\text{محلول}}}\times\frac{1\,mol\,AOH}{1\,mol\,HCl}\times\frac{(M+17)\,g\,AOH}{1\,mol\,AOH}\times\frac{100\,g\,AOH(aq)_{\text{محلول}}}{9\,g\,AOH}$

$\times\frac{1\,mL\,AOH(aq)_{\text{محلول}}}{1/28\,g\,AOH(aq)_{\text{محلول}}}\Rightarrow(M+17)=24\Rightarrow M=7\,g.mol^{-1}$

روش دوم (تناسب): مولاریتهٔ محلول $AOH(aq)$ را x فرض می‌کنیم:

$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{حجم محلول}\,HCl(aq)}{\text{ضریب}}=\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{حجم محلول}\,AOH(aq)}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{3\times5/76}{1}=\frac{36\times x}{1}\Rightarrow x=4/8\,mol.L^{-1}$

توجه کنید که حجم هر دو محلول برحسب mL داده شده در تناسب نیازی به تبدیل به لیتر نداریم. حالا طبق فرمول داریم:

$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times10}{\text{جرم مولی حل‌شونده}}\Rightarrow 4/8=\frac{10\times9\times1/28}{\text{جرم مولی AOH}}\Rightarrow \text{جرم مولی AOH}=24\,g.mol^{-1}\Rightarrow \text{جرم مولی A}=7\,g.mol^{-1}$

B ۷۴۸ ۳ ابتدا باید واکنش را موازنه کنیم:

$Ba(OH)_2(aq)+2HCl(aq)\rightarrow BaCl_2(aq)+2H_2O(l)$

سپس جرم HCl را محاسبه می‌کنیم:

$?\,g\,HCl=500\,mL\,Ba(OH)_2(aq)_{\text{محلول}}\times\frac{1/1\,mol\,Ba(OH)_2}{1000\,mL\,Ba(OH)_2(aq)_{\text{محلول}}}\times\frac{2\,mol\,HCl}{1\,mol\,Ba(OH)_2}\times\frac{36/5\,g\,HCl}{1\,mol\,HCl}=40/15\,g\,HCl$

بنابراین از ۲۴۰ گرم محلول HCl، به‌تقریب ۴۰ گرم آن HCl و ۲۰۰ گرم آن آب است، پس:

$\text{انحلال‌پذیری}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حلال}}\times100\Rightarrow \text{انحلال‌پذیری}=\frac{40}{200}\times100=20\,g$

B ۷۴۹ ۲ ابتدا واکنش‌های مورد نظر را موازنه کرده و سپس با توجه به روابط استوکیومتری مقدار $CaCO_3$ مصرفی را می‌یابیم:

I) $C_4H_9OH(l)+6O_2(g)\rightarrow 4CO_2(g)+5H_2O(g)$

II) $CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$

در واکنش (I) در مجموع ۱۱۲/۵ لیتر گاز $(CO_2\,,H_2O)$ در شرایط داده شده تولید می‌شود:

$112/5\,\text{لیتر گاز}\times\frac{1\,\text{مول گاز}}{25\,\text{لیتر}}=4/5\,mol\,\text{گاز}$

با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش نسبت H_2O تولید شده به CO_2 تولید شده ۵ به ۴ است.

$4x+5x=4/5\Rightarrow 9x=4/5\Rightarrow x=\frac{1}{2}\Rightarrow 4x=2\,\text{مول}\,CO_2\,,5x=2/5\,\text{مول}\,H_2O$

$(I)\Rightarrow ?\,g\,C_4H_9OH=2\,mol\,CO_2\times\frac{1\,mol\,C_4H_9OH}{4\,mol\,CO_2}\times\frac{74\,g\,C_4H_9OH}{1\,mol\,C_4H_9OH}=37\,g\,C_4H_9OH$

$(II)\Rightarrow ?\,L\,HCl=2\,mol\,CO_2\times\frac{2\,mol\,HCl}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{1\,L\,HCl}{0/2\,mol\,HCl}=20\,L\,HCl$

B ۷۵۰ ۴ ابتدا هر سه واکنش را موازنه می‌کنیم:

I) $2NaN_3(s)\rightarrow 2Na(s)+3N_2(g)$

II) $2Na(s)+2H_2O(l)\rightarrow 2NaOH(aq)+H_2(g)$

III) $2NaOH(aq)+H_2SO_4(aq)\rightarrow Na_2SO_4(aq)+2H_2O(l)$

روش اول (کسر تبدیل):

$?\,g\,NaN_3(s)=250\,mL\,H_2SO_4{}_{\text{محلول}}\times\frac{5\,mol\,H_2SO_4}{1000\,mL\,H_2SO_4{}_{\text{محلول}}}\times\frac{2\,mol\,NaOH}{1\,mol\,H_2SO_4}\times\frac{2\,mol\,Na}{2\,mol\,NaOH}\times\frac{2\,mol\,NaN_3}{2\,mol\,Na}\times\frac{65\,g\,NaN_3}{1\,mol\,NaN_3}$

$=162/5\,g\,NaN_3$

روش دوم (تناسب): ضرایب مواد مشترک در جفت واکنش‌های «I و II» و «II و III» یکسان است، بنابراین مشخص است که به ازای مصرف ۲ مول NaN_3، در نهایت یک مول H_2SO_4 مصرف می‌شود.

$$2mol\ NaN_3 \sim 1\ mol\ H_2SO_4$$

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}\ H_2SO_4}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم}\ NaN_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0/25\times 5}{1} = \frac{x}{65\times 2} \Rightarrow x = 162/5g\ NaN_3$$

توضیح محاسبات

$$0/25\times 5\times 65\times 2 = ? \rightarrow \overset{2/5}{2\times 0/25\times 5}\times 65 = 2/5\times 65 \xrightarrow{\text{ضرب پلکانی}} \overset{\times}{(2+0/5)}\times 65 = 130+32/5 = 162/5$$

B ۷۵۱ ۱ **قسمت اول:** فرض می‌کنیم که جرم نمونهٔ ناخالص اولیه برابر ۱۰۰ گرم باشد. در این صورت در این نمونه ۸۸ گرم Na_2SO_4 و ۱۰ گرم آب وجود دارد.

اگر این نمونه، x گرم آب (رطوبت) جذب کند، خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی آب در نمونهٔ نهایی} = \frac{10+x}{100+x}\times 100 = 20 \Rightarrow x = 12/5g$$

به این ترتیب، در نمونهٔ نهایی که جرم آن برابر $112/5\ g$ $(100+12/5)$ است، ۸۸ گرم نمک Na_2SO_4 وجود دارد؛ بنابراین:

$$\text{درصد جرمی نمک در نمونهٔ نهایی} = \frac{\text{جرم نمک}}{\text{جرم نمونهٔ ناخالص نهایی}}\times 100 = \frac{88}{112/5}\times 100 \simeq \%78/2$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$Na_2SO_4(aq)+BaCl_2(aq)\rightarrow 2NaCl(aq)+BaSO_4(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ g\ BaSO_4 = 35/5g\ \text{نمونهٔ ناخالص} \times \frac{88g\ Na_2SO_4}{100g\ \text{نمونهٔ ناخالص}} \times \frac{1mol\ Na_2SO_4}{142g\ Na_2SO_4} \times \frac{1mol\ BaSO_4}{1mol\ Na_2SO_4} \times \frac{233g\ BaSO_4}{1mol\ BaSO_4} = 51/26g\ BaSO_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم نمونهٔ ناخالص}\ Na_2SO_4 \times \frac{P}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم}\ BaSO_4}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{35/5\times \frac{88}{100}}{142\times 1} = \frac{x}{233\times 1} \Rightarrow x = 51/26g\ BaSO_4$$

C ۷۵۲ ۲ ابتدا معادلهٔ واکنش داده شده را موازنه می‌کنیم:

$$2C_6H_6O_6(aq)+5O_2(g)\rightarrow 8CO_2(g)+6H_2O(l)$$

شمار مول تارتاریک اسید مصرف شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$40g\ O_2 \times \frac{1mol\ O_2}{32g\ O_2} \times \frac{2mol\ C_6H_6O_6}{5mol\ O_2} = 0/5mol\ C_6H_6O_6$$

طی این فرایند مقدار ۰/۵ مول تارتاریک اسید، مصرف شده است. تعداد مول پایانی تارتاریک اسید را x فرض می‌کنیم؛ بنابراین شمار مول آغازی آن در محلول اولیه برابر $x+0/5$ است. در این فرایند مقداری آب تولید شده است، برای محاسبهٔ غلظت نهایی، جرم آب تولید شده در واکنش اکسایش تارتاریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$40g\ O_2 \times \frac{1mol\ O_2}{32g\ O_2} \times \frac{6mol\ H_2O}{5mol\ O_2} \times \frac{18g\ H_2O}{1mol\ H_2O} = 27g\ H_2O$$

بنابراین حجم پایانی محلول برابر با ۰/۲۲۷ لیتر است. با توجه به اینکه غلظت مولی آغازی، ۳/۴ برابر غلظت مولی نهایی است، داریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \text{غلظت اولیه} = 3/4\times \text{غلظت نهایی} \Rightarrow \frac{x+0/5}{0/2} = 3/4\times \frac{x}{0/227} \Rightarrow x = 0/25mol$$

از این‌رو در ابتدا به تقریب ۰/۷۵ مول تارتاریک اسید در محلول وجود داشته است که ۰/۵ مول از آن مصرف شده است. در نهایت درصد تقریبی تارتاریک اسید مصرفی برابر $\%66/7$ $(\frac{0/5}{0/75}\times 100)$ است.

C ۷۵۳ ۱ در هر ساعت غلظت NO_2 در هوا $0/3ppm$ افزایش می‌یابد؛ بنابراین پس از یک بازهٔ ۴ ساعته، غلظت NO_2 به میزان $1/2ppm$ در هوای شهر افزایش خواهد یافت. با توجه به متن تست، معادلهٔ واکنش NO_2 با آب به‌صورت: $NO_2(g)+H_2O(l)\rightarrow HNO_3(aq)+NO(g)$ است که باید موازنه شود:

برای موازنهٔ واکنش ابتدا موازنه را با روش وارسی شروع کرده و هر جای موازنه که دیگر نتوانستیم این روش را ادامه دهیم، از روش تشکیل معادله استفاده می‌کنیم. به این منظور ابتدا موازنه را با عنصر H شروع می‌کنیم:

$$\square\ NO_2(g)+1H_2O(l)\rightarrow 2HNO_3(aq)+\square\ NO(g)$$

با توجه به معادلهٔ حاصل، ملاحظه می‌کنیم که دیگر نمی‌توانیم سایر عنصرها (یعنی N و O) را به روش وارسی موازنه کنیم؛ پس ضریب NO_2 و NO را به ترتیب a و b در نظر گرفته و برای هر کدام از عناصر N و O یک معادله تشکیل داده و آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$a\ NO_2(g)+1H_2O(l)\rightarrow 2HNO_3(aq)+b\ NO(g) \qquad \begin{cases} N: a = 2+b \\ O: 2a+1 = 6+b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a-b=2 \\ 2a-b=5 \end{cases} \Rightarrow a=3, b=1$$

پس معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$3NO_2(g)+H_2O(l)\rightarrow 2HNO_3(aq)+NO(g)$$

* **توجه** مفهوم ppm برای آلاینده‌های گازی موجود در هواکره با مفهوم ppm مواد محلول در آب متفاوت بوده و نحوهٔ محاسبهٔ آن‌ها نیز با یک‌دیگر تفاوت دارد ولی طراح محترم کنکور در طراحی این تست به این مورد دقت نکرده است. ما نیز این تست را با فرض طراح حل می‌کنیم.

اگر جرم محلول برای هر دو ترکیب NO_2 و HNO_3 یکسان در نظر گرفته شود، می‌توان به کمک روابط استوکیومتری، غلظت ppm مادهٔ NO_2 را به غلظت ppm مادهٔ HNO_3 تبدیل کرد ولی همانطور که گفته شد، این کار تنها برای رسیدن به پاسخ مدنظر طراح است و از نظر علمی ارتباط این‌گونه میان غلظت ppm در محیط گازی و مایع درست نیست.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,ppm\,HNO_3 = 1/2\,ppm\,NO_2 \times \frac{1\,mol\,NO_2}{46\,g\,NO_2} \times \frac{2\,mol\,HNO_3}{3\,mol\,NO_2} \times \frac{63\,g\,HNO_3}{1\,mol\,HNO_3} \simeq 1/1\,ppm\,HNO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت ppm مادهٔ } NO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{غلظت ppm مادهٔ } HNO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1/2}{46\times3} = \frac{x\ ppm\ HNO_3}{63\times2} \Rightarrow x \simeq 1/1\ ppm\ HNO_3$$

C ۷۵۴ ۴ قبل از هر چیزی باید بدانیم که در این واکنش، یون‌های سولفات (SO_4^{2-}) نقش تماشاچی دارند و شمار مول‌های آن ثابت می‌ماند. با توجه به اینکه غلظت این یون کاهش‌یافته است می‌توان حدس زد که حجم محلول در اثر تولید آب در واکنش افزایش‌یافته است؛ بنابراین نخست حجم آب تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\,H_2O = 16\,g\,CuO \times \frac{1\,mol\,CuO}{80\,g\,CuO} \times \frac{1\,mol\,H_2O}{1\,mol\,CuO} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \frac{1\,mL\,H_2O}{1\,g\,H_2O} = 36\,mL\,H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم } H_2O\times\text{چگالی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } CuO}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{V\times1}{1\times18} = \frac{16}{1\times80} \Rightarrow V = 36\,mL\,H_2O$$

اکنون می‌توان حجم اولیهٔ محلول را محاسبه کرد:

$$\text{غلظت مولار } (M) = \frac{\text{شمار مول‌ها } (n)}{\text{حجم محلول } (V)} \Rightarrow \frac{M_2}{M_1} = \frac{8}{9} \Rightarrow \frac{\frac{n_2}{V_2}}{\frac{n_1}{V_1}} = \frac{8}{9} \xrightarrow{n_1=n_2} \frac{V_1}{V_2} = \frac{8}{9} \xrightarrow{V_2=V_1+36} \frac{V_1}{V_1+36} = \frac{8}{9}$$

$$\Rightarrow V_1 = 8\times36 = 288\,mL \Rightarrow \text{جرم محلول} = 288\,mL\ \text{محلول} \times \frac{1\,g\ \text{محلول}}{1\,mL\ \text{محلول}} = 288\,g\ \text{محلول}$$

جرم H_2SO_4 مصرفی برابر است با: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2SO_4 = 16\,g\,CuO \times \frac{1\,mol\,CuO}{80\,g\,CuO} \times \frac{1\,mol\,H_2SO_4}{1\,mol\,CuO} \times \frac{98\,g\,H_2SO_4}{1\,mol\,H_2SO_4} = 19/6\,g\,H_2SO_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CuO}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } H_2SO_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{16}{1\times80} = \frac{m}{98} \Rightarrow m = 19/6\,g\,H_2SO_4$$

در نهایت می‌توان درصد جرمی H_2SO_4 را در محلول اولیهٔ آن محاسبه کرد:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{19/6}{288} \times 100 \simeq 6\text{۸}\,\%$$

C ۷۵۵ ۱ قسمت اول: ابتدا باید جرم یون کادمیم موجود در آب دریاچه را به‌دست آوریم و بعد محاسبه کنیم که به کمک ۱/۵۶ گرم سدیم سولفید، چند گرم از این یون کادمیم را می‌توان از آب دریا حذف کرد تا در نهایت به جرم یون کادمیم استاندارد در آب دریاچه برسیم.

$$ppm = \frac{\text{جرم یون کادمیم}}{\text{جرم آب دریا}} \times 10^6 \Rightarrow 9/4 = \frac{x}{400\,L\ \text{آب دریا} \times \frac{1\,kg\ \text{آب دریا}}{1\,L\ \text{آب دریا}} \times \frac{1000\,g}{1\,kg}} \times 10^6 \Rightarrow x = 3/76\,g\,Cd^{2+}$$

$$?\,g\,Cd^{2+}\,(\text{حذف شده}) = 1/56\,g\,Na_2S \times \frac{1\,mol\,Na_2S}{78\,g\,Na_2S} \times \frac{1\,mol\,Cd^{2+}}{1\,mol\,Na_2S} \times \frac{112\,g\,Cd^{2+}}{1\,mol\,Cd^{2+}} = 2/24\,g\,Cd^{2+}\,(\text{حذف شده})$$

$$(\text{جرم باقی‌مانده})\,1/52\,g\,Cd^{2+} = 3/76\,g - 2/24\,g = \text{جرم استاندارد یون کادمیم باقی‌مانده در ۴۰۰ لیتر آب}$$

$$ppm(\text{حد مجاز کادمیم}) = \frac{\text{جرم استاندارد کادمیم}}{\text{جرم آب دریا}} \times 10^6 = \frac{1/52\,g}{400\,L\ \text{آب دریا} \times \frac{1\,kg\ \text{آب دریا}}{1\,L\ \text{آب دریا}} \times \frac{1000\,g}{1\,kg}} \times 10^6 = 3/8\,ppm$$

قسمت دوم:

$$?\,g\,CdS = 1/56\,g\,Na_2S \times \frac{1\,mol\,Na_2S}{78\,g\,Na_2S} \times \frac{1\,mol\,CdS}{1\,mol\,Na_2S} \times \frac{144\,g\,CdS}{1\,mol\,CdS} = 2/88\,g\,CdS$$

C ۷۵۶ ۲ ابتدا باید محاسبه کنیم که اگر ۵۰۰ گرم محلول سیرشده‌ای از این ترکیب را از دمای $72^\circ C$ تا $25^\circ C$ سرد کنیم، چند گرم رسوب ایجاد می‌شود.

$$?\,g\,BaCl_2 = 35/5\,g\,Na_2SO_4 \times \frac{1\,mol\,Na_2SO_4}{142\,g\,Na_2SO_4} \times \frac{1\,mol\,BaCl_2}{1\,mol\,Na_2SO_4} \times \frac{208\,g\,BaCl_2}{1\,mol\,BaCl_2} = 52\,g\,BaCl_2$$

سپس باید انحلال‌پذیری $BaCl_2$ را به کمک درصد جرمی در دمای $72^\circ C$ در ۱۰۰ گرم آب به‌دست آوریم:

$$M = \frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times10}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 3 = \frac{3/12\times\text{درصد جرمی}\times10}{208} \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 20\,\%$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم آب + جرم حل‌شونده}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۲۰ = \frac{x}{x+۱۰۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow x = ۲۵g$$

انحلال‌پذیری این ترکیب در دمای $۷۲^\circ C$، برابر با ۲۵ گرم است. حال باید محاسبه کنیم که اگر ۱۲۵ گرم محلول سیرشده‌ای از $BaCl_۲$ را از دمای $۷۲^\circ C$ تا $۲۵^\circ C$ سرد کنیم، چند گرم رسوب تشکیل می‌شود و به کمک جرم رسوب تولید شده، انحلال‌پذیری این ترکیب را در دمای $۲۵^\circ C$ به‌دست آوریم. با توجه به اطلاعات مسئله اگر ۵۰۰ گرم محلول سیرشدهٔ $BaCl_۲$ را از دمای $۷۲^\circ C$ تا $۲۵^\circ C$ سرد کنیم، ۵۲ گرم رسوب تشکیل می‌شود.

در نتیجه:

$$?\,g \text{ رسوب} = ۱۲۵g\ BaCl_۲ \text{ محلول سیرشده} \times \frac{۵۲g\ BaCl_۲}{۵۰۰g\ BaCl_۲ \text{ محلول سیرشده}} = ۱۳g\ BaCl_۲$$

(انحلال‌پذیری در دمای $۲۵^\circ C$) $-$ (انحلال‌پذیری در دمای $۲۵^\circ C$) $= ۲۵ - ۱۳ \Rightarrow$ جرم رسوب تولید شده $=$ انحلال‌پذیری در دمای $۷۲^\circ C$

انحلال‌پذیری در دمای $۲۵^\circ C = ۱۲g$

۷۵۷ (C) ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:

$$۲LiOH(aq) + H_۲SO_۴(aq) \rightarrow Li_۲SO_۴(aq) + ۲H_۲O(l)$$

جرم محلول مورد نیاز از سولفوریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{محلول}\ ۲۴۰g\ H_۲SO_۴ = ۳۷۵mL \text{ محلول} \times \frac{۱L \text{ محلول}}{۱۰^۳mL \text{ محلول}} \times \frac{۸mol\ LiOH}{۱L \text{ محلول}} \times \frac{۱mol\ H_۲SO_۴}{۲mol\ LiOH} \times \frac{۹۸g\ H_۲SO_۴}{۱mol\ H_۲SO_۴} \times \frac{\text{محلول}\ ۱۰۰g}{۶۱/۲۵g\ H_۲SO_۴}$$

جرم محلولی از لیتیم هیدروکسید که در این واکنش شرکت کرده را به‌دست می‌آوریم:

$$۳۷۵mL \text{ محلول} \times \frac{\text{محلول}\ ۱/۲g}{۱mL \text{ محلول}} = \text{محلول}\ ۴۵۰g$$

جرم $Li_۲SO_۴$ تولید شده را به دست می‌آوریم:

$$۳۷۵mL \text{ محلول} \times \frac{۱L \text{ محلول}}{۱۰^۳mL \text{ محلول}} \times \frac{۸mol\ LiOH}{۱L \text{ محلول}} \times \frac{۱mol\ Li_۲SO_۴}{۲mol\ LiOH} \times \frac{۱۱۰g\ Li_۲SO_۴}{۱mol\ Li_۲SO_۴} = ۱۶۵g\ Li_۲SO_۴$$

دقت کنید که در این واکنش مقداری آب تولید شده و موجب افزایش جرم محلول می‌شود؛ بنابراین جرم آب تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$۱۶۵g\ Li_۲SO_۴ \times \frac{۱mol\ Li_۲SO_۴}{۱۱۰g\ Li_۲SO_۴} \times \frac{۲mol\ H_۲O}{۱mol\ Li_۲SO_۴} \times \frac{۱۸g\ H_۲O}{۱mol\ H_۲O} = ۵۴g\ H_۲O$$

بنابراین جرم کل محلول ایجاد شده برابر است با:

$$\text{محلول}\ ۲۴۰g\ H_۲SO_۴ + \text{محلول}\ ۴۵۰g\ LiOH + ۵۴g\ H_۲O = ۷۴۴g \text{ محلول}$$

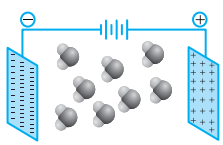
در ۷۴۴ گرم محلول، ۱۶۵ گرم $Li_۲SO_۴$ و ۵۷۹ گرم آب وجود دارد، بنابراین مقدار انحلال‌پذیری $Li_۲SO_۴$ در این شرایط برابر است با:

$$۱۰۰g\ H_۲O \times \frac{۱۶۵g\ Li_۲SO_۴}{۵۷۹g\ H_۲O} \simeq ۲۸/۵g\ Li_۲SO_۴$$

مقدار انحلال‌پذیری $Li_۲SO_۴$ در این شرایط به تقریب برابر ۲۸/۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است و طبق نمودار داده شده، دمای محلول حاصل در حدود $۵۱^\circ C$ است.

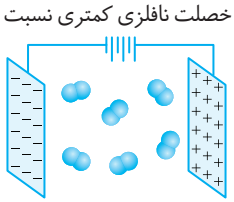
۷۵۸ (A) ۱ آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می‌شود.

۷۵۹ (A) ۳ بررسی گزینه‌های نادرست: گزینهٔ (۱): شکل خمیدهٔ مولکول‌های آب، نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص فیزیکی مولکول‌های آب دارد. گزینهٔ (۲): در مولکول‌های آب، اتم اکسیژن به دلیل خصلت نافلزی بیشتر نسبت به اتم‌های هیدروژن، جزئی بار منفی داشته و اتم‌های هیدروژن دارای جزئی بار مثبت هستند؛ بنابراین اتم‌های اکسیژن مولکول‌های آب در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت جهت‌گیری می‌کند و اتم‌های هیدروژن نیز به سمت قطب منفی. گزینهٔ (۴): به عنوان مثال نقض، مولکول‌های $CO_۲$، $SO_۳$، $CH_۴$ و ... از اتم‌های متفاوت تشکیل شده‌اند؛ ولی ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.

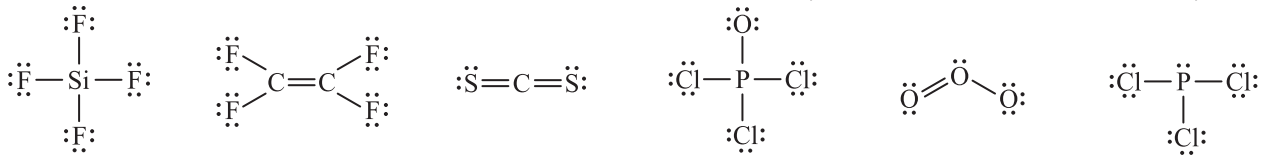


۷۶۰ (A) ۴ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گاز نیتروژن $(N_۲)$ از مولکول‌های دواتمی یکسان تشکیل شده و ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. عبارت (ب): مولکول‌های سازندهٔ هر دو مادهٔ (۲) و (۳) در میدان الکتریکی جهت‌گیری نکرده‌اند، بنابراین هر دو ماده دارای مولکول‌های ناقطبی هستند. عبارت (پ): با توجه به شکل، به دلیل جهت‌گیری مولکول‌های مادهٔ (۱) در میدان الکتریکی، این ماده دارای مولکول‌های قطبی است. عبارت (ت): مولکول‌های هر دو مادهٔ (۲) و (۳) در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، بنابراین هر دو ماده ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی مولکول‌های آن‌ها صفر است.

۷۶۱ (A) ۱ فقط در شکل (پ) جهت‌گیری مولکول در میدان الکتریکی کاملاً درست نشان داده شده است. **بررسی شکل‌ها:** شکل (الف): در مولکول $H_۲O$، اتم اکسیژن (شعاع بزرگ‌تر) سر منفی مولکول است و به سمت صفحهٔ مثبت و اتم هیدروژن (شعاع کوچک‌تر) سر مثبت مولکول است و به سمت صفحهٔ منفی جهت‌گیری می‌کند. شکل (ب): در مولکول HCl، اتم کلر (شعاع بزرگ‌تر) سر منفی مولکول است و به سمت صفحهٔ مثبت و اتم هیدروژن (شعاع کوچک‌تر) سر مثبت مولکول است و به سمت صفحهٔ منفی جهت‌گیری می‌کند. شکل (پ): شعاع اتمی کربن بزرگ‌تر از شعاع اتمی اکسیژن است. در مولکول CO، اتم کربن که خصلت نافلزی کمتری نسبت به اتم اکسیژن دارد، سر مثبت مولکول است و به سمت صفحهٔ با بار منفی جهت‌گیری می‌کند و اتم اکسیژن نیز سر منفی مولکول است و به سمت صفحهٔ با بار مثبت قرار می‌گیرد. شکل (ت): مولکول $F_۲$، غیرقطبی است و برخلاف آن چیزی که در شکل نشان داده شده است، در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. نحوهٔ صحیح جای‌گیری مولکول‌های $F_۲$ در میدان الکتریکی به‌صورت روبه‌رو است:



B ۷۶۲ **۲** مولکول‌های قطبی در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند. مهم‌ترین علل قطبی بودن مولکول‌های چندتایی عبارت است از: ۱- یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی ۲- وجود جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی. ساختار لوویس این مولکول‌ها به‌صورت زیر است:

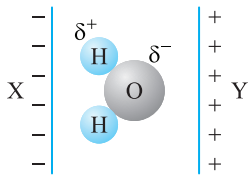


با توجه به ساختارهای لوویس داده شده، مولکول‌های PCl_3، O_3 و $POCl_3$ قطبی و سایر مولکول‌ها ناقطبی هستند.

A ۷۶۳ **۱** **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): مولکول‌های استون و هیدروژن برمید قطبی و مولکول‌های هگزان و ید ناقطبی هستند. پرسش (ب): در مولکول آب، اتم با شعاع بزرگ‌تر، اتم اکسیژن است که سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد و به سمت صفحه‌ای با بار مثبت جهت‌گیری می‌کند. پرسش (پ): مولکول‌های نشان داده شده ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نکرده‌اند. بنابراین پاسخ این پرسش باید یک مولکول قطبی باشد که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. CO و HBr قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

B ۷۶۴ **۳** اگر E مولکول SO_2 باشد؛ می‌بایست: ۱- خمیده باشد. ۲- اندازهٔ اتم مرکزی در مدل فضاپرکن بزرگ‌تر باشد زیرا اتم گوگرد شعاع بزرگ‌تری نسبت به اکسیژن دارد. ۳- اتم مرکزی (S) که نافلز ضعیف‌تری نسبت به اتم‌های جانبی (O) است و بار جزئی مثبت دارد به سمت قطب منفی میدان الکتریکی (Y) جهت‌گیری کند. ۴- اتم‌های جانبی (O) چون نافلز قوی‌تری نسبت به اتم مرکزی (S) هستند و بار جزئی منفی دارند به سمت قطب مثبت میدان الکتریکی (X) جهت‌گیری می‌کنند؛ بنابراین علامت بار الکتریکی اتم‌های جانبی (O) که منفی است، با علامت بار الکتریکی صفحهٔ Y (قطب منفی میدان الکتریکی) یکسان است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): اگر A مولکول HI باشد، چون I نافلز قوی‌تری نسبت به H است و بار جزئی منفی دارد، به سمت قطب مثبت میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. اگر D مولکول SiH_4 باشد، چون ناقطبی است در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. اندازهٔ اتم مرکزی (Si) چون در دورهٔ سوم جدول دوره‌ای است، بزرگ‌تر از اتم‌های جانبی (H) می‌باشد. اگر E مولکول H_2S باشد، اتم مرکزی (S) اندازهٔ بزرگ‌تری داشته و چون نافلزتر از اتم‌های جانبی بوده، بار جزئی منفی داشته و به سمت قطب مثبت میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. گزینهٔ (۲): اگر مولکول E، H_2O باشد، باید اتم مرکزی بزرگ‌تر باشد و چون نافلز قوی‌تری نسبت به اتم‌های جانبی (H) است، بار جزئی منفی دارد و به سمت قطب مثبت میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند؛ در این صورت صفحهٔ X بار الکتریکی منفی و صفحهٔ Y بار الکتریکی مثبت دارد. مولکول D جهت‌گیری منظمی ندارد پس ناقطبی است و گشتاور دوقطبی آن، برابر صفر است. گزینهٔ (۴): اگر A مولکول HCl باشد، Cl بار جزئی منفی دارد. چنانچه مولکول‌های D، $SiCl_4$ یا CF_4 و یا ... باشد، بار جزئی اتم‌های جانبی در آن منفی است؛ بنابراین این گزینه هم درست است.



B ۷۶۵ **۱** مولکول‌های موجود در موارد چهارم و پنجم از لحاظ قطبیت مشابه هستند. **بررسی موارد:** مورد (I): HCN و CH_2Cl_2 به دلیل یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی، قطبی و AlH_3 ناقطبی است.

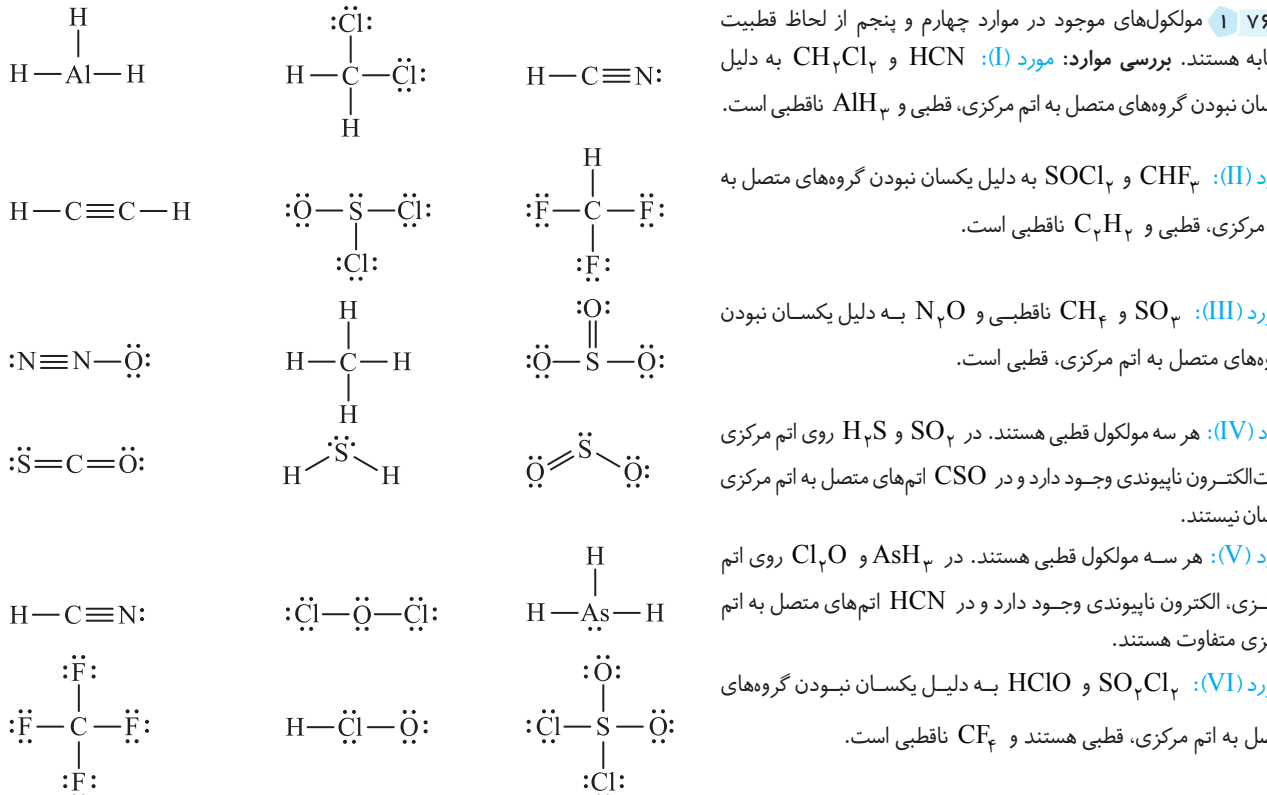
مورد (II): CHF_3 و $SOCl_2$ به دلیل یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی، قطبی و C_2H_2 ناقطبی است.

مورد (III): SO_3 و CH_4 ناقطبی و N_2O به دلیل یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی، قطبی است.

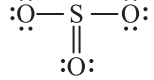
مورد (IV): هر سه مولکول قطبی هستند. در SO_2 و H_2S روی اتم مرکزی جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد و در CSO اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان نیستند.

مورد (V): هر سه مولکول قطبی هستند. در AsH_3 و Cl_2O روی اتم مرکزی، الکترون ناپیوندی وجود دارد و در HCN اتم‌های متصل به اتم مرکزی متفاوت هستند.

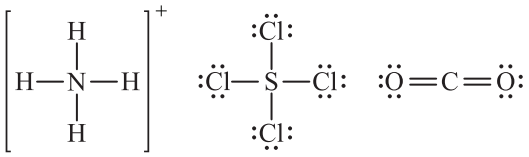
مورد (VI): SO_2Cl_2 و HClO به دلیل یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی، قطبی هستند و CF_4 ناقطبی است.



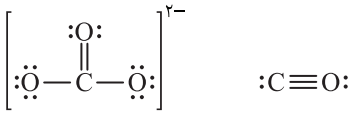
B ۷۶۶ **۲** گشتاور دوقطبی مولکول‌ها را با نماد μ نشان می‌دهند که یکای آن دبای (D) است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۳): مولکول‌های H_2O و H_2S موادی قطبی هستند که گشتاور دو قطبی آن‌ها به ترتیب برابر ۱/۸۵D و ۰/۹۷D است. با توجه به ساختار لوویس مولکول SO_3، این مولکول فاقد الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی بوده و اتم های کناری آن یکسان است، پس این مولکول ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن برابر صفر است.



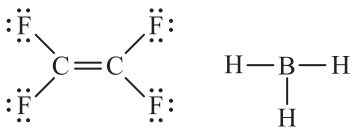
گزینهٔ (۴): ساختار لوویس گونه‌های ذکر شده به صورت مقابل است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در هر سه مولکول بالا اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی بوده و اتم‌های کناری یکسان هستند؛ پس همگی ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.



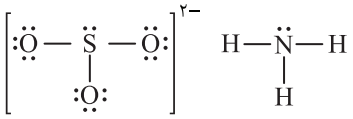
C ۷۶۷ ۲ موارد دوم و پنجم، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی موارد:** مورد اول: ساختار لوویس گونه‌های CO و CO_3^{2-} به صورت مقابل است:



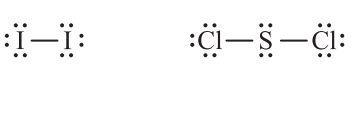
با توجه به ساختارهای لوویس، CO یک مولکول دواتمی ناجور هسته است، پس قطبی است؛ ولی در یون CO_3^{2-}، اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های کناری یکسان هستند؛ پس CO_3^{2-} ناقطبی است؛ از این‌رو CO برخلاف CO_3^{2-} قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. مورد دوم: ساختار لوویس گونه‌های BH_3 و C_2F_4 به صورت مقابل است:



در مولکول BH_3 اتم مرکزی فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی بوده و از طرفی تمامی اتم‌های کناری یکسان هستند؛ بنابراین ناقطبی است. همچنین در مولکول C_2F_4 اتم‌های کربن مرکزی هستند که فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی‌اند. از طرفی تمامی اتم‌های کناری یکسان هستند؛ بنابراین C_2F_4 نیز ناقطبی است. با توجه به مطالب گفته شده BH_3 همانند C_2F_4 در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. مورد سوم: ساختار لوویس گونه‌های NH_3 و SO_3^{2-} به صورت داده شده است:



با توجه به ساختارهای لوویس، هر دو گونه بر روی اتم مرکزی خود جفت‌الکترون ناپیوندی داشته و لذا قطبی‌اند؛ بنابراین NH_3 همانند SO_3^{2-} در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. مورد چهارم: ساختار لوویس گونه‌های SCl_2 و I_2 به صورت مقابل است:



با توجه به ساختارهای لوویس، در SCl_2 اتم مرکزی دارای جفت‌الکترون ناپیوندی بوده و لذا قطبی است؛ اما I_2 یک مولکول دواتمی جورهسته بوده و ناقطبی است. بنابراین SCl_2 برخلاف I_2 در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. مورد پنجم: ساختار لوویس گونه‌های ClO_3^- و NO_2 به صورت داده شده است:

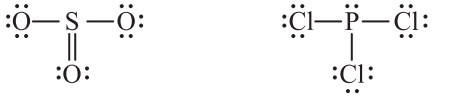


با توجه به ساختارهای لوویس ClO_3^- دارای الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی بوده و قطبی است. NO_2 نیز دارای تک الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی بوده و قطبی است؛ بنابراین ClO_3 همانند NO_2 در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. مورد ششم: ساختار لوویس گونه‌های NO_2^+ و NO_2^- به صورت مقابل است:

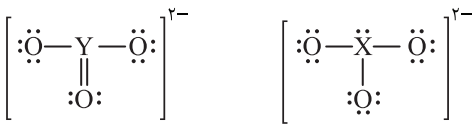


با توجه به ساختارهای لوویس، NO_2^+ دارای اتم‌های کناری یکسان و فاقد الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی است، از این‌رو ناقطبی است؛ اما NO_2^- دارای جفت‌الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی بوده و قطبی است. بنابراین NO_2^+ برخلاف NO_2^- در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

C ۷۶۸ ۳ ساختار لوویس مولکول‌های فسفر تری‌کلرید (PCl_3) و گوگرد تری‌اکسید (SO_3) به صورت مقابل است:



با توجه به آن، ساختار یون‌های XO_3^{2-} و YO_3^{2-} به صورت مقابل است:



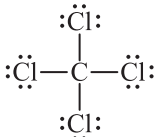
برای تشخیص شمارهٔ گروه عناصر X و Y، از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

(مجموع تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در ساختار لوویس)−(مجموع عدد یکان شمارهٔ گروه عنصرها)=بار یون چندتایی

$XO_3^{2-}: -2=(3\times6+X)-(13\times2)\Rightarrow X-8=-2\Rightarrow X=6\Rightarrow$ X از گروه ۱۶ است.

$YO_3^{2-}: -2=(3\times6+Y)-(12\times2)\Rightarrow Y-6=-2\Rightarrow Y=4\Rightarrow$ Y از گروه ۱۴ است.

اکنون به سراغ کربن تتراکلرید (CCl_4) می‌رویم. ساختار این مولکول به صورت زیر است:



این مولکول فاقد الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی بوده و اتم‌های کناری آن نیز یکسان هستند؛ بنابراین مولکولی ناقطبی محسوب می‌شود.

حال ساختار لوویس چهار مادهٔ مطرح شده در گزینه‌ها یعنی XO_2، XO_3، YO و YO_2 را بررسی می‌کنیم:

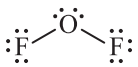


در میان مواد داده شده، دو مولکول XO_3 و YO_2 (گزینهٔ (۳)) ناقطبی بوده، رفتاری مشابه CCl_4 در میدان الکتریکی دارند.

C ۷۶۹ ۱ فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): میلهٔ شیشه‌ای بر اثر مالش به موی خشک دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد و در این شرایط مولکول‌های آب از سمت اتم‌های هیدروژن (سرهای مثبت مولکول آب) به سوی آن جذب می‌شوند. عبارت (ب): هر دو مولکول N_2 و Br_2 ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. نسبت شمار الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در هر دو مولکول یکسان و برابر $\frac{3}{2}\left(\frac{6}{4}\right)$ است. عبارت (پ): گوگرد دارای اکسیدهای SO_2 و SO_3 است. جرم مولی این دو اکسید به ترتیب ۶۴ و ۸۰ گرم بر مول بوده و در مولکول آن‌ها به ترتیب ۳ و ۴ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. تعداد پیوندها را در هر مولکول اکسید گوگرد n و جرم مولی آن را M در نظر می‌گیریم:

$$\text{تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی} = \text{اکسید } 4/8\,g \times \frac{1\,mol \text{ اکسید}}{M \text{ اکسید}} \times \frac{n\,mol \text{ جفت پیوندی}}{1\,mol \text{ اکسید}} \times \frac{6\times10^{23} \text{ جفت پیوندی}}{1\,mol \text{ جفت پیوندی}} = 1/44\times10^{23} \text{ جفت پیوندی} \Rightarrow \frac{n}{M} = 0/05$$

این نسبت برای SO_2 برابر $0/047\left(\frac{3}{64}\right)$ و برای SO_3 برابر $0/05\left(\frac{4}{80}\right)$ است. پس اکسید مورد نظر SO_3 است که مولکولی ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. عبارت (ت): مولکول OF_2، یک مولکول قطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.



عبارت (ث): به عنوان مثال نقض، مولکول اوزون (O_3) یک مولکول قطبی است که همهٔ اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ آن یکسان است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

A ۷۷۰ ۲ گازها، دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم‌کنش‌ها هستند (نه اینکه هیچ برهم‌کنشی نداشته باشند). در جامدها برهم‌کنش‌های میان مولکول‌ها به بیشترین مقدار ممکن می‌رسد.

A ۷۷۱ ۳ فقط عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): بین یک گاز با مولکول‌های قطبی و یک گاز با مولکول‌های ناقطبی با جرم مولی برابر، نیروی بین‌مولکولی میان مولکول‌ها در گاز قطبی قوی‌تر است و مولکول‌های گاز قطبی آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شوند. عبارت (پ): در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با افزایش جرم مولی نیروهای وان‌دروالسی بین مولکول‌ها قوی‌تر شده و نقطهٔ جوش افزایش می‌یابد. عبارت (ت): در مواد مولکولی با جرم مولی مشابه، ماده با مولکول‌های قطبی نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر و نقطهٔ جوش بالاتری دارد.

B ۷۷۲ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): با توجه به اینکه هر سه مولکول ناقطبی هستند، هر مولکولی که جرم مولکولی بیشتری داشته باشد، نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تری هم دارد. مقایسهٔ جرم مولکولی و نیروهای بین‌مولکولی در این سه مولکول به‌صورت «$I_2 > Br_2 > Cl_2$» است. عبارت (پ): در دمای اتاق حالت فیزیکی Cl_2 به‌صورت گازی، Br_2 به‌صورت مایع و I_2 به‌صورت جامد است. عبارت (ت): هر سه مولکول متعلق به گروه ۱۷ جدول دوره‌ای (گروه هالوژن‌ها) هستند و ساختار لوویس آن‌ها به‌صورت مقابل است:



عبارت (ث): سبک‌ترین مولکول Cl_2 است. آرایش الکترونی اتم کلر (Cl_{17}) به صورت مقابل است:

$$_{17}Cl: 1s^2\,2s^2\,2p^6\,\underbrace{3s^2\,3p^5}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

مجموع $n+l$ الکترون‌های ظرفیت در اتم کلر برابر ۲۶ است.

$$\text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\underbrace{(3+0)}_{3s} + 5\underbrace{(3+1)}_{3p} = 26$$

A ۷۷۳ ۴ مولکول HCl یک مولکول قطبی و مولکول F_2 یک مولکول ناقطبی است. نیروهای بین‌مولکولی در مولکول‌های قطبی قوی‌تر است. از طرفی هر چه نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر باشد، مولکول گازی آسان‌تر از حالت گاز به مایع تبدیل می‌شود، پس مولکول HCl نسبت به F_2 نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تری دارد و آسان‌تر از حالت گاز به مایع تبدیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در مولکول HCl، اتم با شعاع بزرگ‌تر، اتم کلر است و سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد، بنابراین بار صفحهٔ A مثبت است. گزینهٔ (۲): مولکول F_2 ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. گزینهٔ (۳): حالت فیزیکی HCl در دمای اتاق، گازی و حالت فیزیکی Br_2 در دمای اتاق، مایع است.

B ۷۷۴ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکول شکل (۳)، یک مولکول ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. عبارت (ب): پیوند هیدروژنی قوی‌ترین نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌ها است. در میان مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی وجود دارد. بنابراین آب نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تری نسبت به مولکول‌های CO_2، CH_4 و Cl_2 دارد. عبارت (پ): در مولکول (۱)، اتم‌های متصل به اتم مرکزی، اتم‌های هیدروژن هستند که سر مثبت مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند و در میدان الکتریکی به سمت صفحهٔ با بار منفی جهت‌گیری می‌کنند. عبارت (ت): CO_2، Cl_2 و CH_4 هر سه ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. عبارت (ث): از آنجا که H_2O نسبت به CH_4 جرم مولی بیشتری دارد و برخلاف CH_4 دارای مولکول‌های قطبی است، در شرایط یکسان نسبت به CH_4 آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

B ۷۷۵ ۲ نیروی جاذبهٔ ناشی از پیوند هیدروژنی مانند دیگر نیروهای جاذبهٔ مولکولی، خیلی ضعیف‌تر از پیوندهای اشتراکی بین اتم‌ها است، زیرا در پیوندهای کووالانسی، اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارند اما در نیروهای جاذبهٔ بین‌مولکولی خبری از به اشتراک‌گذاری الکترون نیست. پیوند هیدروژنی قوی‌ترین نوع نیروهای جاذبهٔ بین‌مولکولی است و به همین دلیل موادی که میان مولکول‌های آن‌ها این نیروی بین‌مولکولی وجود دارد، اغلب نقطهٔ جوش بالاتری دارند.

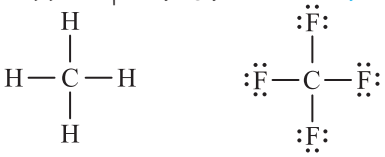
B ۷۷۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هر دو مولکول آب و هیدروژن سولفید قطبی هستند و در هر دو مولکول، اتم مرکزی (اتم اکسیژن در آب و اتم گوگرد در هیدروژن سولفید) سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد و در میدان الکتریکی به سمت صفحه‌ای با بار مثبت جهت‌گیری می‌کند. عبارت (ب): جرم مولی آب $(18g.mol^{-1})$ حدوداً نصف جرم مولی هیدروژن سولفید $(34g.mol^{-1})$ است، اما میزان گشتاور دوقطبی مولکول‌های آب $(1/85D)$ در حدود ۲ برابر گشتاور دوقطبی مولکول‌های هیدروژن سولفید $(0/97D)$ است. بنابراین می‌توان گفت میزان قطبیت و نیروهای بین‌مولکولی آب نزدیک به ۲ برابر هیدروژن سولفید است. عبارت (ت): هر دو مولکول، دارای شکل خمیده هستند. نقطهٔ جوش آب برابر با $100^\circ C$ و نقطهٔ جوش هیدروژن سولفید برابر با $-60^\circ C$ است؛ بنابراین اختلاف این دو مقدار برابر با $160^\circ C$ است.

B ۷۷۷ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نیروهای بین مولکولی وان‌دروالسی، به قطبیت مولکول‌ها و همچنین جرم و حجم مولکول‌ها وابسته است. عبارت (ب): در موادی که جرم مولی آن‌ها با یکدیگر برابر است، موادی که قطبی هستند، نیروی بین‌مولکولی قوی‌تر و نقطهٔ جوش بالاتری دارند. با توجه به توضیحات، جرم مولی گازهای CO و N_2 برابر است و چون CO دارای مولکول‌های قطبی و N_2 دارای مولکول‌های غیرقطبی است؛ بنابراین CO نقطهٔ جوش بالاتری دارد و زودتر به مایع تبدیل می‌شود. عبارت (پ): آب (H_2O) به دلیل دارا بودن گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر و توانایی برقراری پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های خود، نقطهٔ ذوب و جوش بالاتری نسبت به هیدروژن سولفید (H_2S) دارد. به جدول زیر توجه کنید:

ماده	فرمول شیمیایی	قطبیت مولکولی	جرم مولی $(g.mol^{-1})$	حالت فیزیکی $(25^\circ C)$	نقطهٔ جوش $(^\circ C)$
آب	H_2O	قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰
هیدروژن سولفید	H_2S	قطبی	۳۴	گاز	−۶۰

عبارت (ت): HCl دارای مولکول‌های قطبی و F_2 دارای مولکول‌های غیرقطبی است و چون جرم مولی آن‌ها تفاوت چندانی با یکدیگر ندارد، بنابراین نقطهٔ جوش HCl بالاتر است.

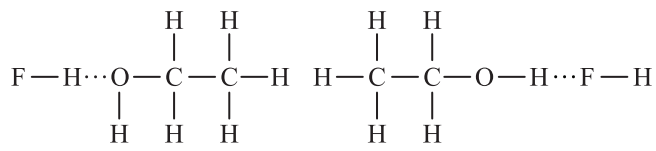
B ۷۷۸ ۳ مولکول‌های CH_4، CO_2 و Br_2 ناقطبی هستند و گشتاور دوقطبی برابر با صفر دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در بعضی مولکول‌های ناقطبی که جرم مولکولی زیادی دارند، نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر از نیروهای بین‌مولکولی در مولکول‌های قطبی است. به‌عنوان مثال با اینکه ید دارای مولکول‌های ناقطبی است، اما به دلیل جرم مولکولی زیاد و نیروهای بین‌مولکولی قوی در دمای اتاق حالت فیزیکی جامد دارد، حال آن‌که مولکول‌های قطبی مثل H_2O و HF در دمای اتاق حالت مایع و H_2S و HCl در دمای اتاق حالت گازی دارند و نیروهای بین‌مولکولی در آن‌ها ضعیف‌تر از ید است. گزینهٔ (۲): با جایگزین کردن اتم‌های فلوئور به جای اتم‌های هیدروژن در مولکول متان، کربن تترافلوئورید (CF_4) تولید می‌شود که همانند متان یک مولکول ناقطبی است و گشتاور دوقطبی هر دو مولکول برابر با صفر است. زیرا در این مولکول‌ها اتم مرکزی فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است و گروه‌های متصل به آن یکسان است.



گزینهٔ (۴): نقطهٔ جوش یک مولکول به قدرت نیروهای بین‌مولکولی آن وابسته است نه قدرت پیوندهای کووالانسی بین اتم‌های آن مولکول. بنابراین با وجود اینکه قدرت پیوندهای کووالانسی در N_2 بیشتر از Cl_2 است اما به علت جرم و حجم بیشتر مولکول Cl_2 نسبت به N_2، Cl_2 نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر و نقطهٔ جوش بالاتری دارد.

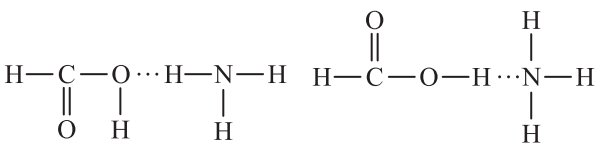
B ۷۷۹ ۳ نیروی جاذبهٔ میان جفت‌مولکول‌های موجود در موارد (الف) و (ب) و (ث) از نوع هیدروژنی است. **بررسی موارد:**

مورد (الف): بین دو مولکول HF و اتانول (C_2H_5OH) به دو صورت ممکن است پیوند هیدروژنی برقرار شود:



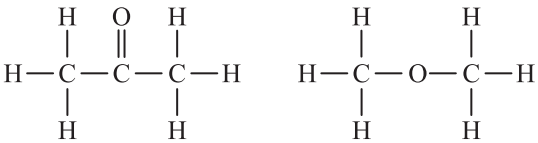
(بین اتم H متصل به اتم O و اتم فلوئور) (بین اتم H متصل به اتم F و اتم اکسیژن)

مورد (ب): بین دو مولکول NH_3 و $HCOOH$ به دو صورت ممکن است پیوند هیدروژنی برقرار شود:

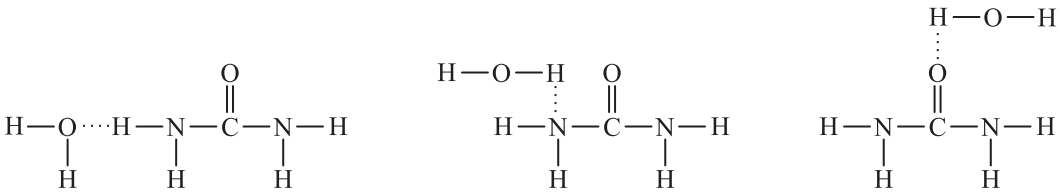


(بین اتم H متصل به اتم O و اتم نیتروژن) (بین اتم H متصل به اتم N و اتم اکسیژن)

مورد (پ): در مولکول‌های CH_3OCH_3 و استون $(CO(CH_3)_2)$، اتم هیدروژن متصل به F، O یا N وجود ندارد و به همین دلیل میان مولکول‌های آن‌ها پیوند هیدروژنی تشکیل نمی‌شود.

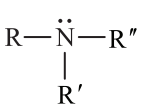


مورد (ت): مولکول H_2 توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی ندارد. مورد (ث): بین مولکول‌های $CO(NH_2)_2$ و آب (H_2O) به سه صورت ممکن است پیوند هیدروژنی برقرار شود:



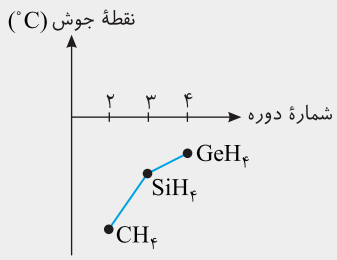
B ۷۸۰ ۱ در مقایسهٔ نقطهٔ جوش دو یا چند ترکیب مولکولی که جرم مولی نزدیک به یکدیگر دارند، ترکیبی که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را با مولکول‌های خود دارد، نقطهٔ جوش بالاتری دارد. **بررسی موارد:** مورد (I): مولکول (a)، اتم H متصل به اتم O دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل دهد؛ بنابراین نقطهٔ جوش بالاتری دارد. مولکول (a) یک الکل و مولکول (b) یک اتر است. مورد (II): مولکول (c)، اتم H متصل به اتم O دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل بدهد؛ بنابراین نقطهٔ جوش بالاتری دارد. مولکول (c) یک کربوکسیلیک اسید و مولکول (d) یک کتون است. مورد (III): مولکول (f)، اتم H متصل به اتم O دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل بدهد؛ بنابراین نقطهٔ جوش بالاتری دارد. مولکول (e) یک آلدهید و مولکول (f) یک الکل است. مورد (IV): مولکول (h)، اتم H متصل به اتم N دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل بدهد، بنابراین نقطهٔ جوش بالاتری دارد. هر دو مولکول آمین هستند.

*** توجه** در میان مولکول‌های همهٔ آمین‌ها، پیوند هیدروژنی وجود ندارد. در مقابل، ساختار کلی آمین‌هایی که در آن‌ها پیوند هیدروژنی وجود ندارد، رسم شده است. در این آمین‌ها اتم هیدروژن متصل به اتم N وجود ندارد.



B ۷۸۱ ۳

نکته‌ترکیب ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۴: نمودار مقابل تغییرات نقطهٔ جوش ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر نخست گروه ۱۴ جدول تناوبی را برحسب شمارهٔ آن‌ها نشان می‌دهد. با توجه به آن: ۱- ترکیب هیدروژن‌دار عناصر این گروه به صورت مولکول‌های پنج‌اتمی ناقطبی دیده می‌شود. ۲- با افزایش شمارهٔ دورهٔ عناصر گروه ۱۴، جرم و حجم مولکول، افزایش یافته و به دنبال آن نقطهٔ جوش ترکیب نیز افزایش می‌یابد و به نوعی نقطهٔ جوش ترکیب با شمارهٔ دورهٔ عنصرآن رابطهٔ مستقیم دارد. ۳- نقطهٔ جوش هر سه ترکیب زیر صفر درجهٔ سلسیوس بوده و همگی در دمای اتاق به حالت گاز یافت می‌شوند.

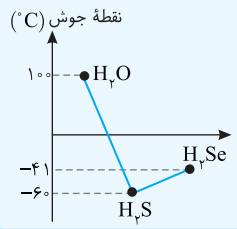


عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. در میان ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر اول گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ جدول تناوبی، تنها در گروه ۱۴، عنصر نخست بین مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار نمی‌کند؛ بنابراین نقطهٔ جوش این ترکیبات صرفاً وابسته به جرم و حجم مولکول‌های آن‌هاست که روند تغییرات متناسب با شمارهٔ دورهٔ در نمودار مشخص شده است. با توجه به توضیحات، ترکیبات A، B و C به ترتیب CH_4 ، SiH_4 و GeH_4 هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: قدرت نیروهای بین‌مولکولی در یک ماده با نقطهٔ جوش آن متناسب است. با توجه به نمودار، مقایسهٔ: $CH_4(A)<SiH_4(B)<GeH_4(C)$ درست است. عبارت دوم: هر سه ترکیب CH_4 ، SiH_4 و GeH_4 از مولکول‌های ناقطبی تشکیل می‌شوند؛ بنابراین گشتاور دوقطبی همهٔ آن‌ها برابر صفر است. عبارت سوم: با توجه به نمودار، نقطهٔ جوش سه ماده یعنی دمایی که در آن، ماده از حالت مایع به گاز تبدیل می‌شود، زیر $0^\circ C$ است؛ بنابراین هر سه ماده در دمای اتاق $(25^\circ C)$ به حالت گاز هستند. عبارت چهارم: ساختار لوویس دو مادهٔ $GeH_4(C)$ و H_2O به صورت مقابل است، همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در ساختار مادهٔ C برخلاف H_2O ، اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد.



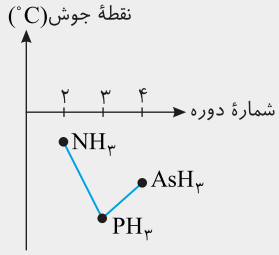
B ۷۸۲ ۳ به نکتهٔ زیر توجه کنید:

★ **نکته** در مورد نقطهٔ جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۶، دو مطلب مهم مطرح است:
۱- به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های H_2O ، آب نقطهٔ جوش بالایی دارد، اما از H_2O به بعد که بین مولکول‌ها پیوند هیدروژنی وجود ندارد، با افزایش جرم و حجم مولکول‌ها نیروهای جاذبهٔ بین‌مولکولی قوی‌تر شده و نقطهٔ جوش بیشتر می‌شود. بنابراین مقایسهٔ نقطهٔ جوش H_2O ، H_2S و H_2Se به‌صورت $H_2O>H_2Se>H_2S$ است. ۲- نقطهٔ جوش آب برابر $100^\circ C$ (بالاتر از $0^\circ C$) و نقطهٔ جوش H_2S و H_2Se به‌ترتیب برابر $-60^\circ C$ و $-41^\circ C$ (پایین‌تر از $0^\circ C$) است.



B ۷۸۳ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند.

نکته‌ترکیب ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۵: نمودار مقابل نقطهٔ جوش ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر نخست گروه ۱۵ جدول دوره‌ای را برحسب شمارهٔ آن‌ها نشان می‌دهد: ۱- با توجه به وجود پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های NH_3 ، نقطهٔ جوش این ترکیب از دو ترکیب دیگر بیشتر است. ۲- عامل جرم و حجم مولکول نسبت به پیوندهای هیدروژنی تأثیر کمتری بر نقطهٔ جوش مواد دارد، به همین دلیل نقطهٔ جوش AsH_3 و PH_3 کمتر از NH_3 است. با این وجود یک عامل تأثیرگذار بوده و در پی آن نقطهٔ جوش AsH_3 بیشتر از PH_3 است. ۳- نقطهٔ جوش هر سه ترکیب، علی‌رغم پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های NH_3 کمتر از صفر درجهٔ سلسیوس است. ۴- ترکیب هیدروژن‌دار این عناصر به صورت مولکول‌های چهاراتمی با شکل فضایی هرمی بوده و در نتیجه قطبی است.



در میان ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر نخست گروه ۱۵ جدول تناوبی، یعنی NH_3 ، PH_3 و AsH_3 ، فقط NH_3 است که میان مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار کرده و نقطهٔ جوش آن از دو ترکیب دیگر بالاتر است اما نقطهٔ جوش این ترکیب همانند دو ترکیب دیگر، کمتر از $0^\circ C$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عناصر A، D و E به ترتیب N، $_{15}P$ و $_{33}As$ هستند. عبارت (ب): با توجه به جدول زیر، در میان سه ترکیب مطرح شده، فقط نقطهٔ جوش NH_3 بیشتر از $-40^\circ C$ است. در نتیجه فقط آمونیاک در این دما به حالت مایع دیده می‌شود.

ترکیب مولکولی	جرم مولی $(g.mol^{-1})$	نقطهٔ جوش $(^\circ C)$
NH_3	۱۷	$-33/5$
PH_3	۳۴	$-87/5$
AsH_3	۷۸	$-62/5$

عبارت (پ): ساختار لوویس دو مولکول $NH_3(AH_3)$ و $PH_3(DH_3)$ به صورت زیر است:

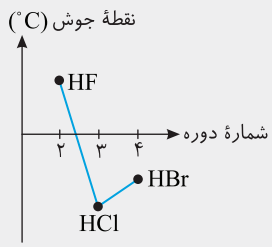


با توجه به جفت‌الکترون ناپیوندی موجود بر روی اتم‌های مرکزی هر دو مولکول، می‌توان گفت که هر دو مولکول قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت می‌گیرند. عبارت (ت): در جدول تناوبی، در یک گروه از بالا به پایین، عدد اتمی، جرم اتمی میانگین و در نتیجه جرم مولی عناصر افزایش می‌یابد.

B ۷۸۴ ۴ HF برخلاف دیگر ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۷، پیوند هیدروژنی دارد و نیروی جاذبهٔ بین مولکولی آن قوی‌تر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نقطهٔ جوش HI از HBr بیشتر است؛ زیرا جرم مولی بیشتری دارد. گزینهٔ (۲): نقطهٔ جوش HBr از HCl بیشتر است؛ زیرا دارای جرم مولی بیشتری است. گزینهٔ (۳): HF برخلاف HCl، دارای توانایی ایجاد پیوند هیدروژنی است، به همین دلیل نقطهٔ جوش بزرگ‌تری دارد.

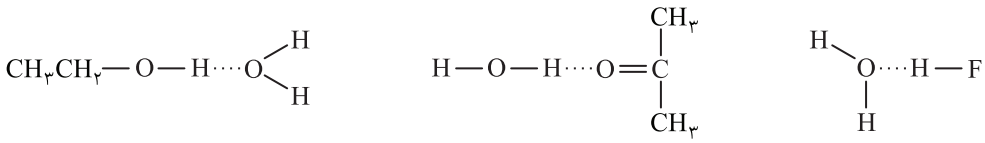
C ۷۸۵ ۳ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند.

نکته ترکیبی **ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۷:** نمودار روبه‌رو، تغییرات نقطهٔ جوش ترکیبات هیدروژن دار سه عنصر نخست گروه هالوژن‌ها برحسب شمارهٔ دوره را نشان می‌دهد: ۱- با توجه به وجود پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های HF، نقطهٔ جوش این ترکیب بیشتر از سایر ترکیبات است. ۲- با افزایش شمارهٔ دورهٔ عنصر مربوط به اتم مرکزی مولکول‌ها، جرم مولی آن عنصر و در نتیجه جرم و حجم مولکول‌های ترکیب هیدروژن‌دار آن افزایش می‌یابد و به دنبال آن نقطهٔ جوش ترکیب نیز افزایش می‌یابد. به همین دلیل است که نقطهٔ جوش HBr از HCl بیشتر است. ۳- نقطهٔ جوش HF برابر $19^\circ C$ بوده و در نتیجه بالای صفر درجهٔ سلسیوس است؛ اما این ترکیب‌ها نیز همانند دو ترکیب دیگر در دمای اتاق $(25^\circ C)$ به حالت گاز دیده می‌شود. ۴- ترکیب هیدروژن‌دار این عناصر به صورت مولکول‌های دواتمی ناجور هسته بوده و قطبی است.



در میان ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر نخست گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ جدول تناوبی، در گروه‌های ۱۶ و ۱۷ ترکیب هیدروژن‌دار نخست نقطهٔ جوش بیشتری نسبت به دو مادهٔ دیگر دارد و از طرفی نقطهٔ جوش آن بیشتر از $0^\circ C$ است. با توجه به اینکه نقطهٔ جوش H_2O از ترکیبات هیدروژن‌دار گروه ۱۶ برابر $100^\circ C$ است، می‌توان متوجه شد که نمودار داده شده، مربوط به ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۶ نبوده و به ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۷ مربوط است و ترکیب‌های A، B و C به ترتیب HF، HCl و HBr هستند.

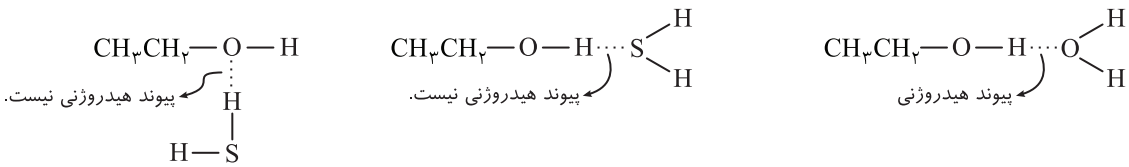
بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به توضیحات بالا، درست است. عبارت (ب): در میان چهار ترکیب HBr (C) ، HCl (B) ، استون و اتانول، فقط میان مولکول‌های اتانول در حالت خاص پیوندهای هیدروژنی تشکیل می‌شود. در سایر ترکیب‌ها، بین مولکول‌ها فقط نیروی وان‌دروالسی وجود دارد. عبارت (پ): برای اینکه پیوند هیدروژنی تشکیل شود، باید یک اتم هیدروژن بین دو تا از اتم‌های N، O یا F قرار گیرد. در محلول آبی از هر سه ترکیب HF، استون و اتانول، چنین قاعده‌ای برقرار است:



عبارت (ت): در حالت خالص، بین مولکول‌های HCl (B) و HBr (C) هیچ‌کدام پیوندهای هیدروژنی برقرار نمی‌شود؛ بنابراین تنها علت بیشتر بودن نقطهٔ جوش HBr از HCl بیشتر بودن جرم و حجم مولکول‌های آن است.

C ۷۸۶ ۴ فقط عبارت (ت) برای تکمیل این جمله مناسب است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نقطهٔ جوش H_2O از HF بالاتر است. با اینکه پیوندهای هیدروژنی H_2O از پیوندهای هیدروژنی HF ضعیف‌تر است، اما در H_2O به ازای هر مولکول H_2O، چهار پیوند هیدروژنی وجود دارد، در حالی‌که در هیدروژن فلوئورید به ازای هر مولکول HF، دو پیوند هیدروژنی وجود دارد، بنابراین علت بالاتر بودن نقطهٔ جوش H_2O نسبت به HF، بیشتر بودن تعداد پیوندهای هیدروژنی در H_2O نسبت به HF است. عبارت (ب): اگر چه جرم مولی AsH_3 بیشتر از NH_3 است، ولی به دلیل وجود پیوند هیدروژنی در میان مولکول‌های NH_3، نقطهٔ جوش NH_3 بالاتر است. عبارت (پ): اگر چه جرم مولی O_2 بیشتر از HF است، اما O_2 یک مولکول ناقطبی است، در حالی‌که هیدروژن فلوئورید دارای مولکول‌های قطبی با توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی است. لذا HF نقطهٔ جوش بسیار بالاتری دارد. عبارت (ت): قدرت پیوندهای هیدروژنی میان مولکول‌های H_2O از پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های NH_3 بیشتر است، زیرا تمایل اتم اکسیژن برای کشیدن جفت‌الکترون پیوندی به سمت خود بیشتر از اتم نیتروژن است. همچنین تعداد پیوندهای هیدروژنی در H_2O بیشتر از NH_3 است؛ زیرا در اطراف هر مولکول H_2O چهار پیوند هیدروژنی و اطراف هر مولکول NH_3 دو پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود. بنابر دلایل گفته شده، نقطهٔ جوش H_2O از NH_3 بالاتر است.

B ۷۸۷ ۴ دو عضو اول گروه شانزدهم اکسیژن $(_8O)$ و گوگرد $(_{16}S)$ هستند که اگر به‌جای X در مولکول H_2X قرار گیرند، ترکیبات H_2S و H_2O را تشکیل می‌دهند. برای اینکه پیوند هیدروژنی تشکیل شود، باید یک اتم هیدروژن، بین دوتا از اتم‌های N، O یا F قرار گیرد. H_2O می‌تواند با مولکول‌های اتانول پیوند هیدروژنی برقرار کند؛ اما این امکان برای مولکول‌های H_2S وجود ندارد:



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): اگر به‌جای Y فلوئور و به‌جای X اکسیژن قرار گیرد، ترکیبات H_2O و HF حاصل می‌شوند. نقطهٔ جوش H_2O و HF به ترتیب برابر $100^\circ C$ و $19^\circ C$ است. گزینهٔ (۲): نخستین عضو گروه ۱۴ کربن $(_6C)$ است. مولکول‌های CO_2 همانند CH_4 ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. گزینهٔ (۳): تنها نافلز مایع جدول تناوبی برم $(_{35}Br)$ است. قرارگیری این عنصر به‌جای Y موجب تولید HBr می‌شود که ماده‌ای با مولکول‌های قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

C ۷۸۸ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست است. عنصر مورد نظر، سلنیم $(_{34}Se)$ است. آرایش الکترونی فشردهٔ این عنصر به‌صورت مقابل می‌باشد: $_{34}Se:[Ar]3d^{10}4s^24p^4$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: این عنصر همانند شانزدهمین عنصر جدول تناوبی $(_{16}S)$ در گروه ۱۶ قرار دارد و هر دو عنصر خواص شیمیایی مشابهی دارند. عبارت دوم: آرایش الکترونی عنصر سلنیم $(_{34}Se)$، به‌صورت مقابل است: $_{34}Se:1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^4$

عـدد کوانتومـی فرعـی زیرلایه‌های s و p به‌ترتیب برابر (صفر) و (۱) اسـت و با توجه به آرایش الکترونی عنصر $_{34}Se$، تعـداد الکترون‌های موجود در زیرلایهٔ p، دو برابر تعداد الکترون‌های موجود در زیرلایه‌های s است. عبارت سوم: سلنیم عنصری از دستهٔ p است. در عناصر دستهٔ p، الکترون‌های زیرلایه‌های s و p لایهٔ آخر، الکترون‌های ظرفیت هستند؛ بنابراین:

$$_{34}Se:[_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

کروم عنصری از دستهٔ d است. در عناصر دستهٔ d، الکترون‌های s لایهٔ آخر و d ماقبل آخر، الکترون‌های ظرفیت هستند؛ بنابراین:

$$_{24}Cr:[_{18}Ar]\underbrace{3d^5 4s^1}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}$$

تعداد الکترون‌های ظرفیت در هر دو عنصر یکسان و برابر ۶ است. عبارت چهارم: عنصر سلنیم $(_{34}Se)$ با اکسیژن هم‌گروه و با برم هم‌دوره است. اکسیژن و برم در دمای اتاق و به‌صورت آزاد به‌ترتیب حالت گازی و مایع دارند.

C ۷۸۹ ۴ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرایند هابر به صورت $(3H_2(g)+N_2(g)\rightarrow 2NH_3(g))$ است. فراوردهٔ این واکنش NH_3 است و در این مولکول، اتم نیتروژن سر منفی و اتم‌های هیدروژن سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند، بنابراین این مولکول از سمت اتم مرکزی خود که اتم نیتروژن است به سمت صفحه‌ای با بار مثبت، جهت‌گیری می‌کند. عبارت (ب): NH_3، H_2O و HF به ترتیب ترکیب هیدروژن‌دار نخستین عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ هستند و به دلیل توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی نقطهٔ جوش بالاتری نسبت به ترکیب هیدروژن‌دار عنصر دوم این گروه‌ها دارند، اما در گروه ۱۴ این‌گونه نیست. در گروه ۱۴، ترکیب هیدروژن‌دار نخستین عنصر این گروه CH_4 است که فاقد توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی می‌باشد و ترکیب هیدروژن‌دار دومین عنصر این گروه SiH_4 است. با توجه به اینکه CH_4 و SiH_4 دو ترکیب ناقطبی هستند و در ترکیبات ناقطبی هر چه جرم و حجم مولکول بیشتر باشد نقطهٔ جوش هم بیشتر می‌شود، بنابراین SiH_4 نقطهٔ جوش بالاتری نسبت به CH_4 دارد. مقایسهٔ نقطهٔ جوش:

- در گروه ۱۴: $SiH_4 > CH_4$
- در گروه ۱۵: $NH_3 > PH_3$
- در گروه ۱۷: $HF > HCl$
- در گروه ۱۶: $H_2O > H_2S$

عبارت (پ): با توجه به اینکه درصد جرمی نمک در آب دریای مدیترانه بیشـتر از آب اقیانوس آرام اسـت، در جرم‌های برابری از این دو آب، جرم نمک‌های حل‌شـده در آب دریای مدیترانه بیشـتر می‌باشـد. عبارت (ت): فرمول شـیمیایی ترکیـب آهـن (III) کربنات به صورت $Fe_2(CO_3)_3$ اسـت. در هـر واحد از این ترکیـب ۲۴ (3×8) جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد.

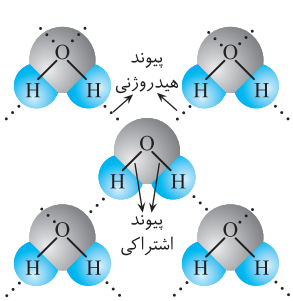
$$2Fe^{3+} + 3\left[:\ddot{O}-\overset{\displaystyle :O:}{\overset{\|}{C}}-\ddot{O}:\right]^{2-}$$

$$\text{جفت‌الکترون ناپیوندی } ^{24}\times 3/612\times 10 = \frac{\text{جفت‌الکترون ناپیوندی } ^{23}\times 6/02\times 10}{1\,mol} \times \frac{\text{جفت‌الکترون ناپیوندی } 24\,mol}{1\,mol\,Fe_2(CO_3)_3} \times 0/25\,mol\,Fe_2(CO_3)_3$$

عبارت (ث): فراوان‌ترین عنصر سـیارهٔ مشـتری، هیدروژن $(_1H)$ و دومین عنصر فراوان سـیارهٔ زمین، اکسـیژن $(_8O)$ اسـت. ترکیب مولکولی حاصل از این دو عنصر H_2O است که قطبی است و نقطهٔ جوش آن بالای صفر $(100^\circ C)$ است.

A ۷۹۰ ۲ حالت‌های A، B و C به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ حالت‌های گاز، مایع و جامد است. مولکول‌های H_2O در حالت بخار جدا از هم هستند، گویی پیوند هیدروژنی میان آن‌ها وجود ندارد. در این حالت، مولکول‌های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در حالت مایع مولکول‌های آب با یکدیگر پیوند هیدروژنی قوی دارند اما روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند. گزینهٔ (۳): در یخ مولکول‌های آب در جاهای به نسبت ثابتی قرار دارند (نه کاملاً ثابت!) و حرکات آن‌ها ارتعاشی است. گزینهٔ (۴): در ساختار یخ هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است.

A ۷۹۱ ۳ به‌جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ت): در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به گونه‌ای است که در آن، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل را به‌وجود می‌آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم، در سه بُعد گسترش یافته است. عبارت (ب): در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو پیوند هیدروژنی دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است. در واقع مولکول‌های آب در این حالت از بیشترین ظرفیت تشکیل پیوند هیدروژنی خود استفاده می‌کنند. عبارت (پ): مولکول‌های H_2O در حالت بخار جدا از هم هستند، گویی پیوندهای هیدروژنی میان آن‌ها وجود ندارد. در این حالت، مولکول‌های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند. عبارت (ث): در فرایندهای تغییر حالات فیزیکی مواد، فقط پیوندهای بین‌مولکولی تحت تأثیر قرار می‌گیرند و پیوندهای کووالانسی نمی‌شکنند.



A ۷۹۲ ۴ در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به گونه‌ای است که در آن هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن داخل مولکول آب پیوند کووالانسی و با دو اتم هیدروژن از مولکول‌های مجاور پیوند هیدروژنی دارد. این شبکه در سه بعد گسترش یافته است و شکل‌های زیبا و متنوع دانه‌های برف ناشی از وجود حلقه‌های شش‌ضلعی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در یک نمونه آب، اتم اکسیژن هر مولکول توسط دو اتم هیدروژن از دو مولکول دیگر به واسطهٔ پیوند هیدروژنی جذب می‌شود. گزینهٔ (۲): در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به‌گونه‌ای است که در آن، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل را به وجود می‌آورند. گزینهٔ (۳): هر مولکول آب از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن تشکیل شده است. هر اتم هیدروژن، یک پیوند هیدروژنی با اتم اکسیژن مولکول دیگر و هر اتم اکسیژن دو پیوند هیدروژنی با اتم‌های هیدروژن مولکول دیگر می‌تواند تشکیل دهد که مجموعاً می‌شود ۴ پیوند هیدروژنی.

B ۷۹۳ ۲ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): پیوندهای هیدروژنی جزء نیروهای وان‌دروالسی نیستند.

عبارت (پ): فرمول مولکولی این دو ترکیب به‌صورت زیر است:

$$\text{استون} \Rightarrow CO(CH_3)_2 \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های C}}{\text{شمار اتم‌های H}} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

$$\text{اتانول} \Rightarrow C_2H_5OH \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های C}}{\text{شمار اتم‌های H}} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

عبارت (ت): نقطهٔ ذوب مولکول‌های ناقطبی مانند I_2 به دلیل جرم مولی بالا، از مولکول‌هایی مانند آب و اتانول که دارای پیوند هیدروژنی هستند ولی جرم مولی کمی دارند، بیشتر است. عبارت (ث): در بین ترکیب‌های هیدروژن‌دار عناصر گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ دورهٔ دوم جدول تناوبی، فقط نقطهٔ جوش H_2O بیشتر از $25^\circ C$ است و فقط این ترکیب در دمای اتاق مایع است. دقت کنید که دمای جوش HF برابر $19^\circ C$ است و این ترکیب در دمای اتاق در حالت گاز قرار دارد.

C ۷۹۴ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): داده‌های دو جدول زیر، با نمودار داده شده مطابقت دارند:

ترکیب مولکولی	جرم مولی $(g.mol^{-1})$	نقطهٔ جوش $(^\circ C)$
HF	۲۰	۱۹
HCl	۳۶/۵	−۸۵
HBr	۸۱	−۶۷

ترکیب مولکولی	جرم مولی $(g.mol^{-1})$	نقطهٔ جوش $(^\circ C)$
NH_3	۱۷	−۳۳/۵
PH_3	۳۴	−۸۷/۵
AsH_3	۷۸	−۶۲/۵

عبارت (ب): در میان ترکیبات داده شده، فقط نقطهٔ جوش اتانول و استون بیشتر از دمای اتاق $(25^\circ C)$ است و در نتیجه فقط این مواد در دمای اتاق به حالت مایع هستند. ۵ ترکیب باقی مانده همگی در این دما، حالت فیزیکی گازی دارند. عبارت (ت): ابتدا جرم محلول را ۱۰۰g در نظر می‌گیریم و شمار مول‌های دو ماده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,C_3H_6O = 64g\,C_3H_6O \times \frac{1\,mol\,C_3H_6O}{58g\,C_3H_6O} \simeq 1/1\,mol\,C_3H_6O$$

$$?\,mol\,H_2O = 36g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18g\,H_2O} = 2mol\,H_2O$$

با توجه به شمار مول‌های بیشتر آب، حلال این محلول، آب است.

$$\%\text{استون} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حل‌شونده + جرم حلال}} \times 100 = \frac{64}{36+64} \times 100 = \%64$$

عبارت (ث): برای شمارش شمار پیوندهای اشتراکی در ساختار یک ترکیب، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(C\times4)+(H\times1)+(O\times2)+(N\times3)+(\text{هالوژن}\times1)}{2}$$

$$C_2H_6O\,(\text{اتانول}): \frac{(4\times2)+(6\times1)+(1\times2)}{2} = 8$$

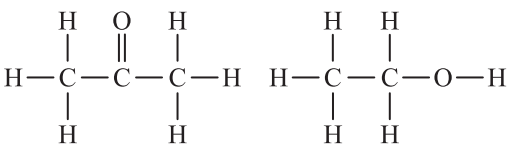
$$C_3H_6O\,(\text{استون}): \frac{(4\times3)+(6\times1)+(1\times2)}{2} = 10$$

در میان اتانول و استون، نقطهٔ جوش اتانول بیشتر است؛ اما مشاهده می‌کنید که شمار پیوندهای اشتراکی استون ۲ واحد بیشتر از اتانول است.

A ۷۹۵ ۴ آب، بسیاری از ترکیب‌های مولکولی و یونی را در خود حل می‌کند. از جمله ترکیب‌های مولکولی که در آب حل نمی‌شوند، هیدروکربن‌ها هستند و از جمله ترکیب‌های یونی که در آب نامحلول‌اند، نقره کلرید، باریم سولفات و کلسیم فسفات هستند.

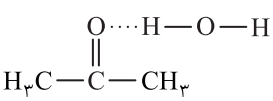
B ۷۹۶ ۱ فقط مورد (پ) برای تکمیل جمله مناسب نیست. **بررسی موارد:** مورد (الف): استون و اتانول هر دو مولکول‌های قطبی هستند و گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند. مورد (ب): هگزان به دلیل ناقطبی بودن، می‌تواند حلال تعداد زیادی از مواد ناقطبی باشد. استون نیز حلال برخی چربی‌هاست که جزء مواد ناقطبی هستند. استون به دلیل قطبی بودن، حلال بسیاری از مواد قطبی نیز هست. مورد (پ): هگزان با فرمول مولکولی C_6H_{14} یک هیدروکربن است و در ساختار آن اتم اکسیژن وجود ندارد. مورد (ت): اتانول و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند و نمی‌توان محلول سیرشده‌ای از آن‌ها در آب تهیه کرد. مورد (ث): از هگزان و استون به عنوان حلال برای رقیق کردن رنگ استفاده می‌شود.

B ۷۹۷ ۴ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست است. فرمول ساختاری این دو مولکول به‌صورت مقابل است.



بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): اتانول به دلیل توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی نقطهٔ جوش بالاتری نسبت به استون دارد. نقطهٔ جوش اتانول برابر با $78^\circ C$ و نقطهٔ جوش استون برابر با $56^\circ C$ است. عبارت (پ): در استون پیوند هیدروژنی بین مولکول‌ها وجود ندارد؛ زیرا اتم H متصل به یکی از اتم‌های O، F و N در این مولکول وجود ندارد. عبارت (ت): در هر مولکول استون و اتانول، ۶ اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن وجود دارد. عبارت (ث): شمار پیوندهای اشتراکی در استون برابر ۱۰ و در اتانول برابر ۸ است. $\frac{10}{8} = 1/25$

B ۷۹۸ ۳ فرمول مولکولی هگزان و استون به ترتیب به صورت C_6H_{14} و C_3H_6O است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): استون به عنوان حلال لاک‌ها، چربی‌ها و رنگ‌ها و هگزان به عنوان حلال مواد ناقطبی و رقیق کنندهٔ رنگ (تینر) کاربرد دارد. هر دو جزء حلال‌های آلی هستند. گزینهٔ (۲): مولکول‌های استون برخلاف هگزان با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند و به همین دلیل استون به میزان نامحدودی در آب حل می‌شود. گزینهٔ (۳): شمار پیوندهای کووالانسی در ساختار یک ترکیب مولکولی، از فرمول روبه‌رو به دست می‌آید:



$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(C\times4)+(H\times1)+(O\times2)+(N\times3)+(\text{هالوژن}\times1)}{2}$$

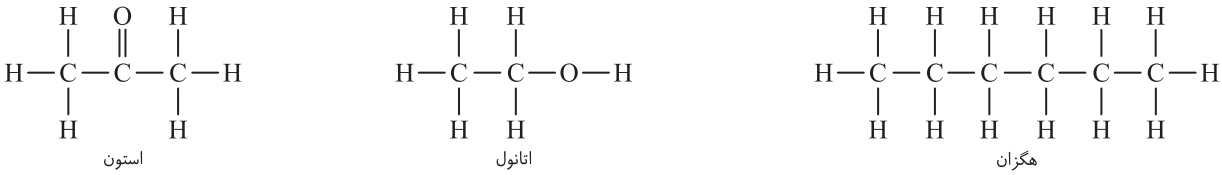
$$\text{تفاوت شمار پیوندهای کووالانسی} = 19-10 = 9 \Leftarrow \text{هگزان}\,(C_6H_{14}): \frac{6\times4+14\times1}{2} = 19,\ \text{استون}\,(C_3H_6O): \frac{3\times4+6\times1+1\times2}{2} = 10$$

گزینهٔ (۴): هر مولکول هگزان دارای ۶ اتم کربن و هر مولکول استون دارای ۳ اتم کربن است که تفاوت آن‌ها برابر ۳ می‌باشد.

B ۷۹۹ **۳** حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر مخلوط‌های همگن (محلول‌ها) یکسان و یکنواخت است. در میان مخلوط‌های داده شده، فقط مخلوط آب و هگزان ناهمگن است. **بررسی موارد:** مورد (الف): بنزین خودرو یک مخلوط همگن از هیدروکربن‌ها است. مورد (ب): مولکول‌های آب قطبی و مولکول‌های هگزان ناقطبی هستند؛ بنابراین آب و هگزان مخلوط همگن تشکیل نمی‌دهند. مورد (پ) و (ث): استون حلال برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها است؛ بنابراین مخلوط لاک در استون، مخلوط رنگ در استون و مخلوط چربی در استون، مخلوط همگن هستند. مورد (ت): ید و هگزان هر دو ناقطبی هستند و مخلوط حاصل از این دو ماده یک مخلوط همگن است.

B ۸۰۰ **۱** اغلب محلول‌های موجود در بدن انسان، محلول‌های آبی هستند.

B ۸۰۱ **۴** فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در مخلوط هوا گاز نیتروژن و در مخلوط ید در هگزان، مولکول‌های هگزان نقش حلال دارند؛ پس هر دو مخلوط جزء مخلوط‌های غیر آبی هستند. عبارت (پ): محلول آبی که نتواند مقدار حل‌شوندهٔ بیشتری را در خود حل کند، یک محلول سیرشده است. تهیهٔ محلول آبی سیرشده‌ای از اتانول و استون ممکن نیست، زیرا این دو ترکیب به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. عبارت (ت): در میان این سه مولکول، فقط در مولکول اتانول، اتم هیدروژن متصل به یکی از اتم‌های O، N یا F وجود دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل بدهد.



B ۸۰۲ **۱** کلسیم سولفات در دمای $25^\circ C$ در آب کم‌محلول است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): مقدار نمک‌های کلسیم‌دار در ادرار افرادی که به سنگ کلیه مبتلا می‌شوند بیشتر از انحلال‌پذیری آن نمک است و این باعث ایجاد رسوب و سنگ کلیه می‌شود. گزینهٔ (۳): از هگزان به عنوان حلال مواد ناقطبی و رقیق کنندهٔ رنگ (تینر) استفاده می‌شود. گزینهٔ (۴): چون انحلال‌پذیری این نمک در این دما برابر ۲۰ گرم در ۱۰۰g آب است، به کمک تناسب مقابل جرم حلال برابر ۲۰ گرم به‌دست می‌آید.

حلال ۱۰۰g	x
محلول ۱۲۰g	۲۴g

$\Rightarrow x = 20g$

B ۸۰۳ **۲** فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول بیشتر از میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شوندهٔ خالص باشد.

بررسی گزینهٔ (۳): شرط تشکیل محلول: $(A\cdots B) > \frac{(A\cdots A)+(B\cdots B)}{2} \Rightarrow 2(A\cdots B) > (A\cdots A)+(B\cdots B)$

B ۸۰۴ **۲** مخلوط همگن، مخلوطی است که هر دو جزء آن گشتاور دوقطبی تقریباً یکسانی داشته باشند. مخلوط ید در هگزان: هر دو جزء ناقطبی هستند و مخلوط همگن است. مخلوط هگزان در آب: هگزان ناقطبی و آب قطبی است، بنابراین مخلوط حاصل ناهمگن است. مخلوط هیدروژن فلوئورید در اتانول: هر دو جزء قطبی هستند و مخلوط همگن است. (میان مولکول‌های این دو ماده، پیوند هیدروژنی نیز ایجاد می‌شود.) مخلوط سدیم کلرید در هگزان: سدیم کلرید یک ترکیب یونی و هگزان یک ترکیب ناقطبی است، بنابراین مخلوط حاصل ناهمگن است. مخلوط استون در آب: هر دو جزء قطبی هستند و مخلوط همگن است. (میان مولکول‌های این دو ماده، پیوند هیدروژنی نیز ایجاد می‌شود.)

B ۸۰۵ **۳** در یک مخلوط همگن، رابطهٔ مقابل برقرار است: $\text{جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول} < \frac{(\text{جاذبه‌ها در حل‌شوندهٔ خالص})+(\text{جاذبه‌ها در حلال خالص})}{2}$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): مخلوط ید و هگزان، یک مخلوط همگن است و جاذبه‌های میان مولکول‌های هگزان و ید در محلول بیشتر از میانگین جاذبه‌ها در هگزان خالص و ید خالص است. گزینهٔ (۲): مخلوط استون و اتانول، یک مخلوط همگن بوده و رابطهٔ زیر در آن برقرار است:

$$\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های استون و اتانول} < \frac{(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های اتانول})+(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های استون})}{2}$$

$$2\times(\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های استون و اتانول}) > (\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های استون}) + (\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های اتانول})$$

گزینهٔ (۳): استون حلال چربی‌هاست و مخلوط (استون - چربی)، یک مخلوط همگن است و رابطهٔ زیر در آن برقرار است:

$$\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های چربی و استون} < \frac{(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های استون})+(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های چربی})}{2}$$

گزینهٔ (۴): آب یک مادهٔ قطبی و ید یک مادهٔ ناقطبی است، بنابراین مخلوط (آب - ید) یک مخلوط ناهمگن است.

$$\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های آب و ید} < \frac{(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های ید})+(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های آب})}{2}$$

$$2\times(\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های آب و ید}) > (\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های آب}) + (\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های ید})$$

B ۸۰۶ **۱** **بررسی موارد:** در این ظرف، A و B با هم یک مخلوط همگن و با C یک مخلوط ناهمگن تشکیل داده‌اند، بنابراین گشتاور A و B با هم یکسان و با C متفاوت است. فقط در مورد (ت)، A، B و C به درستی معرفی شده است. **بررسی موارد:**



مورد (پ): استون و سدیم کلرید هر دو در آب حل می‌شوند و یک مخلوط همگن می‌سازند.



مورد (ب): مخلوط ید و هگزان یک مخلوط همگن است، اما این دو جزء در آب حل نمی‌شوند. اشکال این گزینه این است که آب روی این مخلوط قرار نمی‌گیرد، بلکه مخلوط ید و هگزان روی آب قرار می‌گیرد.



مورد (الف): آب و استون موادی قطبی و هگزان ماده‌ای ناقطبی است. ایراد این گزینه در این است که مادهٔ B در بالای محلول A و C قرار می‌گیرد.

مورد (ت): اتانول و آب یک مخلوط همگن را ساخته‌اند و با توجه به اینکه هگزان یک ترکیب ناقطبی است و در این دو جزء حل نمی‌شود و چگالی کمتری هم نسبت به آب دارد، بالای این دو جزء قرار می‌گیرد.

B ۸۰۷ **۲** موارد اول، دوم و چهارم جمله را به درستی کامل نمی‌کنند. با توجه به اطلاعات تست می‌توان نتیجه گرفت:

A در هگزان حل می‌شود $\Leftarrow$ A یک مادهٔ ناقطبی است. اتانول با B یک مخلوط همگن می‌سازد $\Leftarrow$ B یک مادهٔ قطبی است.

گشتاور دوقطبی ترکیب C به‌تقریب برابر با صفر است $\Leftarrow$ C یک مادهٔ ناقطبی است.

بررسی موارد: مورد اول: A و C هر دو ناقطبی هستند و مخلوط همگن تشکیل می‌دهند. مورد دوم: B و آب هر دو قطبی هستند و مخلوط همگن تشکیل می‌دهند. مورد سوم: فرمول مولکولی کربن تتراکلرید به‌صورت CCl_4 بوده و ناقطبی است. از طرفی C یک مادهٔ ناقطبی است و مخلوط حاصل از آن‌ها یک مخلوط همگن است. مورد چهارم: B یک مولکول قطبی و C یک مولکول ناقطبی است؛ بنابراین مخلوط حاصل از B و C یک مخلوط ناهمگن است. مورد پنجم: استون حلال مناسبی برای مواد قطبی مانند آب و مواد ناقطبی مانند چربی است؛ بنابراین مخلوط A (ناقطبی) و B (قطبی) و استون، یک مخلوط همگن است.

B ۸۰۸ **۴** مادهٔ B محلول در هگزان است؛ بنابراین جاذبهٔ مولکول‌های هگزان با مولکول‌های B از میانگین نیروهای بین مولکولی هگزان و مولکول‌های B در حالت خالص قوی‌تر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مادهٔ A، قطبی و مادهٔ B، ناقطبی است؛ بنابراین نیروهای بین مولکولی مادهٔ B قطعاً از نوع وان‌درووالسی و نیروهای بین مولکولی مادهٔ A ممکن است از نوع وان‌درووالسی و یا از نوع هیدروژنی باشد. گزینهٔ (۲): مادهٔ A برخلاف مادهٔ B، قطبی است؛ بنابراین مولکول‌های آن گشتاور دوقطبی بزرگ‌تری دارند. گزینهٔ (۳): مادهٔ A قطبی است؛ بنابراین دارای نقطهٔ جوش بزرگ‌تری است.

B ۸۰۹ **۲** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکول C، ناقطبی است و در آب حل نمی‌شود. بین مولکول‌های A و B، هر کدام که گشتاور دوقطبی‌اش به گشتاور دوقطبی آب $(1/85D)$ نزدیک‌تر باشد، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. بنابراین مقایسهٔ میزان انحلال‌پذیری «A، B و C» در آب به‌صورت «$C<A<B$» است. عبارت (ب): بین میزان گشتاور دوقطبی و جرم مولی هیچ رابطه‌ای وجود ندارد. به‌عنوان مثال با اینکه جرم مولی آب کمتر از جرم مولی H_2S است، اما گشتاور دوقطبی بیشتری نسبت به H_2S دارد. عبارت (پ): C یک ترکیب ناقطبی است و در هگزان حل می‌شود. بنابراین رابطهٔ زیر برای مخلوط (C - هگزان) برقرار است:

$$\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های هگزان و C} < \frac{(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های C})+(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های هگزان})}{۲}$$

$$۲\times(\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های هگزان و C}) > (\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های هگزان}) + (\text{نیروهای جاذبهٔ میان مولکول‌های C})$$

عبارت (ت): بین مواد با مولکول‌های قطبی که البته جرم مولی نزدیک به هم دارند، هر ماده‌ای که مولکول‌های آن گشتاور دوقطبی بزرگ‌تری داشته باشد، نیروهای جاذبهٔ بین‌مولکولی قوی‌تر و نقطهٔ جوش بالاتری دارد. با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی H_2S برابر $0/97D$ است، مقایسهٔ نقطهٔ جوش این سه ترکیب به‌صورت $A<H_2S<B$ می‌باشد.

B ۸۱۰ **۲** جهت‌گیری مولکول‌ها در میدان الکتریکی، وابسته به میزان قطبیت آن‌هاست؛ بنابراین به هر میزان که گشتاور دوقطبی ماده‌ای بیشتر باشد، قطبیت آن و در نتیجه میزان جهت‌گیری آن در میدان الکتریکی بیشتر خواهد بود. $C>B>A$: میزان جهت‌گیری در میدان الکتریکی

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): می‌دانیم که مواد قطبی در حلال‌های قطبی (آب) و مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند. به هر میزان که قطبیت (گشتاور دوقطبی) ماده‌ای بیشتر باشد، انحلال‌پذیری آن در آب (حلال قطبی) بیشتر خواهد بود؛ پس انحلال‌پذیری C در آب، در مقایسه با A بیشتر است.

گزینهٔ (۳): هگزان یک حلال ناقطبی بوده و می‌تواند موادی که گشتاور دوقطبی آن‌ها صفر یا نزدیک به صفر است را در خود حل کند. هر چه قطبیت ماده‌ای به صفر نزدیک‌تر باشد، انحلال‌پذیری آن در هگزان در مقایسه با آب بهتر است؛ پس انحلال‌پذیری A در هگزان، در مقایسه با B و C بیشتر است. گزینهٔ (۴): قدرت نیروهای بین‌مولکولی به میزان قطبیت مواد و جرم مولی آن‌ها وابسته است. در مواد مولکولی با جرم مولی یکسان یا نزدیک به هم، هر چه قطبیت ماده‌ای بیشتر باشد، میزان نیروهای بین‌مولکولی آن نیز قوی‌تر است. پس مقایسهٔ قدرت نیروهای بین‌مولکولی سه ترکیب به‌صورت $C>B>A$ است.

★ **نکته** برای مقایسهٔ قدرت نیروهای بین‌مولکولی میان موادی که جرم مولی نزدیک به هم دارند، قطبی و ناقطبی بودن آن‌ها را بررسی می‌کنیم. هر چه ماده‌ای قطبی‌تر باشد و یا میان مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی داشته باشد، قدرت نیروهای بین‌مولکولی آن نیز بیشتر است. اما در بین دو ترکیب ناقطبی، ترکیبی که جرم مولی بیشتری دارد، قدرت نیروهای بین‌مولکولی بالاتری نیز دارد.

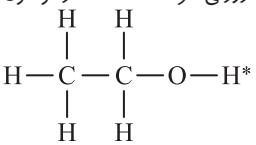
B ۸۱۱ **۱** فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مخلوط آب و اتانول یک مخلوط همگن و پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب و اتانول قوی‌تر از پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب خالص و بین مولکول‌های اتانول خالص است.

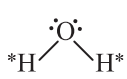
$$۲\times(\text{قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول در محلول}) < (\text{قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب}) + (\text{قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول})$$

عبارت (پ): آب، استون و اتانول هر سه مولکول‌های قطبی دارند و مخلوط این سه ترکیب، یک مخلوط همگن است که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکنواخت است. عبارت (ت): در مخلوط‌های ناهمگن به حالت مایع، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می‌شوند، اما قابل چشم‌پوشی است.

B ۸۱۲ **۲** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هپتان با فرمول C_7H_{16} یک مادهٔ ناقطبی و نمک طعام یک ترکیب یونی است. مخلوط (NaCl - هپتان) یک مخلوط ناهمگن است و در آن میانگین جاذبه‌ها در هپتان خالص و NaCl خالص بیشتر از میانگین جاذبه‌ها در مخلوط (NaCl - هپتان) است.

عبارت (ب): آمونیاک و متانول هر دو قطبی بوده و توانایی برقراری پیوند هیدروژنی را با یکدیگر دارند، پس مخلوط (آمونیاک - متانول) به دلیل تشابه نیروهای بین‌مولکولی در آن‌ها، یک مخلوط همگن است. عبارت (پ): در مولکول آب، هر دو اتم هیدروژن به اتم اکسیژن متصل هستند و می‌توانند در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت کنند، اما در مولکول اتانول، فقط یکی از اتم‌های هیدروژن که متصل به اکسیژن است، در تشکیل پیوند هیدروژنی نقش دارد.





عبارت (ت): نقطهٔ جوش آب بالاتر از نقطهٔ جوش اتانول است و جرم مولی آب از اتانول کمتر است، بنابراین پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب قوی‌تر از پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول است.

* **توجه** نقطهٔ جوش آب برابر با $100^\circ C$ و نقطهٔ جوش اتانول برابر با $78^\circ C$ است.

عبارت (ث): مخلوط آمونیاک در متانول یک مخلوط همگن است و آمونیاک در متانول حل می‌شود. بنابراین پیوند هیدروژنی (آمونیاک - متانول) قوی‌تر از پیوندهای هیدروژنی (آمونیاک - آمونیاک) و (متانول - متانول) است.

B ۸۱۳ ۲ شکل (الف) مربوط به محلول (اتانول - آب)، شکل (ب) مربوط به آب خالص و شکل (پ) مربوط به اتانول خالص است. در هر سه شکل، بین مولکول‌ها پیوند هیدروژنی برقرار است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): الکل دوکربنی همان اتانول است. شکل صورت تست، نحوهٔ انحلال این الکل در آب را نشان می‌دهد. گزینهٔ (۳): با توجه به اینکه اتانول در آب حل می‌شود، نیروهای جاذبهٔ بین مولکول‌های آب و اتانول قوی‌تر از نیروهای جاذبه بین‌مولکولی در آب خالص و اتانول خالص است. گزینهٔ (۴): همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است، هر مولکول آب در شکل (ب) می‌تواند با چهار مولکول دیگر و هر مولکول اتانول در شکل (پ) با دو مولکول دیگر پیوند هیدروژنی تشکیل دهد.

B ۸۱۴ ۱ فقط عبارت (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فراوان‌ترین گاز هواکره، N_2 و مخلوط هوای مایع شامل N_2، Ar و O_2 است که نقطهٔ جوش آن‌ها به ترتیب برابر با $-۱۹۶^\circ C$، $-۱۸۶^\circ C$ و $-۱۸۳^\circ C$ است. هر چه نقطهٔ جوش یک ماده پایین‌تر باشد، زودتر از مخلوط هوای مایع جدا می‌شود؛ بنابراین N_2 اولین جزئی است که از مخلوط هوای مایع جدا می‌شود. عبارت (ب): سوختن گاز شهری با رنگ شعلهٔ زرد، مربوط به سوختن ناقص گاز شهری است. فراوردهٔ کربن‌دار تولید شده در سوختن ناقص گاز شهری، کربن مونوکسید با ساختار لوویس $(:C\equiv O:)$ است. در ساختار لوویس این ترکیب، ۳ جفت‌الکترون پیوندی و ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت (پ): فرمول مولکولی فسفر تری‌کلرید به صورت PCl_3 و فرمول شیمیایی کربن دی‌اکسید به صورت CO_2 است. در فسفر تری‌کلرید ۳ اتم هالوژن و در کربن دی‌اکسید ۲ اتم اکسیژن وجود دارد. عبارت (ت): O_2 یک مولکول ناقطبی و O_3 یک مولکول قطبی است. بنابراین انحلال‌پذیری O_3 در آب بیشتر از O_2 است. از لحاظ پایداری شیمیایی، O_2 از O_3 پایدارتر است.

C ۸۱۵ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. شکل رابطهٔ نقطهٔ جوش سه مادهٔ آلی برحسب کلوین را نسبت به گشتاور دوقطبی آن نشان می‌دهد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دمای اتاق برابر $۲۵^\circ C$ یا $۲۹۸K$ است که می‌توان آن را به تقریب برابر $۳۰۰K$ دانست. با توجه به اینکه هر سه مادهٔ A، B و C نقطهٔ جوش کمتر از $۳۰۰K$ دارند و از طرفی نقطهٔ جوش HF برابر $۱۹^\circ C$ است که کمتر از دمای اتاق می‌باشد، پس هر چهار ماده در دمای اتاق به حالت گازی هستند. دقت کنید نقطهٔ جوش استون برابر $۵۶^\circ C$ بوده و در دمای اتاق به حالت مایع است. عبارت (ب): گشتاور دوقطبی مولکول‌های H_2O و H_2S به ترتیب برابر با $1/85D$ و $0/97D$ است. این کمیت نشان می‌دهد که میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین‌مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است. همین قاعده دربارهٔ دو ترکیب B و C نیز صدق می‌کند؛ زیرا گشتاور دوقطبی و در نتیجه میزان قطبیت و قدرت نیروهای بین‌مولکولی در C حدود دو برابر B است. عبارت (پ): جهت‌گیری و میزان منظم شدن مولکول‌های یک ماده به گشتاور دوقطبی یا میزان قطبیت آن بستگی دارد. با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی H_2S برابر $0/97D$ است، جهت‌گیری و میزان منظم شدن مولکول‌های B از هر دو مادهٔ A و H_2S بیشتر می‌باشد. عبارت (ت): با توجه به اصل «شبیه، شبیه را حل می‌کند»، C یک مادهٔ قطبی است که در یک حلال قطبی مانند آب حل می‌شود، از طرفی A که ماده‌ای با گشتاور دوقطبی نزدیک صفر است، بیشتر در حلال‌های ناقطبی همچون هگزان حل می‌شود. عبارت (ث): در مخلوط‌های مایع به حالت ناهمگن مانند آب و A، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می‌شوند.

A ۸۱۶ ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت (ت):** در محلول نمک‌ها در آب، نیروی جاذبهٔ یون - دوقطبی که بین یون‌های مادهٔ حل‌شده و مولکول‌های آب برقرار می‌شود، قوی‌تر از میانگین پیوندهای هیدروژنی میان مولکول‌های آب و پیوندهای یونی در شبکهٔ بلور نمک است.

B ۸۱۷ ۴ محلول آبی سدیم کلرید را می‌توان محتوی $Na^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$ دانست. $NaCl(s) \xrightarrow{\text{آب}} Na^+(aq)+Cl^-(aq)$

B ۸۱۸ ۲ در انحلال‌های مولکولی برخلاف انحلال نمک‌ها، ذره‌های حل‌شونده ماهیت ساختاری خود را در محلول حفظ می‌کنند. انحلال ید در هگزان و انحلال اتانول در آب از جمله انحلال‌های مولکولی است و ذره‌های حل‌شونده ماهیت خود را حفظ می‌کنند، اما انحلال سدیم کلرید در اتانول و انحلال منیزیم سولفات در آب از جمله انحلال‌های یونی است که در آن ترکیب‌های یونی به یون‌های سازندهٔ خود تفکیک شده و ماهیت ساختاری خود را از دست می‌دهند. مخلوط بنزین در آب هم اگر چه یک مخلوط ناهمگن است، اما همچنان مقدار ناچیزی از بنزین در آب حل می‌شود که انحلال آن به‌صورت مولکولی بوده و ماهیت ساختاری حل‌شونده در آن حفظ می‌شود.

B ۸۱۹ ۳ همان‌طور که در شکل مشخص است این ترکیب یونی، یک ترکیب یونی دوتایی است و از انحلال هر مول از آن در آب، ۲ مول یون آب‌پوشیده تولید می‌شود.

در نتیجه: $?\,ion = ۰/۴\,mol\ \text{نمک} \times \frac{۲\,mol\ ion}{۱\,mol\ \text{نمک}} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,ion}{۱\,mol\ ion} = ۴/۸۱۶\times۱۰^{۲۳}\,ion$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در مولکول آب، اتم هیدروژن سر مثبت مولکول و اتم اکسیژن سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است، اتم‌های هیدروژن به سمت یونی که اندازهٔ بزرگ‌تری دارد، جهت‌گیری کرده‌اند، بنابراین بار یونی که اندازهٔ بزرگ‌تری دارد، منفی است. گزینهٔ (۲): در این فرایند مادهٔ حل‌شونده ویژگی ساختاری خود را حفظ نکرده است و یون‌های سازندهٔ شبکهٔ بلور، تفکیک و آب‌پوشی شده‌اند. گزینهٔ (۴): اتم اکسیژن سر منفی مولکول آب را تشکیل می‌دهد، بنابراین به سمت یونی با بار مثبت جهت‌گیری می‌کند. در ترکیب یونی NaCl، آرایش الکترونی Na^+ مشابه آرایش الکترونی Ne است.

B ۸۲۰ ۱ در مورد ترکیب‌های یونی محلول در آب مانند $MgSO_4$ و $BaCl_2$، نیروی جاذبهٔ یون - دوقطبی در محلول قوی‌تر از میانگین نیروی پیوند یونی در شبکهٔ بلور ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب است.

مورد (ب): میانگین نیروی پیوند یونی در $MgSO_4$ و پیوندهای هیدروژنی در آب < نیروی جاذبهٔ یون - دوقطبی در محلول

مورد (پ): میانگین نیروی پیوند یونی در $BaCl_2$ و پیوندهای هیدروژنی در آب < نیروی جاذبهٔ یون - دوقطبی در محلول

در مورد ترکیب‌های یونی نامحلول در آب مانند AgCl، $Ca_3(PO_4)_2$ و $Mg(OH)_2$ نیروی جاذبهٔ یون - دوقطبی در محلول ضعیف‌تر از میانگین نیروی پیوند یونی در شبکهٔ بلور ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب است.

مورد (الف): میانگین نیروی پیوند یونی در AgCl و پیوندهای هیدروژنی در آب < نیروی جاذبهٔ یون - دوقطبی در محلول

مورد (ت): میانگین نیروی پیوند یونی در $Ca_3(PO_4)_2$ و پیوندهای هیدروژنی در آب < نیروی جاذبهٔ یون - دوقطبی در محلول

مورد (ث): میانگین نیروی پیوند یونی در $Mg(OH)_2$ و پیوندهای هیدروژنی در آب < نیروی جاذبهٔ یون - دوقطبی در محلول

با توجه به توضیحات بالا، موارد (ب) و (پ) درست هستند.

C ۸۲۱ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱):

$$Mg(NO_3)_2(aq)\rightarrow \underbrace{Mg^{2+}(aq)+2NO_3^-(aq)}_{\text{۳ یون}} \quad ?\,mol\,ion=59/2\,g\,Mg(NO_3)_2\times\frac{1\,mol\,Mg(NO_3)_2}{148\,g\,Mg(NO_3)_2}\times\frac{3\,mol\,ion}{1\,mol\,Mg(NO_3)_2}=1/2\,mol\,ion$$

گزینهٔ (۲):

$$(NH_4)_2SO_4(aq)\rightarrow \underbrace{2NH_4^+(aq)+SO_4^{2-}(aq)}_{\text{۳ یون}} \quad ?\,mol\,ion=52/8\,g\,(NH_4)_2SO_4\times\frac{1\,mol\,(NH_4)_2SO_4}{132\,g\,(NH_4)_2SO_4}\times\frac{3\,mol\,ion}{1\,mol\,(NH_4)_2SO_4}=1/2\,mol\,ion$$

گزینهٔ (۳):

$$Al(NO_3)_3(aq)\rightarrow \underbrace{Al^{3+}(aq)+3NO_3^-(aq)}_{\text{۴ یون}} \quad ?\,mol\,ion=71\,g\,Al(NO_3)_3\times\frac{1\,mol\,Al(NO_3)_3}{213\,g\,Al(NO_3)_3}\times\frac{4\,mol\,ion}{1\,mol\,Al(NO_3)_3}=\frac{4}{3}\,mol\,ion$$

گزینهٔ (۴):

$$NaOH(aq)\rightarrow \underbrace{Na^+(aq)+OH^-(aq)}_{\text{۲ یون}} \quad ?\,mol\,ion=30\,g\,NaOH\times\frac{1\,mol\,NaOH}{40\,g\,NaOH}\times\frac{2\,mol\,ion}{1\,mol\,NaOH}=1/5\,mol\,ion$$

تعداد یون‌های حاصل از انحلال نمونهٔ داده شده در گزینهٔ (۴) بیشتر است.

B ۸۲۲ ۱ مقایسهٔ داده شده در صورت تست، شرط انحلال مواد یونی در آب است و موادی که چنین شرطی برای آن‌ها وجود دارد، در آب محلول هستند. در بین ترکیب‌های داده شده منیزیم کلرید و لیتیم سولفات محلول در آب هستند.

B ۸۲۳ ۱ در فرایند انحلال نمک‌ها در آب، میان یون‌های حاصل از انحلال و مولکول‌های آب، جاذبهٔ یون - دوقطبی برقرار است و با تغییر دما نوع این نیروهای جاذبه تغییری نمی‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۲) و (۳): اگر انحلال این نمک در آب گرماده باشد؛ یعنی با افزایش دما، میزان انحلال‌پذیری این نمک در آب کاهش یابد، با افزایش دما مقداری نمک رسوب می‌کند و با اضافه کردن نمک بیشتر، میزان این رسوب افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۴): نمودار انحلال‌پذیری - دما برای برخی از نمک‌ها به صورت خطی و برای برخی دیگر به صورت منحنی است و با توجه به اطلاعات سؤال نمی‌توان نوع آن را تعیین کرد.

C ۸۲۴ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$BaCl_2(aq)+Na_2SO_4(aq)\rightarrow BaSO_4(s)+2NaCl(aq)$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱):

$$?\,g\,BaSO_4=200\,g\,Na_2SO_4\,\text{محلول}\times\frac{10\,g\,Na_2SO_4}{100\,g\,Na_2SO_4\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Na_2SO_4}{142\,g\,Na_2SO_4}\times\frac{1\,mol\,BaSO_4}{1\,mol\,Na_2SO_4}\times\frac{233\,g\,BaSO_4}{1\,mol\,BaSO_4}\simeq 32/8\,g\,BaSO_4$$

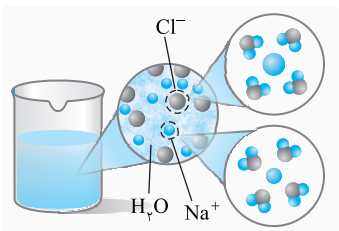
گزینهٔ (۲):

$$?\,g\,NaCl=200\,g\,Na_2SO_4\,\text{محلول}\times\frac{10\,g\,Na_2SO_4}{100\,g\,Na_2SO_4\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Na_2SO_4}{142\,g\,Na_2SO_4}\times\frac{2\,mol\,NaCl}{1\,mol\,Na_2SO_4}\simeq 0/28\,mol\,NaCl$$

گزینهٔ (۳): در این واکنش، یون کلرید (Cl^-) ناظر است و در واکنش شرکت نمی‌کند و مصرف نمی‌شود. گزینهٔ (۴): باریم سولفات که یکی از فراورده‌های این واکنش است، نامحلول در آب می‌باشد.

* **توجه** گزینه‌های (۱) و (۲) را می‌توانید به روش کسر تبدیل، در یک مرحله بررسی کنید:

$$\frac{\text{درصد جرمی}\times\text{جرم}\,Na_2SO_4}{100\times\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\,BaSO_4\,\text{تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول}\,NaCl\,\text{تولیدی}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{200\times10}{1\times142\times100}=\frac{x\,g\,BaSO_4}{1\times233}=\frac{y\,mol\,NaCl}{2}\Rightarrow\begin{cases}x\simeq 32/8\,g\,BaSO_4\\ y\simeq 0/28\,mol\,NaCl\end{cases}$$



B ۸۲۵ ۴ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به شکل روبه‌رو، در اثر انحلال نمک خوراکی در آب، یون‌های Na^+ و Cl^- به وسیلهٔ شمار زیادی مولکول آب احاطه می‌شوند. یون‌های Na^+ از سمت اتم‌های اکسیژن مولکول‌های آب و یون‌های Cl^- از سمت اتم‌های هیدروژن مولکول‌های آب احاطه می‌شوند. عبارت (ب): معادلهٔ انحلال آمونیوم نیترید در آب به‌صورت مقابل است:

$$(NH_4)_3N(aq)\rightarrow \underbrace{3NH_4^+(aq)+N^{3-}(aq)}_{\text{۴ یون}}$$

$$?\,ion=17g\,(NH_4)_3N\times\frac{1\,mol\,(NH_4)_3N}{68g\,(NH_4)_3N}\times\frac{4\,mol\,ion}{1\,mol\,(NH_4)_3N}\times\frac{6/02\times10^{23}\,ion}{1\,mol\,ion}=6/02\times10^{23}\,ion$$

عبارت (پ): در شکل نشان داده شده، یون مورد نظر به وسیلهٔ اتم‌های هیدروژن که سر مثبت مولکول آب را تشکیل می‌دهند، احاطه شده است؛ در نتیجه بار آن باید منفی باشد. یون کلسیم، بار مثبت دارد. (Ca^{2+}) عبارت (ت): معادلهٔ انحلال این دو ترکیب به‌صورت زیر است:

$$(NH_4)_3PO_4(aq)\rightarrow 3NH_4^+(aq)+PO_4^{3-}(aq)\Rightarrow \text{۴ یون چندتایی}$$

$$?\,mol\,ion_{\text{چندتایی}}=0/6\,mol\,(NH_4)_3PO_4\times\frac{4\,mol\,ion_{\text{چندتایی}}}{1\,mol\,(NH_4)_3PO_4}=2/4\,mol\,ion_{\text{چندتایی}}$$

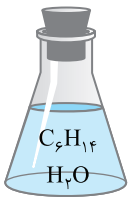
$$Fe(NO_3)_3(aq)\rightarrow Fe^{3+}(aq)+3NO_3^-(aq)\Rightarrow \text{۳ یون چندتایی}$$

$$?\,mol\,ion_{\text{چندتایی}}=0/8\,mol\,Fe(NO_3)_3\times\frac{3\,mol\,ion_{\text{چندتایی}}}{1\,mol\,Fe(NO_3)_3}=2/4\,mol\,ion_{\text{چندتایی}}$$

C ۸۲۶ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ترکیب استفاده شده در گچ‌های شکستگی، کلسیم سولفات ($CaSO_4$) می‌باشد که نسبت شمار کاتیون به آنیون در آن برابر یک است. برای ترکیب CaX_2 دو حالت وجود دارد: ۱- اینکه ترکیب CaX_2 حاصل ترکیب یون‌های Ca^{2+} و X^- باشد که در این صورت نسبت شمار کاتیون به آنیون در آن برابر $\frac{1}{2}$ است؛ ۲- اینکه ترکیب، حاصل یون‌های Ca^{2+} و یون دواتمی X_2^{2-} باشد که در این حالت نسبت شمار کاتیون به آنیون برابر یک می‌شود؛ بنابراین نسبت شمار کاتیون به آنیون در $CaSO_4$ می‌تواند با این نسبت در CaX_2 برابر باشد. عبارت (ب): ترتیب انحلال‌پذیری این سه ماده به صورت $BaSO_4 < AgCl < Ca_3(PO_4)_2$ است. عبارت (پ): آزمایش‌ها نشان می‌دهند که فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:

(میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل شوندهٔ خالص) < (جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول)

بنابراین منظور این عبارت، ترکیباتی است که در آب محلول هستند. در میان مواد داده شده، برای چهار ترکیب C_2H_5OH، استون، $C_{12}H_{22}O_{11}$ یا همان شکر و Na_2SO_4 شرط فوق برقرار است. عبارت (ت): با توجه به شکل مقابل که در کتاب درسی نیز آمده است، این عبارت درست است. عبارت (ث): فرایند تفکیک یونی دو ترکیب سدیم نیترات و باریم کلرید به صورت زیر است:



$$BaCl_2(s) \xrightarrow{\text{آب}} \underbrace{Ba^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)}_{\text{۳ مول یون}}$$

$$NaNO_3(s) \xrightarrow{\text{آب}} \underbrace{Na^+(aq)+NO_3^-(aq)}_{\text{۲ مول یون}}$$

برای مقایسه، فرض می‌کنیم هر دو محلول حاوی ۶ مول یون هستند. با توجه به جرم برابر دو محلول، درصد جرمی محلولی بیشتر است که جرم ترکیب حل‌شوندهٔ آن بیشتر باشد:

$$?\,g\,NaNO_3 = 6mol\,ion \times \frac{1\,mol\,NaNO_3}{2mol\,ion} \times \frac{85g\,NaNO_3}{1\,mol\,NaNO_3} = 255g\,NaNO_3$$

$$?\,g\,BaCl_2 = 6mol\,ion \times \frac{1\,mol\,BaCl_2}{3mol\,ion} \times \frac{208g\,BaCl_2}{1\,mol\,BaCl_2} = 416g\,BaCl_2$$

بنابراین در شمار یون‌های یکسان، درصد جرمی محلول باریم کلرید بیشتر است.

B ۸۲۷ ۲ با افزایش دمای آب، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد.

B ۸۲۸ ۱ عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): افزایش میزان قطبیت مولکول‌های گازی منجر به افزایش انحلال‌پذیری گازها در آب می‌شود. عبارت (ب): در میان گازهایی با مولکول‌های ناقطبی، هر چه جرم و حجم مولکول بیشتر باشد، میزان نیروهای بین مولکولی و میزان انحلال‌پذیری آن‌ها در آب بیشتر می‌شود. عبارت (پ): افزایش دمای آب منجر به کاهش انحلال‌پذیری گازها در آب می‌شود، اما بین افزایش دما و کاهش انحلال‌پذیری گازها رابطهٔ خطی وجود ندارد. در واقع با n برابر شدن دمای آب، میزان انحلال‌پذیری گازها کاهش می‌یابد اما $\frac{1}{n}$ برابر نمی‌شود. عبارت (ت): براساس قانون هنری در دمای ثابت، با افزایش فشار، میزان انحلال‌پذیری گازها در آب افزایش می‌یابد.

* **توجه** رابطهٔ بین تغییرات انحلال‌پذیری گازها و تغییرات فشار، یک رابطهٔ خطی با شیب مثبت و ثابت است.

عبارت (ث): به طور کلی گازهایی که در هنگام انحلال در آب، با مولکول‌های آب واکنش می‌دهند، در شرایط یکسان، انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به سایر گازها دارند. مثلاً انحلال‌پذیری CO_2 در آب بیشتر از NO است.

B ۸۲۹ ۲ مقایسه‌های چهارم و پنجم درست هستند.

★ **نکته** برای مقایسهٔ میزان انحلال‌پذیری چند گاز مختلف در آب، باید به چند نکته توجه شود: ۱- گازهایی با مولکول‌های قطبی معمولاً انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به گازهایی با مولکول‌های ناقطبی در آب دارند. ۲- گازهایی که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب را داشته باشند، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارند. ۳- بین گازهایی با مولکول‌های ناقطبی، هر چه جرم و حجم مولکول بیشتر باشد، انحلال‌پذیری گاز در آب بیشتر است. ۴- گازهایی که با آب واکنش می‌دهند، انحلال‌پذیری زیادی در آب دارند. ۵- گازهایی مانند HCl که در اثر انحلال در آب به یون (Cl^- و H^+) تبدیل می‌شوند، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارند.

بررسی موارد: مقایسهٔ اول: NH_3 به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی با آب انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به CO دارد. مقایسهٔ دوم: Br_2 به علت جرم و حجم بیشتر، انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به Cl_2 دارد. مقایسهٔ سوم: F_2 به علت جرم و حجم بیشتر، نسبت به O_2 انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. مقایسهٔ چهارم: بین چهار مولکول O_2، N_2، NO و CO_2، چون مولکول‌های CO_2 با مولکول‌های آب واکنش می‌دهند، بیشترین انحلال‌پذیری را دارند. در بین سه مولکول دیگر چون NO قطبی است، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. در بین N_2 و O_2 نیز O_2 به دلیل جرم و حجم بیشتر، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. مقایسهٔ نهایی به‌صورت « $CO_2 > NO > O_2 > N_2$ » است.

* **توجه** CO_2 در اثر واکنش با آب، H_2CO_3 (کربنیک اسید) تولید می‌کند.

مقایسهٔ پنجم: در میان مولکول‌های HCl، CO، N_2 و He، چون مولکول‌های HCl با ورود به آب، به یون تبدیل می‌شوند، بیشترین انحلال‌پذیری را دارند. در بین سه مولکول دیگر، CO قطبی است؛ از این‌رو انحلال‌پذیری بالاتری دارد. در بین N_2 و He، چون N_2 جرم و حجم بیشتری دارد، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. مقایسهٔ نهایی به صورت « $HCl > CO > N_2 > He$ » است.

B ۸۳۰ ۳ افزایش دما باعث کاهش میزان انحلال‌پذیری گازها در آب، افزایش فشار باعث افزایش میزان انحلال‌پذیری گازها در آب و افزایش مقدار نمک‌های حل‌شده در آب باعث کاهش میزان انحلال‌پذیری گازها در آب می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با گرم شدن آب، به علت کاهش میزان انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب، میزان گاز موجود در آب برای تنفس ماهی‌ها کم شده و ماهی‌ها برای تأمین اکسیژن مورد نیاز خود به سطح آب می‌آیند. گزینهٔ (۲): انحلال لیتیم سولفات در آب گرماده است، از این‌رو کاهش دمای آب سبب افزایش میزان انحلال نمک لیتیم سولفات در آب می‌شود. با کاهش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب نیز افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۴): پایدارترین اکسید کربن، CO_2 است. با توجه به اینکه CO_2 با مولکول‌های آب وارد واکنش می‌شود، انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به $NO(g)$ دارد.

A ۸۳۱ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): میلهٔ شیشه‌ای در اثر مالش به موی سر دارای بار الکتریکی منفی می‌شوند؛ بنابراین مولکول‌های آب از سمت سر مثبت خود، یعنی اتم‌های هیدروژن جذب میلهٔ شیشه‌ای می‌شوند. عبارت (ب): گازهای فلوئور (F_2) و هیدروژن کلرید (HCl) دارای جرم مولی نزدیک به هم هستند، اما گاز هیدروژن کلرید به دلیل قطبی بودن، نقطهٔ جوش بالاتری داشته و به همین دلیل بر اثر کاهش دما، گاز هیدروژن کلرید آسان‌تر مایع می‌شود. عبارت (پ): گاز کربن دی‌اکسید به دلیل واکنش شیمیایی که با آب انجام می‌دهد، انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به گاز نیتروژن مونوکسید دارد. عبارت (ت): گشتاور دوقطبی مولکول‌های آب و هیدروژن سولفید به‌ترتیب برابر با $1/85D$ و $0/97D$ است. این کمیت‌ها نشان می‌دهند که میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است.

B ۸۳۲ ۱ گازهایی مانند HF و NH_3 که مولکول‌های آن‌ها می‌توانند با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار کنند، انحلال‌پذیری نسبتاً زیادی در آب دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): هر چه میزان انحلال‌پذیری یک گاز در آب بیشتر باشد، افزایش فشار تأثیر بیشتری بر انحلال‌پذیری آن گاز در آب دارد. بنابراین مقایسهٔ تأثیر فشار بر انحلال‌پذیری گازهای O_2، N_2، CO_2 و NO به‌صورت « $CO_2 > NO > O_2 > N_2$ » است. گزینهٔ (۳): بعضی گازهای ناقطبی مانند CO_2 انحلال‌پذیری بیشتری از گازهای قطبی مانند NO دارند. بیشتر بودن انحلال‌پذیری CO_2 از NO در آب، به دلیل واکنش این گاز با مولکول‌های آب است. گزینهٔ (۴): از واکنش قرص جوشان با آب، گاز کربن دی‌اکسید تولید و آزاد می‌شود. در صورت استفاده از آب گرم، انحلال‌پذیری CO_2 در آب کم می‌شود و CO_2 کمتری به‌صورت حل شده باقی می‌ماند و مقدار بیشتری گاز خارج می‌شود.

B ۸۳۳ ۲ عبارت‌های اول، چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در دما و فشار معین، انحلال‌پذیری CO_2 بیشتر از NO است؛ زیرا مولکول‌های CO_2 برخلاف مولکول‌های NO می‌توانند با مولکول‌های آب واکنش دهند. با توجه به نمودار صورت تست، انحلال‌پذیری NO در فشار $3atm$ تقریباً برابر با $0/02$ گرم است؛ پس در این شرایط انحلال‌پذیری CO_2 بیشتر از $0/02$ گرم، مثلاً می‌تواند برابر $0/03$ گرم باشد. عبارت دوم: همان‌طور که می‌دانید، با افزایش غلظت نمک‌ها در آب، انحلال‌پذیری گازها کاهش می‌یابد. با توجه به نمودار داده شده در صورت تست، انحلال‌پذیری N_2 در فشار $6atm$ در آب خالص حدوداً برابر $0/015$ گرم است؛ پس انحلال‌پذیری N_2 در این شرایط در آب شور قطعاً کمتر از $0/015$ گرم خواهد بود. عبارت سوم: با توجه به نمودار، تفاوت انحلال‌پذیری O_2 و NO در فشار $5atm$ به تقریب برابر $0/01$ گرم است. عبارت چهارم: در فشار ثابت، با افزایش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد؛ بنابراین در دمای $50^\circ C$ نسبت به دمای $20^\circ C$، شیب تغییرات انحلال‌پذیری هر سه گاز کاهش می‌یابد. عبارت پنجم: انحلال‌پذیری O_2 در فشار $4atm$ حدوداً برابر $0/018$ گرم است. از آنجا که شیب تغییرات انحلال‌پذیری X_2 از O_2 بیشتر است، پس در این فشار، انحلال‌پذیری X_2 از O_2 بیشتر بوده و می‌تواند برابر $0/02$ گرم باشد.

B ۸۳۴ ۳ مقایسهٔ انحلال‌پذیری این سه گاز به‌صورت « $N_2 < O_2 < NO$ » است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نمودار (۱) مربوط به NO می‌باشد که یک گاز قطبی است و نمودار (۳) مربوط به N_2 می‌باشد که فراوان‌ترین گاز سازندهٔ هوای پاک و خشک است. گزینهٔ (۲): با توجه به اعداد روی نمودار، می‌توان فهمید که تأثیر افزایش فشار بر انحلال‌پذیری NO حدوداً $1/5$ برابر O_2 است. به‌عنوان مثال در فشار $9\,atm$ که انحلال‌پذیری NO برابر با $0/06$ گرم است، انحلال‌پذیری O_2 برابر با $0/04$ گرم می‌باشد یا در فشار $4/5$ اتمسفر که انحلال‌پذیری NO برابر با $0/03$ گرم است، انحلال‌پذیری O_2 برابر با $0/02$ گرم می‌باشد. گزینهٔ (۳): انحلال‌پذیری گاز N_2 در فشار ۹ اتمسفر برابر با $0/02$ گرم است و در این فشار انحلال‌پذیری گاز O_2 در ۱۰۰ گرم آب برابر با $0/04$ گرم است.

$$?\,mol\,O_2 = 20g\,H_2O \times \frac{0/04g\,O_2}{100g\,H_2O} \times \frac{1\,mol\,O_2}{32g\,O_2} = 2/5\times10^{-4}\,mol\,O_2$$

گزینهٔ (۴): جرم گاز NO حل‌شده برابر است با:

$$?\,g\,NO = 10^{-3}\,mol\,NO \times \frac{30g\,NO}{1\,mol\,NO} = 0/03g\,NO$$

انحلال‌پذیری گاز NO در فشار $4/5$ اتمسفر برابر با $0/03$ گرم است. انحلال‌پذیری گاز N_2 در این فشار، برابر با $0/01$ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.

B ۸۳۵ ۴ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): انحلال‌پذیری ترکیبات یونی در آب را می‌توان به کمک داده‌های تجربی حاصل از آزمایش به‌دست آورد. به این منظور از دستگاهی به نام گرمسنج لیوانی استفاده می‌شود. عبارت (ب): میزان انحلال‌پذیری نمک‌ها به نوع آن‌ها و دما بستگی دارد. نمودار انحلال‌پذیری بر حسب دما برای ترکیبات یونی، می‌تواند خطی (مانند KCl) و یا غیرخطی (مانند KNO_3) باشد. همچنین این نمودار ممکن است صعودی و یا نزولی باشد. عبارت (پ): دقت کنید که قانون هنری، میزان انحلال‌پذیری گازها در آب، در فشارهای مختلف را نشان می‌دهد و با توجه به این قانون، با افزایش فشار، میزان انحلال‌پذیری گازها در آب به صورت خطی افزایش می‌یابد. حواستان باشد که اگرچه تأثیر فشار بر انحلال‌پذیری گازهای با مولکول‌های قطبی و با جرم مولی بیشتر، بیشتر است، ولی این مطلب ارتباطی با قانون هنری ندارد. عبارت (ت): دقت کنید که اتانول یک مولکول قطبی است و در آن سر ناقطبی وجود ندارد. اما حتی اگر اتانول را مولکول دوبخشی در نظر بگیریم که دارای سر قطبی و سر ناقطبی است، باز هم در فرایند انحلال آن، میان بخش‌های قطبی و ناقطبی آن و مولکول‌های آب، پیوند برقرار نیست و میان آن‌ها نیروی بین مولکولی وجود دارد.

B ۸۳۶ ۱ انحلال‌پذیری گازها با فشار رابطهٔ مستقیم و با دما رابطهٔ عکس دارد:

$$\theta = 25^\circ C, P = 4atm: S_{O_2} = 2\times0/01 = 0/02g/100H_2O \Rightarrow \theta = 50^\circ C, P = 4atm: S_{O_2} < 0/02g/100g\,H_2O$$

$$\theta = 25^\circ C, P = 6atm: S_{O_2} = 3\times0/01 = 0/03g/100H_2O \Rightarrow S_{NO} > S_{O_2} = 0/03g/100g\,H_2O$$

C ۸۳۷ ۱ با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری گاز N_2 در فشار $4/5\,atm$ برابر $0/01g$ در $100g$ حلال است. با توجه به این نکته که غلظت مولی گاز NO برابر $0/01\,mol.L^{-1}$ بوده است، انحلال‌پذیری آن را برحسب گرم به‌دست می‌آوریم.

* **توجه** با توجه به این نکته که انحلال گازها تأثیر چندانی بر چگالی مایعات نمی‌گذارد، چگالی این محلول را برابر چگالی آب $(1g.mL^{-1})$ درنظر می‌گیریم:

$$?\,g\,\frac{NO}{100g\,\text{حلال}} = 100g\,\text{حلال} \times \frac{0/01\,mol\,NO}{1000g\,\text{حلال}} \times \frac{30g\,NO}{1\,mol\,NO} = 0/03\,\frac{NO}{1000g\,\text{حلال}}$$

بنابراین انحلال‌پذیری NO در این فشار برابر ۰/۰۳g در ۱۰۰g آب است. با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری گاز NO در فشار ۴/۵atm برابر ۰/۰۳g است. بنابراین:

$$\frac{a+b}{۲}=۴/۵\,atm \Rightarrow a+b=۹\,atm$$

انحلال‌پذیری گاز $O_۲$ در فشار ۹atm برابر ۰/۰۴ گرم در ۱۰۰g آب است.

B ۸۳۸ ۱ قسمت اول: با توجه به داده‌های جدول، میزان انحلال‌پذیری گاز $H_۲S$ در دماهای ۲۰°C و ۴۵°C به‌ترتیب برابر با ۰/۳۸ گرم و ۰/۲۱ گرم است. بنابراین اگر ۱۰۰ گرم محلول سیرشده‌ای از این گاز را از دمای ۲۰°C تا ۴۵°C گرم کنیم، ۰/۱۷g گاز آزاد می‌شود. پس به سادگی می‌توان حجم گاز $H_۲S$ آزاد شده از ۲۵ کیلوگرم محلول سیرشده که دمای آن از ۲۵°C به ۴۵°C افزایش یافته را محاسبه نمود:

$$?\,L\,H_۲S=۲۵kg\ \text{محلول}\times\frac{۱۰۰۰g\ \text{محلول}}{۱kg\ \text{محلول}}\times\frac{۰/۱۷g\,H_۲S}{۱۰۰g\ \text{محلول}}\times\frac{۱mol\,H_۲S}{۳۴g\,H_۲S}\times\frac{۲۲/۴L\,H_۲S}{۱mol\,H_۲S}=۲۸L\,H_۲S$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به صورت $۱۶H_۲S+۸SO_۲\rightarrow ۳S_۸+۱۶H_۲O$ است.

$$?\,g\,SO_۲=۲۸L\,H_۲S\times\frac{۱mol\,H_۲S}{۲۲/۴L\,H_۲S}\times\frac{۸mol\,SO_۲}{۱۶mol\,H_۲S}\times\frac{۶۴g\,SO_۲}{۱mol\,SO_۲}=۴۰g\,SO_۲$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۲۸\times۸\times۶۴}{۲۲/۴\times۱۶}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{\overset{۴}{۲۸}\times۸\times\overset{۴}{۶۴}}{۲۲/۴\times\underset{۳/۲}{۱۶}}=\frac{\overset{۱۰}{۴}\times۸\times۴}{۳/۲}=۱۰\times۴=۴۰$$

B ۸۳۹ ۳ با توجه به انحلال‌پذیری $O_۲$ در دماهای ۱۰°C و ۴۵°C، اگر دمای ۱۰۰ گرم آب از ۱۰°C به ۴۵°C برسد، ۰/۶mg (۱/۲−۰/۶) گاز $O_۲$ آزاد می‌شود. بنابراین داریم:

$$?\,L\,H_۲O=۶۰\times۱۰^{-۳}\,L\,O_۲\times\frac{۰/۹g\,O_۲}{۱L\,O_۲}\times\frac{۱۰^{۳}mg\,O_۲}{۱g\,O_۲}\times\frac{۱۰۰g\,H_۲O}{۰/۶mg\,O_۲}\times\frac{۱mL\,H_۲O}{۱g\,H_۲O}\times\frac{۱۰^{-۳}L\,H_۲O}{۱mL\,H_۲O}=۹L\,H_۲O$$

B ۸۴۰ ۳ ابتدا باید انحلال‌پذیری گاز $H_۲S$ در دمای ۵۵°C و فشار ۰/۵atm را به‌دست آوریم:

$$\frac{\text{انحلال‌پذیری گاز در فشار اولیه}}{\text{فشار اولیه}}=\frac{\text{انحلال‌پذیری گاز در فشار ثانویه}}{\text{فشار ثانویه}}\Rightarrow\frac{۰/۳۴g}{۲atm}=\frac{x\,g}{۰/۵\,atm}\Rightarrow x=۰/۰۸۵g\,H_۲S$$

سپس به محاسبه غلظت مولی می‌پردازیم: محاسبهٔ مقدار مول $H_۲S$:

$$\text{مقدار مول } H_۲S \text{ حل شده}=۰/۰۸۵g\,H_۲S\times\frac{۱mol\,H_۲S}{۳۴g\,H_۲S}=۲/۵\times۱۰^{-۳}mol\,H_۲S$$

محاسبهٔ حجم محلول:

$$\text{چگالی آب}=\frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}}\Rightarrow۱=\frac{۱۰۰g\ \text{محلول}}{\text{حجم محلول}}\Rightarrow\text{حجم محلول}=۱۰۰mL=۰/۱L$$

محاسبهٔ غلظت مولی محلول:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مواد حل‌شونده}}{\text{حجم محلول}}=\frac{۲/۵\times۱۰^{-۳}mol}{۰/۱L}=۲/۵\times۱۰^{-۲}mol.L^{-۱}$$

B ۸۴۱ ۴ ابتدا باید انحلال‌پذیری این گاز را در دمای ۱۷°C و فشار ۶atm در ۱۰۰ گرم آب به‌دست آوریم:

$$\frac{\text{انحلال‌پذیری گاز در فشار اولیه}}{\text{فشار اولیه}}=\frac{\text{انحلال‌پذیری گاز در فشار ثانویه}}{\text{فشار ثانویه}}\Rightarrow\frac{۰/۱۷۶g}{۱atm}=\frac{x\,g}{۶atm}\Rightarrow x=۱/۰۵۶g$$

سپس جرمی از گاز را که در ۱۵۰ گرم آب حل می‌شود محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ \text{گاز}=۱۵۰g\,H_۲O\times\frac{۱/۰۵۶g\ \text{گاز}}{۱۰۰g\,H_۲O}=۱/۵۸۴g\ \text{گاز}$$

اکنون جرم مولی این گاز را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مولی}=\frac{\text{جرم ماده}}{\text{مقدار مول ماده}}=\frac{۱/۵۸۴g}{۰/۰۳۶\,mol}=۴۴g.mol^{-۱}$$

در بین گزینه‌ها، جرم مولی $CO_۲$ برابر با $۴۴g.mol^{-۱}$ است.

B ۸۴۲ ۲ نمودار موجود در سؤال، بیانگر تغییرات انحلال‌پذیری گاز NO برحسب فشار در دمای ثابت ۲۵°C است؛ به همین علت ابتدا توسط غلظت مولی گاز NO به انحلال‌پذیری آن می‌رسیم تا متوجه شویم این غلظت از گاز NO، در چه فشاری است. غلظت مولی (مولاریته) گاز NO برابر ۰/۰۲ مول بر لیتر است، یعنی به ازای یک لیتر محلول، ۰/۰۲ مول گاز NO در محلول سیرشدهٔ آن وجود دارد.

$$?\,g\ \text{محلول}=۱L\ \text{محلول}\times\frac{۱۰۰۰mL\ \text{محلول}}{۱L\ \text{محلول}}\times\frac{۱g\ \text{محلول}}{۱mL\ \text{محلول}}=۱۰۰۰g\ \text{محلول}$$

$$?\,g\,NO=۰/۰۲mol\,NO\times\frac{۳۰g\,NO}{۱mol\,NO}=۰/۶g\,NO$$

به علت مقدار ناچیز گاز NO، مقدار محلول را همان مقدار حلال در نظر می‌گیریم. به ازای ۱۰۰۰گرم حلال، ۰/۶ گرم حل شونده (NO) وجود دارد؛ در نتیجه به ازای ۱۰۰ گرم حلال، ۰/۰۶ گرم گاز NO وجود دارد. در نتیجه طبق نمودار، این محلول در فشار ۹atm تهیه شده است و برای کاهش انحلال‌پذیری آن تا ۰/۰۲ گرم، باید فشار گاز NO را تا ۳atm کاهش دهیم؛ یعنی نیازمند ۶atm کاهش فشار هستیم.

B ۸۴۳ ۳ با افزایش نمک به آب انحلال‌پذیری گازها کاهش می‌یابد. آب دریا در مقایسه با آب آشامیدنی نمک بیشتری دارد. در نتیجه نمودارهای آبی و قرمز به ترتیب مربوط به آب دریا و آب آشامیدنی هستند. با توجه به نمودار اگر ۱۰۰ گرم آب دریا از دمای صفر تا دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد گرم شود مقدار ۰/۶mg (۱/۲−۰/۶) گاز اکسیژن آزاد می‌شود. یک تن آب دریا برابر $۱۰^۶$ گرم آب دریا است؛ پس خواهیم داشت:

$$?\,g\,O_۲=۱۰^۶g\ \text{آب دریا}\times\frac{۰/۶mg\,O_۲}{۱۰۰g\ \text{آب دریا}}\times\frac{۱g\,O_۲}{۱۰۰۰mg\,O_۲}=۶g\,O_۲$$

با توجه به نمودار اگر ۱۰۰ گرم آب آشامیدنی از دمای صفر تا دمای $45^\circ C$ گرم شود، مقدار $1\,mg$ $(1/6-0/6)$ گاز اکسیژن آزاد می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$?\,kg\ \text{آب آشامیدنی} = 6g\,O_2 \times \frac{100g\ \text{آب آشامیدنی}}{0/001g\,O_2} \times \frac{1kg\ \text{آب آشامیدنی}}{1000g\ \text{آب آشامیدنی}} = 600kg\ \text{آب آشامیدنی}$$

B ۸۴۴ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در دورهٔ ششم جدول تناوبی، عدد اتمی آخرین عنصر دستهٔ s، ۵۶ و عدد اتمی اولین عنصر دستهٔ d، ۷۱ است. بنابراین اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر $15\,(56-71)$ است. عبارت (ب): ایزوتوپ ناپایدار طبیعی هیدروژن، ${}^{3}_{1}H$ و ایزوتوپ‌هایی از هیدروژن با نیم‌عمر کمتر از یک ثانیه ${}^{4}_{1}H$، ${}^{5}_{1}H$، ${}^{6}_{1}H$ و ${}^{7}_{1}H$ هستند. پس نسبت خواسته شده برابر $\frac{1}{4}$ است. عبارت (پ): گاز تولید شده در آزمایش قرار دادن قرص جوشان داخل آب، CO_2 و اکسیدی از نیتروژن که در موتور خودروها تولید می‌شود، NO است. انحلال‌پذیری گاز CO_2 در آب بیشتر از گاز NO است؛ زیرا مولکول‌های CO_2 برخلاف NO با مولکول‌های آب واکنش می‌دهند. عبارت (ت): استون که یک حلال قطبی است، می‌تواند مولکول‌های ناقطبی مثل چربی‌ها را نیز در خود حل کند.

C ۸۴۵ ۴ با حل شدن نمک‌ها در آب، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد. در اینجا گازهای خارج شده CO_2 و O_2 هستند که حجم CO_2 خارج شده، ۸ برابر حجم O_2 خارج شده است $(\frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}}=8)$. از آنجا که در شرایط یکسان حجم مولی گازها با یکدیگر برابر است، در نتیجه نسبت مول CO_2 به O_2 نیز برابر ۸ خواهد شد $(\frac{n_{CO_2}}{n_{O_2}}=8)$. اگر مقدار مول گاز CO_2 برابر n مول باشد، در نتیجه مقدار مول گاز O_2 برابر $\frac{1}{8}n$ است، اکنون جرم هر گاز را برحسب n به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,CO_2 = m\,mol\,CO_2 \times \frac{44g\,CO_2}{1mol\,CO_2} = 44n\,g\,CO_2$$

$$?\,g\,O_2 = \frac{1}{8}n\,mol\,O_2 \times \frac{32g\,O_2}{1mol\,O_2} = 4n\,g\,O_2$$

مجموع جرم O_2 و CO_2 برابر ۴۸ گرم است؛ پس می‌توانیم مقدار n را محاسبه کنیم:

$$\text{مجموع جرم گاز خروجی} = \text{جرم } O_2 \text{ خروجی} + \text{جرم } CO_2 \text{ خروجی} = 4n+44n=48 \Rightarrow n=1$$

در این فرایند $4g\,(4\times1)$ گاز اکسیژن خارج شده است. انحلال‌پذیری گاز O_2 در دمای اتاق و فشار $1atm$ برابر ۱ میلی‌گرم $(10^{-3}\,g)$ است. با افزایش فشار، انحلال‌پذیری گازها در آب افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه ۴ گرم اکسیژن تولید شده، در ۵۰ کیلوگرم یا ۵۰۰۰۰ گرم آب حل می‌شود، انحلال‌پذیری آن برابر است با:

$$\text{انحلال‌پذیری} = 100g\,H_2O \times \frac{4g\,O_2}{50000} \times \frac{10^3\,mg\,O_2}{1g\,O_2} = 8mg\,O_2$$

در فشار $1atm$، انحلال پذیری اکسیژن برابر ۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب است، برای افزایش انحلال‌پذیری به ۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب، باید فشار ۸ برابر شود، یعنی فشار به $8atm$ برسد.

$$\frac{S_2}{S_1}=\frac{P_2}{P_1} \Rightarrow \frac{8}{1}=\frac{P_2}{1} \Rightarrow P_2=8atm$$

C ۸۴۶ ۴ انحلال‌پذیری گاز O_2 در سطح زمین (فشار $1atm$) برابر ۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب است. با افزایش ارتفاع به اندازهٔ ۵ کیلومتر فشار به ۰/۵ اتمسفر می‌رسد؛ زیرا طبق متن تست، با افزایش هر کیلومتر ارتفاع، ۰/۱ اتمسفر فشار کاهش می‌یابد؛ در نتیجه، مطابق قانون هنری، با $\frac{1}{2}$ برابر شدن فشار (در دمای ثابت) انحلال‌پذیری گاز O_2 نیز $\frac{1}{2}$ برابر می‌شود. (یعنی ۲ میلی‌گرم)

$$\text{انحلال‌پذیری } O_2 \text{ در فشار } 0/5atm = 2\,\frac{mg\,O_2}{100g\,H_2O} \qquad \text{انحلال‌پذیری } O_2 \text{ در فشار } 1atm = 4\,\frac{mg\,O_2}{100g\,H_2O}$$

سپس جرم O_2 حل شده در فشار $1atm$ و $0/5atm$ در ۳۲۰ کیلوگرم آب را می‌یابیم:

$$\text{جرم } O_2 \text{ حل شده در فشار } 1atm = 320kg\,H_2O \times \frac{10^3g\,H_2O}{1kg\,H_2O} \times \frac{3mg\,O_2}{100g\,H_2O} \times \frac{1g\,O_2}{10^3mg\,O_2} = 9/6g\,O_2$$

در سطح زمین به ازای هر ۱۰۰ گرم H_2O، ۳ گرم O_2 حل شده است. (محلول سیرشده نیست)

$$\text{جرم } O_2 \text{ حل شده در فشار } 0/5atm = 320kg\,H_2O \times \frac{10^3g\,H_2O}{1kg\,H_2O} \times \frac{2mg\,O_2}{100g\,H_2O} \times \frac{1g\,O_2}{10^3mg\,O_2} = 6/4g\,O_2$$

با افزایش ارتفاع و کاهش فشار انحلال‌پذیری O_2، از ۴ میلی‌گرم به ۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب می‌رسد و به ازای ۳۲۰ کیلوگرم آب، O_2 حل شده از ۹/۶ گرم به ۶/۴ می‌رسد:

$$\text{جرم اکسیژن خارج شده از محلول} = \text{جرم اکسیژن حل شده در فشار } 1atm - \text{جرم اکسیژن حل شده در فشار } 0/5atm = 9/6-6/4=3/2g\,O_2$$

$$?\,atom\,O = 3/2g\,O_2 \times \frac{1mol\,O_2}{32g\,O_2} \times \frac{2mol\,O}{1mol\,O_2} \times \frac{6/02\times10^{23}\,atom\,O}{1mol\,O} = 1/204\times10^{23}\,atom\,O_2$$

A ۸۴۷ ۳ **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): بدون وجود و حرکت یون پتاسیم انتقال پیام‌های عصبی در بدن به هیچ وجه انجام نمی‌شود. گزینهٔ (۲): از آنجا که بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم هستند، کمبود آن به ندرت در بدن احساس می‌شود. گزینهٔ (۴): نیاز روزانهٔ بدن هر فرد بالغ به یون پتاسیم دو برابر یون سدیم است.

A ۸۴۸ ۳ آب آشامیدنی با آب مصرفی در دیگر صنایع متفاوت است و آن را می‌توان از تصفیهٔ آب رودها، دریاچه‌ها و چاه‌ها تهیه کرد.

C ۸۴۹ ۴ همهٔ عبارت‌ها، به درستی بیان شده است. **بررسی موارد:** مورد (الف): الکل‌های تک‌عاملی یک، دو و سه‌کربنه (متانول، اتانول و پروپانول) به علت تشکیل پیوند هیدروژنی با آب و کوتاه بودن زنجیر هیدروکربنی، در آب به هر نسبتی حل می‌شوند. انحلال‌پذیری همهٔ الکل‌ها در آب به شکل مولکولی است. مورد (ب): استون ترکیبی است که هم به هر نسبتی در آب (مولکول قطبی) حل می‌شود و هم حلال خوبی برای چربی، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها (مواد ناقطبی) است. فرمول مولکولی استون به صورت C_3H_6O بوده و مجموع شمار اتم‌ها در آن برابر ۱۰ است. این در حالی است که فرمول مولکولی هگزان به صورت C_6H_{14} بوده و مجموع شمار اتم‌های آن برابر ۲۰ است؛ از این‌رو نسبت شمار اتم‌های آن‌ها برابر $\frac{1}{2}\left(\frac{10}{20}\right)$ می‌باشد. مورد (پ): گشتاور دوقطبی (μ) مولکول‌ها را با یکای دبای (D) گزارش می‌کنند. مثلاً گشتاور دوقطبی اغلب هیدروکربن‌ها ناچیز و در حدود صفر است. این پارامتر در تعیین نقطهٔ جوش به ما کمک می‌کند؛ ولی الزاماً ترکیبی که قطبی است، نقطهٔ جوش بالاتری ندارد. برای مثال ید (I_2) یک مولکول ناقطبی است ولی نقطهٔ جوش بالاتری نسبت به آب (H_2O) که یک مولکول قطبی است دارد. در دمای اتاق I_2 جامد و H_2O مایع است. مورد (ت): در واقع اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام‌های عصبی و گاهی در موارد شدید منجر به مرگ می‌شود. مورد (ث): ابتدا حجم مولی گازها را در فشار $0^\circ C\,(273K)$ و فشار ۷atm می‌یابیم:

$$\underbrace{\frac{P_1V_{n_1}}{T_1}}_{STP}=\underbrace{\frac{P_2V_{n_2}}{T_2}}_{\text{غیر STP}}\Rightarrow\frac{1\times22/4}{273}=\frac{7\times V_{n_2}}{273}\Rightarrow V_{n_2}=3/2L.mol^{-1}$$

سپس جرم NO حل شده در ۳ کیلوگرم آب و در نهایت انحلال‌پذیری NO را در این شرایط به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,NO=16L\,NO\times\frac{1\,mol\,NO}{3/2L\,NO}\times\frac{30g\,NO}{1\,mol\,NO}=150g\,NO$$

$$\text{انحلال‌پذیری NO}=100g\,H_2O\times\frac{150g\,NO}{3000g\,H_2O}=5g\,NO$$

A ۸۵۰ ۴ در فرایند اسمز، مولکول‌های آب از غشای نیمه‌تراوا، از سمت محلول رقیق‌تر به سمت محلول غلیظ‌تر حرکت می‌کنند، بنابراین محلول رقیق، غلیظ‌تر و محلول غلیظ، رقیق‌تر می‌شود. در فرایند اسمز معکوس، جهت کلی انتقال مولکول‌های آب از محلول غلیظ‌تر به محلول رقیق‌تر است، بنابراین حجم محلول رقیق افزایش و حجم محلول غلیظ کاهش می‌یابد. این فرایند با اعمال فشار به انجام می‌رسد و یک فرایند غیرخودبه‌خودی است.

A ۸۵۱ ۳ فقط عبارت (پ) نادرست است. هنگامی که میوه‌های خشک درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، طبق فرایند اسمز، به‌طور خودبه‌خود از محیط رقیق با گذر از روزنه‌های دیوارهٔ سلولی که نقش غشای نیمه‌تراوا را دارد به محیط غلیظ می‌روند، در نتیجه میوه آبدار و متورم می‌شود و در این فرایند، برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابد و فقط آب بین دو محیط مبادله نمی‌شود.

B ۸۵۲ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. در این شکل، A یک یون آب‌پوشیده است که از سمت اتم‌های اکسیژن که سر منفی مولکول آب را تشکیل می‌دهند، احاطه شده، بنابراین بار یون A، مثبت است. B یک یون آب‌پوشیده است که از سمت اتم‌های هیدروژن که سر مثبت مولکول آب را تشکیل می‌دهند، احاطه شده، بنابراین بار یون B منفی می‌باشد. C و D هم به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ یون‌ها و مولکول‌های درشت و غشای نیمه‌تراوا هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): غشای نیمه‌تراوا فقط اجازهٔ گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهد و از گذر مولکول‌های درشت‌تر مانند مولکول C جلوگیری می‌کند. عبارت (ب): در این شکل به دلیل وجود یون‌ها و مولکول‌های درشت، محلول سمت چپ غلظت بیشتری دارد. مولکول‌های آب به هر دو سمت غشای نیمه‌تراوا جابه‌جا می‌شوند، اما مقدار آبی که به محلول غلیظ (محلول سمت چپ) وارد می‌شود، بیشتر از مقدار آبی است که وارد محلول رقیق‌تر (محلول سمت راست) می‌شود. عبارت (پ): با توجه به توضیحات ابتدای پاسخ، یون A همانند یون آمونیوم با فرمول شیمیایی NH_4^+ دارای بار مثبت و یون B همانند یون کربنات با فرمول شیمیایی CO_3^{2-} دارای بار منفی است. عبارت (ت): پس از برابر شدن غلظت محلول دو سمت دیواره و برقراری تعادل، حرکت مولکول‌های آب از غشا متوقف نمی‌شود، بلکه تعداد مولکول‌های آبی که از محلول سمت راست وارد محلول سمت چپ می‌شوند، برابر با تعداد مولکول‌های آبی است که از محلول سمت چپ وارد محلول سمت راست می‌شوند. در واقع سرعت انتقال مولکول‌های آب در دو سمت برابر می‌شود. عبارت (ث): برای تصفیهٔ آب شور دریاها و تهیهٔ آب شیرین، از روش اسمز معکوس استفاده می‌شود.

B ۸۵۳ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. شکل (۱) فرایند اسمز و شکل (۲) فرایند اسمز معکوس را نشان می‌دهد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نمک‌زدایی از آب دریا به وسیلهٔ فرایند اسمز معکوس به انجام می‌رسد در حالی که شکل (۱) فرایند اسمز را نشان می‌دهد. عبارت (ب): دو حالت وجود دارد: ۱- ذره‌های حل‌شده در محلول غلیظ‌تر، ذره‌هایی درشت هستند که در این صورت غشای نیمه‌تراوا اجازهٔ عبور را به آن‌ها نمی‌دهد. ۲- ذره‌های حل‌شده توانایی عبور از غشای نیمه‌تراوا را دارند که در آن صورت هم در فرایند اسمز معکوس ذره‌های موجود در محلول غلیظ‌تر وارد محلول رقیق نمی‌شود، چون این امر باعث می‌شود که محلول غلیظ، رقیق‌تر و محلول رقیق، غلیظ‌تر شده و اختلاف غلظت دو محلول کم شود.

* **توجه** در فرایند اسمز معکوس، همواره اختلاف غلظت دو محلول در حال افزایش یافتن است.

عبارت (پ): در شکل (۱)، محلول سمت چپ محلول غلیظ‌تر است. در فرایند اسمز، مولکول‌های آب بیشتر به سمت محلول غلیظ‌تر جابه‌جا می‌شوند، بنابراین حجم آب در محلول سمت چپ بیشتر شده و ارتفاع محلول افزایش می‌یابد. در شکل (۲)، محلول سمت چپ محلول رقیق‌تر است. در فرایند اسمز معکوس با اعمال نیرو، مولکول‌های آب بیشتر به سمت محلول رقیق‌تر حرکت می‌کنند، بنابراین حجم آب در محلول سمت چپ بیشتر شده و ارتفاع محلول افزایش می‌یابد. در نتیجه در هر دو ظرف، ارتفاع محلول سمت چپ بیشتر می‌شود. عبارت (ت): در فرایند اسمز، محلول غلیظ، رقیق‌تر می‌شود. در فرایند اسمز معکوس، محلول رقیق، غلیظ‌تر می‌شود. عبارت (ث): در فرایند اسمز معکوس تعداد مولکول‌های آبی که به سمت محلول رقیق‌تر حرکت می‌کنند، بیشتر است. بنابراین در شکل (۲) تعداد مولکول‌های آبی که به سمت محلول سمت چپ غشا حرکت می‌کنند، بیشتر است.

A ۸۵۴ ۱ شکل نشان داده شده، چگونگی تولید آب شیرین از آب دریا را به کمک فرایند اسمز معکوس نشان می‌دهد. A، B، C و D به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ ورود آب شور، خروج محلول غلیظ، غشای نیمه‌تراوا و خروج آب شیرین است. پاسخ صحیح پرسش‌ها به‌صورت زیر است: پرسش (الف): پمپ، آب دریا را با فشار زیادی وارد دستگاه می‌کند و باعث می‌شود حلال که در اینجا آب است، از سمت آب شور به سمت دیگر غشای نیمه‌تراوا حرکت کند. در نتیجه آبی که از محفظهٔ آب شور خارج می‌شود (B)، حلال کمتر و غلظت بیشتری نسبت به آب ورودی دارد. پرسش (ب): در این دستگاه، فقط مولکول‌های آب از محیط غلیظ به محیط رقیق می‌روند و غشای نیمه‌تراوا اجازهٔ عبور یون‌ها و مولکول‌ها را نمی‌دهد. پرسش (پ): محفظهٔ D، محل خروج آب آشامیدنی (آب شیرین) است. پرسش (ت): این دستگاه بر پایهٔ فرایند اسمز معکوس عمل می‌کند و کار آن نمک‌زدایی از آب دریاست. غشای C هم یک غشای نیمه‌تراواست.

۸۵۵ (B) ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت (ت) درست هستند. شکل تست، روش تقطیر برای تهیهٔ آب شیرین از آب دریا را نشان می‌دهد. در این روش با تابش انرژی خورشیدی به آب دریا، آب و برخی مواد تبخیر می‌شوند و با برخورد بخار آب به سقف پلاستیکی و سرد شدن آن‌ها، بخار آب به‌صورت مایع درآمده و آب شیرین به‌دست آمده در مخازنی جمع‌آوری می‌شود. در این شکل A ، B و C به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ فرایند تبخیر، سقف پلاستیکی و فرایند میعان هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): به کمک روش فیزیکی تقطیر می‌توان آلاینده‌ها، فلزهای سمی، نافلزها و حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها را حذف کرد، اما ترکیب‌های آلی فرار و میکروب‌ها همچنان باقی می‌مانند. عبارت (پ): A فرایند تبخیر آب را نشان می‌دهد که به وسیلهٔ گرمای خورشید به انجام می‌رسد. عبارت (ت): C فرایند میعان مولکول‌های آب بر اثر برخورد آن‌ها به سقف را نشان می‌دهد و آب مایع تولید شده در این فرایند، آب شیرین است اما برای آشامیدن مناسب نیست؛ چون هنوز میکروب‌های آن حذف نشده‌اند؛ این آب باید کلرزنی شود تا میکروب‌های آن از بین بروند. عبارت (ث): مولکول‌های بخار آب بر اثر برخورد به سقف پلاستیکی، از حالت گاز به مایع (فرایند میعان) تبدیل می‌شوند.

۸۵۶ (A) ۳ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت سوم: در فرایند اسمز (گذرندگی)، مولکول‌های آب به‌طور خودبه‌خودی و بدون صرف انرژی از محیط رقیق به سمت محیط غلیظ جابه‌جا می‌شوند. عبارت چهارم: در حذف آلاینده‌های آب، صافی کربی و اسمز معکوس هر دو عملکرد مشابهی دارند. عبارت پنجم: در صورت استفاده از روش تقطیر، میکروب‌ها و ترکیب‌های آلی فرار در آب باقی می‌مانند.

۸۵۷ (B) ۴ آب به دست آمده از هر سه روش تقطیر، اسمز معکوس و صافی کربن، حاوی میکروب است و نیاز به کلرزنی دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در فرایند اسمز معکوس با اعمال یک فشار خارجی، جهت حرکت مولکول‌های آب نسبت به فرایند اسمز برعکس می‌شود. در اینجا مولکول‌های آب از سمت محلول (آب دریا) به سمت حلال خالص می‌روند، در نتیجه ارتفاع مایع در لولهٔ سمت چپ بالا می‌رود. گزینهٔ (۲): با گذشت زمان و جابه‌جایی مولکول‌های آب، محلول سمت راست به مرور غلیظ‌تر می‌شود؛ از این‌رو فشار بیشتری لازم است تا فرایند جابه‌جایی مولکول‌های آب انجام شود. گزینهٔ (۳): در فرایند تقطیر، میکروب‌ها و ترکیب‌های آلی فرار در آب باقی می‌مانند، در حالی که در فرایند اسمز معکوس تنها میکروب‌ها باقی می‌مانند.

۸۵۸ (B) ۳ دقت کنید که هدف از انجام فرایند اسمز، برابری غلظت در دو سمت غشای نیمه‌تراوا است. اما الزاماً همیشه این برابری غلظت ممکن نیست و تنها اختلاف غلظت دو محلول کاهش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): به کمک اسمز معکوس، می‌توان آب را از محیط غلیظ به محیط رقیق جابه‌جا کرد. بنابراین با حرکت آب از درون محیط غلیظ (یعنی شیر) به محیط رقیق، شیر تغلیظ می‌شود. گزینهٔ (۲): فرایند اسمز به‌طور طبیعی و در جانداران زنده نیز قابل مشاهده است. اما اسمز معکوس با اعمال فشار خارجی و به‌طور غیر خودبه‌خودی انجام می‌شود. گزینهٔ (۴): دقت کنید که به هر میزان که آب غلیظ‌تر باشد و میزان آلاینده‌های موجود در آن بیشتر باشد، عمر غشای نیمه‌تراوا کاهش می‌یابد.

۸۵۹ (B) ۲ به کمک فرایند اسمز معکوس که یکی از روش‌های تصفیهٔ آب است، می‌توان از آب دریاها و اقیانوس‌ها نمک‌زدایی کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): دیوارهٔ یاخته‌ها در گیاهان روزنه‌های بسیار ریز دارد که ذره‌های سازندهٔ مواد می‌توانند از آن گذر کنند به گونه‌ای که این روزنه‌ها فقط اجازهٔ گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کنند. گزینهٔ (۳): روش نشان داده شده در این شکل، روش اسمز معکوس است و به کمک این روش نمی‌توان میکروب‌های موجود در آب را از آن جدا کرد. از طرفی در روش تقطیر برخلاف روش اسمز معکوس ترکیب‌های آلی فرار را نمی‌توان از آب جدا کرد، بنابراین میزان آلاینده‌های باقی‌مانده در آب در روش تقطیر بیشتر از روش اسمز معکوس است. گزینهٔ (۴): اساس روش اسمز معکوس، افزایش اختلاف غلظت دو محلول است. هر چه زمان بیشتری از انجام فرایند اسمز معکوس بگذرد و اختلاف غلظت دو محلول بیشتر شود، افزایش این اختلاف غلظت و ادامهٔ فرایند اسمز معکوس فشار بیشتری می‌طلبد و سخت‌تر انجام می‌شود.

۸۶۰ (C) ۱ هر چه اختلاف غلظت محلول موجود در لولهٔ U شکل و آب موجود در لوله بیشتر باشد، اختلاف ارتفاع آب و محلول در این لولهٔ U شکل بیشتر می‌شود. دقت کنید که برای محاسبهٔ غلظت محلول موجود در لولهٔ U شکل، باید مجموع غلظت تمام گونه‌های حل شده در محلول را محاسبه کنید. فرض کنید که حجم هر ۴ محلول برابر با V لیتر است. توجه کنید که ترکیب‌های یونی در آب، تفکیک و ترکیب‌های مولکولی در آب یا به‌صورت مولکولی حل می‌شوند و یا یونیده می‌شوند.

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): هر یک مول آلومینیم نیترات، در آب، ۴ مول ذره (یون) ایجاد می‌کند.

$$Al(NO_3)_3(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3NO_3^-(aq)$$

$$\text{غلظت} = \frac{\text{مول ذرات حل‌شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1/8}{V}\ mol.L^{-1}$$

$$?\,mol\ ion = 0/45\,mol\ Al(NO_3)_3 \times \frac{4\,mol\ ion}{1\,mol\ Al(NO_3)_3} = 1/8\,mol\ ion$$

گزینهٔ (۲): هر یک مول کلسیم کلرید در آب، ۳ مول ذره (یون) ایجاد می‌کند.

$$CaCl_2(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$$

$$\text{غلظت} = \frac{\text{مول ذرات حل‌شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1/5}{V}\ mol.L^{-1}$$

$$?\,mol\ ion = 0/5\,mol\ CaCl_2 \times \frac{3\,mol\ ion}{1\,mol\ CaCl_2} = 1/5\,mol\ ion$$

گزینهٔ (۳): هر یک مول سدیم فلوئورید در آب، ۲ مول ذره (یون) ایجاد می‌کند.

$$NaF(aq) \rightarrow Na^+(aq) + F^-(aq)$$

$$\text{غلظت} = \frac{\text{مول ذرات حل‌شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1/6}{V}\ mol.L^{-1}$$

$$?\,mol\ ion = 0/8\,mol\ NaF \times \frac{2\,mol\ ion}{1\,mol\ NaF} = 1/6\,mol\ ion$$

گزینهٔ (۴): در اثر انحلال ۱/۵ مول شکر در آب، ۱/۵ مول ذره در آب ایجاد می‌شود.

$$\text{غلظت} = \frac{\text{مول ذرات حل‌شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1/5}{V}\ mol.L^{-1}$$

مقایسهٔ اختلاف ارتفاع به‌صورت «۰/۴۵ مول آلومینیم نیترات > ۰/۸ مول سدیم فلوئورید > ۱/۵ مول شکر = ۰/۵ مول کلسیم کلرید» است.

۸۶۱ (C) ۱ فقط عبارت سوم نادرست است. غلظت ذره‌های حل‌شده در محلول سمت راست و محلول سمت چپ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت} = \frac{\text{تعداد مول یون}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1/8}{0/8} = 2/25\,mol.L^{-1}$$

$$\text{سمت راست: } 110/4\,g\ MgBr_2 \times \frac{1\,mol\ MgBr_2}{184\,g\ MgBr_2} \times \frac{3\,mol\ ion}{1\,mol\ MgBr_2} = 1/8\,mol\ ion$$

$$\text{غلظت} = \frac{\text{تعداد مول یون}}{\text{حجم محلول}} = \frac{4/5}{1} = 4/5\,mol.L^{-1}$$

$$\text{سمت چپ: } 142/5\,g\ MgCl_2 \times \frac{1\,mol\ MgCl_2}{95\,g\ MgCl_2} \times \frac{3\,mol\ ion}{1\,mol\ MgCl_2} = 4/5\,mol\ ion$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در فرایند اسمز، تعداد مولکول‌های آبی که به سمت محلول غلیظ‌تر حرکت می‌کنند، بیشتر است. در این تست محلول سمت چپ غلیظ‌تر است.
عبارت دوم: غلظت ذره‌های حل‌شونده در محلول سمت راست برابر با $۲/۲۵mol.L^{-۱}$ و در محلول سمت چپ برابر با $۴/۵mol.L^{-۱}$ است.

اختلاف غلظت $=۴/۵-۲/۲۵=۲/۲۵mol.L^{-۱}$

عبارت سوم: برای انجام فرایند اسمز معکوس، فشار به محلول غلیظ‌تر وارد می‌شود تا آب از آن خارج شده و وارد محلول رقیق‌تر شود. در این تست محلول سمت چپ غلیظ‌تر است. عبارت چهارم: غشای نیمه‌تراوا فقط به آب اجازهٔ گذر می‌دهد و ذره‌های حل‌شده در دو محلول نمی‌توانند از آن عبور کنند و در نتیجه تعداد آن‌ها ثابت می‌ماند.

۸۶۲ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. شمار اتم‌ها در هر واحد فرمولی از یون سولفات $(SO_۴^{۲-})$ و یون فسفات $(PO_۴^{۳-})$ با هم برابر و مساوی ۵ است. بنابراین یک فلز با ظرفیت‌های (۲+) و (۳+) می‌تواند در ترکیب با این دو آنیون، دو ترکیب پدید آورد که شمار اتم‌های موجود در آن‌ها با هم برابر است.

$M^{۲+}, SO_۴^{۲-} \Rightarrow MSO_۴ \Rightarrow$ ۶ اتم $\qquad M^{۳+}, PO_۴^{۳-} \Rightarrow MPO_۴ \Rightarrow$ ۶ اتم

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ظرفیت بیشتر این فلز، (۳+) است. هیدروکسید فلز با ظرفیت بیشتر، $M(OH)_۳$ است که مجموع شمار اتم‌ها در آن برابر با ۷ است.
عبارت (ب): فلز مس ظرفیت‌های (۱+) و (۲+) دارد، در حالی که فلز مورد نظر تست دارای ظرفیت‌های (۲+) و (۳+) است. عبارت (پ): ظرفیت کمتر این فلز، (۲+) و فرمول نیترات فلز با ظرفیت کمتر، $M(NO_۳)_۲$ است. در این ترکیب نسبت مجموع شمار اتم‌ها به شمار عنصرها برابر با ۳ $(\frac{۹}{۳})$ است. عبارت (ت): ابتدا باید غلظت گونه‌های حل‌شونده در هر دو ستون را محاسبه کنیم: (حجم هر یک از محلول‌ها را V لیتر در نظر می‌گیریم.)

$$\text{غلظت} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{۰/۶mol\ M_۲(CO_۳)_۳ \times \frac{۵mol\ ion}{۱mol\ M_۲(CO_۳)_۳}}{V} = \frac{۳}{V} mol.L^{-۱}$$

ستون A: $M_۲(CO_۳)_۳(aq) \rightarrow \underbrace{۲M^{۳+}(aq)+۳CO_۳^{۲-}(aq)}_{۵\ \text{یون}}$

$$\text{غلظت} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{۰/۹mol\ M(OH)_۲ \times \frac{۳mol\ ion}{۱mol\ M(OH)_۲}}{V} = \frac{۲/۷}{V} mol.L^{-۱}$$

ستون B: $M(OH)_۲(aq) \rightarrow \underbrace{M^{۲+}(aq)+۲OH^{-}(aq)}_{۳\ \text{یون}}$

غلظت محلول موجود در ستون A بیشتر است؛ بنابراین مولکول‌های آب بیشتر به سمت ستون A جابه‌جا می‌شوند.

پاسخ تشریحی — شیمی ۲: فصل اول

۸۶۳ ۲ پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام نیمه‌رساناها ساخته می‌شوند. سایر گزینه‌ها مطابق متن کتاب درسی درست هستند.

۸۶۴ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند.

۸۶۵ ۴ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): عنصرها در جهان به‌طور یکسان توزیع نشده‌اند. پراکندگی این منابع در کرهٔ زمین دلیلی بر پیدایش تجارت جهانی است.
گزینهٔ (۲): این دیدگاه الزاماً باور درستی نیست؛ چون در بسیاری از کشورهای جهان سومی میزان بهره‌برداری از منابع بیشتر از سایر کشورهاست ولی نمی‌توانند از این منابع به‌درستی استفاده کنند. گزینهٔ (۳): مقایسهٔ مقادیر تولید یا مصرف نسبی مواد در جهان به‌صورت زیر است: «فلزها > سوخت‌های فسیلی > مواد معدنی»

۸۶۶ ۲ منابع مشخص شده در نمودارها به‌ترتیب از پایین به بالا، سوخت‌های فسیلی، فلزها و مواد معدنی هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هر دو مقدار حدوداً برابر با ۶۰ میلیارد تن است. گزینهٔ (۲): مطابق نمودار، میزان افزایش استفاده از مواد معدنی نسبت به میزان افزایش استفاده از فلزها و سوخت‌های فسیلی رشد بیشتری داشته است. گزینهٔ (۳): مطابق نمودار، پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰، میزان تولید و مصرف نسبی مواد معدنی و فلزها به‌ترتیب حدوداً به ۴۲ و ۱۲ میلیارد تن برسد.
گزینهٔ (۴): مطابق نمودار، میزان استخراج فلزها در سال ۲۰۳۰ حدوداً با میزان استخراج سوخت‌های فسیلی در سال ۲۰۱۰ برابر و به‌تقریب ۱۲ میلیارد تن است.

۸۶۷ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): گسترش صنعت خودرو مدیون شناخت و دسترسی به فولاد است. فولاد آلیاژی از آهن و کربن است که استحکام بسیار زیادی دارد؛ پس فولاد، ماده‌ای خالص نیست. عبارت (پ): انسان‌های پیشین فقط از برخی مواد طبیعی مانند چوب، سنگ، خاک، پشم و پوست بهره می‌بردند اما با گذشت زمان توانستند موادی مانند سفال را تولید و برخی فلزها را نیز استخراج کنند که خواص مناسب‌تری داشتند. سفال مادهٔ ساختگی است.

۸۶۸ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): از گذشته تاکنون، میزان استخراج مواد معدنی، از سوخت‌های فسیلی و فلزها بیشتر بوده است. گزینه‌های (۲) و (۳): زندگی روزانهٔ ما به منابع شیمیایی وابسته است. صبحانهٔ امروز خود را در نظر بگیرید، چای خود را با استکانی شیشه‌ای نوشیده‌اید که از شن و ماسه ساخته شده است، در ظرفی که از خاک چینی ساخته شده است، غذا خورده‌اید و برای هم زدن چای از قاشقی استفاده کرده‌اید که از فولاد زنگ‌نزن ساخته شده است. فولادی که پس از طی مراحل طولانی از سنگ معدن به دست می‌آید؛ بنابراین یک مادهٔ مصنوعی و ساخت بشر است. گزینهٔ (۴): زمین انباری از ذخایر ارزشمند است که بی‌هیچ منتی به ما هدیه شده است، هرچند که این منابع به‌طور یکسان توزیع نشده‌اند.

۸۶۹ ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با گسترش دانش تجربی، شیمی‌دان‌ها به رابطهٔ میان خواص مواد با عنصرهای سازندهٔ آن‌ها پی بردند. آن‌ها همچنین دریافتند که گرما دادن به مواد و افزودن آن‌ها به یکدیگر سبب تغییر و گاهی بهبود خواص می‌شود. عبارت‌های (ب) و (ت): همهٔ مواد طبیعی و ساختگی از کرهٔ زمین به‌دست می‌آیند. موادی که از طبیعت به‌دست می‌آیند پس از سال‌ها دوباره به طبیعت باز می‌گردند. به‌طور کلی همهٔ مواد در طبیعت در حال جابه‌جایی هستند ولی سرعت این جابه‌جایی برای مواد مختلف متفاوت است، بنابراین می‌توان گفت جرم کل مواد در کرهٔ زمین ثابت است. عبارت (ث): برای رشد سریع‌تر میوه‌ها و سبزیجات، از کودهای پتاسیم، نیتروژن و فسفردار استفاده می‌شود. این عناصر به ترتیب نوزدهمین، هفتمین و پانزدهمین عناصر جدول دوره‌ای هستند.

۸۷۰ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): عنصرها در جدول دوره‌ای براساس تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ آن‌ها چیده شده‌اند. (نه براساس ذره‌های هسته، یعنی پروتون و نوترون‌ها!) عبارت (ب): در جدول دوره‌ای، عنصرهایی که آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم آن‌ها مشابه است، در یک گروه جای گرفته‌اند، اما استثناهایی هم وجود دارد. برای نمونه اتم هلیم $(_۲^۴He)$ با اینکه در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای عنصرها جای دارد، اما عنصری از دستهٔ s است و آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت آن با دیگر گازهای نجیب متفاوت است.

۸۷۱ ۱ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۲): در جدول دوره‌ای، همهٔ عناصری که لایهٔ ظرفیت مشابه دارند در یک گروه قرار می‌گیرند. این لایهٔ ظرفیت مشابه، هم باید تعداد الکترون‌های یکسانی داشته باشد و هم زیرلایه‌های مشابهی را در بر گیرد. برای مثال لایهٔ ظرفیت عناصر گروه‌های ۸ و ۱۸ به ترتیب به صورت ns^2np^6 و $(n-1)d^6ns^2$ است. ملاحظه می‌کنید که تعداد الکترون‌های ظرفیت یکسان است؛ اما زیرلایه‌ها مشابه نیستند که در نتیجهٔ آن، عناصر گروه ۸ فلزی و عناصر گروه ۱۸ گازهای نجیب هستند! گزینهٔ (۳): عنصرها در جدول دوره‌ای بر اساس بنیادی‌ترین ویژگی آن‌ها یعنی عدد اتمی (Z)، چیده شده‌اند. دقت کنید A نماد جرم اتمی است نه عدد اتمی. گزینهٔ (۴): همهٔ عناصر دسته‌های d و f فلزی‌اند؛ اما در دستهٔ s، علاوه‌بر عناصر فلزی، عناصر نافلزی هیدروژن $(_1H)$ و هلیم $(_2He)$ نیز وجود دارند.

۸۷۲ ۴ فقط مورد چهارم، جملهٔ داده شده را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد:** مورد اول: قابلیت ورقه و مفتول شدن، جزء ویژگی‌های فیزیکی فلزهاست. مورد دوم: تمایل به اشتراک گذاشتن الکترون، جزء ویژگی‌های شیمیایی نافلزها و شبه‌فلزهاست. مورد سوم: عایق جریان الکتریسیته بودن در حالت کلی جزء ویژگی‌های فیزیکی نافلزهاست، اما توجه کنید که عنصر کربن تنها نافلز رسانای جریان برق است. مورد چهارم: داشتن سطح براق و صیقلی جزء ویژگی‌های فیزیکی فلزهاست. مورد پنجم: عناصر گروه هجده (گازهای نجیب) تمایلی به ایجاد ترکیب با دیگر عنصرها ندارند. مورد ششم: داشتن حالت فیزیکی جامد، از جمله ویژگی‌های فیزیکی اغلب فلزها است ولی جیوه (Hg)، در دمای اتاق به صورت مایع است.

۸۷۳ ۳ خصلت فلزی در یک دوره از چپ به راست کاهش و در یک گروه از بالا به پایین افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر خواص فیزیکی و شیمیایی عنصرها به‌صورت دوره‌ای تکرار می‌شود که به قانون دوره‌ای عنصرها معروف است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): بیشتر عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند که به‌طور عمده در سمت چپ و مرکز جدول قرار دارند. همهٔ نافلزهای جدول دوره‌ای به‌جز هیدروژن و هلیم، در دستهٔ p قرار دارند. عنصرهای هیدروژن و هلیم به‌ترتیب در گروه ۱ و ۱۸ جدول تناوبی جای داشته و متعلق به دستهٔ s هستند. گزینهٔ (۲): خواص فیزیکی شبه‌فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده در حالی که رفتار شیمیایی آن‌ها همانند نافلزهاست. گزینهٔ (۴): در گروه ۱۴ از بالا به پایین با افزایش عدد اتمی، خصلت فلزی افزایش می‌یابد. در تناوب سوم از چپ به راست با افزایش عدد اتمی، خصلت نافلزی افزایش می‌یابد.

۸۷۴ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصرهای جدول دوره‌ای را براساس رفتار آن‌ها می‌توان در سه دستهٔ فلز، نافلز و شبه‌فلز جای داد. در واکنش با دیگر اتم‌ها، فلزها الکترون از دست می‌دهند و به کاتیون پایدار تبدیل می‌شوند. نافلزها الکترون می‌گیرند و آنیون پایدار تشکیل می‌دهند و شبه‌فلزها الکترون به اشتراک می‌گذارند. عبارت (ب): در گروه‌های ۱۵ تا ۱۷ از بالا به پایین، خصلت نافلزی عنصرها کاهش می‌یابد و در یک دوره از چپ به راست خصلت فلزی عنصرها کاهش می‌یابد. عبارت (پ): عنصرهای دستهٔ s، d و p به‌ترتیب در سمت چپ، مرکز و در سمت راست جدول دوره‌ای جای دارند. از آنجا که در یک دوره از چپ به راست خاصیت نافلزی افزایش می‌یابد، مقایسهٔ خصلت نافلزی عنصرهای این دسته‌ها به‌صورت $s<d<p$ است. عبارت (ت): دورهٔ سوم جدول دوره‌ای از عنصر $_{11}Na$ با یک الکترون ظرفیت شروع شده و به عنصر $_{18}Ar$ با هشت الکترون ظرفیت ختم می‌شود. بنابراین در این دوره از چپ به راست با افزایش شمار الکترون‌های ظرفیت، خصلت فلزی کاهش می‌یابد.

۸۷۵ ۳ در گروه‌های نافلزی، از بالا به پایین، تمایل برای جذب الکترون کاهش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): سبک‌ترین گاز نجیب، هلیم است که در لایهٔ ظرفیت خود دارای ۲ الکترون است در حالی که سایر گازهای نجیب آرایش هشت‌تایی دارند. گزینهٔ (۲): در جدول دوره‌ای عنصرها، فلزها در هر چهار دستهٔ s، p، d و f، نافلزها در دستهٔ p و s (عنصرهای هیدروژن و هلیم) و شبه‌فلزها فقط در دستهٔ p حضور دارند.

* **توجه** دستهٔ s شامل فلز و نافلز، دستهٔ d و f فقط شامل فلز و دستهٔ p شامل هر سه دستهٔ عنصرها (فلز، شبه‌فلز و نافلز) است.

گزینهٔ (۴): شکل‌های نشان داده شده، نمایش برخی از کاربرد فلزها مبتنی بر ویژگی آن‌هاست. انعطاف‌پذیری (چکش‌خواری)، استحکام و رسانایی الکتریکی از این ویژگی‌ها هستند.

۸۷۶ ۴ به‌جز مورد (ب)، سایر موارد، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. پنج عنصر نخست گروه ۱۴ جدول تناوبی به ترتیب کربن $(_6C)$، سیلیسیم $(_{14}Si)$، ژرمانیم $(_{32}Ge)$، قلع $(_{50}Sn)$ و سرب $(_{82}Pb)$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سرب یک عنصر فلزی است. فلزها در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون از دست می‌دهند. عبارت (ب): سیلیسیم یک عنصر شبه‌فلزی است. شبه‌فلزها نیم‌رسانا بوده و رسانایی الکتریکی کمی دارند. این عناصر در ترکیب با عناصر دیگر، فقط الکترون به اشتراک می‌گذارند. عبارت (پ): قلع یک عنصر فلزی است. فلزها رسانایی الکتریکی و گرمایی بالایی دارند. عبارت (ت): ژرمانیم یک عنصر شبه‌فلزی است. شبه فلزها چکش‌خوار نبوده و در اثر ضربه خرد می‌شوند. عبارت (ث): کربن یک عنصر نافلزی است. این عنصر در حالت گرافیت تیره بوده و در ترکیب با سایر عناصر الکترون به اشتراک می‌گذارد.

۸۷۷ ۲ در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای، عنصرهای سیلیسیم، ژرمانیم، قلع و سرب سطح براق دارند و عنصرهای کربن، سیلیسیم و ژرمانیم در اثر ضربه خرد می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): همهٔ ۵ عنصر نخست گروه ۱۴ دارای رسانایی الکتریکی هستند اما توجه کنید که قدرت رسانایی الکتریکی این عنصرها با هم متفاوت است به‌طوری که عنصرهای کربن (گرافیت)، قلع و سرب رسانایی بالا اما عنصرهای سیلیسیم و ژرمانیم رسانایی کمی دارند. همهٔ عنصرهای گروه چهارده به‌جز کربن دارای رسانایی گرمایی هستند. گزینهٔ (۳): در واکنش با دیگر اتم‌ها، عنصرهای کربن، سیلیسیم و ژرمانیم الکترون به اشتراک می‌گذارند اما عنصرهای قلع و سرب الکترون از دست می‌دهند و به کاتیون پایدار تبدیل می‌شوند. گزینهٔ (۴): آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عنصر سرب $(_{82}Pb)$ به صورت $6s^26p^2$ است. سرب یک جامد شکل‌پذیر است.

۸۷۸ ۳ به‌جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها درست هستند. با توجه به اعداد اتمی، X $_{14}$ و Y $_{32}$ به ترتیب عناصر $_{14}Si$ و $_{32}Ge$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سیلیسیم $(_{14}Si)$ و ژرمانیم $(_{32}Ge)$ دو عنصر شبه‌فلزی هستند که در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارند. رسانایی الکتریکی شبه‌فلزها اندک است. عبارت (ب): شبه‌فلزها فقط با اشتراک گذاشتن الکترون‌های ظرفیت خود به آرایش الکترونی گاز نجیب هم‌دورهٔ خود می‌رسند. عبارت (پ): آرایش الکترونی دو عنصر به صورت مقابل است:

$_{14}Si: 1s^2/2s^2 2p^6/\underline{3s^2}\,\underline{3p^2} \Rightarrow$ شمار الکترون‌های لایهٔ سوم $=4$

$_{32}Ge: 1s^2/2s^2 2p^6/\underline{3s^2}\,\underline{3p^6}\,\underline{3d^{10}}/4s^2 4p^2 \Rightarrow$ شمار الکترون‌های لایهٔ سوم $=18$

تفاوت شمار الکترون‌های موجود در لایهٔ سوم این دو عنصر برابر $14-4=18$ است. عبارت (ت): در گروه ۱۴، به‌جز کربن که نخستین عنصر است، سایر عناصر از جمله فلزها و شبه‌فلزها (X $_{14}$ و Y $_{32}$) سطح براق و درخشان دارند. عبارت (ث): تنها نافلز جدول دوره‌ای که در دما و فشار اتاق به حالت مایع است، برم (Br_2) می‌باشد که در دورهٔ چهارم قرار داشته و هم‌دورهٔ Y $_{32}$ (ژرمانیم) است.

۸۷۹ ۴ همهٔ موارد به جز مورد چهارم به درستی بیان نشده‌اند. **بررسی موارد:** مورد اول: سدیم $(_{11}Na)$ و آلومینیم $(_{13}Al)$ هر دو عنصرهای فلزی هستند و در اثر ضربه خرد نمی‌شوند. مورد دوم: سیلیسیم $(_{14}Si)$ عنصری شبه‌فلزی است و رسانایی الکتریکی کمی دارد در حالی که فسفر $(_{15}P)$ یک نافلز است و رسانایی الکتریکی ندارد. مورد سوم: گوگرد $(_{16}S)$ و کلر $(_{17}Cl)$ هر دو عنصرهایی نافلزی هستند. گوگرد در دمای اتاق به حالت جامد است، در حالی که کلر در دمای اتاق به حالت گاز است. مورد چهارم: منیزیم $(_{12}Mg)$ عنصری فلزی و سیلیسیم $(_{14}Si)$ یک شبه‌فلز است و هر دو عنصر دارای سطح درخشان هستند. مورد پنجم: آرگون $(_{18}Ar)$ و کلر $(_{17}Cl)$ هر دو نافلز هستند ولی آرگون برخلاف کلر، تمایل به شرکت در واکنش‌های شیمیایی و مبادلهٔ الکترون ندارد.

۸۸۰ ۳ اگر جدول دوره‌ای را در نظر بگیریم، دورهٔ سوم بدین صورت است.

A	B	C	D	E	F	G	H
$_{11}Na$	$_{12}Mg$	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): Si شبه‌فلز است و خواص فیزیکی مشابه با فلزها (مثل Mg) دارد. عبارت (ب): رفتار شیمیایی عنصر سدیم که فلز می‌باشد با گوگرد که نافلز است، تفاوت دارد. عبارت (پ): عنصر G کلر می‌باشد در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون می‌گیرد یا به اشتراک می‌گذارد و جریان برق و گرما را از خود عبور نمی‌دهد. عبارت (ت): عناصر P و S حداقل سه ویژگی مشترک دارند: نارسانای جریان گرما و برق هستند - در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارند یا می‌گیرند - در حالت جامد شکننده هستند. عبارت (ث): از قلع $(_{50}Sn)$ و سرب $(_{82}Pb)$ که در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارند و با عنصر D که همان سیلیسیم $(_{14}Si)$ است، هم‌گروه هستند، به ترتیب در ساخت سیم لحیم و ساچمهٔ تفنگ بادی استفاده می‌شود. دقت کنید که قلع و سرب به ترتیب در دوره‌های پنجم و ششم جدول تناوبی قرار دارند.

۸۸۱ ۲ از میان ۸ عنصر تناوب سوم، فقط عنصرهای کلر و آرگون در دمای اتاق حالت گازی دارند و ۶ عنصر دیگر جامد هستند.

* **توجه** در دمای اتاق، عنصرهای گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) به شکل مولکول‌های دواتمی و عنصرهای گروه ۱۸ (گازهای نجیب) به شکل مولکول‌های گازی تک‌اتمی یافت می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): سدیم $(_{11}Na)$، منیزیم $(_{12}Mg)$، آلومینیم $(_{13}Al)$ و سیلیسیم $(_{14}Si)$ چهار عنصر نخست تناوب سوم هستند. سیلیسیم برخلاف سه عنصر دیگر چکش‌خوار نیست و در اثر ضربه خرد می‌شود. گزینهٔ (۳): نافلزها می‌توانند در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون بگیرند یا به اشتراک بگذارند. نخستین نافلز دورهٔ سوم جدول، فسفر (P) با عدد اتمی ۱۵ است. گزینهٔ (۴): آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت کلر به صورت $3s^2 3p^5$ است. کلر نسبت به عنصرهای قبل و بعد از خود در جدول یعنی S و Ar خاصیت نافلزی و در نتیجه واکنش‌پذیری بیشتری دارد.

۸۸۲ ۳ **بررسی عناصر:** عنصر (A): با توجه به چکش‌خواری و از دست دادن الکترون، A یک عنصر فلزی است. (A می‌تواند سدیم، سرب، آلومینیم و یا قلع باشد.) عنصر (B): با توجه به داشتن سطح صیقلی و نداشتن خاصیت چکش‌خواری، B یک شبه‌فلز است. (B می‌تواند سیلیسیم و یا ژرمانیم باشد؛ ولی نمی‌تواند قلع باشد.) عنصر (C): با توجه به رسانایی الکتریکی بالا و نداشتن سطح صیقلی، C تنها می‌تواند کربن (گرافیت) باشد. عنصر (D): با توجه به اینکه این عنصر در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون می‌گیرد یا به اشتراک می‌گذارد، D یک نافلز جامد است. (D می‌تواند گوگرد یا فسفر باشد.) عنصر (E): با توجه به اینکه این عنصر در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون می‌گیرد یا به اشتراک می‌گذارد و حالت فیزیکی گاز، E یک نافلز گاز است. (E می‌تواند نیتروژن، اکسیژن یا کلر باشد ولی نمی‌تواند برم باشد؛ چون برم در دمای $25^\circ C$ مایع است.)

۸۸۳ ۲ مقایسه‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در یک دوره از چپ به راست خصلت فلزی کاهش می‌یابد. بنابراین مقایسهٔ خصلت فلزی (تمایل برای تشکیل کاتیون) به‌صورت $Al<Mg<Na$ است. عبارت (ب): در یک دوره از چپ به راست خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. بنابراین مقایسهٔ خصلت نافلزی (تمایل برای دریافت الکترون) برای عنصرهای کلر و فسفر به‌صورت $P<Cl$ است. از طرفی در یک گروه از بالا به پایین خصلت نافلزی (تمایل برای دریافت الکترون) کاهش می‌یابد، پس مقایسهٔ خصلت نافلزی عنصرهای نیتروژن و فسفر به‌صورت $P<N$ است. عبارت (پ): رسانایی الکتریکی از جمله خواص فیزیکی فلزها است، از این‌رو هر چه خصلت فلزی یک عنصر بیشتر باشد، رسانایی الکتریکی آن بیشتر است. قلع (Sn) یک فلز، ژرمانیم (Ge) یک شبه‌فلز و گوگرد (S) یک نافلز است، پس مقایسهٔ خصلت فلزی و رسانایی الکتریکی آن‌ها به‌صورت $S<Ge<Sn$ است. عبارت (ت): در یک گروه از بالا به پایین، خصلت فلزی افزایش می‌یابد. بنابراین مقایسهٔ خصلت فلزی سه عنصر گروه اول به‌صورت $K<Rb<Cs$ است.

۸۸۴ ۴ جملهٔ داده شده در صورت تست درست است؛ زیرا عنصر E همان کلر $(_{17}Cl)$ است. کلر در دما و فشار اتاق و به صورت عنصری دارای مولکول‌های دواتمی Cl_2 است. هر اتم گاز کلر (Cl_2) در واکنش با فلزات فعال، یک الکترون می‌گیرد؛ پس هر مولکول آن دو الکترون دریافت می‌کند. عنصرهای A، B، C و D به‌ترتیب سرب $(_{82}Pb)$، فسفر $(_{15}P)$، ژرمانیم $(_{32}Ge)$ و منیزیم $(_{12}Mg)$ هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فسفر یک نافلز است و رسانایی گرمایی ندارد در حالی که ژرمانیم رسانای گرما است. گزینهٔ (۲): سرب متعلق به گروه ۱۴ و دارای ۴ الکترون ظرفیت است. فسفر با آرایش الکترونی $[Ne]3s^2 3p^3$ دارای ۳ الکترون در زیرلایهٔ 3p است. گزینهٔ (۳): در تناوب سوم، سه عنصر $_{11}Na$، $_{12}Mg$ و $_{13}Al$ فلز هستند و خاصیت چکش‌خواری دارند. عنصر C همان $_{32}Ge$ است و در آخرین زیرلایهٔ آن ۲ الکترون وجود دارد:

$$_{32}Ge:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2\underline{4p^2}$$

گزینهٔ (۴): عنصرهای سیلیسیم، ژرمانیم، قلع و سرب از گروه ۱۴ و عنصرهای سدیم، منیزیم، آلومینیم و سیلیسیم از تناوب سوم دارای سطح براق و صیقلی هستند.

۸۸۵ ۴ عنصرهای نشان داده شده در شکل‌های (۱) تا (۴) به‌ترتیب کربن، قلع، گوگرد و کلر هستند. آرایش الکترونی اتم‌های قلع و کربن به صورت زیر است:

$$\left.\begin{array}{l} _{50}Sn:1s^2\underline{2s^2 2p^6}\,\underline{3s^2 3p^6}\,3d^{10}\underline{4s^2 4p^6}\,4d^{10}\underline{5s^2 5p^2} \\ _{6}C:1s^2\underline{2s^2 2p^2} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\text{تعداد الکترون‌های با } l=1 \text{ در قلع}}{\text{تعداد الکترون‌های ظرفیت کربن}}=\frac{20}{4}=5$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): عنصر کربن با به اشتراک گذاشتن الکترون و عنصرهای گوگرد و کلر با گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی می‌رسند. عنصر قلع با از دست دادن الکترون، کاتیون پایدار ایجاد می‌کند اما توجه کنید که کاتیون‌های قلع هیچگاه به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند، چرا که قلع $(_{50}Sn)$ با گاز نجیب قبل از خود $(_{36}Kr)$، ۱۴ الکترون اختلاف دارد.

* **توجه** اغلب کاتیون‌های فلزهای واسطه (دستهٔ d) و کاتیون‌های فلزهای دستهٔ p (به‌جز آلومینیم) به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند.

گزینهٔ (۲): در بین عنصرهای داده شده، بیشترین خاصیت نافلزی متعلق به عنصر کلر است. گزینهٔ (۳): عنصر ژرمانیم $(_{32}Ge)$ برخلاف عنصر کربن رسانایی گرمایی دارد.

۸۸۶ ۱ هر چهار عبارت داده شده درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در دورهٔ اول عنصر هیدروژن و هلیم و در دورهٔ دوم عناصر کربن، نیتروژن، اکسیژن، فلوئور و نئون و دورهٔ سوم عناصر فسفر، گوگرد، کلر و آرگون و در دورهٔ چهارم عناصر سلنیم، برم و کریپتون نافلز هستند. عبارت دوم: تنها نافلز مایع جدول تناوبی، $_{35}Br$ است که در دورهٔ چهارم جدول تناوبی جای دارد. دقت کنید که شبه‌فلزات هر دوره همانند پلی میان فلزات و نافلزات آن دوره هستند و عناصر پیش از آن‌ها فلز و عناصر بعد از آن‌ها نافلز هستند. عبارت سوم: عناصر هیدروژن، هلیم، نیتروژن، اکسیژن، فلوئور، نئون، کلر و آرگون عناصر گازی سه دورهٔ اول جدول تناوبی‌اند که در میان آن‌ها هیدروژن و هلیم مربوط به دستهٔ s و بقیهٔ آن‌ها متعلق به دستهٔ p هستند. عبارت چهارم: اکسیژن با عدد اتمی ۸، گازی با واکنش‌پذیری بالا است. همچنین گاز کلر با عدد اتمی ۱۷ (۸+۹) نیز واکنش‌پذیری بالایی دارد.

۸۸۷ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. در عنصر $_{}^{207}M$ داریم:

$$n-e=p-39 \xrightarrow{p=e} n-p=p-39 \Rightarrow 2p-n=39$$

$$2p-n=39, p+n=207 \Rightarrow p=82$$

پس عنصر M، سرب با عدد اتمی ۸۲ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سرب در گروه ۱۴ جدول تناوبی قرار دارد. عبارت (ب): آخرین فلز قلیایی جدول فرانسیم $(_{87}Fr)$ در دورهٔ هفتم است. عنصر سرب در دورهٔ ششم جدول دوره‌ای قرار دارد. عبارت (پ): عنصر بالای سرب، قلع $(_{50}Sn)$ است. هر دو عنصر فلز بوده، سخت هستند و سطح صیقلی دارند. عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم سرب به‌صورت زیر است:

$$_{82}Pb: \underline{\underline{1s^2}}\ \underline{\underline{2s^2}}\ \underline{2p^6}\ \underline{\underline{3s^2}}\ \underline{3p^6}\ 3d^{10}\ \underline{\underline{4s^2}}\ \underline{4p^6}\ 4d^{10}\ 4f^{14}\ \underline{\underline{5s^2}}\ \underline{5p^6}\ 5d^{10}\ \underline{\underline{6s^2}}\ \underline{6p^2}$$

اختلاف شمار الکترون‌های با $l=0$ و $l=1$ در آن برابر ۱۴ (۱۲−۲۶) است.

۸۸۸ ۱ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. عنصرهای A، B و C به‌ترتیب قلع $(_{50}Sn)$، فسفر $(_{15}P)$ و آلومینیم $(_{13}Al)$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فلزها در برابر ضربه تغییر شکل می‌دهند اما خرد نمی‌شوند. قلع سبک‌ترین فلز گروه ۱۴ است. عبارت (ب): واکنش‌پذیرترین فلز تناوب سوم، سدیم $(_{11}Na)$ است که کاتیون پایدار Na^+ را تولید می‌کند. در ترکیب یونی حاصل از سدیم و فسفر (Na_3P) نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها برابر ۳ است. عبارت (پ): تناوب سوم دارای سه عنصر فلزی سدیم، منیزیم و آلومینیم است که مقایسهٔ خاصیت فلزی (تمایل به از دست دادن الکترون) آن‌ها به‌صورت $Al<Mg<Na$ است. عبارت (ت): آرایش الکترونی دو عنصر قلع و فسفر به‌صورت زیر است. تعداد الکترون‌های زیرلایه‌های d در قلع برابر ۲۰ و تعداد الکترون‌های لایهٔ سوم در فسفر برابر ۵ است.

$$_{50}Sn: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2 \qquad _{15}P: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$$

عبارت (ث): در میان این سه عنصر فقط $_{15}P$ سطح کدر دارد و دو عنصر $_{13}Al$ با تشکیل کاتیون Al^{3+} و $_{15}P$ با تشکیل آنیون P^{3-} به آرایش نجیب دست پیدا می‌کنند.

۸۸۹ ۳ موارد (الف)، (ت) و (ث) جملهٔ داده شده را به درستی کامل نمی‌کنند. **بررسی موارد:** مورد (الف): از تناوب سوم، چهار عنصر Na، Mg، Al و Si رسانایی گرمایی دارند و از گروه ۱۴، سه عنصر C، Si و Ge در اثر ضربه خرد می‌شوند. مورد (ب): از تناوب سوم، عنصرهای Na، Mg و Al در واکنش با سایر عنصرها کاتیون تشکیل می‌دهند و از گروه ۱۴، عنصرهای C، Si و Ge در واکنش با سایر عنصرها الکترون به اشتراک می‌گذارند. مورد (پ): از تناوب سوم، عنصرهای P، S، Cl و Ar فاقد رسانایی الکتریکی هستند و از گروه ۱۴، عنصرهای Si، Ge، Sn و Pb سطح صیقلی دارند. مورد (ت): از تناوب سوم، عنصرهای P و S نافلز جامد هستند و از گروه ۱۴ عنصرهای Si و Ge شبه‌فلز هستند. مورد (ث): چهار عنصر Si، Mg، S و Al از تناوب سوم، جزء هشت عنصر فراوان سیارهٔ زمین هستند؛ این در حالی است که، همهٔ عناصر گروه ۱۴ جدول تناوبی، رسانای جریان برق هستند.

۸۹۰ ۴ ویژگی‌های داده شده، با تمامی عناصر معرفی شده، مطابقت دارد. **بررسی موارد:** مورد (الف): سومین عنصر فراوان در زمین، سیلیسیم است که شبه‌فلز بوده و در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد. مورد (ب): درصدهای فراوانی گفته شده، مربوط به لیتیم است که همانند مس، یک عنصر فلزی می‌باشد. فلزها عناصری هستند که رسانایی الکتریکی بالایی دارند. مورد (پ): عنصر مورد نظر را E_2 در نظر می‌گیریم و جرم اتمی عنصر E را برابر M_E قرار می‌دهیم و آن را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$4g\ E_2 \times \frac{1\ mol\ E_2}{(2M_E)\ g\ E_2} \times \frac{6/02\times10^{23}\ molecule\ E_2}{1\ mol\ E_2} = 1/505\times10^{22}\ molecule\ E_2 \Rightarrow M_E = 80\ g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{شمار مولکول‌های } E_2}{6/02\times10^{23}} = \frac{\text{جرم } E_2}{\text{جرم مولی } 2\times E} \Rightarrow \frac{1/505\times10^{22}}{6/02\times10^{23}} = \frac{4}{2\times M_E} \Rightarrow M_E = 80\ g.mol^{-1}$$

با در نظر گرفتن اینکه جرم مولی تقریباً معادل عدد جرمی است، داریم:

$$A=Z+n=80, n=45 \Rightarrow 80=Z+45 \Rightarrow Z=35$$

پس عنصر E همان برم $(_{35}Br)$ است. برم نافلزی مایع از گروه ۱۷ جدول تناوبی است. می‌دانیم نافلزها فاقد رسانایی الکتریکی هستند. مورد (ت): مخلوط هوای مایع شامل سه عنصر نیتروژن، آرگون و اکسیژن است. با افزایش تدریجی دما، نخست نیتروژن و سپس آرگون از مخلوط هوای مایع خارج می‌شود؛ بنابراین آرگون دومین گاز خارج شده از این مخلوط است. آرگون (Ar) همانند کلر (Cl_2) در دما و فشار اتاق، به حالت گاز دیده می‌شود و با کلر خواص فیزیکی مشابهی دارد. مورد (ث): ابتدا عدد اتمی M را به دست می‌آوریم:

روش اول (تشریحی):

$$\begin{cases} n+p=73 \\ n-e=9 \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} n+p=73 \\ n-p=9 \end{cases} \Rightarrow n=41, p=32$$

روش دوم (تستی):

$$\text{عدد اتمی} = \frac{\text{عدد جرمی} - (\text{اختلاف شمار نوترون و الکترون})}{2} \Rightarrow Z=\frac{73-9}{2}=32$$

پس عنصر M همان ژرمانیم است. ژرمانیم یک شبه‌فلز است. می‌دانیم رفتار فیزیکی شبه‌فلزها مشابه فلزها و رفتار شیمیایی آن‌ها مشابه نافلزهاست.

۸۹۱ ۱ فرض می‌کنیم نماد عنصر مورد نظر E است که سه ایزوتوپ آن به صورت $_{}^{A}E$، $_{}^{A+1}E$ و $_{}^{A+2}E$ و با درصد فراوانی‌های F_1، F_2 و F_3 هستند. ابتدا درصدهای فراوانی ایزوتوپ‌ها را به دست می‌آوریم:

$$F_1+F_2=75, F_2+F_3=65, F_1+F_2+F_3=100 \Rightarrow F_1=35, F_2=40, F_3=25$$

سپس عدد جرمی ایزوتوپ‌ها را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (تشریحی): $\overline{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3}{100}\Rightarrow 194/9=\frac{((A)\times 35)+((A+1)\times 40)+((A+2)\times 25)}{100}\Rightarrow 19490=100A+90\Rightarrow A=194$

روش دوم (تستی): $\overline{M}=M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1)+\frac{F_3}{100}(M_3-M_1)\Rightarrow 194/9=A+\frac{40}{100}((A+1)-A)+\frac{25}{100}((A+2)-A)\Rightarrow A=194$

با توجه به فرض سؤال که تعداد نوترون‌های ایزوتوپ با جرم متوسط یعنی ^{A+1}E برابر ۱۱۷ است، پس عدد اتمی عنصر E برابر ۷۸ است:

عدد جرمی = عدد اتمی + شمار نوترون‌ها $\Rightarrow A+1=194+1=Z+117\Rightarrow Z=78$

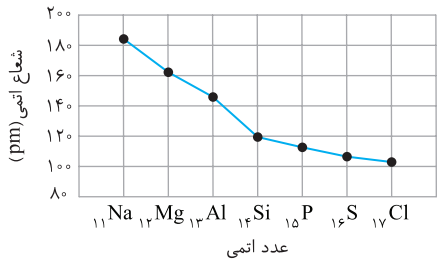
اکنون آرایش الکترونی E را رسم می‌کنیم: $_{78}E:[_{54}Xe]4f^{14}5d^{8}6s^{2}$

با توجه به اینکه آخرین زیرلایه‌ای که الکترون پذیرفته، زیرلایهٔ d است، می‌توان گفت که E یک فلز است؛ زیرا تمامی عناصر دستهٔ d، فلزی هستند. در نهایت برای محاسبهٔ تعداد ایزوتوپ‌های سنگین موجود در ۳۸/۹۸ گرم از نمونهٔ ایزوتوپ ها داریم:

$?\ ^{A+2}E=38/98g\ E\times\frac{1mol\ E}{194/9g\ E}\times\frac{6/02\times10^{23}E}{1mol\ E}\times\frac{25\ ^{A+2}E}{100E}=3/01\times10^{22}\ ^{A+2}E$

A ۸۹۲ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت (ب) درست هستند. **بررسی عبارت (ب):** در یک دوره از چپ به راست شعاع اتمی عنصرها کاهش می‌یابد؛ زیرا در یک دوره تعداد لایه‌های الکترونی ثابت می‌ماند در حالی که تعداد پروتون‌های هسته افزایش می‌یابد. با افزایش تعداد پروتون‌ها، نیروی جاذبه‌ای که هسته به الکترون‌ها وارد می‌کند، افزایش یافته و بدین ترتیب شعاع اتم کاهش می‌یابد.

A ۸۹۳ ۴ مطابق نمودار روبه‌رو که شعاع اتمی عنصرهای دورهٔ سوم جدول تناوبی را نشان می‌دهد، به‌طور کلی با پیشروی از چپ به راست اختلاف شعاع دو عنصر متوالی کاهش می‌یابد. بنابراین اختلاف شعاع اتمی فلزها که در ابتدای دوره قرار دارند بیشتر از اختلاف شعاع اتمی نافلزهاست که در انتهای دوره قرار می‌گیرند.



B ۸۹۴ ۲ موارد اول، دوم و چهارم برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب هستند. نکتهٔ زیر رو حتماً مطالعه کنید.

نکته‌ترکیبی **روندها در جدول دوره‌ای:** ۱- عدد اتمی: عنصرها در جدول تناوبی براساس بنیادی‌ترین ویژگی آن‌ها، یعنی عدد اتمی چیده شده‌اند. ۲- دوره و گروه: عناصر یک گروه به طور کلی خواص فیزیکی و شیمیایی مشابهی دارند. این قاعده موجب می‌شود تا این خواص با پیمایش دوره‌ها، به صورت متناوب و دوره‌ای تکرار شوند. ۳- شعاع اتمی: شعاع اتمی عناصر در یک گروه از بالا به پایین افزایش و در یک دوره، از چپ به راست کاهش می‌یابد. ۴- خواص فلزی و نافلزی: در یک گروه از بالا به پایین، خصلت فلزی عناصر کاهش و خصلت نافلزی آن‌ها افزایش می‌یابد؛ همچنین در یک دوره از جدول تناوبی، از چپ به راست، خصلت فلزی عناصر کاهش و خصلت نافلزی آن‌ها افزایش می‌یابند. ۵- فلز، شبه‌فلز و نافلز: به‌طور کلی فلزها در نواحی چپ و مرکز جدول و نافلزها در سمت راست جدول واقع‌اند. شبه‌فلزها نیز در مرز میان فلزها و نافلزها در دستهٔ p قرار دارند. ۶- واکنش‌پذیری: به‌طور کلی با پیمودن عناصر یک دوره از چپ به راست، واکنش‌پذیری عناصر تا گروه ۱۴ کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد و در نهایت با رسیدن به گاز نجیب، به میزان ناچیزی می‌رسد.

B ۸۹۵ ۲ می‌دانیم که در یک دوره از جدول تناوبی با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی کاهش و در یک گروه از جدول تناوبی با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی افزایش می‌یابد؛ بنابراین A، C و E عناصر ابتدای دوره (فلزات قلیایی) و با در نظر نگرفتن گازهای نجیب، D و B عناصر انتهای دوره (هالوژن‌ها) هستند. عناصر A، C و E در یک گروه (گروه فلزات قلیایی) و عناصر B و D نیز در یک گروه (گروه هالوژن‌ها) از جدول تناوبی قرار دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عنصر E جزء فلزات قلیایی است. گزینهٔ (۳): با توجه به اینکه B و D در یک گروه جدول تناوبی (گروه ۱۷) قرار گرفته‌اند؛ بنابراین مربوط به دوره‌های متفاوتی از جدول تناوبی هستند. گزینهٔ (۴): همان‌طور که گفته شد، A و B عناصر یک دوره هستند (نه یک گروه!)؛ زیرا با افزایش عدد اتمی در یک گروه، شعاع اتمی افزایش می‌یابد.

B ۸۹۶ ۳ آرایش الکترونی عنصرهای X، Y و Z به‌صورت مقابل است: $_{12}X:1s^22s^22p^63s^2$ ، $_{17}Y:1s^22s^22p^63s^23p^5$ ، $_{11}Z:1s^22s^22p^63s^1$

A: با توجه به آرایش الکترونی اتم $_{12}X$، نماد آخرین زیرلایهٔ آن به‌صورت $3s^2$ است. B: با توجه به آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم $_{17}Y$، تعداد الکترون‌های ظرفیت آن برابر ۷ است. C: با توجه به آرایش الکترونی اتم $_{11}Z$، تعداد لایه‌های الکترونی در آن برابر ۳ است. D: در یک دوره از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می‌یابد، پس در بین این عنصرها که در یک دوره هستند، عنصر $_{11}Z$ بیشترین شعاع اتمی را دارد.

B ۸۹۷ ۱ با توجه به شدت نور ایجاد شده در هر آزمایش، شکل‌های (A)، (B) و (C) به‌ترتیب مربوط به واکنش فلزهای لیتیم، سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با گاز کلر است. هر چه شعاع اتمی یک فلز بزرگ‌تر باشد، آسان‌تر الکترون از دست می‌دهد. پس مقایسهٔ تمایل این فلزها برای از دست دادن الکترون به‌صورت $A<B<C$ است. **بررسی سایر مقایسه‌ها:** گزینهٔ (۲): هر چه فعالیت شیمیایی واکنش‌دهنده بیشتر باشد، شدت نور آزاد شده بیشتر است. پس مقایسهٔ شدت نور آزاد شده در این واکنش‌ها به‌صورت $A<B<C$ است. گزینهٔ (۳): در یک گروه از بالا به پایین بر تعداد لایه‌های الکترونی افزوده می‌شود، پس مقایسهٔ تعداد لایه‌های الکترونی اشغال شدهٔ این عنصرها به‌صورت $A<B<C$ است. گزینهٔ (۴): رنگ پرتوهای نشرشده در شکل‌های A، B و C به‌ترتیب سرخ، زرد و بنفش است. بنابراین مقایسهٔ طول موج نور نشر شده به صورت $C<B<A$ است.

B ۸۹۸ ۳ به‌جز عبارت (ت)، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در یک دوره از جدول تناوبی، روند تغییرات شعاع اتمی، مخالف عدد اتمی است. در واقع شعاع اتمی با عدد اتمی رابطهٔ عکس دارد؛ بنابراین مقایسهٔ نخست درست است؛ اما شکل درست مقایسهٔ دوم به صورت $_{35}Br<{}_{32}Ge<{}_{20}Ca$ می‌باشد.

عبارت (ب): سزیم $(_{55}Cs)$ عنصری از گروه اول جدول و نخستین عنصر دورهٔ ششم است؛ لذا بیشترین شعاع اتمی و در نتیجه خصلت فلزی را در میان عناصر این دوره دارد. $(_{20}Ca)$ فلزی قلیایی خاکی است و یون پایدار Ca^{2+} تشکیل می‌دهد و ید $(_{53}I)$ عنصری از گروه ۱۷ جدول دوره‌ای (هالوژن‌ها) است.

عبارت (پ): با توجه به رنگ نور حاصل، شکل، مربوط به واکنش گاز کلر با فلز پتاسیم است، اگر سزیم $(_{55}Cs)$ را جایگزین پتاسیم $(_{19}K)$ کنیم یا F_2 را جایگزین Cl_2 کنیم در هر دو صورت واکنش‌پذیری یکی از اجزای واکنش افزایش یافته و واکنش با شدت بیشتری انجام می‌گیرد. عبارت (ت): تنها عناصر شبه‌فلزی مانند سیلیسیم و ژرمانیم هستند که هم‌زمان رسانایی گرمایی بالایی دارند و برعکس فلزها شکننده می‌باشند. از طرفی عنصری که دو آلوتروپ به رنگ‌های سفید و قرمز دارد و آلوتروپ سفید آن به علت واکنش‌پذیری بالا در زیر آب نگهداری می‌شود، فسفر است. می‌دانیم خصلت فلزی شبه‌فلزها از نافلزها بیشتر است.

B ۸۹۹ ۱ موارد (الف) و (ب) روند افزایشی و موارد (پ)، (ت) و (ث) روند کاهشی دارند. **بررسی موارد:** مورد (الف): در گروه‌های نافلزی، بیشترین خصلت نافلزی مربوط به عنصر با کمترین عدد اتمی است؛ لذا در این گروه‌ها با حرکت به سمت بالا (عدد اتمی کمتر)، خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. مورد (ب): در یک گروه از بالا به پایین، شعاع اتمی افزایش می‌یابد. مورد (پ): عناصر Na، Mg و Al به ترتیب از گروه‌های ۱، ۲ و ۱۳ دورهٔ سوم بوده که فلز هستند. از چپ به راست، با افزایش شمارهٔ گروه این عناصر، خصلت فلزی کاهش و خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. مورد (ت): در دورهٔ دوم جدول، عناصر کربن، نیتروژن، اکسیژن و فلوئور نافلز هستند. با حرکت از راست به چپ (از فلوئور به کربن)، عدد اتمی و واکنش‌پذیری نافلزات هر دو کاهش می‌یابد. مورد (ث): با حرکت از پایین به بالا در یک گروه، با کاهش عدد اتمی، خصلت نافلزی افزایش و خصلت فلزی کاهش می‌یابد.

B ۹۰۰ ۳ عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در یک دوره از چپ به راست، خاصیت نافلزی افزایش می‌یابد؛ بنابراین خاصیت نافلزی عنصر B بیشتر است. عبارت دوم: در یک گروه فلزی از بالا به پایین، واکنش‌پذیری افزایش می‌یابد؛ بنابراین واکنش‌پذیری عنصر D بیشتر است. عبارت سوم: در میان عناصر داده شده، عنصر B دارای کوچک‌ترین شعاع اتمی است. عبارت چهارم: در تولید لامپ چراغ‌های جلوی خودروها از هالوژن استفاده می‌شود. عنصر B همان فلوئور است که اولین عنصر هالوژن‌هاست.

B ۹۰۱ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فلز لیتیم $(_3Li)$ از گروه فلزهای قلیایی است که با از دست دادن یک الکترون به آرایش دوتایی هلیم می‌رسد و فلز بریلیم $(_4Be)$ از گروه فلزهای قلیایی خاکی است که یون تشکیل نمی‌دهد و تنها با به اشتراک گذاشتن الکترون (پیوند کووالانسی) به پایداری می‌رسد. عبارت (ب): روند تغییر فعالیت شیمیایی در گروه‌های فلزی با شعاع اتمی رابطهٔ مستقیم دارد، در حالی‌که در گروه‌های نافلزی واکنش‌پذیری با شعاع اتمی رابطهٔ عکس دارد. عبارت (پ): در یک دوره از چپ به راست با کاهش شعاع اتمی فلزها، خصلت فلزی و فعالیت شیمیایی آن‌ها کاهش می‌یابد، پس در هر دوره مقایسهٔ خصلت فلزی به‌صورت «فلزهای قلیایی > فلزهای قلیایی خاکی > فلزهای واسطه» است.

B ۹۰۲ ۴ در گروه‌های نافلزی از بالا به پایین با افزایش شعاع اتمی، فعالیت شیمیایی (تمایل برای تشکیل آنیون) کاهش می‌یابد. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): هالوژن‌ها در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای قرار دارند و لایهٔ ظرفیت آن‌ها به‌صورت ns^2np^5 است. این عنصرها در آخرین زیرلایهٔ خود ۵ الکترون دارند. گزینهٔ (۲): هالوژن‌ها در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون می‌گیرند و یا الکترون به اشتراک می‌گذارند. گزینهٔ (۳): در دما و فشار اتاق هالوژن‌ها در حالت آزاد به‌صورت مولکول‌های دواتمی وجود دارند امّا حالت فیزیکی آن‌ها متفاوت است.

★ **نکته** در دما و فشار اتاق، فلوئور و کلر به‌صورت مولکول‌های دواتمی و گازی $F_2(g)$ و $Cl_2(g)$، برم به‌صورت مولکول‌های دواتمی و مایع $Br_2(l)$ و ید به‌صورت مولکول‌های دواتمی و جامد $I_2(s)$ یافت می‌شوند.

B ۹۰۳ ۴ فلوئور حتی در دمای $-200^\circ C$ به سرعت با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. آرایش الکترونی فلوئور به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^5$ است و مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی آخرین زیرلایهٔ آن $(2p)$ برابر ۳ $(1+2)$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فلوئور در دمای اتاق به سرعت با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. این عنصر فعال‌ترین نافلز جدول دوره‌ای است.

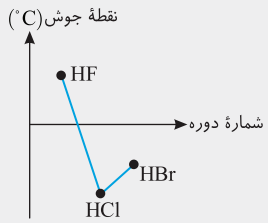
* **توجه** کلر در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد.

گزینهٔ (۲): ید در دمای بالاتر از $400^\circ C$ با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. این عنصر در دمای اتاق به شکل مولکول‌های دواتمی جامد $I_2(s)$ وجود دارد.

* **توجه** برای تبدیل واحد دما از درجهٔ سلسیوس به کلوین و برعکس، از رابطهٔ $T(K)=\theta(^\circ C)+273$ استفاده می‌کنیم.

گزینهٔ (۳): عنصر برم در دمای $200^\circ C$ یا همان $473K$ $(200+273)$ با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. این عنصر با شبه‌فلز ژرمانیم $(_{32}Ge)$ از گروه ۱۴ در یک دوره قرار دارد و در ترکیبات خود، به آرایش گاز نجیب کریپتون $(_{36}Kr)$ می‌رسد. کریپتون، سومین گاز نجیب دستهٔ p جدول دوره‌ای است.

نکته ترکیبی **هالوژن‌ها:** ۱- به عناصر گروه ۱۷ جدول تناوبی هالوژن می‌گویند. ۲- هالوژن‌ها فعال‌ترین نافلزهای دورهٔ خود بوده و آرایش الکترونی آنیون پایدار آن، مشابه گاز نجیب هم‌دورهٔ آن‌ها است. ۳- در این گروه از عناصر، هر چه از بالا به پایین برویم، شعاع اتمی افزایش و خواص نافلزی کاهش می‌یابد، به‌طوری که فلوئور (F_2) در دمای $-200^\circ C$ با گاز هیدروژن به سرعت واکنش می‌دهد، در حالی که ید I_2 فقط در دماهای بالاتر از $400^\circ C$ می‌تواند با این گاز واکنش دهد. ۴- هالوژن‌ها در دما و فشار اتاق به شکل مولکول‌های دواتمی (X_2) یافت می‌شوند. ۵- همهٔ هالوژن‌ها در حالت عنصری دواتمی، دارای رنگ هستند؛ به‌گونه‌ای که Cl_2 به رنگ زرد، Br_2 به رنگ سرخ و I_2 به رنگ بنفش دیده می‌شود. ۶- نمودار نقطهٔ جوش ترکیب هیدروژن‌دار سه عنصر نخست این گروه برحسب شمارهٔ دوره به صورت روبه‌رو است:



۷- ترکیبات هیدروژن‌دار هالوژن‌ها خاصیت اسیدی دارند و در محلول آبی دچار یونش می‌شوند و مقایسهٔ قدرت اسیدی این ترکیبات به صورت « $\underbrace{HF}_{\text{اسید ضعیف}} << \underbrace{HCl<HBr<HI}_{\text{اسیدهای قوی}}$ » است.

B ۹۰۴ ۱ فقط مورد سوم جمله را به درستی کامل می‌کند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در مقایسهٔ تمایل برای از دست دادن الکترون برای دو فلز، هر چه شعاع اتمی بزرگ‌تر باشد، از دست دادن الکترون آسان‌تر و خصلت فلزی بیشتر است. عبارت دوم: در گروه‌های نافلزی از بالا به پایین با افزایش شعاع اتمی، فعالیت شیمیایی (خصلت نافلزی) کاهش می‌یابد. پس اگر دو عنصر متعلق به گروه ۱۷ باشند، عنصر (ب) به دلیل فعالیت شیمیایی پایین‌تر نسبت به عنصر (الف)، به دمای بالاتری برای واکنش با گاز هیدروژن نیاز دارد. عبارت سوم: در یک دوره و یا در یک گروه هر چه شعاع اتمی یک فلز بزرگ‌تر باشد، آسان‌تر الکترون از دست می‌دهد و فعالیت شیمیایی آن بیشتر است. عبارت چهارم: مقایسهٔ شعاع اتمی دو عنصر برم و ژرمانیم که در یک دوره قرار دارند، به‌صورت $_{35}Br<{}_{32}Ge$ است. عبارت پنجم: دو عنصر که با مبادلهٔ الکترون به آرایش یک گاز نجیب می‌رسند، فلز در دورهٔ پایین‌تری نسبت به نافلز و در سمت چپ جدول قرار دارد، پس شعاع بزرگی نسبت به نافلز دارد. با توجه به توضیحات، عنصرهای (الف) و (ب) به ترتیب نافلز و فلز هستند.

B ۹۰۵ ۱ همهٔ موارد درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: برای نمونه، شمار الکترون‌های ظرفیتی عناصر گروه ۸ و ۱۸ جدول دوره‌ای یکسان است و عناصر هر دو گروه دارای ۸ الکترون ظرفیتی هستند. $_{18}Ar \Rightarrow {}_{18}Ar : [{}_{10}Ne]\underline{3s^2 3p^6}$ از گروه ۱۸ $_{26}Fe \Rightarrow {}_{26}Fe : [{}_{18}Ar]\underline{3d^6 4s^2}$ از گروه ۸

مورد دوم: نافلز مایع که همان برم است در گروه ۱۷ و دورهٔ چهارم قرار دارد؛ در حالی که فلز مایع که همان جیوه است در گروه ۱۲ و دورهٔ ۶ جدول دوره‌ای قرار دارد. در یک دوره از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش و در یک گروه از بالا به پایین، شعاع اتمی افزایش می‌یابد؛ به این ترتیب شعاع اتمی جیوه بیشتر از برم است. مورد سوم: فعال‌ترین نافلز در هر دوره، هالوژن است که در گروه ۱۷ قرار دارد؛ پس هیچ نافلزی از هالوژن هم‌دورهٔ خود واکنش‌پذیری بیشتری ندارد. مورد چهارم: در گروه‌های شامل فلزها و نافلزها مانند گروه ۱۴ جدول دوره‌ای، از بالا به پایین خصلت فلزی و شعاع اتمی افزایش می‌یابد، پس فلز از نافلز هم‌گروه خود پایین‌تر بوده و شعاع اتمی بیشتری دارد.

B ۹۰۶ ۳ جملهٔ داده شده در صورت تست نادرست است؛ زیرا در فلزهای قلیایی خاکی و فلزهای گروه‌های ۳ تا ۱۲ (به جز گروه‌های ۶ و ۱۱) و هلیم از گروه ۱۸، نماد آخرین زیرلایه به صورت ns^2 است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در یک تناوب، هر چه به سمت راست حرکت کنیم، تعداد الکترون‌های با $l=1$ در آرایش الکترونی عنصرهای دستهٔ p بیشتر شده و شعاع اتمی در آن‌ها کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۲): به‌طور کلی، در یک دوره با پیشروی از چپ به راست اختلاف شعاع دو عنصر متوالی کاهش می‌یابد. بنابراین اختلاف شعاع اتمی فلزها که در ابتدای دوره قرار دارند، بیشتر از اختلاف شعاع اتمی نافلزهاست که در انتهای دوره قرار می‌گیرند. گزینهٔ (۳): در یک گروه از بالا به پایین با افزایش تعداد لایه‌های الکترونی، شعاع اتمی افزایش می‌یابد. از طرفی میزان افزایش شعاع در گروه‌های فلزی بیشتر از گروه‌های نافلزی است. پس اختلاف شعاع اتمی دو عنصر $_{17}Cl$ و $_{35}Br$ کمتر از این اختلاف در عنصرهای $_{11}Na$ و $_{19}K$ است. گزینهٔ (۴): بیشترین اختلاف شعاع اتمی در بین عنصرهای متوالی دورهٔ سوم، بین عنصرهای $_{13}Al$ و $_{14}Si$ است.

B ۹۰۷ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. فلز طلا با اکسیژن واکنش نمی‌دهد و در گذر زمان جلای فلزی خود را حفظ می‌کند. فعال‌ترین فلز تناوب سوم، سدیم $(_{11}Na)$ است. این فلز، نرم است و با چاقو بریده شده و به سرعت در هوا تیره می‌شود. اما آهن فلزی محکم است و از آن برای ساخت در و پنجرهٔ فلزی استفاده می‌شود. آهن با اکسیژن در هوای مرطوب به کندی واکنش می‌دهد و به زنگ آهن تبدیل می‌شود. **بررسی عبارت (ث):** فعال‌ترین هالوژن جدول تناوبی، F_2 است که در مقایسه با سایر هالوژن‌ها جرم و حجم کمتری دارد و به همین دلیل نیروهای واندروالسی آن ضعیف‌تر است.

B ۹۰۸ ۲ فقط عبارت (پ) درست است. عنصرهای A تا G به‌ترتیب $_{11}Na$، $_{12}Mg$، $_{13}Al$، $_{14}Si$، $_{15}P$، $_{16}S$ و $_{17}Cl$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر سیلیسیم (Si) در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد و یون پایدار تک‌اتمی تشکیل نمی‌دهد. عبارت (ب): فعالیت شیمیایی سدیم بیشتر از منیزیم و فعالیت شیمیایی کلر بیشتر از گوگرد است. پس واکنش بین سدیم و کلر شدیدتر از واکنش بین منیزیم و گوگرد است. عبارت (پ): آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت آلومینیم به‌صورت $(3s^2 3p^1)$ است، پس مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های ظرفیت آن برابر است با:

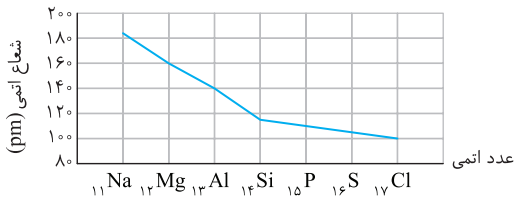
مجموع n و l الکترون‌های لایهٔ ظرفیت $= 2(3+0)+1(3+1)=10$

عبارت (ت): خصلت نافلزی و فعالیت شیمیایی گوگرد $(_{16}S)$ بیشتر از $(_{15}P)$ است.

B ۹۰۹ ۴ با توجه به شمارهٔ گروه عناصر، نماد مربوط به هر عنصر به صورت زیر است:

$$D={}_{11}Na, M={}_{12}Mg, H={}_{13}Al, A={}_{14}Si, C={}_{15}P, B={}_{16}S, Y={}_{17}Cl, Z={}_{18}Ar$$

بررسی گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۴): با توجه به نمودار مقابل، در دورهٔ سوم جدول تناوبی، بیشترین شعاع اتمی مربوط به سدیم (D) است و تفاوت شعاع آن با منیزیم (M) بیشتر از تفاوت شعاع اتمی عناصر کلر (Y) و گوگرد (B) است. گزینهٔ (۳): سیلیسیم (A) عنصری شکننده است؛ اما برخلاف فسفر (C) رسانایی گرمایی دارد.



B ۹۱۰ ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. با توجه به آرایش‌های الکترونی داده شده، عناصر A، B، C و D به ترتیب $_3Li$، $_{14}Si$، $_{35}Br$ و $_{20}Ca$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): Li در گروه فلزات قلیایی کمترین واکنش‌پذیری و در میان عناصر تناوب دوم، بیشترین خصلت فلزی را دارد. عبارت (ب): عنصر Si به مقدار کمی رسانایی الکتریکی و گرمایی دارد. عناصر بعد از Si در تناوب سوم، همگی نافلز هستند و فاقد رسانایی گرمایی و الکتریکی می‌باشند. عبارت (پ): با توجه به اینکه عنصر D در تناوب چهارم قرار دارد، شعاع اتمی بزرگ‌تری نسبت به عناصر A و B دارد و چون در هر تناوب با حرکت از سمت چپ به راست از شعاع اتمی کاسته می‌شود، شعاع عنصر D از عنصر C هم بیشتر است. در میان این چهار عنصر، عنصر C متعلق به گروه هالوژن‌هاست و بیشترین خصلت نافلزی را دارد. عبارت (ت): در میان عناصر تناوب سوم بیشترین اختلاف شعاع دو عنصر متوالی متعلق به $_{14}Si$ و $_{13}Al$ است، یعنی عنصر B و عنصر قبل از آن در جدول تناوبی.

B ۹۱۱ ۴ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. عنصر قبل از $_{36}Kr$ در دورهٔ چهارم، عنصر برم $(_{35}Br)$ است که در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای قرار دارد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر $_{35}Br$ در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای قرار دارد. عدد اتمی عناصر گروه ۱۷ جدول دوره‌ای یک عدد کمتر از عدد اتمی عناصر گاز نجیب هم‌دورهٔ آن‌ها است. از آنجا که بهتر است عدد اتمی گازهای نجیب را حفظ باشید و اکثر شما عزیزان نیز حفظ هستید، بنابراین عدد اتمی عناصر گروه ۱۷ برابر ۹، ۱۷، ۳۵، ۵۳، ۸۵ و ۱۱۷ است. به این ترتیب، عنصر $_{52}A$ در گروه ۱۷ قرار ندارد و با $_{35}Br$ نیز هم‌گروه نیست. عبارت (ب): به‌طور کلی در هر دوره از جدول دوره‌ای، از چپ به راست از شعاع اتمی عناصر کاسته می‌شود. با توجه به اینکه هر دو عنصر $_{19}X$ و $_{35}Br$ در دورهٔ چهارم قرار دارند، شعاع اتمی $_{35}Br$ کوچک‌تر از $_{19}X$ است. عبارت (پ): در گروه هالوژن‌ها از بالا به پایین از خاصیت نافلزی کاسته می‌شود. با توجه به اینکه در جدول دوره‌ای، $_{35}Br$ پایین‌تر از $_{17}Cl$ قرار دارد، پس خاصیت نافلزی آن در مقایسه با $_{17}Cl$ کمتر است. عبارت (ت): عنصر برم در حالت آزاد و در دمای اتاق به‌صورت مولکول‌های دواتمی Br_2 بوده و حالت فیزیکی مایع دارد. این در حالی است که عنصرهای واسطهٔ هم‌دورهٔ آن، حالت فیزیکی جامد دارند.

★ **نکته** **در میان عناصر جدول دوره‌ای، در دمای اتاق و به حالت آزاد:** ۱- دو عنصر برم ($_{35}Br$) و جیوه (Hg) به‌صورت مایع هستند. ۲- یازده عنصر هیدروژن ($_{1}H$)، نیتروژن ($_{7}N$)، اکسیژن ($_{8}O$)، فلوئور ($_{9}F$)، کلر ($_{17}Cl$) و ۶ عنصر نجیب ($_{2}He$، $_{10}Ne$، $_{18}Ar$ و ...) به‌صورت گاز هستند. ۳- سایر عناصر مانند فلزها (به‌جز جیوه!)، شبه‌فلزها و نافلزهایی مانند فسفر و گوگرد به‌صورت جامد هستند.

عبارت (ث): آرایش الکترونی عنصر برم ($_{35}Br$) به‌صورت زیر است:

$$_{35}Br: 1s^2 2s^2 \underline{2p^6} 3s^2 \underline{3p^6} 3d^{10} 4s^2 \underline{4p^5} \Rightarrow (p \text{ زیرلایه‌های با } l=1) \text{ شمار الکترون‌های} = 6+6+5=17 \text{ ، شماره گروهٔ عنصر} = 17$$

B ۹۱۲ ۴ همهٔ موارد درست هستند. عنصرهای A، E و C به‌ترتیب $_{3}Li$، $_{11}Na$ و $_{37}Rb$ و عنصرهای D، F و B به‌ترتیب $_{20}Ca$، $_{38}Sr$ و $_{56}Ba$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اختلاف عدد اتمی دو عنصر $_{3}Li$ و $_{56}Ba$ برابر ۵۳ است. هالوژن هم‌تناوب عنصر $_{37}Rb$، ید با عدد اتمی ۵۳ است.

عبارت (ب): یون $_{20}Ca^{2+}$ دارای ۱۸ الکترون است. پس تعداد الکترون‌های یون X^- نیز برابر با ۱۸ خواهد بود و این عنصر، کلر با عدد اتمی ۱۷ است. گاز کلر در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. عبارت (پ): در واکنش فلز سدیم با گاز کلر، نور زرد رنگ تولید می‌شود. عبارت (ت): تعداد الکترون‌های با $l=1$ در عنصر کلسیم برابر ۱۲ و تعداد الکترون‌های با $l=2$ در عنصر استرانسیم برابر ۱۰ است.

$$_{20}Ca: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 \qquad _{38}Sr: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^2$$

عبارت (ث): اتم C در تناوب پنجم قرار دارد، بنابراین در آرایش الکترونی فشردهٔ آن از نماد گاز نجیب تناوب چهارم ($_{36}Kr$) استفاده می‌شود.

$$_{36}Kr: 1s^2 2s^2 \underline{2p^6} 3s^2 \underline{3p^6} 3d^{10} 4s^2 \underline{4p^6}$$

B ۹۱۳ ۲ در عنصرهای مربوط به یک دوره از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می‌یابد، بنابراین در یک دوره با افزایش عدد اتمی واکنش‌پذیری فلزها کاهش و واکنش‌پذیری نافلزها افزایش می‌یابد، در نتیجه واکنش‌پذیری D از C کمتر و واکنش‌پذیری عنصر F از E بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در عنصرهای دورهٔ سوم، اختلاف شعاع اتمی عنصرهای اول و دوم (سدیم و منیزیم) از اختلاف شعاع اتمی عنصرهای ششم و هفتم (گوگرد و کلر) بیشتر است. گزینهٔ (۳): F نشان‌دهندهٔ عنصر کلر است که در دمای اتاق با گاز هیدروژن به آرامی واکنش می‌دهد. گزینهٔ (۴): شعاع اتمی عنصرها در یک گروه از بالا به پایین افزایش و از چپ به راست کاهش می‌یابد، بنابراین هر چه عنصری در جدول چپ‌تر و پایین‌تر باشد، شعاع اتمی بزرگ‌تری خواهد داشت.

B ۹۱۴ ۴ ابتدا باید عناصر A، D و E را با کمک آرایش الکترونی یون پایدار آن‌ها پیدا کنیم:

$A^{2-}: \ldots 4p^6 \Rightarrow A: [_{18}Ar] 3d^{10} 4s^2 4p^4 \Rightarrow$ A همان $_{34}Se$ است. $\qquad D^{3+}: \ldots 3p^6 \Rightarrow D: [_{18}Ar] 3d^1 4s^2 \Rightarrow$ D همان $_{21}Sc$ است.

$E^{3+}: \ldots 3d^5 \Rightarrow E: [_{18}Ar] 3d^6 4s^2 \Rightarrow$ E همان $_{26}Fe$ است.

عنصر A، در گروه ۱۶ جدول دوره‌ای قرار دارد. یکی از عناصر هم‌گروه با عنصر A، گوگرد ($_{16}S$) است که عدد اتمی آن برابر ۱۶ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عنصر E در گروه ۸ و عنصر D در گروه ۳ جدول دوره‌ای عنصرها جای دارد. گزینهٔ (۲): عناصر D و E جزء عناصر واسطه هستند. در هر دوره از جدول، واکنش‌پذیری فلزهای اصلی از جمله فلزهای قلیایی بیشتر از واکنش‌پذیری فلزهای واسطه است.

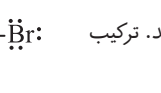
* **توجه** مقایسهٔ واکنش‌پذیری فلزها در یک دوره به‌صورت مقابل است: عناصر واسطه < گروه ۱۳ < گروه ۲ < گروه ۱: واکنش‌پذیری

گزینهٔ (۳): عنصر A، یک نافلز بوده که تمایل به دریافت الکترون و یا تشکیل پیوند اشتراکی با دیگر اتم‌ها دارد؛ در حالی‌که عنصر هم‌دورهٔ A در گروه ۱۸، کریپتون ($_{36}Kr$) است که یک گاز نجیب بوده و تمایلی به شرکت در واکنش‌های شیمیایی ندارد.

B ۹۱۵ ۲ عناصر X، M، D و Y به ترتیب معادل با فسفر ($_{15}P$)، آلومینیم ($_{13}Al$)، برم ($_{35}Br$) و کروم ($_{24}Cr$) هستند. برم دارای ۸ الکترون در زیرلایهٔ s است در حالی که کروم ۷ الکترون در زیرلایهٔ s دارد. بین دو عنصر ($_{35}Br$) و ($_{24}Cr$)، ۱۰ عنصر وجود دارد که از بین آن‌ها دو عنصر ($_{32}Ge$) و ($_{33}As$) شبه‌فلز هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): شعاع اتمی آلومینیم از فسفر بیشتر است، زیرا در یک دوره از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می‌یابد. آلومینیم اکسیدی با فرمول شیمیایی Al_2O_3 و کروم، دو اکسید پایدار با فرمول‌های CrO و Cr_2O_3 تشکیل می‌دهد. گزینهٔ (۳): ترکیب حاصل از آلومینیم و فسفر به صورت AlP و ترکیب حاصل از کروم و برم می‌تواند به صورت $CrBr_2$ یا $CrBr_3$ باشد که در هر دو حالت نسبت شمار آنیون به کاتیون در آن‌ها بزرگ‌تر از ترکیب AlP است.

گزینهٔ (۴): برم در دمای $200^\circ C$ با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد؛ از این‌رو قطعاً در دمای ۵۰۰ کلوین با هیدروژن واکنش می‌دهد. ترکیب حاصل از برم و فسفر با فرمول مولکولی PBr_3 یک مولکول قطبی به شمار می‌رود.



C ۹۱۶ ۳ عبارت‌های اول، دوم، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: برای تعیین عدد اتمی عنصر X باید به این نکته توجه داشته باشید که در دوره‌های ۶ و ۷ جدول دوره‌ای در میان عناصر دستهٔ s و d، عناصر دستهٔ f قرار دارند، بنابراین عدد اتمی عنصر X، ۱۵ عدد از عنصر هم‌دوره‌اش که در گروه ۲ قرار دارد و عدد اتمی آن برابر ۵۶ است، بیشتر بوده و عدد اتمی آن برابر ۷۱ می‌باشد. عبارت دوم: عناصر D و E به ترتیب نیتروژن و فسفر هستند و در دمای اتاق، عنصر D، در حالت آزاد به‌صورت مولکول‌های دواتمی N_2 با حالت فیزیکی گاز و عنصر E، در حالت آزاد به‌صورت مولکول‌های P_4 با حالت فیزیکی جامد وجود دارد. عبارت سوم: در هر دوره از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش می‌یابد؛ بنابراین عنصر D نسبت به عنصر A شعاع اتمی کوچک‌تری دارد. در هر گروه نیز از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می‌یابد، بنابراین عنصر D نسبت به عنصر E شعاع کوچک‌تری دارد. عبارت چهارم: عناصر G و A، به‌ترتیب $_{21}Sc$ و $_{5}B$ بوده و فرمول اکسید این دو عنصر به ترتیب Sc_2O_3 و B_2O_3 است. شمار اتم‌ها در واحد فرمولی هر دو ترکیب برابر ۵ است. عبارت پنجم: عنصر M، همان ژرمانیم ($_{32}Ge$) است که در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد و یک شبه‌فلز است. نخستین عنصر گروه ۱۴، کربن ($_{6}C$) است که یک نافلز است. ژرمانیم نسبت به کربن خاصیت فلزی بیشتری دارد. همچنین عنصر Y، همان برم ($_{35}Br$) است که خاصیت نافلزی بیشتری نسبت به ژرمانیم دارد؛ بنابراین ژرمانیم نسبت به هر دو عنصر C و $_{35}Br$، خاصیت فلزی بیشتری دارد.

C ۹۱۷ ۲ عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فعال‌ترین نافلز، فلوئور با آرایش الکترون - نقطه‌ای $(\dot{\underset{\cdot\cdot}{F}}\cdot)$ و نافلزی که رسانای الکتریسیته است، کربن بوده که آرایش الکترون - نقطه‌ای آن به‌صورت $(\dot{C}\cdot)$ می‌باشد. فرمول مولکولی ترکیب حاصل از واکنش این دو نافلز به‌صورت CF_4 است. عبارت (ب): سیلیسیم $(_{14}Si)$ نخستین عنصری از تناوب سوم است که در اثر ضربه خرد می‌شود و فسفر $(_{15}P)$ نخستین عنصر نارسانای این تناوب است. شعاع اتمی Si بیشتر از P است. عبارت (پ): کلر $(_{17}Cl)$ سنگین‌ترین هالوژنی است که در دمای اتاق به شکل گازی وجود دارد. این گاز در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. عبارت (ت): کلر گاز زرد رنگ و گوگرد جامد زرد رنگ تناوب سوم است و شعاع اتمی گوگرد از کلر بیشتر است. عبارت (ث): هرچه عدد اتمی یک هالوژن بیشتر باشد، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری آن کمتر بوده و در دمای بالاتری با گاز H_2 وارد واکنش می‌شود. در میان فلزات تناوب سوم هرچه عدد اتمی بیشتر باشد، واکنش‌پذیری کمتر است.

C ۹۱۸ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: دقت کنید که در هر گروه از جدول تناوبی، نافلزات بالاتر از شبه‌فلزات و فلزات (به شرط وجود) قرار دارند. برای مثال در گروه چهاردهم جدول دوره‌ای، نافلز کربن بالاتر از شبه‌فلزهای سیلیسیم و ژرمانیم قرار دارد و عدد اتمی آن نیز کوچک‌تر است. عبارت دوم: در هر دوره از جدول تناوبی از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش می‌یابد. با صرف‌نظر از گازهای نجیب، هالوژن‌های موجود در هر دوره کمترین شعاع اتمی را در بین عناصر هم‌دورهٔ خود دارند. عبارت سوم: در میان هالوژن‌های جدول دوره‌ای، در دمای اتاق، دو عنصر فلوئور $(_9F)$ و کلر $(_{17}Cl)$ به حالت گاز بوده، برم $(_{35}Br)$ به حالت مایع و ید (I) به حالت جامد است؛ بنابراین عنصر X قطعاً در دوره‌های چهارم و بعد از آن قرار داشته و عدد اتمی آن بزرگ‌تر از ۱۷ است و نمی‌تواند در سه دورهٔ ابتدایی جدول جای داشته باشد. عبارت چهارم: عنصر $_{12}Z$ همان منیزیم $(_{12}Mg)$ است که در واکنش با نافلزات، کاتیون Mg^{2+} ایجاد می‌کند. می‌دانیم که نافلزات گروه ۱۶ (مانند اکسیژن و گوگرد) در واکنش با فلزات، آنیون (-2) ایجاد می‌کنند؛ بنابراین فرمول کلی ترکیبات حاصل از آن‌ها به صورت ZX می‌باشد. عبارت پنجم: دقت کنید که در هر دورهٔ جدول تناوبی با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی کاهش و خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. برای مثال خصلت نافلزی و عدد اتمی $_8O$ از $_7N$ بیشتر است، پس نافلز M که واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به نافلز X دارد، اگر هر دو از عناصر یک دوره باشند، عدد اتمی M از X بیشتر خواهد بود.

C ۹۱۹ ۴ با توجه به نمودار کتاب درسی، تفاوت شعاع اتمی دو عنصر متوالی در دورهٔ سوم به صورت کلی کاهش می‌یابد؛ اما این روند بین دو عنصر آلومینیم و سیلیسیم نقض شده و تفاوت شعاع اتمی آن‌ها افزایش می‌یابد، به طوری که این دو عنصر بیشترین تفاوت شعاع اتمی را بین دو عنصر متوالی دارند. ترتیب شعاع اتمی عناصر داده شده به صورت $C>A>E>B>D$ است. تفاوت شعاع اتمی عناصر متوالی در بین آن‌ها به طور کلی کاهش می‌یابد؛ اما بین دو عنصر A و E، افزایش محسوسی دارد؛ بنابراین دو عنصر A و E به ترتیب Al و Si بوده و عناصر B، C و D به ترتیب Mg، P و S هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: شبه‌فلزهای جدول دوره‌ای ۸ تا هستند که همگی در دستهٔ p قرار گرفته‌اند. در گروه ۱۳، بور $(_5B)$، در گروه ۱۴، سیلیسیم $(_{14}Si)$ و ژرمانیم $(_{32}Ge)$، در گروه ۱۵، آرسنیک $(_{33}As)$ و آنتیموان $(_{51}Sb)$، در گروه ۱۶، تلوریم $(_{52}Te)$ و پولونیم $(_{84}Po)$ و در گروه ۱۷، استاتین $(_{85}At)$ جای دارد. همهٔ عناصر مد نظر به‌جز منیزیم، حداقل با یک شبه‌فلز هم‌گروه هستند. مورد دوم: عنصر منیزیم واکنش‌پذیری بالایی دارد و با عنصر گوگرد به شدت واکنش می‌دهد؛ اما دقت کنید که عنصر سدیم است که در واکنش با سایر عناصر از خود نور زردرنگ ساطع می‌کند. مورد سوم: فسفر یک نافلز است و در واکنش با سایر عناصر، الکترون می‌گیرد یا به اشتراک می‌گذارد. همچنین منیزیم یک فلز است و در واکنش با نافلزها، الکترون از دست می‌دهد؛ بنابراین هر دو عنصر فسفر و منیزیم در واکنش با سایر عناصر الکترون مبادله می‌کنند. مورد چهارم: سیلیسیم یک شبه‌فلز است. شبه‌فلزها همانند مرزی بین فلزها و نافلزها قرار دارند. خواص فیزیکی شبه‌فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده، در حالی که رفتار شیمیایی آن‌ها همانند نافلزهاست.

C ۹۲۰ ۳ به‌جز مورد (ب)، سایر مقایسه‌ها نادرست هستند. **بررسی عنصرها:** عنصر (A): عنصر به کار رفته در ساخت لامپ‌های رشته‌ای آرگون $(_{18}Ar)$ است؛ بنابراین عنصر شبه‌فلزی هم‌دورهٔ آن سیلیسیم $(_{14}Si)$ می‌باشد. عنصر (B): از بخار سدیم در ساخت لامپ‌های زرد رنگ خیابان‌ها و بزرگراه‌ها استفاده می‌شود؛ پس B همان سدیم $(_{11}Na)$ است. عنصر (C): با بررسی عناصر این گروه متوجه می‌شویم که مقدار $n+l$ الکترون‌های ظرفیت برابر ۱۸ است:

$$_{32}Ge:[_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\times\underbrace{(4+0)}_{4s}+2\times\underbrace{(4+1)}_{4p}=18$$

عنصر (D): در دورهٔ دوم، ترکیب کربن با اکسیژن می‌تواند به مولکول کربن مونوکسید منجر شود که بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است؛ پس D همان کربن $(_6C)$ است. عنصر (E): به منظور شناسایی یون نقرهٔ موجود در یک محلول، آن را با واکنش دادن با یون کلرید $(_{17}Cl^-)$ رسوب داده و بدین ترتیب شناسایی می‌شود؛ E همان کلر $(_{17}Cl)$ است. **بررسی مقایسه‌ها:** مقایسهٔ (الف): مقایسهٔ درست شعاع اتمی سه عنصر به صورت «$E(_{17}Cl)<A(_{14}Si)<B(_{11}Na)$» است. مقایسهٔ (ب): خصلت فلزی سدیم (B) از ژرمانیم (C) که شبه‌فلز است، بیشتر و آن هم از کربن (D) که نافلز است، بیشتر است؛ پس مقایسهٔ «$B(_{11}Na)>C(_{32}Ge)>D(_6C)$» در مورد خصلت فلزی درست است. مقایسهٔ (پ): شکل درست این مقایسه به صورت $D(_6C)<B(_{11}Na)<A(_{14}Si)<C(_{32}Ge)$ است. مقایسهٔ (ت): آرایش الکترونی سه عنصر را رسم می‌کنیم:

$$A \Rightarrow {}_{14}Si:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 \Rightarrow ۴ \text{ زیر لایهٔ پر شده}$$

$$E \Rightarrow {}_{17}Cl:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \Rightarrow ۴ \text{ زیر لایهٔ پر شده}$$

$$C \Rightarrow {}_{32}Ge:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2 \Rightarrow ۷ \text{ زیر لایهٔ پر شده}$$

بنابراین مقایسهٔ مطرح شده باید به صورت $C(_{14}Si)=E(_{17}Cl)<C(_{32}Ge)$ باشد. مقایسهٔ (ث): شمارهٔ گروه Si، Na، C و Cl به ترتیب برابر ۱۴، ۱، ۱۴ و ۱۷ است؛ بنابراین مقایسهٔ داده شده باید به صورت «$B(_{11}Na)<D(_6C)=A(_{14}Si)<E(_{17}Cl)$» باشد.

A ۹۲۱ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (پ): فلزهای دستهٔ d، دسته‌ای از عنصرهای جدول دوره‌ای هستند که زیرلایهٔ d اتم آن‌ها در حال پر شدن است. نخستین سری از این فلزها در دورهٔ چهارم جدول جای دارند. عبارت (ت): به‌طور کلی، در یک دوره از چپ به راست شعاع اتمی و خصلت فلزی کاهش می‌یابد. پس فلزهای دستهٔ d، شعاع و خصلت فلزی (فعالیت شیمیایی) کمتری نسبت به فلزهای هم‌تناوب خود در دستهٔ s دارند.

B ۹۲۲ ۱ عبارت‌های (الف) و (ث) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به جدول دوره‌ای، عناصر واسطه در گروه‌های ۳ تا ۱۲ قرار داشته و تعداد آن‌ها برابر ۴۰ عدد است؛ پس حدود ۳۴٪ عناصر جدول را عناصر واسطه تشکیل داده است: درصد عناصر واسطه در جدول $=\frac{۴۰}{۱۱۸}\times ۱۰۰\simeq ٪۳۴$

عبارت (ب): اغلب فلزهای واسطه در طبیعت به شکل ترکیب‌های یونی همچون اکسیدها، کربنات‌ها و ... یافت می‌شوند. عبارت (پ): رنگ‌های زیبای سنگ‌های گران‌بها، نشانی از وجود برخی ترکیب‌های فلزهای واسطه در آن‌هاست. عبارت (ت): اتم اغلب فلزهای واسطه با تشکیل کاتیون به آرایش گاز نجیب دست نمی‌یابند.

★ **نکته** اسکاندیم $({}_{۲۱}Sc)$ فلزی واسطه از گروه ۳ و دورهٔ ۴ با آرایش الکترونی $[{}_{۱۸}Ar]۳d^{۱}۴s^{۲}$ است. این اتم با از دست دادن سه الکترون به یون $Sc^{۳+}$ تبدیل شده و یکی از معدود فلزهای واسطه‌ای است که کاتیون آن به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب می‌رسد.

عبارت (ث): اغلب عنصرهای واسطه دارای چند کاتیون با بارهای الکتریکی متفاوت هستند که به چهار نمونه از آن‌ها در جدول زیر اشاره شده است.

عنصر	مس (Cu)		کروم (Cr)		آهن (Fe)		وانادیم (V)	
نماد یون	$Cu^{۲+}$	Cu^{+}	$Cr^{۳+}$	$Cr^{۲+}$	$Fe^{۳+}$	$Fe^{۲+}$	$V^{۳+}$	$V^{۲+}$

B ۹۲۳ ۲ آهن $({}_{۲۶}Fe)$ و مس $({}_{۲۹}Cu)$ به‌ترتیب ششمین و نهمین فلز واسطهٔ جدول دوره‌ای هستند. آهن دو یون پایدار با بارهای ۲+ و ۳+ و مس دو یون پایدار با بارهای ۱+ و ۲+ تشکیل می‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ژرمانیم $({}_{۳۲}Ge)$ عنصری از دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای است. اولین سری از فلزهای واسطه در تناوب چهارم قرار داشته و شامل عنصرهایی با اعداد اتمی ۲۱ تا ۳۰ می‌باشند. گزینهٔ (۳): آرایش الکترونی دو عنصر کروم $({}_{۲۴}Cr)$ و مس $({}_{۲۹}Cu)$ از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند؛ این عنصرها که در دستهٔ d قرار دارند، در آخرین زیرلایهٔ خود تنها ۱ الکترون دارند. گزینهٔ (۴): نخستین فلز واسطه، اسکاندیم $({}_{۲۱}Sc)$ است که در ساخت وسایل خانه مانند تلویزیون رنگی و برخی شیشه‌ها کاربرد دارد.

B ۹۲۴ ۴ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نماد شیمیایی سومین فلز واسطهٔ دورهٔ چهارم، وانادیم $({}_{۲۳}V)$، به‌صورت تک‌حرفی است.

عبارت (ب): فلزهای واسطه در گروه‌های ۳ تا ۱۲ جدول دوره‌ای قرار دارند. عبارت (پ): فلزهای دستهٔ d به هنگام تشکیل کاتیون، ابتدا الکترون‌های زیرلایهٔ s $(l=۰)$ آخرین لایهٔ خود را از دست می‌دهند. عبارت (ت): در میان فلزات دستهٔ p جدول دوره‌ای، فقط آلومینیم با از دست دادن الکترون به آرایش گاز نجیب دورهٔ قبل خود می‌رسد و دیگر فلزهای این دسته به چنین آرایشی دست نمی‌یابند. عبارت (ث): در آرایش الکترونی عناصر واسطهٔ تناوب ۴، آخرین الکترون به زیرلایهٔ ۳d وارد می‌شود.

B ۹۲۵ ۲ موارد (ب) و (ت) برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب هستند. آرایش الکترونی عنصر آهن با عدد اتمی ۲۶ به‌صورت $Fe:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}۳d^{۶}۴s^{۲}{}_{۲۶}$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به آرایش لایهٔ ظرفیت $(۳d^{۶}۴s^{۲})$، این اتم دارای ۸ الکترون ظرفیت است. عبارت (ب): این عنصر در گروه ۸ و دورهٔ ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. عبارت (پ): در این اتم ۷ زیرلایه از الکترون اشغال شده‌اند که ۶ زیرلایه از آن‌ها پر است. عبارت (ت): این اتم دارای ۱۲ الکترون در زیرلایه‌های p $(l=۱)$ و ۶ الکترون در زیرلایهٔ d $(l=۲)$ است که در مجموع تعداد الکترون‌های با $l\geq ۱$، برابر ۱۸ می‌باشد.

B ۹۲۶ ۲ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. یون $X^{۲+}$ دارای ۲۲ الکترون است. پس اتم خنثی X، ۲۴ الکترون دارد و آرایش الکترونی آن به‌صورت زیر است:

$Cr:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}۳d^{۵}۴s^{۱}{}_{۲۴}$

نسبت شمار زیرلایه‌های پر به نیمه‌پر در عنصر $Cr{}_{۲۴}$ برابر $۲/۵\ (\frac{۵}{۲})$ است. این عنصر جزء فلزهای دستهٔ d و در گروه ۶ و دورهٔ ۴ است و کاتیون‌های پایدار آن به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند. **بررسی عبارت (پ):** با توجه به آرایش الکترونی اتم $Cr{}_{۲۴}$، آرایش الکترونی کاتیون $Cr^{۳+}{}_{۲۴}$ به‌صورت زیر است. پس در این کاتیون، ۱۱ الکترون با $n=۳$ وجود دارد.

$Cr^{۳+}:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}\underbrace{۳s^{۲}۳p^{۶}۳d^{۳}}_{\text{لایهٔ سوم}}{}_{۲۴}$

C ۹۲۷ ۳ به‌جز عبارت (الف)، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کاتیون ترکیب CuCl یون $Cu^{+}{}_{۲۹}$ است:

$Cu:[{}_{۱۸}Ar]۳d^{۱۰}۴s^{۱}{}_{۲۹}\xrightarrow{-e^{-}}Cu^{+}:[{}_{۱۸}Ar]۳d^{۱۰}$

آرایش الکترونی $V{}_{۲۳}$ به صورت مقابل است: $V:[{}_{۱۸}Ar]۳d^{۳}۴s^{۲}{}_{۲۳}$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در بیرونی‌ترین زیرلایهٔ این اتم، یعنی $۴s^{۲}$، تعداد ۲ الکترون وجود دارد. عبارت (ب): آرایش الکترونی یون $Fe^{۳+}$ به صورت زیر است:

$Fe:[{}_{۱۸}Ar]۳d^{۶}۴s^{۲}{}_{۲۶}\xrightarrow{-۳e^{-}}Fe^{۳+}:[{}_{۱۸}Ar]\underline{۳d^{۵}}\Rightarrow$ یک زیرلایهٔ نیمه‌پر

یون پایدار عنصر روی، $Zn^{۲+}$ است: $Zn:[{}_{۱۸}Ar]۳d^{۱۰}۴s^{۲}{}_{۳۰}\xrightarrow{-۲e^{-}}Zn^{۲+}:[{}_{۱۸}Ar]۳d^{۱۰}$

با توجه به آرایش الکترونی، در این یون همهٔ زیرلایه‌های حاوی الکترون، پر هستند. عبارت (پ): آرایش الکترونی یک عنصر، همواره یا به زیرلایهٔ p و یا به زیرلایهٔ s ختم می‌شود؛ بنابراین اگر آرایش گونه‌ای به زیرلایهٔ d ختم شده باشد، آن گونه قطعاً الکترون‌های زیرلایهٔ s بیرونی خود را قبلاً از دست داده است و یک کاتیون است. اگر آرایش الکترونی گونه‌ای به $ns^{۲}$ ختم شده باشد، آن گونه می‌تواند اتمی از گروه ۲، عنصری از دسته‌های d یا f و یا عنصر هلیم باشد. از طرفی ممکن است متعلق به یون‌های Li^{+} یا H^{-} باشد. $(Li^{+}:۱s^{۲})$ عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم‌های Co، ۲۷ Ni، ۲۸ و Ge ۳۲ به صورت زیر است:

$Ni:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}\underline{۳d^{۸}}۴s^{۲}\Rightarrow l=۲$ ۸ الکترون با

$Co:۱s^{۲}۲s^{۲}۲p^{۶}۳s^{۲}۳p^{۶}\underline{۳d^{۷}}۴s^{۲}\Rightarrow l=۲$ ۷ الکترون با

$Ge:۱s^{۲}۲s^{۲}\underline{۲p^{۶}}۳s^{۲}\underline{۳p^{۶}}۳d^{۱۰}۴s^{۲}\underline{۴p^{۲}}\Rightarrow l=۱$ ۱۴ الکترون با

B ۹۲۸ ۲

نکته‌ترکیبی **آرایش الکترونی گونه‌های مختلف به چه زیرلایه(هایی) ختم می‌شود؟** ۱- آرایش الکترونی عناصر گروه‌های ۱، ۶ و ۱۱ در حالت اتمی به زیرلایهٔ ns^1 ختم می‌شود. ۲- آرایش الکترونی عناصر گروه‌های ۲ تا ۵، ۷ تا ۱۰ و گروه ۱۲ در حالت اتمی به زیرلایهٔ ns^2 $(n\geq 2)$ ختم می‌شود. ۳- آرایش الکترونی کاتیون پایدار عناصر دستهٔ d (به‌جز گروه سوم) و گروه ۱۳ (به‌جز $_{13}Al$) به زیرلایهٔ nd^x ختم می‌شود. (حواستون باشه که $_5B$ یک شبه‌فلز است و یون تشکیل نمی‌دهد.) ۴- کاتیون عناصر گروه‌های اول و دوم (به جز $_3Li$ و $_4Be$)، به ns^2np^6 ختم می‌شوند.

زیرلایهٔ با $n=3$ و $l=2$ و با ۶ الکترون، زیرلایهٔ $3d^6$ و متعلق به یک کاتیون است. آرایش الکترونی فشردهٔ عنصر فلزی اولیهٔ آن، $[_{18}Ar]3d^6 4s^2$ است. فلز واسطه‌ای که در دورهٔ چهارم و گروه هشتم جدول تناوبی جای دارد با از دست دادن دو الکترون زیرلایهٔ $4s^2$، کاتیونی با دو بار مثبت و با نماد M^{2+} به وجود می‌آید. ممکن است کاتیون مورد نظر از فلز واسطهٔ دورهٔ چهارم و گروه نهم (Co^{3+}) هم باشد.

C ۹۲۹ ۲ مورد a: در دورهٔ چهارم، عنصرهای $_{19}K$ و $_{29}Cu$ دارای زیرلایهٔ 4s نیمه‌پر $(4s^1)$، عنصر $_{25}Mn$ دارای زیرلایهٔ 3d نیمه‌پر $(3d^5)$، عنصر $_{24}Cr$ دارای زیرلایه‌های 3d و 4s نیمه‌پر $(3d^5 4s^1)$ و عنصر $_{33}As$ دارای زیرلایهٔ 4p نیمه‌پر $(4p^3)$ است. (مجموعاً ۵ عنصر) مورد b: از میان عنصرهای واسطهٔ دورهٔ چهارم، عنصرهای $_{29}Cu$ و $_{30}Zn$ دارای زیرلایهٔ 3d پر هستند. (مجموعاً ۲ عنصر) $_{30}Zn:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2$ $_{29}Cu:[_{18}Ar]3d^{10}4s^1$

مورد c: در دورهٔ چهارم، عنصر $_{20}Ca$ از دستهٔ s و عنصرهای $_{21}Sc$، $_{22}Ti$، $_{23}V$، $_{25}Mn$، $_{26}Fe$، $_{27}Co$، $_{28}Ni$ و $_{30}Zn$ از دستهٔ d در آخرین زیرلایهٔ خود (4s) دارای ۲ الکترون هستند. همچنین از دستهٔ p، عنصر $_{32}Ge$ در آخرین زیرلایهٔ خود (4p) دارای ۲ الکترون است. (مجموعاً ۱۰ عنصر) مورد d: عنصر گالیم که در گروه ۱۳ جدول دوره‌ای قرار دارد، با از دست دادن سه الکترون و تشکیل یون پایدار $_{31}Ga^{3+}$ به آرایش گاز نجیب می‌رسد: $_{31}Ga^{3+}:[_{18}Ar]3d^{10}$

نکته‌ترکیبی **برخی سؤالات رایج دربارهٔ آرایش الکترونی عناصر دورهٔ چهارم:** ۱- کدام عناصر دورهٔ چهارم حداقل یک زیرلایهٔ نیمه‌پر دارند؟ $_{19}K$، $_{24}Cr$، $_{29}Cu$ و $_{33}As$ ۲- کدام عناصر دورهٔ چهارم آخرین الکترونی که می‌پذیرند، در یک زیرلایهٔ نیمه‌پر قرار دارد؟ $_{19}K$، $_{24}Cr$ و $_{33}As$ ۳- آرایش الکترونی کدام عناصر دورهٔ چهارم به زیرلایهٔ تک‌الکترونی ختم می‌شود؟ $_{19}K$، $_{24}Cr$، $_{29}Cu$ و $_{31}Ga$ ۴- کدام عناصر دورهٔ چهارم، آخرین الکترونی که می‌پذیرند در یک زیرلایهٔ تک‌الکترونی قرار می‌گیرد؟ $_{19}K$، $_{21}Sc$ و $_{31}Ga$ ۵- کدام عناصر دورهٔ چهارم دارای زیرلایهٔ 3d پر هستند؟ یا لایهٔ سوم پر دارند؟ $_{24}Cr$، $_{29}Cu$، $_{31}Ga$، $_{32}Ge$، $_{33}As$، $_{34}Se$، $_{35}Br$ و $_{36}Kr$

C ۹۳۰ ۳ عبارت‌های (الف) و (پ) جای خالی عبارت را به‌درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در میان عناصر واسطهٔ دورهٔ چهارم، در آرایش الکترونی $_{29}Cu$ و $_{30}Zn$، ده الکترون عددهای کوانتومی $n=3$ و $l=2$ دارند، یعنی در زیرلایهٔ 3d آن‌ها ۱۰ الکترون وجود دارد.

$_{30}Zn:[Ar]\underline{3d^{10}}4s^2$ $_{29}Cu:[Ar]\underline{3d^{10}}4s^1$

عبارت (ب): همهٔ عناصر واسطهٔ دورهٔ چهارم، دو الکترون با اعداد کوانتومی $n=3$ و $l=0$ (زیرلایهٔ 3s) دارند. به‌عبارتی در آرایش الکترونی همهٔ این عناصر زیرلایهٔ 3s به‌طور کامل از الکترون پر شده است و عنصری که یک الکترون در این زیرلایه داشته باشد، در این دسته از عنصرها جای ندارد. عبارت (پ): در آرایش الکترونی $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$، در آخرین لایهٔ الکترونی (لایهٔ الکترونی چهارم)، تنها یک الکترون وجود دارد. $_{29}Cu:[Ar]3d^{10}\underline{4s^1}$ $_{24}Cr:[Ar]3d^5\underline{4s^1}$

عبارت (ت): همهٔ عناصر واسطهٔ دورهٔ چهارم، شش الکترون با عددهای کوانتومی $n=3$ و $l=1$ (زیرلایهٔ 3p) دارند؛ زیرا طبق قاعدهٔ آفبا، پیش از ورود الکترون به زیرلایهٔ 4s، زیرلایهٔ 3p باید به‌طور کامل پر شده باشد و در واقع، عنصری که ۱۲ الکترون در زیرلایهٔ 3p داشته باشد، وجود ندارد.

C ۹۳۱ ۲ M همان عنصر $_{27}Co$ است. آرایش الکترونی این عنصر به‌صورت زیر است:

$$_{27}Co:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{3d^7 4s^2}_{\text{الکترون‌های ظرفیت}}$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت، این عنصر در دستهٔ d قرار دارد و دارای ۹ الکترون ظرفیت است. گزینهٔ (۲): ترکیب MSO_4 متشکل از کاتیون $_{27}M^{2+}$ و آنیون SO_4^{2-} است. با توجه به آرایش الکترونی کاتیون $_{27}M^{2+}$، در آخرین زیرلایهٔ این کاتیون ۷ الکترون وجود دارد.

$$_{27}M^{2+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$$

گزینهٔ (۳): ترکیب MCl_3 متشکل از کاتیون $_{27}M^{3+}$ و آنیون Cl^- و ترکیب $Fe_3(PO_4)_2$ متشکل از کاتیون $_{26}Fe^{2+}$ و آنیون PO_4^{3-} است.

$_{27}M^{3+}:[_{18}Ar]3d^6$ $_{26}Fe^{2+}:[_{18}Ar]3d^6$

گزینهٔ (۴): در آرایش الکترونی $_{27}Co$، ۷ الکترون در زیرلایهٔ d، با $l=2$ وجود دارد. ۷ الکترون با $l=0$ $\rightarrow 1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}\underline{4s^1}$: آرایش الکترونی مس

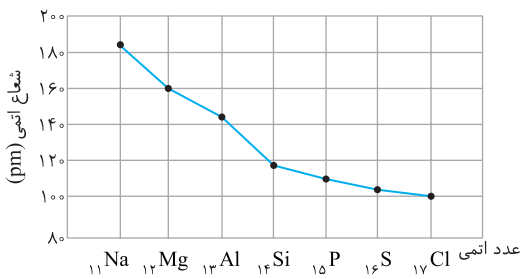
B ۹۳۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. عنصرهای A، B، C و D به‌ترتیب $_{26}Fe$، $_{30}Zn$، $_{22}Ti$ و $_{29}Cu$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آهن $(_{26}Fe)$ دارای دو اکسید FeO و Fe_2O_3 است. اکسید Fe_2O_3 متشکل از کاتیون Fe^{3+} و آنیون O^{2-} است و شمار آنیون‌ها در آن ۱/۵ برابر شمار کاتیون‌هاست. آرایش الکترونی کاتیون $_{26}Fe^{3+}$ به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$ است. این گونه دارای ۵ الکترون در زیرلایهٔ 3d $(l=2)$ است. عبارت (ب): آرایش الکترونی کاتیون $_{30}Zn^{2+}$ به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ است. این یون دارای ۱۸ الکترون با $n=3$ و ۶ الکترون با $l=0$ است.

عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصر $_{22}Ti$ به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$ است. این عنصر دارای ۵ زیرلایهٔ ۲ الکترونی است. عبارت (ت): لایهٔ ظرفیت عنصر $_{29}Cu$ به‌صورت $3d^{10} 4s^1$ است. مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی این الکترون‌ها برابر است با:

$_{29}Cu$ مجموع n و l الکترون‌های لایهٔ ظرفیت $= 10(3+2)+1(4+0)=54$

B ۹۳۳ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. آرایش الکترونی اتم عنصر M به صورت $[Ar]3d^5 4s^2$ است که معادل با عنصر منگنز $(_{25}Mn)$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): منگنز در دورهٔ چهارم و گروه هفتم جدول دوره‌ای قرار دارد. عبارت (ب): طبق شکل کتاب درسی ترکیب یونی منگنز (II) کربنات به رنگ صورتی است. عبارت (پ): آرایش الکترونی کاتیون $_{21}Sc^{3+}$ مشابه با آرایش الکترونی $_{18}Ar$ است، در حالی که آرایش الکترونی یون Mn^{2+} مشابه هیچ گاز نجیبی نیست. عبارت (ت): آرایش الکترونی منگنز به صورت مقابل است و ۸ الکترون در زیرلایهٔ s دارد: $_{25}Mn: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$

B ۹۳۴ ۱ عبارت‌های (الف) و (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اسکاندیم نخستین عنصر واسطهٔ جدول تناوبی است و به سبب فلز بودن، رسانای جریان الکتریکی است و قابلیت مفتول شدن دارد. عبارت (ب): در یک گروه با افزایش عدد اتمی خصلت فلزی افزایش و در یک تناوب با افزایش عدد اتمی خصلت فلزی کاهش می‌یابد. عبارت (پ): با توجه به نمودار مقابل که مربوط به شعاع اتمی عناصر دورهٔ سوم جدول دوره‌ای است، شیب تغییرات شعاع اتم‌های فلزی ($_{11}Na$، $_{12}Mg$ و $_{13}Al$) بیشتر از شیب تغییرات شعاع اتم‌های نافلزی ($_{15}P$، $_{16}S$ و $_{17}Cl$) است. عبارت (ت): هلیم $(_2He)$، یکی از عناصر دستهٔ s است. عنصر $_2He$ را به دلیل واکنش‌ناپذیر بودن، در گروه گازهای نجیب، یعنی گروه ۱۸ قرار داده‌اند؛ از این رو عنصر هلیم در سمت راست جدول تناوبی قرار گرفته است.



B ۹۳۵ ۳ شکل صورت تست، عناصر دوره‌های دوم تا چهارم گروه‌های ۸ تا ۱۷ جدول دوره‌ای را نمایش می‌دهد. عناصر W، X، Y و Z به ترتیب گوگرد، آهن، سیلیسیم و برم هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): سیلیسیم (Y) یک عنصر شبه‌فلزی و نیمه‌رسانا است و رسانایی الکتریکی آن از آهن (X) که یک فلز و رسانا می‌باشد، کمتر است. گزینهٔ (۲): گوگرد (W) نافلز است. این عنصر در طبیعت به صورت جامد زردرنگ یافت می‌شود. نافلزها چکش‌خوار نیستند و در اثر ضربه خرد می‌شوند. گزینهٔ (۳): برم (Z) هالوژنی است که در دمای $200^\circ C$ باگاز هیدروژن واکنش می‌دهد. گزینهٔ (۴): آهن (X) عنصری فلزی است که دو کاتیون پایدار $_{26}Fe^{2+}$ و $_{26}Fe^{3+}$ را تشکیل می‌دهد. این فلز در طبیعت به صورت دو اکسید FeO و Fe_2O_3 یافت می‌شود.

C ۹۳۶ ۲ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آرایش الکترونی عنصر $_{28}Z$ به صورت زیر است:

$_{28}Z: [_{18}Ar]\underbrace{3d^8 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow$ شمارهٔ دوره $= 4$ ، شمارهٔ گروه $= 10$

عبارت دوم: انرژی زیرلایه‌ها براساس n و $n+l$ آن‌ها مشخص می‌شود. براساس قاعده آفبا، هرچه مقدار $n+l$ برای زیرلایه‌ای کوچک‌تر باشد، پایدارتر است و زودتر الکترون می‌گیرد.

* **توجه** حواستان باشد که چنان‌چه مقدار $n+l$ دو زیرلایه با یکدیگر برابر باشد، زیرلایه‌ای که n آن کوچک‌تر است، پایدارتر است و زودتر الکترون می‌گیرد.

عبارت سوم: به منظور ناقطبی بودن ترکیب AD_2، ساختار مولکول باید متقارن و اتم مرکزی (A) فاقد الکترون ناپیوندی باشد؛ بنابراین با رعایت قاعدهٔ هشت‌تایی، ساختار AD_2 به صورت مقابل خواهد بود: $\ddot{D}=A=\ddot{D}$

باتوجه به ساختار لوویس رسم شده، اتم A دارای ۴ الکترون ظرفیت بوده و در گروه ۱۴ جدول جای دارد. مانند اتم کربن در CO_2 که دارای چهار الکترون ظرفیت است و در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. عبارت چهارم: در مدل اتمی کوانتومی که جدیدترین مدل است، پروتون‌ها و نوترون‌ها در فضایی بسیار کوچک به نام هسته در مرکز اتم و الکترون‌ها در فضایی بسیار بزرگ‌تر و در لایه‌های پیرامون هسته قرار گرفته‌اند.

C ۹۳۷ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,mg\,Cu = 1/806\times10^{19}\,\text{اتم} \times \frac{1\,mol\,Cu}{6/02\times10^{23}\,\text{اتم}} \times \frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu} \times \frac{1000\,mg}{1\,g} = 1/92\,mg\,Cu$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم Cu}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد اتم‌های Cu}}{N_A} \Rightarrow \frac{x\,g\,Cu}{64} = \frac{1/806\times10^{19}}{6/02\times10^{23}} \Rightarrow x = 1/92\times10^{-3}\,g\,Cu = 1/92\,mg\,Cu$$

عبارت دوم: مقدار مول ۸ گرم Cu و ۷ گرم آهن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,Fe = 7g\,Fe \times \frac{1\,mol\,Fe}{56g\,Fe} = 0/125\,mol\,Fe$$

$$?\,mol\,Cu = 8g\,Cu \times \frac{1\,mol\,Cu}{64g\,Cu} = 0/125\,mol\,Cu$$

همان‌طور که ملاحظه کنید، مقدار مول هر دو یکسان است. عبارت سوم: عدد جرمی برابر مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها است و عددی که در جدول تناوبی به‌عنوان جرم عنصر گزارش می‌شود، در واقع جرم اتمی میانگین است و این دو با یکدیگر متفاوت است.

★ **نکته** **تفاوت عدد جرمی و جرم اتمی:** ۱- عدد جرمی عدد طبیعی است ولی جرم اتمی معمولاً عدد اعشاری (غیر طبیعی) است. ۲- عدد جرمی فاقد واحد است ولی جرم اتمی دارای واحد amu است. ۳- معمولاً جرم اتمی از عدد جرمی بزرگ‌تر است.

عبارت چهارم: ابتدا شمار اتم‌ها در هر ماده را بر حسب N_A محاسبه می‌کنیم:

$$?\,atom\,(H_2O\ \text{در}) = 2g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18g\,H_2O} \times \frac{N_A\,molecule\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \frac{3\,atom}{1\,molecule\,H_2O} = \frac{N_A}{3}\,atom$$

$$?\,atom\,(CO_2\ \text{در}) = 1g\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{44g\,CO_2} \times \frac{N_A\,molecule\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{3\,atom}{1\,molecule\,CO_2} = \frac{3N_A}{44}\,atom$$

شمار اتم‌ها در ۲g آب بیشتر است. $(\frac{N_A}{3} > \frac{3N_A}{44})$ عبارت پنجم: هر دو عنصر $_{31}Ga$ و $_{21}Sc$ در واکنش با دیگر اتم‌ها کاتیون پایدار $(+3)$ تشکیل می‌دهند؛ ولی $_{21}Sc^{3+}$ برخلاف $_{31}Ga^{3+}$ به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب نمی‌رسد. آرایش هشت‌تایی گاز نجیب دارد. $_{21}Sc:[_{18}Ar]3d^1 4s^2 \Rightarrow {}_{21}Sc^{3+}:[_{18}Ar]$ آرایش هشت‌تایی گاز نجیب ندارد. $_{31}Ga:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^1 \Rightarrow {}_{31}Ga^{3+}:[_{18}Ar]3d^{10}$

B ۹۳۸ ۳ عناصر X، E، D و A به ترتیب $_{27}Co$، $_{33}As$، $_{29}Cu$ و $_{35}Br$ هستند. عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عناصر A و D به ترتیب در گروه ۱۷ و ۱۱ و عناصر E و X به ترتیب در گروه ۱۵ و ۹ قرار دارند که تفاوت هر دو آن‌ها برابر با ۶ است. عبارت (ب): ترکیبات یون‌های عناصر واسطه از جمله کبالت و مس باعث ایجاد رنگ‌های مختلف در طبیعت می‌شوند و نه خود عناصر! عبارت (پ): مقدار a و b به ترتیب برابر ۱۰ و ۹ است که مجموع آن‌ها با عدد اتمی عنصر پتاسیم $(_{19}K)$ که نخستین عنصر دورهٔ چهارم می‌باشد، برابر است. عبارت (ت): از بین عناصر مد نظر فقط عنصر برم به حالت مایع است و دو عنصر مس و آرسنیک دارای زیرلایهٔ نیمه‌پر هستند.

B ۹۳۹ ۴ در یون $_{58}X^{2+}$ داریم:

$$\begin{cases} n+p=58 \\ n-e=4 \Rightarrow n-(p-2)=4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=58 \\ n-p=2 \end{cases} \Rightarrow n=30, p=28, e=26$$

آرایش الکترونی Co^{2+} و X^{2+} یکسان نیست.

$$_{27}Co:[Ar]3d^7 4s^2 \Rightarrow Co^{2+}:[Ar]3d^7 \qquad _{28}X:[Ar]3d^8 4s^2 \Rightarrow X^{2+}:[Ar]3d^8$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱):

$$_{28}X:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2 \Rightarrow {}_{28}X^{2+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 \Rightarrow \begin{cases} n=2 & \text{۸ الکترون} \\ n=3 & \text{۱۶ الکترون} \end{cases}$$

گزینهٔ (۲): شمار نوترون‌های عنصر X برابر ۳۰ است و آخرین فلز واسطهٔ تناوب چهارم، فلز روی با عدد اتمی ۳۰ است. گزینهٔ (۳): عدد اتمی این عنصر، دو برابر عدد اتمی $_{14}Si$ است. عنصر Si رسانایی الکتریکی اندکی دارد.

B ۹۴۰ ۴ عبارت‌های دوم و چهارم درست هستند. عنصر مد نظر سؤال، مس $(_{29}Cu)$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: عنصر مس توانایی تشکیل کاتیون‌های Cu^+ و Cu^{2+} را دارد. در طرف مقابل، چهارمین عنصر واسطهٔ جدول دوره‌ای کروم $(_{24}Cr)$ است که یون‌های پایدار Cr^{2+} و Cr^{3+} را تشکیل می‌دهد. عبارت دوم: نزدیک‌ترین شبه‌فلز عنصر مس، ژرمانیم $(_{32}Ge)$ با ۳۲ الکترون است. همچنین می‌دانیم که گنجایش لایهٔ الکترونی چهارم نیز برابر ۳۲ است. عبارت سوم: در لایهٔ آخر عنصر مس یک الکترون وجود دارد. شمار الکترون‌های زیرلایهٔ آخر اتم‌های $_{19}K$، $_{24}Cr$ و $_{31}Ga$ برابر یک است. عبارت چهارم: آرایش الکترونی $_{30}Zn^{2+}$ به صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ بوده و ۶ زیرلایهٔ پر شده از الکترون دارد. عبارت پنجم: آرایش الکترونی یون پایدار اسکاندیم $(_{21}Sc^{3+})$ مشابه آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون $(_{18}Ar)$ است.

C ۹۴۱ ۴ به‌جز عبارت (ت) سایر عبارت‌ها همگی به عنصر آهن اشاره دارند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): زیرلایهٔ با $l=2$، نخستین‌بار در عناصر دستهٔ d دورهٔ چهارم ظاهر می‌شود، این عناصر همگی ۱۲ الکترون با $l=1$ در زیرلایه‌های 2p و 3p دارند؛ بنابراین عنصر مورد نظر سؤال، عنصری است که ۶ الکترون با $l=2$ داشته باشد یا به عبارتی در لایهٔ ظرفیت خود زیرلایهٔ $3d^6$ داشته باشد: $_{26}Fe:[_{18}Ar]3d^6 4s^2$

عبارت (ب): عنصر مورد نظر عنصری است که شمار الکترون‌های ظرفیت آن با شمار الکترون‌های موجود در زیرلایهٔ s (با $l=0$) آن برابر باشد. عناصر دورهٔ چهارم، همگی حداقل ۶ الکترون با $l=0$ در زیرلایه‌های 1s، 2s و 3s دارند و به علاوهٔ آن در عناصر $_{19}K$، $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ یک الکترون با $l=0$ در زیرلایهٔ 4s وجود دارد که مجموعاً می‌شود ۷ الکترون در زیرلایهٔ s (با $l=0$). با توجه به اینکه این عناصر به ترتیب ۱، ۶ و ۱۱ الکترون ظرفیت دارند؛ پس عنصر مورد نظر هیچ‌کدام از این عناصر نیست. از طرف دیگر، سایر عناصر دورهٔ چهارم علاوه‌بر ۶ الکترون در زیرلایه‌های s لایه‌های قبلی، ۲ الکترون نیز در زیرلایهٔ s لایهٔ چهارم خود دارند که مجموعاً می‌شود ۸ الکترون با $l=0$. در میان عناصر دورهٔ چهارم، آهن $(_{26}Fe)$ و کریپتون $(_{36}Kr)$ دارای ۸ الکترون ظرفیت هستند. عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصری از دورهٔ چهارم و گروه ۱۶ به صورت مقابل است:

$$X:[_{18}Ar]3d^{10}\underbrace{4s^2 4p^4}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{۶ الکترون ظرفیت}$$

تمامی عناصر از عدد اتمی ۱۸ تا ۳۰، یعنی از $_{19}K$ تا $_{30}Zn$، دارای ۱۲ الکترون در زیرلایه‌های p $(l=1)$ خود هستند که در این بازه آهن $(_{26}Fe)$ نیز قرار دارد.

عبارت (ت): آرایش الکترون نقطه‌ای یک عنصر، نمایشی از لایهٔ ظرفیت آن است که هم تعداد الکترون‌های ظرفیت و هم نحوهٔ توزیع آن‌ها در زیرلایه‌ها را نشان می‌دهد.

آرایش الکترونی عناصر آهن و کریپتون به صورت مقابل است:

$$_{26}Fe:[_{18}Ar]3d^6 4s^2 \Rightarrow \text{۸ الکترون ظرفیت} \Rightarrow \text{لایهٔ ظرفیت}=3d^6, 4s^2$$

$$_{36}Kr:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^6 \Rightarrow \text{۸ الکترون ظرفیت} \Rightarrow \text{لایهٔ ظرفیت}=4s^2, 4p^6$$

مشاهده می‌کنید که هر دو عنصر، شمار الکترون‌های ظرفیت برابری دارند؛ اما این الکترون‌های ظرفیت، توزیع کاملاً متفاوتی از هم دارند. بنابراین اگر آرایش الکترون نقطه‌ای کریپتون به صورت $:\ddot{K}r:$ باشد که در آن همهٔ الکترون‌ها با هم جفت شده‌اند، آرایش الکترون-نقطه‌ای آهن که رفتارهای شیمیایی متفاوتی با این عنصر دارد، قطعاً متفاوت خواهد بود.

C ۹۴۲ ۳ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت (ت) می‌توانند دربارهٔ X درست باشند. X^{n+} یک یون پایدار است؛ بنابراین می‌تواند به یکی از صورت‌های X^+، X^{2+} یا X^{3+} باشد که عنصر معادل با X را در هر کدام مشخص می‌کنیم:

$$X^+:[_{18}Ar]3d^5 \xrightarrow{+e^-} X:[_{18}Ar]3d^5 4s^1 \Rightarrow X = {}_{24}Cr$$

دقت کنید X نمی‌تواند کروم باشد؛ زیرا این عنصر یون پایدار Cr^{+} تشکیل نمی‌دهد.

$X^{2+}:[_{18}Ar]3d^5 \xrightarrow{+2e^-} X:[_{18}Ar]3d^5 4s^2 \Rightarrow X={}_{25}Mn \qquad X^{3+}:[_{18}Ar]3d^5 \xrightarrow{+3e^-} X:[_{18}Ar]3d^6 4s^2 \Rightarrow X={}_{26}Fe$

منگنز یون $+2$ پایدار و آهن یون $+3$ پایدار تشکیل می‌دهد؛ بنابراین X می‌تواند یکی از عناصر منگنز یا آهن باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): یون آهن (III) با یون‌های هیدروکسید طی واکنش مقابل رسوب قرمز- قهوه‌ای تشکیل می‌دهد:

$Fe^{3+}(aq)+3OH^-(aq)\rightarrow Fe(OH)_3(s)$

عبارت (ب): X می‌تواند آهن باشد که فراوان‌ترین عنصر زمین است. عبارت (پ): X می‌تواند منگنز باشد که با تکنسیم $(_{43}Tc)$ هم‌گروه است:

$_{43}Tc:[_{18}Ar]\underbrace{4d^5 5s^2}_{\text{گروه ظرفیت}} \Rightarrow$ شمارهٔ گروه $=7$ $\qquad _{25}Mn:[_{18}Ar]\underbrace{3d^5 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow$ شمارهٔ گروه $=7$

عبارت (ت): X می‌تواند آهن یا منگنز باشد که آرایش الکترونی آن‌ها به صورت زیر است:

$_{25}Mn:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2 \qquad _{26}Fe:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

در آرایش الکترونی هیچ کدام از این دو عنصر، ۲ زیرلایهٔ نیمه‌پر وجود ندارد. عبارت (ث): ابتدا جرم مولی و سپس عدد جرمی اتم مورد نظر را به دست می‌آوریم:

$3/01\times10^{21}\,atom\,X\times\frac{1\,mol\,X}{6/02\times10^{23}\,X}\times\frac{M(g)\,X}{1\,mol\,X}=28\times10^{-3}\,g\,X\Rightarrow M=56\,g.mol^{-1}$

جرم مولی یک عنصر از نظر عددی تقریباً معادل عدد جرمی است؛ پس خواهیم داشت:

$\begin{cases} A=n+Z \xrightarrow{Z=e} n+e=56 \\ n-e=4 \end{cases} \Rightarrow n=30, e=Z=26$

با توجه به عدد اتمی، X می‌تواند آهن باشد.

C ۹۴۳ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست نیستند. در هر دورهٔ جدول تناوبی، بعد از هالوژن، بیشترین خصلت نافلزی مربوط به عنصر متعلق به گروه ۱۶ است؛ بنابراین X همان سلنیم $(_{34}Se)$ از دورهٔ چهارم و گروه ۱۶ جدول تناوبی است:

$_{34}Se:[_{18}Ar]3d^{10}4s^2 4p^4$

در هر دوره، از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش و خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. در دورهٔ سوم، فسفر $(_{15}P)$ نافلزی با بیشترین شعاع اتمی است؛ بنابراین Y همان فسفر $(_{15}P)$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): تعداد عنصرهای موجود بین دو عنصر $_aA$ و $_bB$ $(b>a)$ در جدول تناوبی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

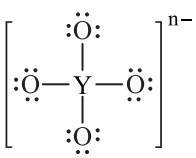
تعداد عنصرها بین $_aA$ و $_bB=(b-a)-1$

بنابراین بین $_{34}Se$ و $_{15}P$ به تعداد $18\,(1-(34-15))$ عنصر وجود دارد که شامل همهٔ عناصر دستهٔ d دورهٔ چهارم (از عدد اتمی ۲۱ تا ۳۰) می‌شود که ۱۰ عدد هستند.

عبارت (ب): فسفر دو آلوتروپ سفید و قرمز دارد که آلوتروپ سفید آن را به علت واکنش‌پذیری بالا در زیر آب نگهداری می‌کنند؛ زیرا نه تنها با آب واکنش نمی‌دهد، بلکه از واکنش آن با اکسیژن هوا نیز جلوگیری می‌شود. عبارت (پ): آرایش الکترونی دو عنصر به صورت زیر است:

$_{15}P:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 \Rightarrow$ ۴ زیر لایهٔ کاملاً پر $\qquad _{34}Se:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4 \Rightarrow$ ۷ زیر لایهٔ کاملاً پر

بنابراین در مجموع $11\,(7+4)$ زیرلایهٔ کاملاً پر در آرایش الکترونی این دو عنصر یافت می‌شود. عبارت (ت): ساختار لوویس این یون با توجه به اینکه اتم مرکزی و اتم‌های اکسیژن همگی از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی می‌کنند، فقط می‌تواند به صورت زیر باشد:



حال برای تعیین بار یون چندتایی از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

بار یون = (مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها) − (مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی اتم‌ها)

$=[(4\times6)+5]-[(12\times2)+(4\times2)]=-3$

بنابراین n برابر ۳ است. عبارت (ث): برای محاسبهٔ A داریم: **روش اول (تشریحی):**

$\overline{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{100}\Rightarrow 79/28=\frac{78\times36+A\times64}{100}\Rightarrow A=80$

روش دوم (تستی):

$\overline{M}=M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1)=79/28=78+\frac{64}{100}(A-78)\Rightarrow A=80$

A ۹۴۴ ۲ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): به عنوان مثال نقض، طلا و گازهای نجیب در طبیعت به صورت عنصری یافت می‌شوند. گزینهٔ (۳): عنصرهای گوگرد و مس در طبیعت هم به شکل آزاد و هم به شکل ترکیب (مثل SO_2، CuO و ...) یافت می‌شوند. گزینهٔ (۴): آهن $(_{26}Fe)$ فلزی است که در سطح جهان بیشترین مصرف سالانه را در بین صنایع گوناگون دارد. این عنصر در گروه ۸ و دورهٔ ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد.

A ۹۴۵ ۲ عبارت‌های (الف) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): آهن اغلب در طبیعت به شکل اکسید یافت می‌شود. عبارت (ث): در میان فلزها تنها طلا به شکل کلوخه‌ها یا رگه‌های زرد لابه‌لای خاک یافت می‌شود.

B ۹۴۶ ۳ شکل سمت راست رسوب قرمز - قهوه‌ای آهن (III) هیدروکسید و شکل سمت چپ رسوب سبز رنگ آهن (II) هیدروکسید را نشان می‌دهد. واکنش‌های انجام شده در هر لولهٔ آزمایش به‌صورت مقابل است:

لولهٔ آزمایش سمت راست: $FeCl_3(aq)+3NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_3(s)+3NaCl(aq)$

لولهٔ آزمایش سمت چپ: $FeCl_2(aq)+2NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_2(s)+2NaCl(aq)$

بنابراین مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها در واکنش سمت راست $\frac{4}{3}$ برابر این مقدار در واکنش سمت چپ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): رسوب شکل سمت راست حاوی یون‌های Fe^{3+} و رسوب شکل سمت چپ حاوی یون‌های Fe^{2+} است. گزینهٔ (۲): واکنش شکل سمت راست برای شناسایی کاتیون‌های Fe^{3+} به‌کار می‌رود. زنگ آهن با فرمول شیمیایی Fe_2O_3 حاوی یون‌های Fe^{3+} است. گزینهٔ (۴): در لولهٔ آزمایش سمت راست، یون‌های Fe^{3+} وجود دارد. از این‌رو برای رسوب کردن آن‌ها، مقدار یون هیدروکسید بیشتری لازم است.

B ۹۴۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): رنگ محلول‌های $FeCl_2(aq)$ و $FeCl_3(aq)$ به‌ترتیب سبز و زرد است. عبارت (پ): برای شناسایی کاتیون آهن موجود در زنگ آهن ابتدا آن را در هیدروکلریک اسید حل می‌کنیم و سپس محلول سدیم هیدروکسید به آن می‌افزاییم.

* **توجه** واکنش زنگ آهن با محلول هیدروکلریک اسید به‌صورت روبه‌رو است: $Fe_2O_3(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2FeCl_3(aq)+3H_2O(l)$

عبارت (ت): محلول آبی سدیم هیدروکسید با هر دو یون Fe^{2+} و Fe^{3+} موجود در مخلوط واکنش می‌دهد، پس نمی‌تواند برای جداسازی Fe^{3+} از مخلوط یون‌های آهن از محلول آبی سدیم هیدروکسید استفاده کرد.

عبارت (ث): برای شناسایی کاتیون Fe^{2+} از محلول حاوی آنیون OH^- و برای شناسایی آنیون Cl^- از محلول حاوی کاتیون Ag^+ استفاده می‌شود.

A ۹۴۸ ۱ چکش‌خواری بالا و نرم بودن، رسانایی الکتریکی بالا و حفظ این رسانایی در شرایط دمایی گوناگون، همچنین واکنش ندادن با گازهای موجود در هواکره و مواد موجود در بدن انسان همراه با بازتاب زیاد (نه جذب!) پرتوهای خورشیدی از جمله ویژگی‌های خاص طلاست.

B ۹۴۹ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. فلز طلا به اندازه‌ای چکش‌خوار و نرم است که چند گرم از آن را می‌توان با چکش‌کاری به صفحه‌ای با مساحت چند مترمربع تبدیل کرد. به همین دلیل ساخت برگه‌ها و رشته سیم‌های نازک (نخ طلا) به راحتی امکان‌پذیر است. هر چند طلا در طبیعت به شکل فلزی و عنصری خود نیز یافت می‌شود امّا مقدار آن در معادن طلا بسیار کم است، به‌طوری که برای استخراج مقدار کمی از آن باید از حجم انبوهی خاک معدن استفاده کرد. به همین دلیل پسماند زیادی تولید می‌شود. همچنین ویژگی‌های خاص طلا سبب شده کاربردهای این فلز گسترش یافته و تقاضای جهانی روزبه‌روز افزایش یابد. از جملهٔ این ویژگی‌ها واکنش ندادن با گازهای هواکره است که دلیل استفاده از این فلز در ساخت مدال و زیورآلات (شکل الف) و رسانایی الکتریکی بالا و حفظ آن در شرایط دمایی گوناگون است که دلیل استفاده از این فلز در ساخت قطعات الکترونیکی (شکل ب) است. همچنین از این فلز به دلیل بازتاب زیاد پرتوهای خورشیدی در لباس‌های فضانوردان استفاده می‌شود تا مانع رسیدن پرتوهای خطرناک خورشید به چشم‌های فضانورد شود.

B ۹۵۰ ۱ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): رنگ شعلهٔ فلز مس همانند رنگ مخلوط بنزین خودرو سبز است. عبارت (ب): رنگ شعلهٔ گوگرد همانند رنگ شعلهٔ سوختن کامل گاز شهری، آبی است. عبارت (پ): رنگ محلول ید در هگزان همانند رنگ نخستین خط موجود در طیف نشری خطی هیدروژن بنفش می‌باشد. عبارت (ت): رنگ شعلهٔ فلز سدیم همانند رنگ فلز طلا زرد می‌باشد. توجه داشته باشید که سدیم همانند طلا فلزی نرم است.

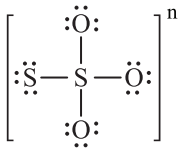
C ۹۵۱ ۱ عبارت‌های (ب) و (ث) درست‌اند. دو عنصر اول گروه ۱۶ به ترتیب $_8O$ و $_{16}S$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): SO ترکیبی حاوی این دو عنصر است که شکل خطی دارد و قطبی است. سایر ترکیبات حاوی این دو عنصر مانند SO_2 (قطبی) و SO_3 (ناقطبی)، شکل‌هایی غیرخطی دارند. (نکته: SO در کتاب درسی ذکر نشده ولی باید در نظر گرفته شود.) عبارت (ب): اکسیژن در طبیعت به صورت عنصری در قالب مولکول‌های O_2 و O_3 دیده می‌شود. گوگرد نیز به صورت S_8 دیده می‌شود. همچنین این عناصر به صورت ترکیب با خودشان عناصر مختلف نیز دیده می‌شود. عبارت (پ): آرایش الکترونی دو عنصر را می‌بینیم:

$_{16}S:1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$ پنج زیرلایه

$_8O:1s^2\,2s^2\,2p^4$ سه زیرلایه

عدد اتمی $_{16}S$ دو برابر $_8O$ است اما شمار زیرلایه‌های گوگرد دو برابر اکسیژن نیست. عبارت (ت): گوگرد و اکسیژن علاوه‌بر ترکیباتی دوتایی مانند SO، SO_2، SO_3، S_2O و ... ترکیباتی مثل H_2SO_4 با افزایش بیش از دو عنصر نیز تشکیل می‌دهند. همچنین در یک گروه از بالا به پایین به دلیل افزایش شمار لایه‌های الکترونی، شعاع اتمی افزایش می‌یابد. بنابراین شعاع اتمی $O<S$ است. اما در نافلزات با افزایش شعاع اتمی، واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد. بنابراین این جمله صحیح است.

عبارت (ث): گونهٔ مورد نظر $S_2O_3^{n}$ است که ساختار مشابه SO_4^{2-} دارد:



$\Rightarrow$ بار گونه (n) = (مجموع الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها) − (مجموع الکترون‌های به کار رفته در ساختار)

$\Rightarrow n=(2\times6+3\times6)-(16\times2)=30-32=-2$

C ۹۵۲ ۲ عبارت‌های سوم، چهارم و پنجم درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است:

$$I)\ \underbrace{FeCl_2}_{X}(aq)+2NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_2\underbrace{(s)}_{y}+2NaCl(aq)$$

$$II)\ \underbrace{FeCl_3}_{Y}(aq)+3NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_3(s)+3NaCl(aq)$$

$$III)\ Fe_2O_3(s)+6HCl\rightarrow \underbrace{2FeCl_3}_{W}\underbrace{(aq)}_{z}+3H_2O(l)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: y حالت $Fe(OH)_2$ نامحلول را نشان می‌دهد که به صورت رسوب (s) است. از طرفی z حالت $FeCl_3$ محلول در آب را نشان می‌دهد که به صورت (aq) است. عبارت دوم: از واکنش (III) نه برای شناسایی کاتیون آهن بلکه برای حل کردن زنگ آهن در آب استفاده می‌شود. عبارت سوم: X همان آهن (II) کلرید و Y و W معادل آهن (III) کلرید هستند. آرایش الکترونی یون آهن (III) به صورت زیر است:

$$Fe^{3+}:[_{18}Ar]\,3d^5 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت}=5\times\underbrace{(3+2)}_{3d}=25$$

عبارت چهارم: مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش‌های (I)، (II) و (III) به ترتیب برابر ۶، ۸ و ۱۲ است. عبارت پنجم: عنصر کروم $(_{24}Cr)$ دو کاتیون پایدار Cr^{2+} و Cr^{3+} تشکیل می‌دهد:

$$_{24}Cr:[_{18}Ar]\,3d^5\,4s^1 \begin{cases} \xrightarrow{-2e^-} {}_{24}Cr^{2+}:[_{18}Ar]\,3d^4 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت}=4\times(3+2)=20 \\ \xrightarrow{-3e^-} {}_{24}Cr^{3+}:[_{18}Ar]\,3d^3 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترون‌های ظرفیت}=3\times(3+2)=15 \end{cases}$$

با توجه به اعداد به دست آمده، منظور سؤال یون $_{24}Cr^{2+}$ است؛ از طرفی X معادل $FeCl_2$ می‌باشد که آرایش الکترونی کاتیون آن، یعنی $_{26}Fe^{2+}$ به همراه یون $_{24}Cr^{2+}$ به صورت مقابل است:

$_{26}Fe:[_{18}Ar]\,3d^6\,4s^2 \xrightarrow{-2e^-} Fe^{2+}:1s^2/2s^2\,2p^6/3s^2\,3p^6\,3d^6 \Rightarrow$ ۱۴ الکترون در لایهٔ سوم

$_{24}Cr:[_{18}Ar]\,3d^5\,4s^1 \xrightarrow{-2e^-} Cr^{2+}:1s^2/2s^2\,2p^6/3s^2\,3p^6\,3d^4 \Rightarrow$ ۱۲ الکترون در لایهٔ سوم

A ۹۵۳ ۲ واکنش‌پذیری هر عنصر به معنای تمایل اتم آن به انجام واکنش شیمیایی است. هرچه واکنش‌پذیری اتم‌های عنصری بیشتر باشد، در شرایط یکسان تمایل آن برای تبدیل شدن به ترکیب بیشتر است. هرچه فلز فعال‌تر باشد، میل بیشتری به ایجاد ترکیب دارد و ترکیب‌هایش پایدارتر از خودش است. به دیگر سخن هرچه واکنش‌پذیری فلزی بیشتر باشد، استخراج آن فلز دشوارتر است. با توجه به جدول مقابل، واکنش‌پذیری و در نتیجه تمایل به تشکیل کاتیون در روی بیشتر از مس است.

	واکنش‌پذیری			
رفتار	زیاد		کم	ناچیز
نام فلز	سدیم، پتاسیم		آهن، روی	مس، نقره، طلا

B ۹۵۴ ۴ آرایش الکترونی تیتانیم و آهن به‌صورت مقابل است: $_{26}Fe: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ $_{22}Ti: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$

فلز تیتانیم ($_{22}Ti$) دارای ۵ زیرلایهٔ دو الکترونی و فلز آهن ($_{26}Fe$) دارای ۳ زیرلایهٔ ۶ الکترونی است. فلز $_{22}Ti$ واکنش‌پذیرتر از فلز $_{26}Fe$ است و در نتیجه استخراج آن دشوارتر است. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): آهن ($_{26}Fe$) عنصری است که در گروه ۸ و دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای قرار دارد. همچنین آخرین فلز دستهٔ d که در تناوب چهارم قرار دارد، روی ($_{30}Zn$) است. واکنش‌پذیری روی از آهن بیشتر بوده و در نتیجه استخراج روی دشوارتر است. گزینهٔ (۲): عنصر $_{29}Cu$ با آرایش لایهٔ ظرفیت $3d^{10}4s^1$ دارای ۱۱ الکترون ظرفیت است و عنصر $_{26}Fe$ با آرایش لایهٔ ظرفیت $3d^6 4s^2$ دارای ۶ الکترون در زیرلایهٔ d است. واکنش‌پذیری فلز Cu کمتر از فلز Fe است و استخراج آن آسان‌تر است. گزینهٔ (۳): آرایش الکترونی مس و روی به‌صورت مقابل است: $_{30}Zn: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ $_{29}Cu: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

فلز $_{29}Cu$ دارای ۷ الکترون با $l=0$ و ۱۸ الکترون با $n=3$ است و در فلز $_{30}Zn$ همهٔ زیرلایه‌ها از الکترون پر شده‌اند. واکنش‌پذیری Cu کمتر از Zn و در نتیجه استخراج Cu آسان‌تر است.

B ۹۵۵ ۲ عبارت‌های اول و چهارم درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در یک دوره از جدول تناوبی از چپ به راست تعداد لایه‌های اصلی ثابت می‌ماند ولی تعداد پروتون‌های هسته افزایش می‌یابد و جاذبهٔ هسته روی الکترون‌ها افزایش می‌یابد؛ پس شعاع اتمی کاهش می‌یابد. عبارت دوم: برخی از فلزات کاتیون پایدار تشکیل می‌دهند ولی به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند. مثل $_{23}V^{3+}$، $_{26}Fe^{3+}$ و ... عبارت سوم: برخی از نافلزها مانند اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و ... و برخی از فلزها مثل طلا، پلاتین و ... در طبیعت به شکل آزاد یافت می‌شوند. عبارت چهارم: واکنش‌پذیری هر عنصر به معنای تمایل آن به انجام واکنش شیمیایی و تبدیل شدن به ترکیب می‌باشد. پس هر چه واکنش‌پذیری یک فلز بیشتر باشد، میل آن به ایجاد ترکیب بیشتر بوده و استخراج آن دشوارتر است.

B ۹۵۶ ۱

نکته ترکیبی برای پیش‌بینی انجام‌پذیر بودن یا نبودن یک واکنش شیمیایی که در هر طرف معادلهٔ آن تنها یک گونهٔ عنصری وجود دارد، کافی است واکنش‌پذیری دو عنصر را مقایسه کنید. چنان‌چه واکنش‌پذیری عنصر سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر باشد، آن واکنش به‌طور طبیعی انجام‌پذیر است. در غیر این‌صورت واکنش به‌طور طبیعی انجام‌ناپذیر می‌باشد. در زیر مقایسهٔ واکنش‌پذیری تعدادی از عناصر آورده شده است. این مقایسه را به خوبی به خاطر بسپارید. (حفظ کنید!)

مقایسهٔ واکنش پذیری: مقایسهٔ واکنش‌پذیری: $\underbrace{K_{19} > {}_{11}N > {}_{12}Mg > {}_{13}Al}_{\text{فلزهای اصلی}} > \underbrace{{}_{22}Ti > {}_{30}Zn > {}_{26}Fe > {}_{29}Cu}_{\text{فلزهای واسطه}} > {}_{47}Ag > {}_{79}Au$ (فلزات سکه‌زنی)

مس فلزی از عناصر واسطه است. واکنش‌پذیری عناصر واسطه از همهٔ فلزهای اصلی کمتر است؛ بنابراین فلز مس نمی‌تواند یک فلز اصلی را از ترکیب آن با اکسیژن خارج کند، در نتیجه این واکنش به‌طور طبیعی انجام‌ناپذیر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): واکنش‌پذیری منیزیم از هیدروژن بیشتر است و منیزیم می‌تواند هیدروژن را از ترکیب آن با هالوژن‌ها خارج کند. گزینهٔ (۳): این معادله، واکنش فلزهای قلیایی با آب را نشان می‌دهد که منجر به تشکیل محلول قلیایی هیدروکسید فلز و گاز هیدروژن می‌شود. گزینهٔ (۴): یک واکنش اکسایش- کاهش است که در آن Na نقش کاهنده و X_2 نقش اکسنده را دارد و به‌طور طبیعی انجام‌پذیر است.

B ۹۵۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مقایسهٔ واکنش‌پذیری عنصرهای فلزی در یک دوره به‌صورت «فلزهای اصلی دستهٔ s> فلزهای اصلی دستهٔ p> فلزهای واسطه» است. از طرفی هر چه واکنش‌پذیری یک فلز بیشتر باشد، استخراج آن فلز دشوارتر است. عبارت (ب): فلز روی فعال‌تر از فلز آهن است ولی هر دو واکنش‌پذیری کمی دارند. عبارت (پ): مس و نقره واکنش‌پذیری ناچیزی دارند و آهن واکنش‌پذیری کمی دارد. عبارت (ت): مقایسهٔ واکنش‌پذیری تعدادی از فلزها به‌صورت « $Na > Al > Zn > Au$ » است. بنابراین ترکیب روی اکسید (ZnO) با Na و Al واکنش می‌دهد ولی با Au وارد واکنش نمی‌شود.

عبارت (ث): نقره بر محلول Cu^{2+} بی‌اثر است اما آهن به دلیل واکنش‌پذیری بیشتر نسبت به Cu، با یون Cu^{2+} وارد واکنش می‌شود. بنابراین نمی‌توان محلولی از یون‌های Cu^{2+} را در ظرفی آهنی نگهداری کرد.

B ۹۵۸ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. با توجه به انجام‌ناپذیر بودن واکنش‌های (I) و (III) و انجام‌پذیر بودن واکنش (II)، مقایسهٔ واکنش‌پذیری عنصرها به‌صورت مقابل است: I) $Zn > X$ II) $B > Ca$ III) $A > C$(گرافیت, s)

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فلز B واکنش‌پذیرتر از کلسیم و عنصر کلسیم واکنش‌پذیرتر از Zn است، در حالی که فلز X واکنش‌پذیری کمتری از Zn دارد، پس واکنش‌پذیری و تمایل برای تشکیل کاتیون برای فلز B بیشتر از فلز X است. عبارت (ب): فلز B واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به $_{20}Ca$ دارد، پس می‌تواند $_{19}K$ باشد.

عبارت (پ): X واکنش‌پذیری کمتری نسبت به Zn دارد، پس می‌تواند Fe باشد. فلز Fe بیشترین مصرف سالانه را در جهان دارد.

عبارت (ت): واکنش‌پذیری فلز A بیشتر از کربن و واکنش‌پذیری کربن بیشتر از آهن است. بنابراین واکنش « $A + FeO \rightarrow Fe + AO$ » انجام‌پذیر است و فراورده‌ها پایداری بیشتر و واکنش‌پذیری کمتری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها دارند. عبارت (ث): فلز B واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به کلسیم و روی دارد. بنابراین روی نمی‌تواند اثری بر B^{2+} بگذارد. فلز A واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به گرافیت و مس دارد و مس نمی‌تواند با یون A^{2+} وارد واکنش شود.

C ۹۵۹ ۳ عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. در گروه هالوژن‌ها، عناصر کلر، برم و ید، سه عنصر متوالی هستند که در دما و فشار اتاق به ترتیب حالت‌های فیزیکی گاز، مایع و جامد را دارند. با توجه به اینکه در گروه‌های نافلزات، از بالا به پایین، واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد؛ پس واکنش‌پذیری کلر از برم بیشتر و برم از ید بیشتر است.
بررسی واکنش‌ها: در واکنش (I)، عنصر A توانسته جایگزین C در ترکیب با سدیم شود؛ پس واکنش‌پذیری A از C بیشتر است. در واکنش (II) عنصر B توانسته جایگزین A در ترکیب با سدیم شود؛ پس واکنش‌پذیری B از A بیشتر است. تا همین‌جا، کار مقایسهٔ واکنش‌پذیری سه عنصر به دست آمده و نیازی به بررسی واکنش سوم نیست:

$$\text{واکنش‌پذیری}\begin{cases}B>A>C\\Cl>Br>I\end{cases}\Rightarrow A={}_{35}Br\,,B={}_{17}Cl\,,C={}_{53}I$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی A که همان ${}_{35}Br$ است، به صورت مقابل می‌باشد: $_{35}Br:[_{18}Ar]3d^{10}4s^{2}4p^{5}$
مشاهده می‌کنید که در این عنصر زیرلایهٔ 3d از الکترون پر شده است. عبارت (ب): آرایش الکترونی B که همان ${}_{17}Cl$ است، به صورت زیر می‌باشد:

$$_{17}Cl:[_{10}Ne]\underbrace{3s^{2}3p^{5}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow \text{الکترون ظرفیت }۷$$

در حدود ۴۱٪ $(\frac{7}{17}\times100)$ از الکترون‌های کلر در لایهٔ ظرفیت آن قرار دارند. عبارت (پ): C همان ید است که در دماهای بالای $400^{\circ}C$ با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد.
عبارت (ت): تفاوت عدد اتمی عناصر A و B که به ترتیب ${}_{35}Br$ و ${}_{17}Cl$ هستند، برابر ۱۸ (۳۵−۱۷) است. عبارت (ث): آرایش الکترونی C که همان ${}_{53}I$ است، به صورت مقابل می‌باشد:

$$_{53}I:[_{36}Kr]4d^{10}\underbrace{5s^{2}5p^{5}}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow \text{مجموع }n+l\text{ الکترون‌های ظرفیت}=2\times\underbrace{(5+0)}_{5s}+5\times\underbrace{(5+1)}_{5p}=40$$

C ۹۶۰ ۱ واکنش‌پذیری فلز آهن بیشتر از فلز مس است و میل بیشتری برای تبدیل شدن به کاتیون و ایجاد ترکیب دارد. بنابراین فلز آهن، مس را از ترکیب مس (II) سولفات خارج می‌کند و جای آن را در ترکیب می‌گیرد. در این واکنش فلز آهن به کاتیون Fe^{2+} تبدیل شده و با یون SO_4^{2-} ترکیب $FeSO_4$ را ایجاد می‌کند. واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است: $Fe(s)+CuSO_4(aq)\rightarrow FeSO_4(aq)+Cu(s)$
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): محلول مس (II) سولفات آبی‌رنگ است و در طی واکنش و با مصرف آن از مقدار رنگ آبی محلول کاسته می‌شود. مطابق معادلهٔ واکنش خواهیم داشت:

$$?\,g\,Fe=3/2\,g\,Cu\times\frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu}\times\frac{1\,mol\,Fe}{1\,mol\,Cu}\times\frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe}=2/8\,g\,Fe$$

بنابراین در این واکنش با تولید ۳/۲ گرم فلز مس، ۲/۸ گرم آهن مصرف می‌شود. گزینهٔ (۳): واکنش‌پذیری فلز نقره کمتر از مس است. پس میان نقره و محلول مس (II) سولفات واکنشی انجام نمی‌شود. گزینهٔ (۴): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به ازای مصرف یک مول آهن (56g)، یک مول مس (64g) تولید شده و ۲ مول الکترون میان گونه‌ها مبادله می‌شود؛ به این ترتیب به ازای ۸ گرم افزایش جرم تیغه در طی واکنش، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$?\,e^{-}=0/8g(\text{افزایش جرم})\times\frac{2mol\,e^{-}}{8g(\text{افزایش جرم})}\times\frac{6/02\times10^{23}e^{-}}{1\,mol\,e^{-}}=1/204\times10^{23}e^{-}$$

B ۹۶۱ ۳ با توجه به معادلهٔ واکنش به ازای مصرف ۱ مول آهن (56g)، ۱ مول رسوب مس (64g) تولید می‌شود. با فرض اینکه همهٔ رسوب مس تولید شده روی تیغهٔ آهنی بنشیند، تغییر جرم تیغه برابر ۸ (۵۶−۶۴) گرم خواهد بود. اکنون به سادگی می‌توان مول آهن مصرفی در واکنش را به‌دست آورد.

$$\text{مقدار مول مصرفی آهن}=1/6\,g\,\text{تغییر جرم}\times\frac{1\,mol\,Fe}{8\,g\,\text{تغییر جرم}}=0/2mol\,Fe$$

$$\text{افزایش جرم تیغه}=11/6-10=1/6\,g$$

بنابراین در این واکنش ۰/۲ مول آهن مصرف می‌شود. از آنجا که ضریب استوکیومتری مس (II) سولفات با آهن برابر است، پس مقدار مول مصرفی $CuSO_4$ نیز برابر ۰/۲ بوده است. برای محاسبهٔ غلظت محلول خواهیم داشت:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{0/2\,mol}{0/25L}=0/8mol.L^{-1}$$

B ۹۶۲ ۱ فقط مورد چهارم نادرست است. **بررسی موارد:** مورد اول: برای استخراج آهن، می‌توان از واکنش Fe_2O_3 با فلز سدیم یا عنصر کربن بهره برد. مورد دوم: از آنجا که دسترسی به کربن آسان‌تر است و صرفهٔ اقتصادی بیشتری دارد، در همهٔ شرکت‌های فولاد جهان، برای استخراج آهن از کربن استفاده می‌شود. کربن در دورهٔ ۲ و گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. مورد سوم: واکنش استخراج آهن به وسیلهٔ کربن به‌صورت مقابل است: $2Fe_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow4Fe(s)+3CO_2(g)$
مجموع ضرایب گونه‌های عنصری (C و Fe) برابر ۷ است. مورد چهارم: واکنش استخراج آهن به وسیلهٔ سدیم به‌صورت زیر است:

$$Fe_2O_3(s)+6Na(s)\rightarrow3Na_2O(s)+2Fe(s)$$

در این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های $(Na_2O\,,Fe_2O_3)$ برابر ۴ است.

B ۹۶۳ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. در مجتمع فولاد مبارکهٔ اصفهان همانند همهٔ شرکت‌های فولاد جهان برای استخراج آهن مطابق واکنش زیر از کربن استفاده می‌شود:

$$2Fe_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow4Fe(s)+3CO_2(g)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به جرم آهن تولید شده، مقدار کربن و آهن (III) اکسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Fe_2O_3=28\,g\,Fe\times\frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe}\times\frac{2mol\,Fe_2O_3}{4\,mol\,Fe}\times\frac{160\,g\,Fe_2O_3}{1\,mol\,Fe_2O_3}=40\,g\,Fe_2O_3\,,\quad ?\,g\,C=28\,g\,Fe\times\frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe}\times\frac{3mol\,C}{4\,mol\,Fe}\times\frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C}=4/5\,g\,C$$

پس در مجموع $44/5g$ $(40+4/5)$ از جرم واکنش‌دهنده‌ها کاسته می‌شود. عبارت (ب): عنصر کربن در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی یافت می‌شود. عبارت (پ): یون آهن به‌کار رفته در ساختار آهن (III) اکسید، یون Fe^{3+} است. این یون در ترکیب با یون هیدروکسید (OH^{-})، رسوب $Fe(OH)_3$ ایجاد می‌کند. این رسوب به رنگ قرمز - قهوه‌ای است. عبارت (ت): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، نسبت مجموع ضرایب عنصرهای $(Fe\,,C)$ به مجموع ضرایب ترکیب‌ها $(Fe_2O_3\,,CO_2)$ برابر ۱/۴ است.

C ۹۶۴ ۳ مقایسهٔ واکنش‌پذیری سه عنصر Fe ، C و Cu به‌صورت $C>Fe>Cu$ است و کربن می‌تواند Fe و Cu را از FeO و Cu_2O خارج کند:

I) $2FeO+C\rightarrow CO_2+2Fe$ II) $2Cu_2O+C\rightarrow CO_2+4Cu$

جرم FeO و Cu_2O را به ترتیب x و y گرم در نظر می‌گیریم و خواهیم داشت:

$$?\,g\,CO_2((I)\text{واکنش}):x\,g\,FeO\times\frac{1\,mol\,FeO}{72\,g\,FeO}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{2\,mol\,FeO}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=\frac{44x}{144}\,g\,CO_2$$

$$?\,g\,CO_2((II)\text{واکنش}):y\,g\,Cu_2O\times\frac{1\,mol\,Cu_2O}{144\,g\,Cu_2O}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{2mol\,Cu_2O}\times\frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=\frac{22y}{144}\,g\,CO_2$$

در ادامه یک معادله برای مجموع جرم اکسیدهای آهن و مس تشکیل می‌دهیم و یک معادله نیز برای مجموع جرم CO_2 تولیدی و به این ترتیب مقدار x و y را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases}x+y=288\\ \frac{44x}{144}+\frac{22y}{144}=66\end{cases}\Rightarrow x=144\,,\,y=144$$

در ادامه دو قسمت مسئله را حل می‌کنیم: قسمت اول: محاسبهٔ درصد جرمی CuO_2 در مخلوط اولیه: $\frac{144}{288}\times100=\%50$ = درصد جرمی Cu_2O در مخلوط اولیه

قسمت دوم: محاسبهٔ مول کاتیون‌ها در مخلوط اولیه:

$$?\,g\,Cu^+:144g\,Cu_2O\times\frac{1\,mol\,Cu_2O}{144\,g\,Cu_2O}\times\frac{2mol\,Cu^+}{1\,mol\,Cu_2O}=2mol\,Cu^+$$

$$?\,g\,Fe^{2+}:144g\,FeO\times\frac{1\,mol\,FeO}{72\,g\,FeO}\times\frac{1\,mol\,Fe^{2+}}{1\,mol\,FeO}=2mol\,Fe^{2+}$$

پس در مجموع، ۴ مول یون در مخلوط اولیه وجود داشته است.

C ۹۶۵ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. واکنش‌پذیری برای عنصرهای فلزی به معنای خصلت فلزی و برای عنصرهای نافلزی به معنای خصلت نافلزی است. در یک دوره از چپ به راست خصلت فلزی کاهش و خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. پس عنصرهای اواسط دوره، کمترین خصلت فلزی را نسبت به عنصرهای فلزی و کمترین خصلت نافلزی را نسبت به عنصرهای نافلزی دارند در حالی که فلزهای ابتدای دوره بیشترین خصلت فلزی (واکنش‌پذیری) و نافلزهای انتهای دوره نیز بیشترین خصلت نافلزی (واکنش‌پذیری) را دارند و کمترین واکنش‌پذیری مربوط به عنصر گروه ۱۴ جدول دوره‌ای است. بنابراین عنصرهای A تا F به‌ترتیب $_{12}Mg$ ، $_{13}Al$ ، $_{14}Si$ ، $_{15}P$ ، $_{16}S$ و $_{17}Cl$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): بیشترین شعاع اتمی در میان عنصرهای دورهٔ سوم متعلق به عنصر $_{11}Na$ است.

عبارت (ب): خصلت فلزی و واکنش‌پذیری $_{12}Mg$ بیشتر از $_{13}Al$ و کمتر از $_{19}K$ است. عبارت (پ): گاز کلر در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد.

عبارت (ت): خواص فیزیکی شبه‌فلزها بیشتر به فلزها شبیه است. عبارت (ث): عنصر گوگرد به شکل آزاد در طبیعت وجود دارد و به‌صورت کانی‌های عنصری و ناخالص گوگرد یافت می‌شود.

C ۹۶۶ ۲ موارد اول، دوم و چهارم نادرست هستند. در جدول زیر، شرایط واکنش هالوژن‌ها با گاز هیدروژن را می‌بینیم:

نام و نماد شیمیایی هالوژن	$_9F$ (فلوئور)	$_{17}Cl$ (کلر)	$_{35}Br$ (برم)	$_{53}I$ (ید)
شرایط واکنش با گاز هیدروژن (H_2)	حتی در دمای $-200^\circ C$ به سرعت	در دمای اتاق به آرامی	در دمای $200^\circ C$	در دمای بالاتر از $400^\circ C$

با توجه به جدول بالا، می‌توانیم جدول صورت سؤال را به صورت مقابل بازنویسی کنیم.

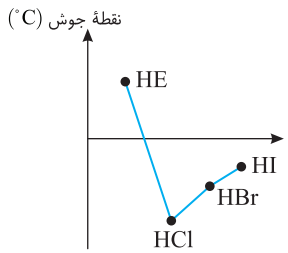
هالوژن	شرایط واکنش با H_2 (دما برحسب درجهٔ سلسیوس)
$A_2=Br_2$	در دمای $E=200$
$B_2=Cl_2$	در دمای اتاق $(F=25)$ به آرامی
$C_2=I_2$	در دمای بالاتر از $G=400$
$D_2=F_2$	حتی در دمای $H=-200$ به سرعت

ترتیب واکنش‌پذیری: $D_2>B_2>A_2>C_2$

بررسی موارد: مورد اول: H و F به ترتیب -200 و ۲۵ هستند که اختلاف آن‌ها ۲۲۵ است. E و F نیز به ترتیب ۲۰۰ و ۲۵ هستند که اختلاف آن‌ها ۱۷۵ است. بنابراین اختلاف F و H کمتر از دو برابر اختلاف E و F است. مورد دوم: ترتیب واکنش‌پذیری به صورت مقابل است: $D_2>B_2>A_2>C_2$

مورد سوم: $D_2+NaB\rightarrow$ قابل انجام است. چرا که واکنش‌پذیری D یعنی فلوئور از B یعنی کلر بیشتر است.

$$D_2+NaB\rightarrow NaD+B_2\ \text{یا}\ F_2+NaCl\rightarrow NaF+Cl_2$$



مورد چهارم: با توجه به اینکه هر چهار مولکول ناقطبی هستند، برای مقایسهٔ نیروی بین‌مولکولی آن‌ها، از مقایسهٔ جرم مولی استفاده می‌کنیم. هر مولکولی که جرم مولی بیشتری داشته باشد، نیروی بین مولکولی آن بیشتر است. ترتیب نیروی بین‌مولکولی به صورت مقابل است: $D_2<B_2<A_2<C_2$

مورد پنجم: هر چهار مولکول ناقطبی هستند. مقایسهٔ نقطهٔ جوش ترکیبات هیدروژن‌دار این گروه به صورت زیر است:

«(HB) HCl<(HA) HBr<(HC) HI<(HD) HF »

A ۹۶۷ ۲ فرمول کانی هماتیت به صورت Fe_2O_3 است. **بررسی گزینهٔ (۳):** فرمول مولکولی گلوکز به صورت $C_6H_{12}O_6$ است:

$$?\,mol\,C_6H_{12}O_6=200\,\text{ناخالص}\,C_6H_{12}O_6\times\frac{90\,g\,\text{خالص}\,C_6H_{12}O_6}{100\,g\,\text{ناخالص}\,C_6H_{12}O_6}\times\frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{180\,g\,C_6H_{12}O_6}=1\,mol\,C_6H_{12}O_6$$

A ۹۶۸ ۳ فرض می‌کنیم نمونه شامل ۱ مول آمونیوم نیترات (NH_4NO_3) است و جرم ناخالصی‌ها را برابر x در نظر می‌گیریم. پس خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن در نمونه}=\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم نمونه}}\times 100=\frac{48}{80+x}\times 100=33\Rightarrow x=65/45g$$

بنابراین مقدار ناخالصی در این نمونه برابر ۶۵/۴۵ گرم است. پس درصد خلوص آمونیوم نیترات برابر است با:

$$\text{درصد خلوص } NH_4NO_3=\frac{\text{جرم } NH_4NO_3}{\text{جرم نمونهٔ ناخالص}}\times 100=\frac{80}{80+65/45}\times 100\simeq \%55$$

توضیح محاسبات پاسخ اندکی بزرگ‌تر از ۵۰ است. (پاسخ: ۵۵)

$$\frac{80}{80+65/45}\times 100=?\xrightarrow[\text{به جای } 65/45 \text{ عدد } 65 \text{ قرار گیرد}]{\text{تخمین زدن و ساده سازی}}\frac{80\times 100}{80+65}=\frac{80\times 100}{145}>50$$

(اندکی بزرگ‌تر از $\frac{1}{2}$)

C ۹۶۹ ۲ عبارت های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر درصد خلوص آهن در فولاد برابر ۹۷/۵ درصد باشد، درصد کربن در آن برابر ۲/۵ درصد است:

$$?\,atom\,C=2/4\,ton\,\text{فولاد}\times\frac{10^6\,g\,\text{فولاد}}{1\,ton\,\text{فولاد}}\times\frac{2/5g\,C}{100g\,\text{فولاد}}\times\frac{1\,mol\,C}{12g\,C}\times\frac{6/02\times10^{23}\,atom\,C}{1\,mol\,C}=x=3/01\times10^{27}\,atom\,C$$

عبارت (ب): فرمول شیمیایی آمونیوم سولفات به صورت $(NH_4)_2SO_4$ است:

$$?\,g\,N=15g\,(NH_4)_2SO_4\,\text{ناخالص}\times\frac{11g\,(NH_4)_2SO_4\,\text{خالص}}{100g\,(NH_4)_2SO_4\,\text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,(NH_4)_2SO_4}{132g\,(NH_4)_2SO_4}\times\frac{2\,mol\,N}{1\,mol\,N}\times\frac{14g\,N}{1\,mol\,N}=0/35g\,N$$

$$?\,atom\,H=15g\,(NH_4)_2SO_4\,\text{ناخالص}\times\frac{11g\,(NH_4)_2SO_4}{100g\,(NH_4)_2SO_4\,\text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,(NH_4)_2SO_4}{132g\,(NH_4)_2SO_4}\times\frac{8\,mol\,H}{1\,mol\,(NH_4)_2SO_4}\times\frac{6/02\times10^{23}\,atom\,H}{1\,mol\,H}$$

$$=6/02\times10^{22}\,atom\,H$$

عبارت (پ): جرم کل نمونهٔ اولیه را m_t و جرم مادهٔ خالص را m در نظر می‌گیریم؛ با توجه به رابطهٔ درصد خلوص داریم:

$$\text{درصد خلوص }(\%P)=\frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}}\times 100\Rightarrow 12/5=\frac{m}{m_t}\times 100\Rightarrow m_t=8m\quad(*)$$

با حذف ۱۰۴ گرم ناخالصی از نمونه، جرم نمونه از m_t به (m_t-104) می‌رسد؛ اما m همچنان ثابت است: درصد خلوص جدید $(\%P')=12/5+32/5=\%45$

$$\text{درصد خلوص جدید }(\%P')=\frac{m}{m_t-104}\times 100=45\Rightarrow 100m=45(m_t-104)\xrightarrow{(*)}100m=45(8m)-45\times104\Rightarrow m=18,\ m_t=8\times18=144$$

جرم نمونهٔ اولیه برابر ۱۴۴g و جرم ناخالصی خارج شده از آن برابر ۱۰۴g است؛ پس جرم مادهٔ باقی‌مانده برابر ۴۰g $(144-104)$ است.

توضیح محاسبات دقت کنید که در حل معادله، نیازی به ضرب ۴۵ در ۱۰۴ نیست؛ زیرا:

$$100m=45(8m)-45\times104\Rightarrow100m=360m-45\times104\Rightarrow m=\frac{45\times104}{260}\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{45\times104}{260}=\frac{45\times4}{10}=\frac{180}{10}=18$$

B ۹۷۰ ۲ ابتدا جرم یون‌های سدیم مورد نیاز برای تهیهٔ محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم محلول}=20mL\times\frac{1g}{1mL}=20g$$

$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم } Na^+}{\text{جرم محلول}}\times10^6\Rightarrow115=\frac{x\,g\,Na^+}{20g}\times10^6\Rightarrow x=2/3\times10^{-3}\,g\,Na^+$$

سپس می‌توان جرم سدیم هیدروکسید $(NaOH)$ ناخالص مورد نیاز را محاسبه کرد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NaOH\,\text{ناخالص}=2/3\times10^{-3}\,g\,Na^+\times\frac{1\,mol\,Na^+}{23g\,Na^+}\times\frac{1\,mol\,NaOH}{1\,mol\,Na^+}\times\frac{40g\,NaOH}{1\,mol\,NaOH}\times\frac{100g\,NaOH\,\text{ناخالص}}{80g\,NaOH\,\text{خالص}}=5\times10^{-3}\,g\,NaOH\,\text{ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Na^+}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم NaOH ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{2/3\times10^{-3}}{23}=\frac{x\times\frac{80}{100}}{40}\Rightarrow x=5\times10^{-3}\,g\,NaOH\,\text{ناخالص}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{40\times2/3\times10^{-3}\times100}{80\times23}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{40\times2/3\times10^{-3}\times10}{80\times23}=\frac{10^{-1}}{2\times10}=\frac{1}{200}=5\times10^{-3}$$

(۲ و ۱۰ و 10^{-1})

B ۹۷۱ ۲ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

$$2KMnO_4(s)\rightarrow K_2MnO_4(s)+MnO_2(s)+O_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,MnO_2\,\text{ناخالص}=79g\,KMnO_4\times\frac{60g\,KMnO_4\,\text{خالص}}{100g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,KMnO_4}{158g\,KMnO_4}\times\frac{1\,mol\,MnO_2}{2\,mol\,KMnO_4}\times\frac{87g\,MnO_2}{1\,mol\,MnO_2}\times\frac{100\,g\,MnO_2\,\text{ناخالص}}{43/5g\,MnO_2\,\text{خالص}}$$

$$=30g\,MnO_2\,\text{ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } KMnO_4 \times \frac{P}{100}}{\text{جرم } MnO_2 \times \frac{P}{100}} \Rightarrow \frac{\text{ناخالص}}{\text{ناخالص}} \Rightarrow \frac{79 \times \frac{60}{100}}{2 \times 158} = \frac{x \times \frac{43/5}{100}}{1 \times 87} \Rightarrow x = 30\,g\ MnO_2 \text{ ناخالص}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{79 \times 60 \times 87 \times 100}{100 \times 158 \times 2 \times 43/5} = ? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{79 \times 60 \times 87 \times 100}{100 \times 158 \times 2 \times 43/5} = \frac{60 \times 2 \times 100}{100 \times 2 \times 2} = \frac{60}{2} = 30$$

(2 زیر هر دو کسر)

B ۹۷۲ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2MClO_3(s) \rightarrow 2MCl(s) + 3O_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): جرم مولی فلز M را برابر x در نظر می‌گیریم:

$$10/08\,g\ O_2 = 129/3\,g\ MClO_3 \text{ ناخالص} \times \frac{35\,g\ MClO_3 \text{ خالص}}{100\,g\ MClO_3 \text{ ناخالص}} \times \frac{1\,mol\ MClO_3}{(x+83/5)\,g\ MClO_3} \times \frac{3\,mol\ O_2}{2\,mol\ MClO_3} \times \frac{32\,g\ O_2}{1\,mol\ O_2} \Rightarrow x + 83/5 = 215/5 \Rightarrow x = 132g$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } MClO_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10/08}{3 \times 32} = \frac{129/3 \times \frac{35}{100}}{2 \times (x + 83/5)} \Rightarrow x = 132g$$

B ۹۷۳ ۲ ابتدا معادلهٔ واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$(C_6H_{10}O_5)_n(s) \rightarrow 6nC(s) + 5nH_2O(g)$$

حال با استفاده از جرم تنهٔ درخت، جرم زغال را به‌دست می‌آوریم: روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{ناخالص } 20\,kg\ C = 81\,kg \text{ تنهٔ درخت} \times \frac{10^3\,g \text{ تنهٔ درخت}}{1\,kg \text{ تنهٔ درخت}} \times \frac{50\,g \text{ سلولز}}{100\,g \text{ تنهٔ درخت}} \times \frac{1\,mol \text{ سلولز}}{162n\,g \text{ سلولز}} \times \frac{6n\,mol\ C}{1\,mol \text{ سلولز}} \times \frac{12\,g\ C}{1\,mol\ C} \times \frac{1\,kg\ C}{10^3\,g\ C} \times \frac{100\,g\ C \text{ ناخالص}}{90\,g\ C \text{ خالص}} = ?\,kg\ C$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم سلولز}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم زغال ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{81 \times 10^3 \times \frac{50}{100}}{1 \times 162n} = \frac{x \times \frac{90}{100}}{6n \times 12} \Rightarrow x = 20000g = 20kg\ C$$

B ۹۷۴ ۳ مقدار گاز متان را در هر یک از نمونه‌ها محاسبه می‌کنیم:

نمونهٔ اول: $150\,g \text{ نمونه} \times \frac{42\,g\ CH_4}{100\,g \text{ نمونه}} = 63\,g\ CH_4$

نمونهٔ دوم: $100\,g \text{ نمونه} \times \frac{17\,g\ CH_4}{100\,g \text{ نمونه}} = 17\,g\ CH_4$

درصد خلوص متان در مخلوط ایجاد شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم } CH_4}{\text{جرم نمونه}} \times 100 = \frac{80}{250} \times 100 = \%32$$

معادلهٔ واکنش سوختن متان به صورت مقابل است:

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$$

در نهایت جرم گاز اکسیژن مورد نیاز برای واکنش سوختن را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$120\,g \text{ مخلوط} \times \frac{32\,g\ CH_4}{100\,g \text{ مخلوط}} \times \frac{1\,mol\ CH_4}{16\,g\ CH_4} \times \frac{2\,mol\ O_2}{1\,mol\ CH_4} \times \frac{32\,g\ O_2}{1\,mol\ O_2} = 153/6\,g\ O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{درصد خلوص} \times \text{جرم متان}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{120 \times \frac{32}{100}}{1 \times 16} = \frac{x}{2 \times 32} \Rightarrow x = 153/6g$$

B ۹۷۵ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:

$$2HCl(aq) + FeS(s) \rightarrow FeCl_2(aq) + H_2S(g)$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ FeS = 448\,mL\ H_2S \times \frac{1\,mol\ H_2S}{22400\,mL\ H_2S} \times \frac{1\,mol\ FeS}{1\,mol\ H_2S} \times \frac{88\,g\ FeS}{1\,mol\ FeS} = 1/76\,g\ FeS$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد خلوص } FeS = \frac{1/76\,g \text{ خالص}}{3/15\,g \text{ ناخالص}} \times 100 \simeq \%56$$

قسمت دوم:

$$?\,g\ FeCl_2 = 448\,mL\ H_2S \times \frac{1\,mol\ H_2S}{22400\,mL\ H_2S} \times \frac{1\,mol\ FeCl_2}{1\,mol\ H_2S} \times \frac{127\,g\ FeCl_2}{1\,mol\ FeCl_2} = 2/54\,g\ FeCl_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } FeS \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{حجم } H_2S} = \frac{\text{جرم } FeCl_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3/15 \times \frac{P}{100}}{1 \times 88} = \frac{448}{1 \times 22400} = \frac{\text{جرم } FeCl_2}{1 \times 127} \Rightarrow P \simeq \%56 \text{ و جرم } FeCl_2 = 2/54g$$

B ۹۷۶ ۳ **روش اول (کسر تبدیل):** با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به ازای مصرف ۴ مول KNO_3، مجموعاً ۷ مول N_2 و O_2 تولید می‌شود.

$$4KNO_3(s)\rightarrow 2K_2O(s)+5O_2(g)+2N_2(g)$$

$$?\,g\,KNO_3\ \text{ناخالص}=4/2\times10^{23}\ \text{مولکول}\times\frac{1\,mol\,(N_2,O_2)}{6\times10^{23}\ \text{مولکول}}\times\frac{4\,mol\,KNO_3}{7\,mol\,(N_2,O_2)}\times\frac{101\,g\,KNO_3}{1\,mol\,KNO_3}\times\frac{100\,g\,KNO_3\ \text{ناخالص}}{80\,g\,KNO_3\ \text{خالص}}=50/5\,g\,KNO_3\ \text{ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}\ KNO_3\ \text{ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مجموع مولکول‌های فراورده}}{\text{مجموع ضرایب فراورده‌ها}\times N_A}\Rightarrow\frac{x\times\frac{80}{100}}{4\times101}=\frac{4/2\times10^{23}}{7\times6\times10^{23}}\Rightarrow x=50/5\,g\,KNO_3\ \text{ناخالص}$$

C ۹۷۷ ۳ **قسمت اول:** ابتدا معادلهٔ واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$Ca(H_2PO_4)_2(s)+2NaHCO_3(s)\rightarrow CaHPO_4(s)+Na_2HPO_4(s)+2CO_2(g)+2H_2O(g)$$

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده در این واکنش برابر ۹ است.

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NaHCO_3\ \text{ناخالص}=68\,g\,CaHPO_4\times\frac{1\,mol\,CaHPO_4}{136\,g\,CaHPO_4}\times\frac{2\,mol\,NaHCO_3}{1\,mol\,CaHPO_4}\times\frac{84\,g\,NaHCO_3\ \text{خالص}}{1\,mol\,NaHCO_3}\times\frac{100\,g\,NaHCO_3\ \text{ناخالص}}{96\,g\,NaHCO_3\ \text{خالص}}$$

$$=87/5\,g\,NaHCO_3\ \text{ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{NaCH_3\ \text{جرم}\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{CaHPO_4\ \text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x\,g\,NaHCO_3\times\frac{96}{100}}{84\times2}=\frac{68}{136\times1}\Rightarrow x=87/5\,g\,NaHCO_3\ (\text{ناخالص})$$

B ۹۷۸ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2CaSO_4(s)\xrightarrow{\Delta}2CaO(s)+2SO_2(g)+O_2(g)$$

با توجه به اطلاعات صورت سوال، برای محاسبهٔ جرم کلسیم سولفات خالص می‌توان نوشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaSO_4=13/44\,L\,gas\times\frac{1\,mol\,gas}{22/4\,L\,gas}\times\frac{2\,mol\,CaSO_4}{3\,mol\,gas}\times\frac{136\,g\,CaSO_4}{1\,mol\,CaSO_4}=54/4\,g\,CaSO_4$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{حجم گاز}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی گاز}}=\frac{CaSO_4\ \text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{13/44}{22/4\times3}=\frac{x\,g\,CaSO_4}{136\times2}\Rightarrow x=54/4\,g\,CaSO_4$$

بنابراین جرم کل مخلوط اولیه برابر با $68\,(13/6)$ گرم بوده و درصد خلوص کلسیم سولفات در نمونهٔ اولیه برابر است با:

$$CaSO_4\ \text{درصد خلوص}=\frac{54/4}{68}\times100=80$$

B ۹۷۹ ۲ **قسمت اول:** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$MnO_2(s)+4HCl(aq)\rightarrow MnCl_2(aq)+Cl_2(g)+2H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,MnO_2\ \text{ناخالص}=12\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{1\,mol\,MnO_2}{2\,mol\,H_2O}\times\frac{87\,g\,MnO_2}{1\,mol\,MnO_2}\times\frac{100\,g\,MnO_2\ \text{ناخالص}}{50\,g\,MnO_2}=58\,g\,MnO_2\ \text{ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{MnO_2\ \text{جرم}\times\frac{P}{100}\ \text{ناخالص}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{12}{2\times18}=\frac{x\times\frac{50}{100}}{1\times87}\Rightarrow x=58\,g\,MnO_2\ \text{ناخالص}$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت $Cl_2+2KI\rightarrow I_2+2KCl$ است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,KI\ \text{محلول}=12\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{2\,mol\,H_2O}\times\frac{2\,mol\,KI}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{1\,L\,KI\ \text{محلول}}{1/67\,mol\,KI}=0/4\,L\,KI\ \text{محلول}$$

روش دوم (تناسب): با توجه به اینکه در واکنش اول یک مول Cl_2 تولید و در واکنش دوم یک مول Cl_2 مصرف می‌شود، داریم:

$$2\,mol\,H_2O\sim2\,mol\,KI\ \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{غلظت محلول}\times\text{حجم محلول}\ KI}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{12}{18\times2}=\frac{V\times1/67}{2}\Rightarrow V=0/4L$$

توضیح محاسبات

$$\frac{12\times2}{18\times2\times1/67}=?\xrightarrow[\text{قرار داده و ساده می‌کنیم}]{\text{به جای }1/67\text{ عدد }\frac{5}{3}}\frac{12\times\cancel{2}}{\cancel{18}\times2\times\frac{5}{\cancel{3}}}=\frac{\cancel{12}}{6\times5}=0/4$$

B ۹۸۰ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2NaClO_3(s)\rightarrow2NaCl(s)+3O_2(g)$$

کاهش جرم مواد جامد در واکنش بالا مربوط به تولید گاز O_2 است. **روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا جرم $NaClO_3$ خالص مصرف شده در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,NaClO_3=28/8\,g\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2}\times\frac{2\,mol\,NaClO_3}{3\,mol\,O_2}\times\frac{106/5\,g\,NaClO_3}{1\,mol\,NaClO_3}=63/9\,g\,NaClO_3$$

سپس درصد خلوص $NaClO_3$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص}=\frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}}\times 100=\frac{۶۳/۹}{۴۲۶}\times 100=٪۱۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم ناخالص } NaClO_3\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۲۸/۸}{۳\times۳۲}=\frac{۴۲۶\times\frac{P}{100}}{۲\times۱۰۶/۵}\Rightarrow P=٪۱۵$$

توضیح محاسبات

پاسخ اندکی کوچک‌تر از ۱۶ است (پاسخ : ۱۵)

$$P=\frac{۲۸/۸\times۲\times۱۰۶/۵\times 100}{۳\times۳۲\times۴۲۶}\xrightarrow[\text{به جای ۲۸/۸ عدد ۳۰ قرار گیرد}]{\text{تخمین زدن و ساده سازی}}\frac{\overset{10}{\cancel{۳۰}}\times۲\times\overset{16}{\cancel{۱۰۶/۵}}\times 100}{\underset{16}{\cancel{۳}}\times\underset{4}{\cancel{۳۲}}\times\cancel{۴۲۶}}=\frac{10\times 100}{16\times 4}=\frac{1000}{64}\simeq 16$$

B ۹۸۱ ۳ معادلهٔ واکنش‌ها به‌صورت مقابل است:

I) $2NaHCO_3\rightarrow Na_2CO_3+H_2O+CO_2$ II) $CaCO_3\rightarrow CaO+CO_2$

جرم $NaHCO_3$ ناخالص را x گرم و درصد خلوص آن را P_1 و جرم $CaCO_3$ ناخالص را y گرم و درصد خلوص آن را P_2 در نظر می‌گیریم. جرم CO_2 تولیدی در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_2=x\,g\,NaHCO_3\text{ ناخالص}\times\frac{P_1\,g\,NaHCO_3\text{ خالص}}{100\,g\,NaHCO_3\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{2\,mol\,NaHCO_3}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=\frac{11x\,P_1}{4200}\,g\,CO_2$$

$$?\,g\,CO_2=y\,g\,CaCO_3\text{ ناخالص}\times\frac{P_2\,g\,CaCO_3\text{ خالص}}{100\,g\,CaCO_3\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=\frac{44y\,P_2}{10000}\,g\,CO_2$$

با توجه به برابری جرم‌های CO_2 تولید در دو واکنش خواهیم داشت:

$$\frac{11x\,P_1}{4200}=\frac{44y\,P_2}{10000}\xrightarrow{P_2=2P_1}\frac{x}{y}=3/36$$

C ۹۸۲ ۲ معادلهٔ واکنش‌های انجام شده به صوت زیر است:

I) $I_2O_5(s)+5CO(g)\rightarrow I_2(s)+5CO_2(g)$ II) $CuO(s)+H_2(g)\rightarrow Cu(s)+H_2O(g)$

در واکنش اول، میزان کاهش جرم مواد جامد به اندازهٔ ۵ اتم اکسیژن و معادل با ۸۰ (5×16) گرم است و مقدار کاهش جرم در واکنش دوم به اندازهٔ یک اتم اکسیژن و معادل با ۱۶ گرم است. با توجه به جرم واکنش‌دهندهٔ مصرفی، مقدار درصد خلوص دو ماده را به‌دست می‌آوریم:

$$I)\ m\,g\,I_2O_5\times\frac{1\,mol\,I_2O_5}{334\,g\,I_2O_5}\times\frac{80\,g\text{ کاهش جرم}}{1\,mol\,I_2O_5}\times\frac{P_1}{100}=x\,g\text{ کاهش جرم}\Rightarrow P_1=٪417/5\frac{x}{m}$$

$$II)\ m\,g\,CuO\times\frac{1\,mol\,CuO}{80\,g\,CuO}\times\frac{16\,g\text{ کاهش جرم}}{1\,mol\,CuO}\times\frac{P_2}{100}=x\,g\text{ کاهش جرم}\Rightarrow P_2=٪500\frac{x}{m}$$

در نهایت نسبت درصد خلوص دو ماده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{درصد خلوص } I_2O_5}{\text{درصد خلوص } CuO}=\frac{P_1}{P_2}=\frac{417/5\frac{x}{m}}{500\frac{x}{m}}=0/835$$

B ۹۸۳ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$MnO_2(s)+4HCl(aq)\rightarrow MnCl_2(aq)+Cl_2(g)+2H_2O(l)$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به ازای مصرف یک مول MnO_2، ۱ مول $MnCl_2$ (۱۲۶ گرم) و ۱ مول گاز کلر (۷۱ گرم) تولید می‌شود، پس اختلاف جرم این دو ماده برابر ۵۵ گرم خواهد شد.

$$?\,g\,MnO_2\text{ ناخالص}=5/5g\text{ اختلاف جرم}\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{55g\text{ اختلاف جرم}}\times\frac{1\,mol\,MnO_2}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{87g\,MnO_2\text{ خالص}}{1\,mol\,MnO_2}\times\frac{100g\,MnO_2\text{ ناخالص}}{87g\,MnO_2\text{ خالص}}=10g\,MnO_2\text{ ناخالص}$$

C ۹۸۴ ۴ ابتدا فرض می‌کنیم که در این نمونهٔ کلسیم کربنات، درصد خلوص $CaCO_3$ برابر با $R٪$ است و جرم کلسیم کربنات و ناخالصی‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{نمونهٔ کلسیم کربنات : } CaCO_3\text{ جرم}=30\times\frac{R}{100}=(0/3R)g\qquad\text{جرم ناخالصی‌ها}=30-(30\times\frac{R}{100})=(30-0/3R)g$$

سپس از جرم کلسیم کربنات خالص، جرم کربن دی‌اکسید را برحسب R به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,CO_2=0/3R\,g\,CaCO_3\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{100g\,CaCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3}\times\frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=(0/132R)g\,CO_2$$

و با توجه به اطلاعات مسئله، مقدار R را به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم ناخالصی‌های } CaCO_3-\text{جرم گاز تولید شده}=0/24g\Rightarrow 0/132R-(30-0/3R)=0/24\Rightarrow R=٪70$$

اکنون درصد خلوص CaO تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaO=30g\,CaCO_3\text{ ناخالص}\times\frac{70g\,CaCO_3}{100g\,CaCo_3\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{100g\,CaCO_3}\times\frac{1\,mol\,CaO}{1\,mol\,CaCO_3}\times\frac{56g\,CaO}{1\,mol\,CaO}=11/76g\,CaO$$

$$\text{درصد خلوص CaO}=\frac{\text{مقدار خالص}}{\text{مقدار ناخالص}}\times ۱۰۰=\frac{۱۱/۷۶g}{۱۴g}\times ۱۰۰=٪۸۴$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{درصد خلوص}\times\text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\ \text{CaCO}_۳=\frac{\text{درصد خلوص}\times\text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\ \text{CaO}\Rightarrow\frac{۳۰\times\frac{۷۰}{۱۰۰}}{۱۰۰\times ۱}=\frac{۱۴\times\frac{P_۲}{۱۰۰}}{۵۶\times ۱}\Rightarrow P_۲=٪۸۴$$

در آخر نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{درصد خلوص CaO}}{\text{درصد خلوص CaCO}_۳}=\frac{۸۴}{۷۰}=۱/۲$$

B ۹۸۵ ۴ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$Ba(s)+۲H_۲O(l)\rightarrow Ba(OH)_۲(aq)+H_۲(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\,H_۲=۵۴/۸g\,Ba\ \text{ناخالص}\times\frac{۷۲g\,Ba\ \text{خالص}}{۱۰۰g\,Ba\ \text{ناخالص}}\times\frac{۱mol\,Ba}{۱۳۷g\,Ba\ \text{خالص}}\times\frac{۱mol\,H_۲}{۱mol\,Ba}\times\frac{۲g\,H_۲}{۱mol\,H_۲}\times\frac{۱L\,H_۲}{۰/۸g\,H_۲}\times\frac{۱۰۰۰mL\,H_۲}{۱L\,H_۲}=۷۲۰mL\,H_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم باریم}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم}\,H_۲\times\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۵۴/۸\times\frac{۷۲}{۱۰۰}}{۱\times۱۳۷}=\frac{x\times۰/۸}{۱\times۲}\Rightarrow x=۰/۷۲L=۷۲۰\,mL$$

قسمت دوم: ابتدا مولاریتهٔ محلول $Ba(OH)_۲$ را به‌دست می‌آوریم:

$$M=\frac{۱۰\times۵/۷\times۱/۲}{۱۷۱}=۰/۴\ mol.L^{-۱}$$

$$\frac{\text{جرم باریم ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم محلول}\times\text{غلظت}\,Ba(OH)_۲}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۵۴/۸\times\frac{۷۲}{۱۰۰}}{۱۳۷\times ۱}=\frac{V\times۰/۴}{۱}\Rightarrow V=۰/۷۲L=۷۲۰mL$$

C ۹۸۶ ۴ معادلهٔ واکنش داده شده به‌صورت مقابل است:

$$۶Na(s)+Fe_۲O_۳(s)\rightarrow ۳Na_۲O(s)+۲Fe(s)$$

روش اول (کسر تبدیل): مقدار سدیم خالص را برابر x گرم در نظر می‌گیریم و جرم $Fe_۲O_۳$ مصرف شده و $Na_۲O$ تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Fe_۲O_۳=xg\,Na\times\frac{۱mol\,Na}{۲۳g\,Na}\times\frac{۱mol\,Fe_۲O_۳}{۶mol\,Na}\times\frac{۱۶۰g\,Fe_۲O_۳}{۱mol\,Fe_۲O_۳}=\frac{۸۰x}{۶۹}\,g\,Fe_۲O_۳$$

$$?\,g\,Na_۲O=xg\,Na\times\frac{۱mol\,Na}{۲۳g\,Na}\times\frac{۳mol\,Na_۲O}{۶mol\,Na}\times\frac{۶۲g\,Na_۲O}{۱mol\,Na_۲O}=\frac{۹۳x}{۶۹}\,g\,Na_۲O$$

جرم ناخالصی‌ها در نمونهٔ سدیم $=۱۳۸-۸۲/۸=۵۵/۲g$ ، $\text{مجموع جرم}\,Fe_۲O_۳\,\text{مصرفی و}\,Na_۲O\,\text{تولیدی}=\frac{۸۰x}{۶۹}+\frac{۹۳x}{۶۹}=۲۰۷/۶\Rightarrow x=۸۲/۸g\,Na$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم سدیم}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\,Fe_۲O_۳}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\,Na_۲O}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱۳۸\times\frac{P}{۱۰۰}}{۶\times۲۳}=\frac{y\,g\,Fe_۲O_۳}{۱\times۱۶۰}=\frac{z\,g\,Na_۲O}{۳\times۶۲}\Rightarrow y=۱/۶P\,,\,z=۱/۸۶P$$

$\text{مجموع جرم}\,Fe_۲O_۳\,\text{مصرفی و}\,Na_۲O\,\text{تولیدی}=y+z=۲۰۷/۶\Rightarrow ۱/۶P+۱/۸۶p=۲۰۷/۶\Rightarrow ۳/۴۶p=۲۰۷/۶\Rightarrow P=۶۰$

بنابراین جرم سدیم خالص برابر است با:

$$\text{درصد خلوص}=\frac{\text{جرم سدیم خالص}}{\text{جرم سدیم ناخالص}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۶۰=\frac{x}{۱۳۸}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۸۲/۸g\,Na$$

جرم ناخالصی‌ها در نمونهٔ سدیم $=۱۳۸-۸۲/۸=۵۵/۲g$

C ۹۸۷ ۴ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$CaCN_۲(s)+۳H_۲O(l)\rightarrow CaCO_۳(s)+۲NH_۳(g)$$

ابتدا حجم گاز $NH_۳$ تولیدی را در شرایط STP به‌دست می‌آوریم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,NH_۳=۱۰۰g\,CaCN_۲\ \text{ناخالص}\times\frac{۵۶g\,CaCN_۲\ \text{خالص}}{۱۰۰g\,CaCN_۲\ \text{ناخالص}}\times\frac{۱mol\,CaCN_۲}{۸۰g\,CaCN_۲}\times\frac{۲mol\,NH_۳}{۱mol\,CaCN_۲}\times\frac{۲۲/۴L\,NH_۳}{۱mol\,NH_۳}=۳۱/۳۶L\,NH_۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}\,CaCN_۲\ \text{ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم(L)}}{۲۲/۴\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱۰۰\times\frac{۵۶}{۱۰۰}}{۱\times۸۰}=\frac{xL\,NH_۳}{۲\times۲۲/۴}\Rightarrow x=۳۱/۳۶L\,NH_۳$$

اکنون با توجه به رابطهٔ گازها می‌توان نوشت:

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}\Rightarrow\frac{۱\times۳۱/۳۶}{۲۷۳}=\frac{۴/۴۸\times۱۱/۲}{T_۲}\Rightarrow T_۲=۴۳۶/۸K$$

توجه کنید که دمای به‌دست آمده برحسب کلوین است و باید به درجهٔ سلسیوس تبدیل شود: $T(K)=\theta(^\circ C)+273 \Rightarrow 436/8=\theta+273 \Rightarrow \theta=163/8^\circ C$

قسمت دوم: $?\,g\,CaCO_3=100g\,CaCN_2\,\text{ناخالص}\times\frac{56g\,CaCN_2\,\text{خالص}}{100g\,CaCN_2\,\text{ناخالص}}\times\frac{1mol\,CaCN_2}{80g\,CaCN_2}\times\frac{1mol\,CaCO_3}{1mol\,CaCN_2}\times\frac{100g\,CaCO_3}{1mol\,CaCO_3}=70g\,CaCO_3$

درصد خلوص $=\frac{70}{84}\times100=\%83/3 \Rightarrow$ درصد ناخالصی $=100-83/3=\%16/7$

۹۸۸ **۳** معادلهٔ واکنش‌های انجام شده به صورت زیر است:

$CaO(s)+CO_2(g)\rightarrow CaCO_3(s)$ $\qquad$ $MgO(s)+CO_2(g)\rightarrow MgCO_3(s)$

جرم جامد باقی مانده برابر با مجموع جرم فراورده‌های تولید شده و جرم ناخالصی واکنش‌دهنده‌ها است:

$?\,g\,MgCO_3=88g\,CO_2\times\frac{40}{100}\times\frac{1mol\,CO_2}{44g\,CO_2}\times\frac{1mol\,MgCO_3}{1mol\,CO_2}\times\frac{84g\,MgCO_3}{1mol\,MgCO_3}=67/2g\,MgCO_3$

$?\,g\,CaCO_3=88g\,CO_2\times\frac{60}{100}\times\frac{1mol\,CO_2}{44g\,CO_2}\times\frac{1mol\,CaCO_3}{1mol\,CO_2}\times\frac{100g\,CaCO_3}{1mol\,CaCO_3}=120g\,CaCO_3$

$?\,g\,(MgO\,\text{ناخالصی در})=88g\,CO_2\times\frac{40}{100}\times\frac{1mol\,CO_2}{44g\,CO_2}\times\frac{1mol\,MgO}{1mol\,CO_2}\times\frac{40g\,MgO\,\text{خالص}}{1mol\,MgO}\times\frac{20g\,\text{ناخالصی}}{80g\,MgO\,\text{خالص}}=8g$

$?\,g\,(CaO\,\text{ناخالصی در})=88g\,CO_2\times\frac{60}{100}\times\frac{1mol\,CO_2}{44g\,CO_2}\times\frac{1mol\,CaO}{1mol\,CO_2}\times\frac{56g\,CaO\,\text{خالص}}{1mol\,CaO}\times\frac{40g\,\text{ناخالصی}}{60g\,CaO\,\text{خالص}}=44/8g$

بنابراین مجموع جرم جامد باقی‌مانده در پایان واکنش برابر $240g$ $(67/2+120+8+44/8)$ و جرم فراورده‌های نهایی برابر $187/2g$ $(67/2+120)$ می‌باشد. اکنون درصد فراورده‌ها در جامد باقی‌مانده در پایان واکنش را محاسبه می‌کنیم:

درصد جرمی فراورده‌ها در جامد باقی‌مانده $=\frac{\text{جرم فراوردهٔ نهایی}}{\text{جرم جامد نهایی}}\times100=\frac{187/2}{240}\times100=\%78$

۹۸۹ **۲** قسمت اول: طبق اطلاعات انحلال‌پذیری با رساندن دمای $140g$ محلول سیرشده مادهٔ A از دمای $60^\circ C$ به $35^\circ C$ به میزان ۱۰ گرم رسوب حاصل می‌شود و چون در محلول داده شده با کاهش دما، ۵ گرم رسوب تشکیل می‌شود، پس جرم محلول سیرشدهٔ فاقد ناخالصی برابر ۷۰ گرم است و چون در دمای $60^\circ C$ در هر $140g$ محلول سیرشده، $40g$ مادهٔ A خالص و ۱۰۰ گرم آب داریم؛ پس در $70g$ محلول سیرشدهٔ $20g$ مادهٔ خالص A و ۵۰ گرم آب داریم:

درصد خلوص مادهٔ A $=\frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}}\times100=\frac{20g}{25g}\times100=\%80$

قسمت دوم: محلول نهایی در دمای $35^\circ C$ حاوی $20g$ مادهٔ حل‌شونده (۱۵ گرم A و ۵ گرم ناخالصی) در هر $50g$ آب است، پس داریم:

$\text{حجم محلول}=70g\,\text{محلول}\times\frac{1mL\,\text{محلول}}{1/4g\,\text{محلول}}\times\frac{1L\,\text{محلول}}{10^3mL\,\text{محلول}}=0/05L\,\text{محلول}$

$\text{مول مادهٔ A}=15g\,A\times\frac{1mol\,A}{75g\,A}=0/2mol\,A$

$\text{غلظت مولی}=\frac{0/2mol}{0/05L}=4mol.L^{-1}$

۹۹۰ **۱** ابتدا معادلهٔ واکنش را موازنه می‌کنیم. موازنه را با عنصر Cu شروع می‌کنیم و ضریب $Cu(s)$ و $Cu(NO_3)_2(aq)$ را برابر یک قرار می دهیم:

$1Cu(s)+{-}HNO_3(aq)\rightarrow 1Cu(NO_3)_2(aq)+{-}NO(g)+{-}H_2O(l)$

موازنه را نمی‌توان به روش وارسی ادامه داد و در ادامه باید از روش جبری استفاده کنیم: $1Cu(s)+aHNO_3(aq)\rightarrow 1Cu(NO_3)_2(aq)+bNO(g)+cH_2O(l)$

$$\begin{cases} H: a=2c \Rightarrow c=\frac{a}{2} \\ N: a=1(2)+b \\ O: 3a=1(3\times2)+b+c \end{cases} \xrightarrow{c=\frac{a}{2}} \begin{cases} a=2+b \\ 3a=6+b+\frac{a}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a-b=2 \\ 2/5a-b=6 \end{cases} \Rightarrow 1/5a=4 \Rightarrow a=\frac{8}{3}$$

پس مقادیر b و c به ترتیب برابر $\frac{2}{3}$ و $\frac{4}{3}$ است. این مقادیر را در معادله قرار می‌دهیم و برای غیرکسری شدن ضرایب، کل ضرایب را در ۳ ضرب می‌کنیم:

$3Cu(s)+8HNO_3(aq)\rightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq)+2NO(g)+4H_2O(l)$

ابتدا جرم محلول اسید را با استفاده از چگالی آن محاسبه می‌کنیم:

$?\,g\,\text{محلول اسید}=25mL\,\text{محلول اسید}\times\frac{1/2g\,\text{محلول اسید}}{1mL\,\text{محلول اسید}}=30g\,\text{محلول اسید}$

سپس با استفاده از رابطهٔ درصد جرمی محلول‌ها، HNO_3 موجود در محلول اسیدی را به دست می‌آوریم:

$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times100 \Rightarrow 21=\frac{x}{30}\times100 \Rightarrow x=6/3g\,HNO_3$

با توجه به گفتهٔ سؤال، تمام این اسید در طول واکنش مصرف می‌شود؛ بنابراین برای مقدار گاز NO تولید شده برابر است با:

قسمت اول:
$$?\,L\,NO_2 = 6/3\,g\,HNO_3 \times \frac{1\,mol\,HNO_3}{63\,g\,HNO_3} \times \frac{2\,mol\,NO}{8\,mol\,HNO_3} \times \frac{24\,L\,NO}{1\,mol\,NO} \times \frac{1000\,mL\,NO}{1\,L\,NO} = 600\,mL\,NO$$

قسمت دوم: ابتدا جرم Cu مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Cu\,(\text{مصرفی}) = 6/3\,g\,HNO_3 \times \frac{1\,mol\,HNO_3}{63\,g\,HNO_3} \times \frac{3\,mol\,Cu}{8\,mol\,HNO_3} \times \frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu} = 2/4\,g\,Cu(\text{مصرفی})$$

دقت کنید، سؤال از ما مقدار مصرف نشدهٔ فلز (نه قطعه!) مس را می‌خواهد؛ بنابراین ابتدا جرم فلز خالص را محاسبه می‌کنیم و سپس درصدی از مس که وارد واکنش نشده را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص}\,(\%P) = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{x}{20} \times 100 \Rightarrow x = 8\,g\,Cu$$

در نهایت درصد مس مصرف نشده را از رابطهٔ مقابل به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد دست نخوردهٔ فلز} = \frac{\text{مقدار مصرف نشده} - \text{جرم فلز}}{\text{جرم فلز}} \times 100 = \frac{8 - 2/4}{8} \times 100 = \%70$$

C ۹۹۱ ۲ با توجه به اینکه واکنش‌پذیری کربن بیشتر از آهن و کمتر از پتاسیم است، واکنش (I) انجام می‌شود، امّا واکنش (II) انجام‌ناپذیر است.

I) $2FeO + C \rightarrow CO_2 + 2Fe$

II) $K_2O + C \rightarrow$ انجام‌ناپذیر

ابتدا جرم Fe تولید شده در واکنش (I) را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Fe = 108\,g\,\text{ناخالص}\,FeO \times \frac{85\,g\,\text{خالص}\,FeO}{100\,g\,\text{ناخالص}\,FeO} \times \frac{1\,mol\,FeO}{72\,g\,FeO} \times \frac{2\,mol\,Fe}{2\,mol\,FeO} \times \frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe} = 71/4\,g\,Fe$$

در واکنش (I)، ۹۱/۸ ($108 \times \frac{85}{100}$) گرم FeO خالص مصرف شده و در پایان تنها ۷۱/۴ گرم Fe در ظرف باقی مانده است. بنابراین ۲۰/۴g ($91/8 - 71/4$) از جرم محتویات ظرف کاسته شده و جرم مخلوط نهایی به ۱۳۴/۶g ($20/4 + 47 + 108 - 91/8$) تغییر کرده است. اکنون جرم ناخالصی‌های موجود در نمونهٔ اولیه FeO و K_2O را محاسبه می‌کنیم:

جرم ناخالصی‌ها در نمونهٔ اولیه $K_2O = 47 \times \frac{30}{100} = 14/1\,g$ ناخالصی

جرم ناخالصی‌ها در نمونهٔ اولیه $FeO = 108 \times \frac{15}{100} = 16/2\,g$ ناخالصی

بنابراین درصد ناخالصی‌های موجود در مخلوط نهایی برابر است با:

$$\text{درصد ناخالصی در نمونهٔ نهایی} = \frac{\text{مجموع جرم ناخالصی‌ها}}{\text{جرم کل مخلوط باقی‌مانده}} \times 100 = \frac{16/2 + 14/1}{134/6} \times 100 \simeq \%22/5$$

C ۹۹۲ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به صورت مقابل است:

$$C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$$

ابتدا غلظت گلوکز را در محلول اولیه به‌دست می‌آوریم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,C_6H_{12}O_6 = 3\,L\,\text{محلول} \times \frac{1000\,mL\,\text{محلول}}{1\,L\,\text{محلول}} \times \frac{1\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}} \times \frac{40/5\,g\,C_6H_{12}O_6}{100\,g\,\text{محلول}} \times \frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{180\,g\,C_6H_{12}O_6} = 6/75\,mol\,C_6H_{12}O_6$$

$$\text{غلظت مولی گلوکز} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{6/75\,mol}{3\,L} = 2/25\,mol.L^{-1}$$

روش دوم (تستی):
$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{چگالی} \times \text{درصد جرمی} \times 10}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 40/5 \times 1}{180} = 2/25\,mol.L^{-1}$$

برای محاسبهٔ غلظت مولی محلول پس از اکسایش گلوکزها، به دو نکته توجه کنید: ۱- طی این فرایند، ۲۰ درصد گلوکز موجود در محلول، مصرف شده و ۸۰ درصد آن باقی مانده است. ۲- حالت فیزیکی آب، به صورت مایع است؛ بنابراین ۲۰ درصد گلوکزی که مصرف می‌شود، منجر به تولید مقدار قابل توجهی آب می‌گردد که در غلظت نهایی محلول مؤثر است. ابتدا جرم آب تولید شده را محاسبه می‌کنیم. برای این‌کار، نخست مقدار مول‌های مصرفی و باقی ماندهٔ گلوکز را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد مصرف شده} = \frac{\text{مول مصرف شده}}{\text{مول کل}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{\text{مول گلوکز مصرفی}}{6/75} \times 100 \Rightarrow \text{مول گلوکز مصرفی} = 1/35\,mol\,C_6H_{12}O_6$$

$$\text{شمار مول‌های باقی‌مانده} = \text{شمار مول‌های اولیه} - \text{شمار مول‌های مصرف شده} = 6/75 - 1/35 = 5/4\,mol\,C_6H_{12}O_6$$

سپس حجم آب تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,H_2O = 1/35\,mol\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{6\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \frac{1\,mL\,H_2O}{1\,g\,H_2O} \times \frac{1\,L\,H_2O}{1000\,mL\,H_2O} \simeq 0/14\,L\,H_2O$$

$$\text{حجم نهایی محلول} = \text{حجم اولیهٔ محلول} + \text{حجم آب تولید شده} = 3 + 0/14 = 3/14\,L$$

در نهایت می‌توان غلظت نهایی محلول را به دست آورد:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{5/4\,mol}{3/14\,L} \simeq 1/72\,mol.L^{-1}$$

بنابراین نسبت غلظت نهایی به اولیه، برابر است با:

$$\frac{\text{غلظت نهایی محلول}}{\text{غلظت اولیهٔ محلول}} = \frac{1/72}{2/25} \simeq 0/76$$

C ۹۹۳ ۱ ابتدا واکنش‌ها را نوشته و موازنه می‌کنیم: $Fe^{3+}+3NaOH\rightarrow Fe(OH)_3+3Na^+$ $Fe^{2+}+2NaOH\rightarrow Fe(OH)_2+2Na^+$

مجموع مول یون‌های آهن و مقدار مول NaOH را می‌یابیم:

$$?\,mol\ \text{یون آهن}=۴/۲۱۴\times۱۰^{۲۳}\,ion\ Fe\times\frac{۱\,mol\,ion}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,ion}=۰/۷mol\,ion$$

$$?\,mol\,NaOH=۴۰۰g\ NaOH\ \text{ناخالص}\times\frac{۱۸g\ NaOH\ \text{خالص}}{۱۰۰g\ \text{ناخالص}}\times\frac{۱\,mol\,NaOH}{۴۰g\,NaOH}=۱/۸mol\,NaOH$$

تعداد مول Fe^{2+} را x فرض کرده و تعداد مول Fe^{3+} را $(۰/۷-x)$ در نظر می‌گیریم:

$$?\,mol\,NaOH=x\,mol\,Fe^{2+}\times\frac{۲mol\,NaOH}{۱\,mol\,Fe^{2+}}=۲x\,mol\,NaOH$$

$$?\,mol\,NaOH=(۰/۷-x)mol\,Fe^{3+}\times\frac{۳mol\,NaOH}{۱\,mol\,Fe^{3+}}=(۲/۱-۳x)mol\,NaOH$$

سپس مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مجموع NaOH مصرفی}=(۲x)+(۲/۱-۳x)=۱/۸\Rightarrow ۲/۱-x=۱/۸\Rightarrow x=۰/۳$$

بنابراین در ابتدا ۰/۳ مول Fe^{2+} و ۰/۴ $(۰/۷-۰/۳)$ مول Fe^{3+} داشته‌ایم. حال جرم رسوب‌ها را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,g\,Fe(OH)_2=۰/۳mol\,Fe^{2+}\times\frac{۱\,mol\,Fe(OH)_2}{۱\,mol\,Fe^{2+}}\times\frac{۹۰g\,Fe(OH)_2}{۱\,mol\,Fe(OH)_2}=۲۷g\,Fe(OH)_2$$

$$?\,g\,Fe(OH)_3=۰/۴mol\,Fe^{2+}\times\frac{۱\,mol\,Fe(OH)_3}{۱\,mol\,Fe^{3+}}\times\frac{۱۰۷g\,Fe(OH)_3}{۱\,mol\,Fe(OH)_3}=۴۲/۸g\,Fe(OH)_3$$

در آخر درصد جرمی رسوب سبزرنگ، یعنی $Fe(OH)_2$ را در کل رسوب به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی}\,Fe(OH_2)=\frac{\text{جرم}\,Fe(OH)_2}{\text{جرم کل رسوب‌ها}}\times۱۰۰=\frac{۲۷}{۲۷+۴۲/۸}\times۱۰۰=٪۳۸/۷$$

C ۹۹۴ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $K_2CO_3(s)+4C(s)+2NH_3(g)\rightarrow 2KCN(s)+3CO(g)+3H_2(g)$

از روی چگالی گاز CO حجم مولی گازها را به‌دست می‌آوریم:

$$۱\,mol\,CO\times\frac{۲۸g\,CO}{۱\,mol\,CO}\times\frac{۱L\,CO}{۱/۱۲g\,CO}=۲۵L$$

میزان تغییر حجم در اثر تغییرات مقدار گازها را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta V=A\cdot\Delta h\Rightarrow\Delta V=۱۲۵۰cm^2\times۶۰cm=۷۵۰۰۰mL\times\frac{۱L}{۱۰۰۰mL}=۷۵L\Rightarrow ۷۵L\,gas\times\frac{۱\,mol\,gas}{۲۵L\,gas}=۳mol\,gas$$

بنابراین مقدار گازها، ۳ مول تغییر کرده است. مطابق معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش با مصرف هر ۲ مول NH_3، ۳ مول CO و ۳ مول H_2 تولید می‌شود و مقدار مول گازها ۴ مول افزایش می‌یابد، در حالی که طبق محاسبات انجام شده مقدار گازها ۳ مول افزایش یافت؛ بنابراین ۱/۵ مول از NH_3 مصرف و ۲/۲۵ مول از هر یک از گازهای CO و H_2 تولید می‌شود. جرم K_2CO_3 و گرافیت ناخالص را هر یک برابر m گرم فرض می‌کنیم، طبق معادلهٔ واکنش با انجام واکنش مطابق ضرایب استوکیومتری، جرم تودهٔ جامد ۵۶ گرم کاهش می‌یابد:

$$\Delta m=(۲\times۱۷)-(۳\times۲۸)-(۳\times۲)=-۵۶g$$

اما در واکنش ۱/۵ مول گاز NH_3 مصرف شده است؛ بنابراین جرم تودهٔ جامد ۴۲ $(\frac{۳}{۴}\times-۵۶)$ گرم کاهش خواهد یافت. حال از روی درصد جرمی یون پتاسیم، مقدار m را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرم یون}\,K^+=\frac{\text{جرم یون}\,K^+}{\text{جرم تودهٔ جامد}}\times۱۰۰\Rightarrow ۲۵=\frac{۱/۵\times۳۹}{۲m-۴۲}\times۱۰۰\Rightarrow m=۱۳۸g$$

حال درصد خلوص پتاسیم کربنات و گرافیت را حساب می‌کنیم:

$$۱۳۸g\,K_2CO_3\times\frac{۱\,mol\,K_2CO_3}{۱۳۸g\,K_2CO_3}\times\frac{۲mol\,NH_3}{۱\,mol\,K_2CO_3}\times\frac{P_1}{۱۰۰}=۱/۵mol\,NH_3\Rightarrow P_1=٪۷۵$$

$$۱۳۸g\,C\times\frac{۱\,mol\,C}{۱۲g\,C}\times\frac{۲mol\,NH_3}{۴mol\,C}\times\frac{P_2}{۱۰۰}=۱/۵mol\,NH_3\Rightarrow P_2\simeq٪۲۶/۱$$

در نهایت نسبت درصد ناخالصی دو ماده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{درصد ناخالصی گرافیت}}{\text{درصد ناخالصی پتاسیم کربنات}}=\frac{۱۰۰-P_2}{۱۰۰-P_1}=\frac{۱۰۰-۲۶/۱}{۱۰۰-۷۵}=۲/۹۶$$

A ۹۹۵ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): بازده درصدی واکنش از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{بازده درصدی واکنش}=\frac{\text{مقدار فراورده‌ای که در عمل به دست می‌آید}}{\text{مقدار فراوردهٔ مورد انتظار در محاسبات استوکیومتری}}\times۱۰۰$$

عبارت (ت): بازده درصدی، نسبتی است که مقدار آن برای اغلب واکنش‌ها، کمتر از ۱۰۰ است.

B ۹۹۶ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $Fe_2O_3(s)+3CO(g)\rightarrow 2Fe(s)+3CO_2(g)$

قسمت اول: **روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا به کمک جرم واکنش‌دهنده، مقدار نظری گاز تولیدی را به‌دست می‌آوریم و سپس به کمک رابطهٔ بازده درصدی، بازده این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kg\,CO_2=44/8\,kg\,Fe_2O_3\times\frac{1000\,g\,Fe_2O_3}{1\,kg\,Fe_2O_3}\times\frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{160\,g\,Fe_2O_3}\times\frac{3\,mol\,CO_2}{1\,mol\,Fe_2O_3}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{1\,kg\,CO_2}{1000\,g\,CO_2}=36/96\,kg\,CO_2$$

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times 100=\frac{18/48\,kg\,CO_2}{36/96\,kg\,CO_2}\times 100=\%50$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{Fe_2O_3\text{ جرم}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{CO_2\text{ جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{44/8\times\frac{R}{100}}{1\times160}=\frac{18/48}{3\times44}\Rightarrow R=\%50$$

قسمت دوم: برای محاسبهٔ جرم آهن تولیدی می‌توان از جرم گاز CO_2 تولید شده استفاده کرد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kg\,Fe=18/48\,kg\,CO_2\times\frac{10^3\,g\,CO_2}{1\,kg\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{2\,mol\,Fe}{3\,mol\,CO_2}\times\frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe}\times\frac{1\,kg\,Fe}{10^3\,g\,Fe}=15/68\,kg\,Fe$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{CO_2\text{ تولیدی جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Fe\text{ تولیدی جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{18/48\times10^3}{3\times44}=\frac{x\,g\,Fe}{2\times56}\Rightarrow x=1568\,g\,Fe=15/68\,kg\,Fe$$

B ۹۹۷ ۳ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $Fe_2S_3(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2FeCl_3(aq)+3H_2S(g)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,H_2S=2/5\,L\text{ محلول}\times\frac{1/4\,mol\,HCl}{1\,L\text{ محلول}}\times\frac{3\,mol\,H_2S}{6\,mol\,HCl}\times\frac{22/4\,L\,H_2S}{1\,mol\,H_2S}\times\underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=29/4\,L\,H_2S$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{HCL محلول حجم}\times\text{غلظت مولی}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}}=\frac{H_2S\text{ گاز لیتر}}{\text{ضریب}\times22/4}\Rightarrow\frac{2/5\times1/4\times\frac{75}{100}}{6}=\frac{x}{3\times22/4}\Rightarrow x=29/4\,L\,H_2S$$

قسمت دوم: **روش اول (کسر تبدیل):** طی واکنش حجم محلول تغییر نمی‌کند، پس برای محاسبهٔ غلظت نهایی یون Fe^{3+}، ابتدا مقدار مول نهایی Fe^{3+} را محاسبه و بر حجم محلول تقسیم می‌کنیم:

$$?\,mol\,ion\,Fe^{3+}=2/5\,L\text{ محلول}\times\frac{1/4\,mol\,HCl}{1\,L\text{ محلول}}\times\frac{2\,mol\,FeCl_3}{6\,mol\,HCl}\times\frac{1\,mol\,Fe^{3+}}{1\,mol\,FeCl_3}\times\frac{75}{100}=0/875\,mol\,Fe^{3+}$$

$$Fe^{3+}\text{ غلظت مولی}=\frac{0/875\,mol}{2/5\,L}=0/35\,mol.L^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{HCl محلول حجم}\times\text{HCl محلول غلظت}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}}=\frac{Fe^{3+}\text{ غلظت}\times\text{حجم محلول نهایی}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{2/5\times1/4\times\frac{75}{100}}{6}=\frac{2/5\times x}{2}\Rightarrow x=0/35\,mol.L^{-1}$$

B ۹۹۸ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $4NH_3(g)+3O_2(g)\rightarrow 2N_2(g)+6H_2O(l)$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا به کمک مجموع حجم واکنش‌دهنده‌های گازی، مقدار نظری آب تولیدی در این شرایط را به‌دست می‌آوریم و سپس به کمک بازده درصدی، مقدار عملی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,H_2O=3/92\,L\text{ واکنش‌دهنده}\times\frac{1\,mol\text{ واکنش‌دهنده}}{22/4\,L}\times\frac{6\,mol\,H_2O}{7\,mol\text{ واکنش‌دهنده}}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}\times\underbrace{\frac{90}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=2/43\,g\,H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مجموع حجم واکنش‌دهنده‌های گازی}\times\frac{R}{100}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌های گازی}\times22/4}=\frac{\text{آب جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{3/92\times\frac{90}{100}}{7\times22/4}=\frac{x}{6\times18}\Rightarrow x=2/43\,g\,H_2O$$

B ۹۹۹ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $2SO_3(g)\rightarrow 2SO_2(g)+O_2(g)$

فرض می‌کنیم مقدار مول اولیهٔ گاز SO_3 برابر با n مول است، می‌توان مطابق جدول زیر، تغییر مول مواد شرکت کننده در واکنش را نوشت:

مواد موجود در واکنش	$2SO_3$	$2SO_2$	O_2	مجموع مول مواد
مول اولیه	n	۰	۰	n
تغییرات	$-2x$	$+2x$	$+x$	x
مول نهایی	$n-2x$	$2x$	x	$n+x$

درصد حجمی یک گاز در یک مخلوط گازی، معادل با درصد مولی آن گاز در مخلوط مورد نظر است، بنابراین داریم:

$$O_2\text{ درصد مولی گاز}=\frac{O_2\text{ مول گاز}}{\text{مول کل گازها}}\times100\Rightarrow20=\frac{x}{n+x}\times100\Rightarrow n=4x$$

حال بازدهٔ درصدی واکنش را حساب می‌کنیم: $\text{بازدهٔ درصدی}=\frac{\text{مقدار مصرف‌شده از واکنش‌دهنده}}{\text{مقدار اولیهٔ واکنش‌دهنده}}\times ۱۰۰\Rightarrow \frac{۲x}{n}\times ۱۰۰=\frac{۲x}{۴x}\times ۱۰۰=٪۵۰$

درصد جرمی گاز $SO_۳$ را در مخلوط به‌دست می‌آوریم: طبق قانون پایستگی جرم، جرم مخلوط با جرم $SO_۳$ اولیه برابر بوده و $۸۰n$ گرم است. همچنین جرم گاز $SO_۲$ در مخلوط برابر با $۱۲۸x$ گرم است؛ بنابراین درصد جرمی گاز $SO_۲$ برابر است با: $\text{درصد جرمی گاز } SO_۲=\frac{\text{جرم گاز } SO_۲}{\text{جرم کل گازها}}\times ۱۰۰\Rightarrow \frac{۱۲۸x}{۸۰n}\times ۱۰۰=\frac{۱۲۸x}{۸۰\times ۴x}\times ۱۰۰=٪۴۰$

B ۱۰۰۰ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $۲NaN_۳(s)\rightarrow ۲Na(s)+۳N_۲(g)$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم $NaN_۳$ خالص را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,NaN_۳=۲/۷L\,N_۲\times\frac{۱/۶۸g\,N_۲}{۱L\,N_۲}\times\frac{۱mol\,N_۲}{۲۸g\,N_۲}\times\frac{۲mol\,NaN_۳}{۳mol\,N_۲}\times\frac{۶۵g\,NaN_۳}{۱mol\,NaN_۳}\times\underbrace{\frac{۱۰۰}{۹۰}}_{\text{بازده واکنش}}=۷/۸g\,NaN_۳$$

$$\text{درصد خلوص}=\frac{\text{جرم } NaN_۳ \text{ خالص}}{\text{جرم } NaN_۳ \text{ ناخالص}}\times ۱۰۰=\frac{۷/۸}{۱۳}\times ۱۰۰=٪۶۰$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } NaN_۳ \text{ ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم } N_۲\times\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱۳\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{۹۰}{۱۰۰}}{۲\times۶۵}=\frac{۲/۷\times۱/۶۸}{۳\times۲۸}\Rightarrow P=٪۶۰$$

B ۱۰۰۱ ۳ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $۲CO(g)+۲NO(g)\rightarrow ۲CO_۲(g)+N_۲(g)$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری $N_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{(مقدار نظری) } ?\,L\,N_۲=۴/۲g\,CO\,\text{ناخالص}\times\frac{۶۰g\,CO\,\text{خالص}}{۱۰۰g\,CO\,\text{ناخالص}}\times\frac{۱mol\,CO}{۲۸g\,CO}\times\frac{۱mol\,N_۲}{۲mol\,CO}\times\frac{۲۲۴۰۰mL\,N_۲}{۱mol\,N_۲}=۱۰۰۸mL\,N_۲$$

سپس بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم: $\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times ۱۰۰=\frac{۹۰۷/۲mL\,N_۲}{۱۰۰۸\,mL\,N_۲}\times ۱۰۰=٪۹۰$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CO \text{ ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{میلی‌لیتر } N_۲}{\text{ضریب}\times۲۲۴۰۰}\Rightarrow\frac{۴/۲\times\frac{۶۰}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{۲\times۲۸}=\frac{۹۰۷/۲}{۱\times۲۲۴۰۰}\Rightarrow R=٪۹۰$$

قسمت دوم: معادلهٔ واکنش تجزیهٔ $CaCO_۳$ به صورت $CaCO_۳(s)\rightarrow CaO(s)+CO_۲(g)$ است.

$$?\,g\,CaCO_۳=۹۰۷/۲ml\,N_۲\times\frac{۱mol\,N_۲}{۲۲۴۰۰ml\,N_۲}\times\frac{۲mol\,CO_۲}{۱mol\,N_۲}\times\frac{۱mol\,CaCO_۳}{۱mol\,CO_۲}\times\frac{۱۰۰g\,CaCO_۳}{۱mol\,CaCO_۳}=۸/۱g\,CaCO_۳$$

توضیح محاسبات

پاسخ به ۸ نزدیک است. (پاسخ ۸/۱) $۸-۲=۱۰$ $\frac{۹۰۷/۲\times۲\times۱۰۰}{۲۲۴۰۰}=?\xrightarrow[\text{به جای ۹۰۷/۲ عدد ۹۱۰ قرار گیرد.}]{\text{ساده کردن}}\frac{۹۱۰\times۲\times۱۰۰}{۲۲۴۰۰}=\frac{۹۱۰}{۱۱۲}\xrightarrow{\text{تقسیم پلکانی}}\begin{matrix}۱۰ & =۲\\ ۱۱۲ & ۲۱۰\\ ۱۱۲ & \end{matrix}$

B ۱۰۰۲ ۱ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $۲Al(s)+۶HBr(aq)\rightarrow ۲AlBr_۳(aq)+۳H_۲(g)$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری گاز $H_۲$ تولیدی در شرایط STP را به‌دست می‌آوریم و سپس به کمک مقدار عملی، بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{(مقدار نظری) } ?\,L\,H_۲=\text{محلول } ۲/۵L\times\frac{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}{۱L\,\text{محلول}}\times\frac{۱/۶۲g\,\text{محلول}}{۱mL\,\text{محلول}}\times\frac{۵۱\,g\,HBr}{۱۰۰g\,\text{محلول}}\times\frac{۱mol\,HBr}{۸۱\,g\,HBr}\times\frac{۳mol\,H_۲}{۶mol\,HBr}\times\frac{۲۲/۴L\,H_۲}{۱mol\,H_۲}=۲۸۵/۶L\,H_۲$$

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times ۱۰۰=\frac{۲۱۴/۲L\,H_۲}{۲۸۵/۶\,L\,H_۲}\times ۱۰۰=٪۷۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{میلی‌لیتر محلول}\times\text{چگالی}(\frac{g}{mL})\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر گاز } (STP)\,H_۲}{\text{ضریب}\times۲۲/۴}\Rightarrow\frac{۲۵۰۰\times۱/۶۲\times\frac{۵۱}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{۶\times۸۱}=\frac{۲۱۴/۲}{۳\times۲۲/۴}\Rightarrow R=٪۷۵$$

قسمت دوم: ابتدا باید غلظت محلول $AlBr_۳$ را محاسبه کنیم: $?\,mol\,AlBr_۳=۲۱۴/۲L\,H_۲\times\frac{۱mol\,H_۲}{۲۲/۴L\,H_۲}\times\frac{۲mol\,AlBr_۳}{۳mol\,H_۲}=۶/۳۷۵mol\,AlBr_۳$

$$M=\frac{\text{مول } AlBr_۳}{V}=\frac{۶/۳۷۵mol}{۲/۵۵L}=۲/۵mol.L^{-۱}$$

$$M=\frac{۱۰ad}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow ۲/۵=\frac{۱۰a(۱/۲۵)}{۲۶۷}\Rightarrow a=٪۵۳/۴$$

B ۱۰۰۳ ۳ توجه کنید هنگامی که گفته می‌شود واکنش‌دهنده به میزان ٪۳۵ تجزیه می‌شود، یعنی بازده درصدی واکنش ٪۳۵ است.

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $۴KNO_۳(s)\rightarrow ۲K_۲O(s)+۵O_۲(g)+۲N_۲(g)$

ابتدا باید حجم مولی گازها را در شرایط واکنش به‌دست آوریم:

$$\text{حجم مولی گازها}=\frac{۱\,L\,N_۲}{۱/۴\,g\,N_۲}\times\frac{۲۸\,g\,N_۲}{۱\,mol\,N_۲}=۲۰\,L.mol^{-۱}$$

* **توجه** در دما و فشار معین، حجم مولی گازها با هم برابر است.

اکنون به کمک جرم واکنش‌دهنده، حجم گازهای تولیدی را که در عمل به‌دست می‌آید محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\ \text{گاز}\ (O_۲,N_۲)=۲۴۲/۴\,g\,KNO_۳\times\frac{۱\,mol\,KNO_۳}{۱۰۱\,g\,KNO_۳}\times\frac{۷\,mol\ \text{گاز}}{۴\,mol\,KNO_۳}\times\frac{۲۰\,L\ \text{گاز}}{۱\,mol\ \text{گاز}}\times\underbrace{\frac{۳۵}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش}}=۲۹/۴\,L\ \text{گاز}\ (O_۲,N_۲)$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}\ KNO_۳\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مجموع لیتر گازهای تولیدی}}{\text{مجموع ضریب گازهای فراورده}\times\text{حجم مولی گازها}}\Rightarrow\frac{۲۴۲/۴\times\frac{۳۵}{۱۰۰}}{۴\times۱۰۱}=\frac{x}{۷\times۲۰}\Rightarrow x=۲۹/۴\,L\ \text{گاز}(O_۲,N_۲)$$

C ۱۰۰۴ ۲ با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش $۲NaHCO_۳\rightarrow Na_۲CO_۳+CO_۲+H_۲O$، به ازای مصرف ۲ مول $NaHCO_۳$، ۱ مول $CO_۲$ (جرم ۴۴ گرم) و ۱ مول $H_۲O$ (جرم ۱۸ گرم) تولید می‌شود که تفاوت جرم فراورده‌ها برابر با $۲۶\,g$ $(۴۴-۱۸)$ می‌شود؛ بنابراین داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,NaHCO_۳=۱۰/۴\,g\ \text{تفاوت جرم}\times\underbrace{\frac{۱۰۰}{۶۴}}_{\text{بازده}}\times\frac{۲\,mol\,NaHCO_۳}{۲۶\,g\ \text{تفاوت جرم}}=۱/۲۵\,mol\,NaHCO_۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول}\ NaHCO_۳\times\frac{۶۴}{۱۰۰}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{تفاوت جرم فراورده‌ها}}{۲۶}\Rightarrow\frac{x\,mol\,NaHCO_۳\times\frac{۶۴}{۱۰۰}}{۲}=\frac{۱۰/۴}{۲۶}\Rightarrow x=۱/۲۵\,mol\,NaHCO_۳$$

B ۱۰۰۵ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:

$$Cu_nX(aq)+nK(s)\rightarrow K_nX(aq)+nCu(s)$$

با توجه به اطلاعات داده شده، رابطهٔ بین بازدهٔ درصدی واکنش و نسبت جرم مولی آنیون X به n را به دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۲۹\,g\,Cu_nX\times\frac{۱\,mol\,Cu_nX}{(۶۴n+m_X)\,g\,Cu_nX}\times\frac{n\,mol\,Cu}{۱\,mol\,Cu_nX}\times\frac{۶۴\,g\,Cu}{۱\,mol\,Cu}\times\frac{۷۵}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}=۹/۶\,g\,Cu$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}\ Cu_nX}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم}\ Cu}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲۹\times\frac{۷۵}{۱۰۰}\times\frac{P}{۱۰۰}}{۱\times(۶۴n+m_X)}=\frac{۹/۶}{n\times۶۴}$$

طبق محاسبات بالا، رابطهٔ $\frac{m_X}{n}=۱/۴۵R-۶۴$ به دست می‌آید. حالا گزینه‌ها را باید یک به یک بررسی کرد تا مشخص شود که اعداد کدام گزینه در این رابطه صدق می‌کند:

گزینهٔ (۱): $R=٪۵۰\Rightarrow\frac{m_X}{n}=۱/۴۵(۵۰)-۶۴=۸/۵\neq۱۰/۵$ گزینهٔ (۲): $R=٪۶۰\Rightarrow\frac{m_X}{n}=۱/۴۵(۶۰)-۶۴=۲۳=۲۳$

گزینهٔ (۳): $R=٪۷۰\Rightarrow\frac{m_X}{n}=۱/۴۵(۷۰)-۶۴=۳۷/۵\neq۳۵/۵$ گزینهٔ (۴): $R=٪۸۰\Rightarrow\frac{m_X}{n}=۱/۴۵(۸۰)-۶۴=۵۲\neq۵۴$

B ۱۰۰۶ ۴

نکته‌ترکیبی **کاهش جرم اجزا در صورتی که در در فراورده‌ها، جزء گازی داشته باشیم:** در برخی از مسائل استوکیومتری، ذکر می‌شود که مخلوط واکنش در پایان آن با کاهش جرم مواجه می‌شود. با توجه به اینکه در واکنش‌های شیمیایی فقط در صورتی ممکن است جرم مجموع اجزا به صورت ظاهری تغییر کند که یک یا چند جزء گازی در معادلهٔ واکنش حضور داشته باشند، می‌گوییم که کاهش جرم مخلوط مربوط به جزء یا اجزای گازی است و با استفاده از همین کاهش جرم می‌توان به سایر خواسته‌های سؤال پاسخ داد.

درصدی از روی کربنات که تجزیه می‌شود، معادل بازده درصدی واکنش است. کاهش جرم مواد جامد داخل ظرف، ناشی از خروج گاز $CO_۲$ تولیدی از ظرف واکنش است.

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری گاز $CO_۲$ تولیدی را به‌دست می‌آوریم و سپس به کمک مقدار عملی آن، بازده درصدی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_۲=۶۲/۵\,g\,ZnCO_۳\ \text{ناخالص}\times\frac{۲۵\,g\,ZnCO_۳\ \text{خالص}}{۱۰۰\,g\,ZnCO_۳\ \text{ناخالص}}\times\frac{۱\,mol\,ZnCO_۳}{۱۲۵\,g\,ZnCO_۳}\times\frac{۱\,mol\,CO_۲}{۱\,mol\,ZnCO_۳}\times\frac{۴۴\,g\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=۵/۵\,g\,CO_۲$$

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times۱۰۰=\frac{۱/۳۲}{۵/۵}\times۱۰۰=٪۲۴$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}\ ZnCO_۳\ \text{ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم}\ CO_۲}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۶۲/۵\times\frac{۲۵}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{۱\times۱۲۵}=\frac{۱/۳۲}{۱\times۴۴}\Rightarrow R=٪۲۴$$

B ۱۰۰۷ ۱

نکته ترکیبی **کاهش جرم اجزا در صورتی که در هر دو طرف معادله، جزء گازی داشته باشیم:** برای حل این گونه سؤالات، به واکنش‌دهنده و فراوردهٔ جامد در واکنش توجه کنید و ببینید که چه اتم‌ها یا گروه‌هایی در واکنش‌دهنده بوده که در فراورده نیست یا برعکس. برای نمونه در این گونه مسائل اگر واکنش کلی به صورت: $AB(s)+C(g)\rightarrow A(s)+BC(g)$ باشد، کاهش جرم مادهٔ جامد به دلیل جدا شدن B از مادهٔ AB جامد است. با توجه به توضیحات داده شده، این مسائل را می‌توانید به سادگی حل نمائید.

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به صورت مقابل است: $Fe_2O_3(s)+3CO(g)\rightarrow 2Fe(s)+3CO_2(g)$

در این واکنش، یک مول Fe_2O_3 (۱۶۰g) مصرف می‌شود و دو مول Fe (۱۱۲g) تولید می‌شود و در واقع، به ازای مصرف هر مول Fe_2O_3، ۴۸ گرم از جرم مواد جامد موجود در واکنش، کاسته می‌شود؛ در نتیجه خواهیم داشت: $1\,mol\,Fe_2O_3 \sim 48g$ (کاهش جرم)

اکنون می‌توان مقدار نظری کاهش جرم مخلوط را، به دست آورد:

$$?\,g\,(\text{کاهش جرم}) = 400g\,Fe_2O_3\,\text{ناخالص} \times \frac{80g\,Fe_2O_3}{100g\,Fe_2O_3\,\text{ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{160g\,Fe_2O_3} \times \frac{48g\,\text{کاهش جرم}}{1\,mol\,Fe_2O_3} = 96g\,\text{کاهش جرم}\,(\text{مقدار نظری})$$

در نهایت بازده واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{72}{96} \times 100 = \%75$$

B ۱۰۰۸ ۴ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش ترمیت: $2Al(s)+Fe_2O_3(s)\rightarrow 2Fe(l)+Al_2O_3(s)$

در این واکنش به ازای مصرف ۲ مول Al (۵۴ گرم)، ۲ مول Fe (۱۱۲ گرم) و ۱ مول Al_2O_3 (۱۰۲ گرم) تولید می‌شود و اختلاف جرم فراورده‌ها برابر ۱۰g (۱۱۲−۱۰۲) است، پس ابتدا به کمک اختلاف جرم فراورده‌ها، مول آهن تولید شده را محاسبه می‌کنیم که مقدار عملی آهن را می‌دهد:

$$?\,mol\,Fe\,(\text{مقدار عملی}) = 37/8g\,\text{اختلاف} \times \frac{2mol\,Fe}{10g\,\text{اختلاف}} = 7/56mol\,Fe\,(\text{مقدار عملی})$$

سپس از جرم آلومینیم مصرفی، مقدار نظری آهن تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,Fe\,(\text{مقدار نظری}) = 486g\,Al \times \frac{1\,mol\,Al}{27g\,Al} \times \frac{2mol\,Fe}{2mol\,Al} = 18mol\,Fe\,(\text{مقدار نظری})$$

اکنون بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{7/56}{18} \times 100 = \%42$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش مورد نظر به صورت $2Fe_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow 4Fe(s)+3CO_2(g)$ است.

$$?\,g\,Fe_2O_3 = 7/56\,mol\,Fe \times \frac{2\,mol\,Fe_2O_3}{4\,mol\,Fe} \times \frac{160g\,Fe_2O_3}{1\,mol\,Fe_2O_3} = 604/8g\,Fe_2O_3$$

C ۱۰۰۹ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده به صورت زیر است:

I) $2KMnO_4(s)\rightarrow K_2MnO_4(s)+MnO_2(s)+O_2(g)$ II) $3FeCO_3(s)\rightarrow Fe_3O_4(s)+2CO_2(g)+CO(g)$

(حواستان باشد: برای موازنهٔ واکنش (II) به Fe_3O_4 ضریب (۱) و به $FeCO_3$ ضریب (۳) می‌دهیم و به جای ضرایب CO_2 و CO پارامترهای a و b را قرار می‌دهیم؛ در مرحلهٔ بعد با نوشتن معادلات مربوط به موازنهٔ اتم‌های C و O، این پارامترها را به‌دست می‌آوریم.)

با توجه به اینکه شمار مول‌های گازهای O_2 و CO_2 برابر است، به منظور برابر شدن ضریب استوکیومتری گازهای O_2 و CO_2 در دو واکنش، کلیهٔ ضرایب واکنش (I) را در ۲ ضرب کرده و روابط استوکیومتری را به‌طور مستقیم میان $KMnO_4$ و $FeCO_3$ می‌نویسیم. $(4mol\,KMnO_4 \sim 3mol\,FeCO_3)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,FeCO_3\,\text{ناخالص} = 63/2g\,KMnO_4 \times \frac{1\,mol\,KMnO_4}{158g\,KMnO_4} \times \underbrace{\frac{2P}{100}}_{\text{درصد خلوص } KMnO_4} \times \underbrace{\frac{R}{100}}_{\text{بازده واکنش (I)}} \times \frac{3mol\,FeCO_3}{4mol\,KMnO_4} \times \frac{116g\,FeCO_3}{1\,mol\,FeCO_3} \times \underbrace{\frac{100}{P}}_{\text{درصد خلوص } FeCO_3} \times \underbrace{\frac{100}{1/2R}}_{\text{بازده واکنش (I)}} = 58g\,FeCO_3\,\text{ناخالص}$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{KMnO_4\,\text{جرم} \times \frac{2P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{FeCO_3\,\text{جرم} \times \frac{P}{100} \times \frac{1/2R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{63/2 \times 2P \times R}{4 \times 158 \times 100 \times 100} = \frac{x \times P \times 1/2R}{3 \times 116 \times 100 \times 100} \Rightarrow x = 58g\,FeCO_3\,\text{ناخالص}$$

C ۱۰۱۰ ۱ ابتدا تعداد مول O_2 وارد شده به هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,O_2\,(\text{واکنش I}) = 500g\,O_2 \times \frac{1\,mol\,O_2}{32g\,O_2} \times \frac{72}{100} = 11/25mol\,O_2$$

$$?\,mol\,O_2\,(\text{واکنش II}) = 500g\,O_2 \times \frac{1\,mol\,O_2}{32g\,O_2} \times \frac{28}{100} = 4/375mol\,O_2$$

I) $4NH_3+3O_2\rightarrow 2N_2+6H_2O$

II) $2C_2H_6+7O_2\rightarrow 4CO_2+6H_2O$

سپس مقدار مول H_2O تولیدی در دو واکنش را به‌دست می‌آوریم: $?\,mol\,H_2O\,(\text{I واکنش})=11/25\,mol\,O_2\times\frac{6\,mol\,H_2O}{3\,mol\,O_2}\times\underbrace{\frac{R_I}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=(\frac{22/5R_I}{100})mol\,H_2O$

$?\,mol\,H_2O\,(\text{II واکنش})=4/375\,mol\,O_2\times\frac{6\,mol\,H_2O}{7\,mol\,O_2}\times\underbrace{\frac{R_{II}}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=(\frac{3/75R_{II}}{100})mol\,H_2O$

اکنون با مساوی قرار دادن مقدار مول‌های H_2O تولید شده در دو واکنش، نسبت $\frac{R_{II}}{R_I}$ را به‌دست می‌آوریم: $\frac{22/5R_I}{100}=\frac{3/75R_{II}}{100}\Rightarrow\frac{R_{II}}{R_I}=\frac{22/5}{3/75}=6$

۱۰۱۱ **۱** **C** واکنش‌پذیری Na برخلاف Fe از C بیشتر است؛ بنابراین واکنش میان Na_2O و C انجام‌پذیر نیست و همهٔ کربن دی‌اکسید تولید شده، حاصل واکنش FeO با C است. $2FeO(s)+C(s)\xrightarrow{\Delta}CO_2(g)+2Fe(s)$

برای حل این مسئله، ابتدا از حجم CO_2 تولیدی مقدار مول و جرم FeO را به‌دست آوریم:

$?\,mol\,FeO=336\,mL\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{22400\,mL\,CO_2}\times\frac{2\,mol\,FeO}{1\,mol\,CO_2}=0/03\,mol\,FeO$

$?\,g\,FeO=0/03\,mol\,FeO\times\frac{72\,g\,FeO}{1\,mol}=2/16\,g\,FeO$ (پاسخ قسمت اول)

سپس با توجه به جرم مخلوط اولیه (۶/۵ گرم)، جرم Na_2O موجود در این مخلوط را محاسبه کرده و مقدار مول Na_2O را به‌دست می‌آوریم:

$?\,mol\,Na_2O=4/34\,g\,Na_2O\times\frac{1\,mol\,Na_2O}{62\,g\,Na_2O}=0/07\,mol\,Na_2O$

جرم Na_2O در مخلوط اولیه $=6/5-2/16=4/34\,g\,Na_2O$

با توجه به شمار مول‌های FeO و Na_2O در مخلوط اولیه، نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها را در مخلوط اولیه به‌دست می‌آوریم:

$\begin{cases}0/03\,mol\,FeO:0/03\,mol\,Fe^{2+}\,,\quad 0/03\,mol\,O^{2-}\\0/07\,mol\,Na_2O:2\times0/07\,mol\,Na^{+}\,,\quad 0/07\,mol\,O^{2-}\end{cases}\Rightarrow\frac{\text{شمار کاتیون‌ها}}{\text{شمار آنیون‌ها}}=\frac{0/03+0/14}{0/03+0/07}=\frac{0/17}{0/10}=1/7$ (پاسخ قسمت دوم)

۱۰۱۲ **۴** **C** برای حل سؤال، ابتدا باید معادلهٔ واکنش‌های داده شده را موازنه نمود. برای موازنهٔ واکنش اول، ابتدا به $KMnO_4$ ضریب ۱ داده و سپس برای موازنهٔ اتم H به مادهٔ H_2O ضریب ۴ می‌دهیم. در ادامه برای موازنهٔ دیگر مواد به HCl ضریب ۸، به KCl و $MnCl_2$ ضریب ۱ و به Cl_2 ضریب $\frac{5}{2}$ می‌دهیم. در پایان نیز برای از بین بردن ضریب کسری $\frac{5}{2}$، تمامی ضرایب را در ۲ ضرب می‌کنیم. برای موازنهٔ واکنش دوم نیز به سادگی به مادهٔ Cl_2 و I_2 ضریب ۱ داده و ضریب KI و KCl برابر ۲ می‌شود. معادلهٔ موازنه شدهٔ این دو واکنش به‌صورت داده شده است:

$2KMnO_4(s)+16HCl(aq)\rightarrow2KCl(aq)+2MnCl_2(aq)+5Cl_2(g)+8H_2O(l)\,,\quad 2KI(aq)+Cl_2(g)\rightarrow2KCl(aq)+I_2(s)$

قسمت اول: **روش اول (کسر تبدیل):**

$?\,mL\,HCl\,\text{محلول}=79\,g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}\times\frac{80\,g\,KMnO_4\,\text{خالص}}{100\,g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,KMnO_4}{158\,g\,KMnO_4}\times\frac{16\,mol\,HCl}{2\,mol\,KMnO_4}\times\frac{1\,L\,\text{محلول}}{2\,mol\,HCl}$

$\times\frac{1000\,mL\,\text{محلول}}{1\,L\,\text{محلول}}=1600\,mL\,HCl\,\text{محلول}$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم}\,KMnO_4\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{غلظت مولی}\times HCl\,\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{79\times\frac{80}{100}}{2\times158}=\frac{2\times x\,L\,\text{محلول}}{16}\Rightarrow x=1/6L=1600\,mL\,HCl\,\text{محلول}$

قسمت دوم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$?\,g\,I_2=79\,g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}\times\frac{80\,g\,KMnO_4\,\text{خالص}}{100\,g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,KMnO_4}{158\,g\,KMnO_4}\times\frac{5\,mol\,Cl_2}{2\,mol\,KMnO_4}\times\frac{1\,mol\,I_2}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{254\,g\,I_2}{1\,mol\,I_2}\times\underbrace{\frac{85}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=215/9\,g\,I_2$

روش دوم (تناسب): ابتدا برای یکسان شدن ضرایب Cl_2 در هر دو واکنش، واکنش دوم را در ۵ ضرب می‌کنیم، پس خواهیم داشت: $2\,mol\,KMnO_4\sim5\,mol\,I_2$

$\frac{\text{جرم}\,KMnO_4\,\text{مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\,I_2\,\text{تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{79\times\frac{80}{100}\times\frac{85}{100}}{2\times158}=\frac{y\,g\,I_2}{5\times254}\Rightarrow y=215/9\,g\,I_2$

۱۰۱۳ **۴** **B** **روش اول (کسر تبدیل):**

$?\,mol\,NaHCO_3=58/5\,g\,NaN_3\times\frac{1\,mol\,NaN_3}{65\,g\,NaN_3}\times\frac{2\,mol\,Na}{2\,mol\,NaN_3}\times\frac{3\,mol\,Na_2O}{6\,mol\,Na}\times\frac{2\,mol\,NaHCO_3}{1\,mol\,Na_2O}\times\frac{R}{100}\times\frac{R}{100}\times\frac{R}{100}=5/76\times10^{-2}\,mol\,NaHCO_3$

$R^3=64000\Rightarrow R=\sqrt[3]{64000}=\%40$

روش دوم (تناسب): به منظور یکسان شدن ضرایب Na در واکنش‌های (I) و (II)، واکنش (I) را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم. همچنین به منظور یکسان شدن ضرایب Na_2O در واکنش‌های (I) و (III)، واکنش (III) را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم، پس به این ترتیب خواهیم داشت:

$$۶NaN_3 \sim ۶Na \sim ۳Na_2O \sim ۶NaHCO_3 ,\quad \frac{\text{جرم } NaN_3 \text{ مصرفی} \times \frac{R}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مقدار مول } NaHCO_3}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۵۸/۵\times\frac{R^۳}{۱۰^۶}}{۶\times۶۵} = \frac{۵/۷۶\times۱۰^{-۲}}{۶} \Rightarrow R = ٪۴۰$$

C ۱۰۱۴ ۱

نکته ترکیبی جدول تغییرات مول یا غلظت: در مسائلی که واکنش به‌طور کامل انجام نمی‌شود، می‌توان از روش رسم جدول برای تعیین مقادیر تک‌تک اجزای واکنش استفاده کرد. در این روش یک جدول رسم می‌کنیم که هر ستون آن متعلق به یکی از اجزای واکنش است و سه ردیف به ترتیب «مول اولیه»، «تغییر مول» و «مول نهایی» را دارد. اگر بخواهیم برای واکنش $aA+bB\rightarrow cC+dD$ جدول رسم کنیم، خواهیم داشت:

- برای پر کردن هر خانه به صورت زیر عمل می‌کنیم:
- **ردیف مول اولیه:** مقدار مول اولیه برای هر کدام از اجزا را در این ردیف می‌نویسیم. این مقدار اغلب برای فراورده‌ها برابر صفر است.
- **ردیف تغییر مول:** تغییرات مول هر ماده را با متغیری مانند x ضرب در ضریب استوکیومتری آن ماده می‌نویسیم. علامت این تغییرات برای واکنش دهنده‌ها منفی و برای فراورده‌ها مثبت است.
- **ردیف مول نهایی:** از جمع جبری اعداد دو ردیف قبل به دست می‌آید. اکنون می‌توان جدول بالا را به صورت داده شده تکمیل کرد:

$aA + bB \rightarrow cC + dD$				
مول اولیه				
تغییر مول				
مول نهایی				

$aA + bB \rightarrow cC + dD$				
مول اولیه	m	n	۰	۰
تغییر مول	$-aX$	$-bX$	$+cX$	$+dX$
مول نهایی	$m-aX$	$n-bX$	cX	dX

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $Al_2(SO_4)_3(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+۳SO_3(g)$

مقدار مول آلومینیم سولفات تجزیه شده را x مول در نظر می‌گیریم. سپس جدول تغییر تعداد مول واکنش را رسم می‌کنیم:

$Al_2(SO_4)_3(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+۳SO_3(g)$			
مول اولیه	۱	۰	۰
تغییر مول	$-x$	$+x$	$+۳x$
مول نهایی	$۱-x$	x	$۳x$

با توجه به اینکه جرم SO_3 تولید شده با جرم $Al_2(SO_4)_3$ باقی‌مانده برابر است، پس خواهیم داشت:

$$\left.\begin{aligned} ?\,g\,SO_3 = ۳x\,mol\,SO_3 \times \frac{۸۰\,g\,SO_3}{۱\,mol\,SO_3} = ۲۴۰x\,g\,SO_3 \\ ?\,g\,Al_2(SO_4)_3 = (۱-x)\,mol\,Al_2(SO_4)_3 \times \frac{۳۴۲\,g\,Al_2(SO_4)_3}{۱\,mol\,Al_2(SO_4)_3} = ۳۴۲(۱-x)\,g\,Al_2(SO_4)_3 \end{aligned}\right\} \Rightarrow ۲۴۰x = ۳۴۲(۱-x) \Rightarrow x \simeq ۰/۵۸۸$$

اکنون درصدی از آلومینیم سولفات تجزیه شده در واکنش (بازده واکنش) را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده واکنش} = \frac{۰/۵۸۸}{۱}\times۱۰۰ = ٪۵۸/۸$$

C ۱۰۱۵ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $SiO_2(s)+۲C(s)\rightarrow SiC(l)+CO_2(g)$

ابتدا به کمک جرم واکنش‌دهنده، حجمی از CO_2 را که در عمل در شرایط STP تولید می‌شود به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,CO_2 = ۱۵۰\,g\,SiO_2\,\text{ناخالص} \times \frac{۴۰\,g\,SiO_2\,\text{خالص}}{۱۰۰\,g\,SiO_2\,\text{ناخالص}} \times \frac{۱\,mol\,SiO_2}{۶۰\,g\,SiO_2} \times \frac{۱\,mol\,CO_2}{۱\,mol\,SiO_2} \times \frac{۲۲/۴\,L\,CO_2}{۱\,mol\,CO_2} \times \underbrace{\frac{۷۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش}} = ۱۵/۶۸\,L\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } SiO_2 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{(STP) } CO_2 \text{ لیتر}}{\text{ضریب} \times ۲۲/۴} \Rightarrow \frac{۱۵۰\times\frac{۴۰}{۱۰۰}\times\frac{۷۰}{۱۰۰}}{۱\times۶۰} = \frac{x}{۱\times۲۲/۴} \Rightarrow x = ۱۵/۶۸L$$

اکنون با توجه به اینکه حجم گاز CO_2 در شرایط STP (دمای ۲۷۳K و فشار ۱atm) برابر ۱۵/۶۸ لیتر است، حجم گاز CO_2 را در شرایط داده شده محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{۱\times۱۵/۶۸}{۲۷۳} = \frac{۲\times V_2}{(۲۷۳+۱۹۵)} \Rightarrow V_2 = ۱۳/۴۴L\,CO_2$$

برای محاسبهٔ چگالی CO_2 لازم است که جرم CO_2 تولید شده در این واکنش را محاسبه کنیم و آن را تقسیم بر حجم CO_2 کنیم:

$$?\,g\,CO_2 = ۱۵۰\,g\,SiO_2\,\text{ناخالص} \times \frac{۴۰\,g\,SiO_2\,\text{خالص}}{۱۰۰\,g\,SiO_2\,\text{ناخالص}} \times \frac{۱\,mol\,SiO_2}{۶۰\,g\,SiO_2} \times \frac{۱\,mol\,CO_2}{۱\,mol\,SiO_2} \times \frac{۴۴\,g\,CO_2}{۱\,mol\,CO_2} \times \underbrace{\frac{۷۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش}} = ۳۰/۸\,g\,CO_2$$

$$\text{چگالی } CO_2 = \frac{\text{جرم } CO_2}{\text{حجم } CO_2} = \frac{۳۰/۸}{۱۳/۴۴} \simeq ۲/۳\,g.L^{-۱}$$

C ۱۰۱۶ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به صورت مقابل است: $2KMnO_4(s)\rightarrow K_2MnO_4(s)+MnO_2(s)+O_2(s)$

با توجه به آن، مقدار و جرم اتم‌های منگنز در طول واکنش، ثابت می‌ماند؛ بنابراین قبل از انجام واکنش، ابتدا جرم اتم‌های منگنز موجود در $KMnO_4$ اولیه را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,g\,Mn=۲۳۷g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}\times\frac{۴۰g\,KMnO_4}{۱۰۰g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}}\times\frac{۱mol\,KMnO_4}{۱۵۸g\,KMnO_4}\times\frac{۱mol\,Mn}{۱mol\,KMnO_4}\times\frac{۵۵g\,Mn}{۱mol\,Mn}=۳۳g\,Mn$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{گرم }KMnO_4\text{ ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم Mn}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲۳۷\times\frac{۴۰}{۱۰۰}}{۱۵۸}=\frac{x}{۵۵}\Rightarrow x=۳۳g\,Mn$$

اکنون جرم گاز O_2 تولید شده را محاسبه می‌کنیم که با کم کردن آن از جرم اولیهٔ نمونه، جرم مخلوط برجای مانده شامل مواد مختلف به‌دست می‌آید:

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,g\,O_2=۲۳۷g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}\times\frac{۴۰g\,KMnO_4\,\text{خالص}}{۱۰۰g\,KMnO_4\,\text{ناخالص}}\times\frac{۱mol\,KMnO_4}{۱۵۸g\,KMnO_4}\times\frac{۱mol\,O_2}{۲mol\,KMnO_4}\times\frac{۳۲g\,O_2}{۱mol\,O_2}\times\underbrace{\frac{۸۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش}}=۷/۶۸g\,O_2$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{گرم }KMnO_4\text{ ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم }O_2}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲۳۷\times\frac{۴۰}{۱۰۰}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۲\times۱۵۸}=\frac{x\,g\,O_2}{۳۲}\Rightarrow x=۷/۶۸g\,O_2$$

در نهایت می‌توان درصد جرمی Mn را در نمونهٔ نهایی به دست آورد:

$$\text{درصد جرمی Mn}=\frac{\text{جرم Mn}}{\text{جرم کل نمونه}}\times۱۰۰\Rightarrow\frac{۳۳}{۲۲۹/۴}\times۱۰۰\simeq٪۱۴/۳$$

$$\text{جرم نمونهٔ نهایی}=۲۳۷-۷/۶g=۲۲۹/۴g$$

* **توجه** در مرحلهٔ اول حل سؤال، صرفاً به محاسبهٔ جرم Mn در نمونهٔ اولیه قبل از انجام واکنش، پرداختیم. به همین دلیل از بازده درصدی استفاده نکردیم؛ اما در مرحلهٔ دوم، به علت محاسبات استوکیومتری بین واکنش‌دهنده و فراورده، از بازده درصدی استفاده کردیم.

C ۱۰۱۷ ۴

نکته‌ترکیبی **حالت فیزیکی آب:** حالت فیزیکی آب در فشار ۱ atm در دماهای گوناگون متفاوت است: $\theta<۰^\circ C$: در این دما، آب به حالت یخ و جامد است. حالت استاندارد (STP) : در این دما آب به حالت جامد یا مایع است. $۰^\circ C<\theta<۱۰۰^\circ C$: آب در این دما به حالت مایع قرار دارد. $\theta>۱۰۰^\circ C$: آب در این دما به حالت گاز یا بخار قرار دارد.

* **توجه** در واکنش سوختن یک ماده، که H_2O تولید می‌شود، در صورتی که از شرایط دمایی واکنش، اطلاعاتی در دست نباشد، آن را به حالت گاز در نظر می‌گیریم.

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن اتان، به صورت مقابل است: $2C_2H_6(g)+7O_2(g)\rightarrow 4CO_2(g)+6H_2O(l)$

روش اول (کسر تبدیل): با توجه به متن تست، ۲۰ لیتر گاز CO_2 در واکنش اول تولید شده است که همین مقدار CO_2 در واکنش دوم هم تولید می‌شود:

قسمت اول: محاسبهٔ چگالی گاز CO_2 در شرایط واکنش:

$$?\,g\,CO_2=۵۲/۵g\,NaHCO_3\,\text{ناخالص}\times\frac{۸۰g\,NaHCO_3\,\text{خالص}}{۱۰۰g\,NaHCO_3\,\text{ناخالص}}\times\frac{۱mol\,NaHCO_3}{۸۴g\,NaHCO_3}\times\frac{۱mol\,CO_2}{۱mol\,NaHCO_3}\times\frac{۴۴g\,CO_2}{۱mol\,CO_2}=۲۲g\,CO_2$$

$$\text{چگالی گاز }CO_2=\frac{\text{جرم }CO_2}{\text{حجم }CO_2}=\frac{۲۲g}{۲۰L}=۱/۱\,g.L^{-۱}$$

قسمت دوم: محاسبهٔ حجم اتان مورد نیاز:
$$?\,L\,C_2H_6=۲۰L\,CO_2\times\frac{۱/۱\,g\,CO_2}{۱L\,CO_2}\times\frac{۱mol\,CO_2}{۴۴g\,CO_2}\times\frac{۲mol\,C_2H_6}{۴mol\,CO_2}\times\frac{۲۲/۴L\,CH_6}{۱mol\,C_2H_6}\times\underbrace{\frac{۱۰۰}{۸۰}}_{\text{معکوس بازده}}=۷LC_2H_6$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{گرم }NaHCO_3\text{ ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{(STP)\,C_2H_6\text{ گرم}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times۲۲/۴}=\frac{CO_2\text{ لیتر}\times\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۵۲/۵\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱\times۸۴}=\frac{V_{C_2H_6}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۲\times۲۲/۴}=\frac{۲۰\times d_{CO_2}}{۱\times۴۴}$$

$$\Rightarrow d_{CO_2}=۱/۱\,g.L^{-۱}\,,\,V_{C_2H_6}=۷L$$

* **توجه** در این سؤال، شرایط STP فقط برای اتان مطرح شده است که با شرایطی که در آن چگالی CO_2 به‌دست آمد، متفاوت است.

B ۱۰۱۸ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $B_2O_3(s)+3C+3Cl_2(g)\rightarrow 2BCl_3(g)+3CO(g)$

حجم مولی گازها را در شرایط انجام واکنش به‌دست می‌آوریم:
$$۱۱۷/۵g\,BCl_3\times\frac{۱L\,BCl_3}{۲/۳۵g\,BCl_3}=۵۰L\,BCl_3$$

حاصل ضرب درصد خلوص در بازده درصدی را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):
$$۵۰g\,C\times\frac{۱mol\,C}{۱۲g\,C}\times\frac{۵mol\,\text{گاز}}{۳mol\,C}\times\frac{۵۰L\,\text{گاز}}{۱mol\,\text{گاز}}\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}=۲۰۰L\,\text{گاز}\Rightarrow P.R=۵۷۶۰$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم کربن}\times\frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم گازها}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{50\times\frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{3\times12}=\frac{200}{5\times50}\Rightarrow P.R=5760$$

حال با استفاده از گزینه‌ها، مورد درست را پیدا می‌کنیم:

گزینهٔ (۱): $\begin{cases}P=100-64=\%36\\R=\%90\end{cases}\Rightarrow P.R=36\times90=3240$ ✗

گزینهٔ (۲): $\begin{cases}P=100-28=\%72\\R=\%80\end{cases}\Rightarrow P.R=72\times80=5760$ ✓

گزینهٔ (۳): $\begin{cases}P=100-36=\%64\\R=\%80\end{cases}\Rightarrow P.R=64\times80=5120$ ✗

گزینهٔ (۴): $\begin{cases}P=100-72=\%28\\R=\%90\end{cases}\Rightarrow P.R=28\times90=2520$ ✗

C ۱۰۱۹ ۳ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست است. پیش از بررسی عبارت‌ها معادلهٔ واکنش‌های داده شده را موازنه می‌کنیم. برای موازنهٔ واکنش (I)، از عنصر گوگرد شروع می‌کنیم ولی ضرایب دیگر مواد را نمی‌توانیم به روش وارسی تعیین کنیم و باید موازنهٔ واکنش را به روش جبری ادامه دهیم:

$$I)\ 1S(s)+a\,HNO_3(aq)\xrightarrow{\Delta}1H_2SO_4(aq)+bNO_2(g)+cH_2O(l)$$

$$N:a=b,\ H:a=2+2c,\ O:3a=4+2b+c\Rightarrow\begin{cases}a=2+2c\\3a=4+2a+c\end{cases}\Rightarrow a=b=6,\ c=2$$

پس معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش (I) به‌صورت مقابل است: $S(s)+6\,HNO_3(aq)\xrightarrow{\Delta}H_2SO_4(aq)+6NO_2(g)+2H_2O(l)$

برای موازنهٔ واکنش (II)، از عنصر Cu شروع می‌کنیم، ولی نمی‌توانیم موازنه را به روش وارسی ادامه دهیم. پس ادامهٔ موازنه را با روش جبری انجام می‌دهیم:

$$1Cu(s)+a\,HNO_3(aq)\xrightarrow{\Delta}1Cu(NO_3)_2(aq)+b\,NO(g)+c\,H_2O(l)$$

$$H:a=2c,\ N:a=2+b,\ O:3a=6+b+c\xrightarrow{a=2c}\begin{cases}2c=2+b\\6c=6+b+c\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}2c=2+b\\5c=6+b\end{cases}\Rightarrow3c=4\Rightarrow c=\frac{4}{3},\ a=\frac{8}{3},\ b=\frac{2}{3}$$

مقادیر مجهول را در معادله قرار داده و کل ضرایب را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم:

$$II)\ 3Cu(s)+8HNO_3(aq)\xrightarrow{\Delta}3\,Cu(NO_3)_2(aq)+2NO(g)+4H_2O(l)$$

* توجه هر دو معادله را می‌توانستیم به روش اکسایش - کاهش نیز موازنه کنیم. در ادامه به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

عبارت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$160g\,S\times\frac{1mol\,S}{32g\,S}\times\frac{1mol\,H_2SO_4}{1mol\,S}\times\frac{R}{100}=4/5mol\,H_2SO_4\Rightarrow R=\%90$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{بازده درصدی}\times\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول اسید}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{160\times\frac{R}{100}}{1\times32}=\frac{4/5}{1}\Rightarrow R=\%90$$

عبارت دوم: فرض می‌کنیم x گرم اسید در هر دو واکنش مصرف شده است. جرم مواد محلول حاصل از هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\,H_2SO_4=x\,g\,HNO_3\times\frac{1mol\,HNO_3}{63g\,HNO_3}\times\frac{1mol\,H_2SO_4}{6mol\,HNO_3}\times\frac{98g\,H_2SO_4}{1mol\,H_2SO_4}\simeq0/26x\,g\,H_2SO_4$$

$$?g\,Cu(NO_3)_2=x\,g\,HNO_3\times\frac{1mol\,HNO_3}{63g\,HNO_3}\times\frac{3mol\,Cu(NO_3)_2}{8mol\,HNO_3}\times\frac{188g\,Cu(NO_3)_2}{1mol\,Cu(NO_3)_2}=1/11x\,g\,Cu(NO_3)_2$$

عبارت سوم: فرض می‌کنیم که 4/6x گرم NO_2 و x گرم NO تشکیل شده است. به کمک جرم‌های این دو گاز، جرم گوگرد و مس مصرفی در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\,S=4/6x\,g\,NO_2\times\frac{1mol\,NO_2}{46g\,NO_2}\times\frac{1mol\,S}{6mol\,NO_2}\times\frac{32g\,S}{1mol\,S}=\frac{8}{15}x\,g\,S$$

$$?g\,Cu=x\,g\,NO\times\frac{1mol\,NO}{30g\,NO}\times\frac{3mol\,Cu}{2mol\,NO}\times\frac{64g\,Cu}{1mol\,Cu}=\frac{16}{5}x\,g\,Cu$$

$$\frac{\text{جرم مصرفی Cu}}{\text{جرم مصرفی S}}=\frac{\frac{16}{5}x}{\frac{8}{15}x}=6$$

عبارت چهارم: روش اول (کسر تبدیل):

$$84g\,Cu\text{ ناخالص}\times\frac{P\,g\,Cu\text{ خالص}}{100g\,Cu\text{ ناخالص}}\times\frac{1mol\,Cu}{64g\,Cu}\times\frac{3mol\,Cu(NO_3)_2}{3mol\,Cu}=1/05mol\,Cu(NO_3)_2\Rightarrow P=\%80$$

درصد ناخالصی نمونهٔ مس برابر ۲۰٪(۸۰−۱۰۰) است.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{درصد خلوص}\times\text{جرم نمونهٔ ناخالص مس}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول }Cu(NO_3)_2}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{84\times\frac{P}{100}}{3\times64}=\frac{1/05}{3}\Rightarrow P=\%80$$

درصد ناخالصی نمونهٔ مس برابر ۲۰٪(۸۰−۱۰۰) است.

۱۰۲۰ ۲ واکنش اکسیدهای آهنی با HCl به صورت زیر است:

$FeO(s)+2HCl(aq)\rightarrow FeCl_2(aq)+H_2O(l)$ $\qquad$ $Fe_2O_3(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2FeCl_3(aq)+3H_2O(l)$

مول هر اکسید را برابر با x در نظر گرفته و حجم HCl مصرف شده را به دست می‌آوریم:

$$x\ mol\ FeO\times\frac{2mol\ HCl}{1mol\ FeO}\times\frac{1\ L\ HCl}{0/8mol\ HCl}=2/5x\ L\ HCl \qquad x\ mol\ Fe_2O_3\times\frac{2mol\ HCl}{1mol\ Fe_2O_3}\times\frac{1\ L\ HCl}{0/8mol\ HCl}=7/5x\ L\ HCl$$

(مول هر یک از اکسیدها) $2/5x+7/5x=20\Rightarrow x=2mol$ = حجم اسید مصرفی

در مرحلهٔ بعد، واکنش محلول‌های $FeCl_2$ و $FeCl_3$ با محلول NaOH به صورت زیر انجام می‌شود:

$FeCl_2(aq)+2NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_2(s)+2NaCl(aq)$ $\qquad$ $FeCl_3(aq)+3NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_3(s)+3NaCl(aq)$

از آنجا که ضریب استوکیومتری اکسیدها و کلریدهای مربوطه، یکسان است، می‌توان با مول هر یک از اکسیدها، جرم رسوب‌ها را محاسبه نمود:

$$2mol\ FeO\times\frac{1mol\ Fe(OH)_2}{1mol\ FeO}\times\frac{90g\ Fe(OH)_2}{1mol\ Fe(OH)_2}\times\underbrace{\frac{40}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=72g\ Fe(OH)_2$$

$$,2mol\ Fe_2O_3\times\frac{2mol\ Fe(OH)_3}{1mol\ Fe_2O_3}\times\frac{107g\ Fe(OH)_3}{1mol\ Fe(OH)_3}\times\underbrace{\frac{50}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=214g\ Fe(OH)_3\ ,\quad \text{مجموع جرم رسوب‌ها}=72+214=286g$$

۱۰۲۱ ۲ ابتدا جرم $MO(s)$ تولیدی را محاسبه می‌کنیم. جرم مولی فلز M را برابر x گرم بر مول در نظر می‌گیریم. خواهیم داشت:

$$?\ g\ MO=105g\ MCO_3\times\frac{1mol\ MCO_3}{(60+x)\ g\ MCO_3}\times\frac{1mol\ MO}{1mol\ MCO_3}\times\frac{(x+16)g\ MO}{1mol\ MO}\times\underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=\frac{63(x+16)}{(x+60)}g\ MO$$

با توجه به میزان MCO_3 تجزیه شده، جرم MCO_3 مصرفی برابر $63\ (105g\ MCO_3\times\frac{60}{100})$ گرم است و جرم $MCO_3(s)$ باقی‌مانده در ظرف واکنش برابر است با:

جرم MCO_3 باقی‌مانده $=105-63=42g$

با توجه به جرم ترکیب‌های جامد موجود در ظرف خواهیم داشت:

$$\text{درصد MO موجود در جامد باقی‌مانده}=\frac{\text{جرم MO(s) تولید شده}}{\text{جرم MO(s) تولید شده + جرم } MCO_3(s) \text{ باقی‌مانده}}\times100=41/7$$

$$\frac{\frac{63(x+16)}{x+60}}{42+\frac{63(x+16)}{x+60}}\times100=41/7\Rightarrow\frac{63(x+16)}{x+60}=30\Rightarrow x=24g$$

پس درصد جرمی فلز M در ترکیب MCO_3 برابر است با: $\text{درصد جرمی فلز M در } MCO_3=\frac{\text{جرم مولی فلز M}}{\text{جرم مولی ترکیب } MCO_3}\times100=\frac{24}{24+12+(3\times16)}\times100\simeq\%28/6$

۱۰۲۲ ۲ **روش اول:** در مخلوط ۲۰۰ گرمی ماده، مواد $Zn(ClO_3)_2$ و $KClO_3$ را داریم به همراه ناخالصی که مادهٔ مؤثر نیست و واکنش نمی‌دهد. ابتدا به کمک استوکیومتری، مقدار $Zn(ClO_3)_2$ و $KClO_3$ را پیدا می‌کنیم و از جرم کل کم می‌کنیم تا جرم ناخالصی به دست آید. ابتدا حجم مولی را در شرایط آزمایش می‌یابیم:

$$\text{چگالی گاز}=\frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow1/4=\frac{28}{\text{حجم مولی}}=20L.mol^{-1}$$

برای راحتی محاسبات، مول هر یک از واکنش‌دهنده‌ها را مجهول فرض می‌کنیم و روابط داده شده را روی آن پیاده می‌کنیم:

x مول $Zn(ClO_3)_2$ و y مول $KClO_3$ داریم. $\qquad ?\ g\ ZnCl_2=x\ mol\ Zn(ClO_3)_2\times\frac{1mol\ ZnCl_2}{1mol\ Zn(ClO_3)_2}\times\frac{136g\ ZnCl_2}{1mol\ ZnCl_2}\times\frac{50}{100}=68x\ g\ ZnCl_2$

$$?\ g\ KCl=y\ mol\ KClO_3\times\frac{1mol\ KCl}{1mol\ KClO_3}\times\frac{74/5g\ KCl}{1mol\ KCl}\times\frac{50}{100}=37/25\ y\ g\ KCl$$

اکنون با توجه به جرم کلرید فلزها داریم:

$$m_{CuCl_2}+m_{KCl}=50/2g\Rightarrow68x+37/25y=50/2 \qquad (1)$$

حال به سراغ محاسبهٔ جرم O_2 تولیدی در هر واکنش می‌رویم:

$$?\ mol\ O_2=x\ mol\ Zn(ClO_3)_2\times\frac{3mol\ O_2}{1mol\ Zn(ClO_3)_2}\times\frac{50}{100}=\frac{3}{2}x\ mol\ O_2$$

$$?\ mol\ O_2=y\ mol\ KClO_3\times\frac{3mol\ O_2}{2mol\ KClO_3}\times\frac{50}{100}=\frac{3}{4}y\ mol\ O_2 \qquad ?\ mol\ O_2=21L\ O_2\times\frac{1mol\ O_2}{20L\ O_2}=1/05mol\ O_2$$

اکنون با توجه به مجموع مول O_2 تولیدی داریم: $n_{O_2}+n_{O_2}=۱/۰۵\Rightarrow\frac{۳}{۲}x+\frac{۳}{۴}y=۱/۰۵$ (۲)

در مرحلهٔ بعد، با حل دستگاه دو معادله - دو مجهول مقادیر x و y را به دست می‌آوریم:

$$\xrightarrow{\text{رابطهٔ (۱) و (۲)}}\begin{cases}۶۸x+۳۷/۲۵y=۵۰/۲\\ \frac{۳}{۲}x+\frac{۳}{۴}y=۱/۰۵\end{cases}\xrightarrow{\text{حل معادله}}x=۰/۳\,,\,y=۰/۸$$

یعنی ۰/۳ مول $Zn(ClO_3)_2$ و ۰/۸ مول $KClO_3$ در ابتدا داشته‌ایم. حال جرم مواد اولیه را حساب کرده و با هم جمع می‌کنیم:

$$?\,g\,KClO_3=۸mol\,KClO_3\times\frac{۱۲۲/۵g\,KClO_3}{۱\,mol\,KClO_3}=۹۸g \qquad ?\,g\,Zn(ClO_3)_2=۰/۳mol\,Zn(ClO_3)_2\times\frac{۲۳۲g\,Zn(ClO_3)_2}{۱\,mol\,Zn(ClO_3)_2}=۶۹/۶g$$

$$\text{مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها}=m_{Zn(ClO_3)_2}+m_{KClO_3}=۶۹/۶+۹۸=۱۶۷/۶g$$

اکنون جرم و درصد ناخالص را در نمونهٔ اولیه به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم ناخالصی}=۲۰۰-۱۶۷/۶=۳۲/۴g$$

$$\text{درصد جرمی ناخالصی}=\frac{\text{جرم ناخالصی}}{\text{جرم مخلوط}}\times۱۰۰=\frac{۳۲/۴}{۲۰۰}\times۱۰۰=٪۱۶/۲$$

روش دوم: با توجه به قانون پایستگی جرم، همهٔ کلرات‌های روی و پتاسیم به KCl، $ZnCl_2$ و گاز اکسیژن تبدیل شده‌اند. پس ابتدا جرم کل فراورده‌های تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,O_2=۲۱\,L\,O_2\times\frac{۱/۶g\,O_2}{۱\,L\,O_2}=۳۳/۶g\,O_2 \qquad \frac{\text{چگالی }O_2}{\text{چگالی }N_2}=\frac{\text{جرم مولی }O_2}{\text{جرم مولی }N_2}\Rightarrow\frac{d_{O_2}}{۱/۴}=\frac{۳۲}{۲۸}\Rightarrow d_{O_2}=۱/۶g.L^{-۱}$$

پس مجموع جرم فراورده‌ها برابر ۸۳/۸g (۵۰/۲+۳۳/۶) است. از آنجا که بازده تولید فراورده‌ها ۵۰٪ بوده است، پس ۱۶۷/۶g از واکنش‌دهنده‌های خالص توانسته‌اند این مقدار فراورده را تولید کنند و خواهیم داشت:

$$\text{درصد ناخالصی}=\frac{\text{جرم ناخالصی}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰=\frac{۳۲/۴}{۲۰۰}\times۱۰۰=٪۱۶/۲ \qquad \text{جرم ناخالصی}=۲۰۰-۱۶۷/۶=۳۲/۴g$$

A ۱۰۲۳ ۳ این روش برای استخراج فلزهای روی و نیکل مقرون به صرفه نیست، اما برای استخراج مس و طلا از نظر اقتصادی به‌صرفه است. **بررسی گزینهٔ (۴):** ابتدا جرم روی موجود در یک کیلوگرم گیاه را محاسبه می‌کنیم:

$$۱g\,Zn=۶۰۰\times۱۰^{-۳}\,mol\,Zn\times\frac{۶۵g\,Zn}{۱\,mol\,Zn}=۳۹g\,Zn$$

سپس درصد جرمی روی در گیاه را به دست می‌آوریم:

$$٪Zn=\frac{۳۹g\,Zn}{۱۰۰۰g\,\text{گیاه}}\times۱۰۰=٪۳/۹$$

B ۱۰۲۴ ۲ با توجه به جدول صورت تست، در یک کیلوگرم از گیاه، ۴۰ گرم فلز روی وجود دارد.

$$۲kg\,\text{گیاه}\times\frac{۴۰g\,Zn}{۱\,kg\,\text{گیاه}}=۸۰g\,Zn$$

با توجه به جرم خاکستر تولیدی، درصد روی در این خاکستر برابر است با:

$$\text{درصد جرمی فلز روی در خاکستر}=\frac{\text{جرم فلز روی}}{\text{جرم خاکستر}}\times۱۰۰=\frac{۸۰}{۴۰۰}\times۱۰۰=۲۰$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به درصد بالای فلز نیکل و روی در سنگ معدن آن‌ها، استفاده از روش گیاه‌پالایی برای استخراج آن‌ها مقرون به صرفه نیست.

گزینهٔ (۳): درصد جرمی فلز نیکل در گیاه برابر است با:

$$\text{درصد جرمی فلز نیکل در گیاه}=\frac{\text{جرم نیکل}}{\text{جرم گیاه}}\times۱۰۰=\frac{۳۸g}{۱۰۰۰g}\times۱۰۰=۳/۸$$

درصد جرمی نیکل در گیاه برابر ۲ است، پس درصد جرمی نیکل در گیاه به اندازهٔ ۱/۸ (۳/۸-۲) درصد از درصد جرمی آن در سنگ معدن نیکل بیشتر است.

گزینهٔ (۴): ابتدا جرم فلزهای نیکل و روی را در سنگ معدن آن‌ها محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی نیکل در سنگ معدن}=\frac{\text{جرم نیکل}}{\text{جرم سنگ معدن}}\times۱۰۰\Rightarrow۲=\frac{x\,kg}{۱۵۰۰kg}\times۱۰۰\Rightarrow x=۳۰kg\,Ni$$

$$\text{درصد جرمی روی در سنگ معدن}=\frac{\text{جرم روی}}{\text{جرم سنگ معدن}}\times۱۰۰\Rightarrow۵=\frac{y\,kg}{۳۰۰۰kg}\times۱۰۰\Rightarrow y=۱۵۰kg\,Zn$$

پس مجموع جرم فلز روی و نیکل برابر ۱۸۰kg (۳۰+۱۵۰) است.

B ۱۰۲۵ ۱ واکنش تخمیر گلوکز که نوعی فرایند بی‌هوازی است، منجر به تولید اتانول (نوعی سوخت سبز) و کربن دی‌اکسید می‌شود. معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش، به صورت مقابل است:

$$C_6H_{12}O_6(aq)\rightarrow۲C_2H_5OH(aq)+۲CO_2(g)$$

جمع ضرایب اجزای واکنش، برابر ۵ (۲+۲+۱) است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): به واکنش میان آهن (III) اکسید و آلومینیم، واکنش ترمیت می‌گویند.

$$۲Al(s)+Fe_2O_3(s)\rightarrow۲Fe(l)+Al_2O_3(s)$$

گزینهٔ (۳): سوخت‌های سبز از جمله اتانول را می‌توان با روش‌های دیگر نیز تهیه کرد. گزینهٔ (۴): آهن (III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می‌رود.

آرایش الکترونی کاتیون $_{۲۶}Fe^{۳+}$ به صورت مقابل است:

$$_{۲۶}Fe:[_{۱۸}Ar]\,۳d^۶۴s^۲\xrightarrow{-۳e^-}Fe^{۳+}:[_{۱۸}Ar]\,۳d^۵$$

B ۱۰۲۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مطابق معادلهٔ زیر، از تخمیر بی‌هوازی گلوکز، اتانول و کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. اتانول یک الکل تک‌عاملی و دارای ۲ اتم کربن است.

$$C_6H_{12}O_6(aq)\rightarrow 2C_2H_5OH(aq)+2CO_2(g)$$

عبارت (ب): فلز آهن در واکنش با اسیدها، با ظرفیت پایین‌تر خود یعنی (+۲) شرکت می‌کند.

$$Fe(s)+2HCl(aq)\rightarrow FeCl_2(aq)+H_2(g)$$

عبارت (پ): معادلهٔ واکنش‌های مورد نظر به‌صورت مقابل است:

$$Fe_2O_3(s)+3CO(g)\rightarrow 2Fe(s)+3CO_2(g)$$

گاز CO_2 فراوردهٔ مشترک دو واکنش است.

$$C_6H_{12}O_6(aq)\rightarrow 2C_2H_5OH(aq)+2CO_2(g)$$

عبارت (ت): در این روش، در معدن یا خاک دارای فلز، گیاهانی مانند ذرت را می‌کارند که این گیاهان می‌توانند آن فلز را از خاک جذب کنند. سپس گیاه را برداشت می‌کنند، می‌سوزانند و از خاکستر حاصل، فلز را جداسازی می‌کنند.

B ۱۰۲۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. معادلهٔ واکنش ترمیت به‌صورت مقابل است: $2Al(s)+Fe_2O_3(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+2Fe(l)$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از این واکنش در صنعت جوشکاری، برای جوش دادن خطوط راه‌آهن استفاده می‌شود. عبارت (ب): به‌طور کلی در هر واکنشی که به‌طور طبیعی انجام می‌شود، فراورده‌ها پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند و واکنش‌پذیری کمتری دارند. در این واکنش، فلز آلومینیم جایگزین یون Fe^{3+} در ترکیب Fe_2O_3 شده است، پس در شرایط یکسان، واکنش‌پذیری Al بیشتر از Fe است. عبارت (پ): مطابق معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب گونه‌های جامد (Al_2O_3 ، Fe_2O_3 و Al) برابر ۴ و ضریب گونهٔ مذاب (Fe) برابر ۲ است. عبارت (ت): آهن فراوردهٔ مذاب این واکنش است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Fe=162\,g\,Al_{\text{ناخالص}}\times\frac{30\,g\,Al_{\text{خالص}}}{100\,g\,Al_{\text{ناخالص}}}\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{2\,mol\,Fe}{2\,mol\,Al}\times\frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe}=100/8\,g\,Fe$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آلومینیم ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم آهن}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{162\times\frac{30}{100}}{2\times27}=\frac{x}{2\times56}\Rightarrow x=100/8\,g\,Fe$$

عبارت (ث): فراوردهٔ عنصری تولید شده در این واکنش آهن است. آهن، فراوان‌ترین عنصر موجود در سیارهٔ زمین است.

B ۱۰۲۸ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های اول، سوم و چهارم: تیتانیم فلزی محکم، با چگالی کم و مقاوم در برابر خوردگی است. یکی از کاربردهای آن استفاده در بدنهٔ دوچرخه است. این فلز را در صنعت از $TiCl_4$ و با استفاده از منیزیم استخراج می‌کنند. عبارت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ استخراج تیتانیم، به صورت مقابل است:

$$TiCl_4(s)+2Mg(s)\rightarrow Ti(s)+2MgCl_2(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,Ti=120\,g\,Mg\times\frac{1\,mol\,Mg}{24\,g\,Mg}\times\frac{1\,mol\,Ti}{2\,mol\,Mg}=2/5\,mol\,Ti$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم Mg}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول Ti}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{120}{2\times24}=\frac{x}{1}\Rightarrow x=2/5\,mol\,Ti$$

B ۱۰۲۹ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ استخراج فلز مس از سنگ معدن حاوی مس (I) سولفید، به صورت مقابل است: $Cu_2S(s)+O_2(g)\rightarrow 2Cu(s)+SO_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Cu=4\,kg_{\text{سنگ معدن}}\times\frac{1000\,g\,\text{سنگ معدن}}{1\,kg\,\text{سنگ معدن}}\times\frac{80\,g\,Cu_2S}{100\,g\,\text{سنگ معدن}}\times\frac{1\,mol\,Cu_2S}{160\,g\,Cu_2S}\times\frac{2\,mol\,Cu}{1\,mol\,Cu_2S}\times\frac{64\,Cu}{1\,mol\,Cu}\times\underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{بازده}}=1920\,g\,Cu$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم سنگ معدن}\,Cu_2S\times\frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم مس}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{4\times10^3\times\frac{80}{100}\times\frac{75}{100}}{1\times64}=\frac{x\,g\,Cu}{2\times64}\Rightarrow x=1920\,g\,Cu$$

برای محاسبهٔ جرم گیاه مورد نیاز برای استخراج همین مقدار مس، داریم:

$$1\,kg_{\text{گیاه}}=1920\,g\,Cu\times\frac{100\,g\,\text{خاکستر}}{8/5\,g\,Cu}\times\frac{1\,kg\,\text{گیاه}}{160\,g\,\text{خاکستر}}=141/1\,kg\,\text{گیاه}$$

A ۱۰۳۰ ۱ منابع شیمیایی بستر دریاها، در برخی مناطق محتوی سولفید چندین فلز واسطه و در برخی مناطق دیگر به‌صورت کلوخه‌ها و پوسته‌هایی غنی از فلزهایی مانند منگنز، کبالت، آهن، نیکل، مس و ... یافت می‌شود. فلزهای فعال گروه‌های ۱ و ۲ جدول دوره‌ای در آب دریا به‌صورت کاتیون‌های محلول وجود دارد.

A ۱۰۳۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. فرسایش فلز و تبدیل آن به سنگ معدن و در کل بازگشت فلز به طبیعت در یک فرایند بسیار طولانی‌مدت اتفاق می‌افتد. در واقع آهنگ مصرف و استخراج فلزها بسیار بیشتر از آهنگ برگشت فلز به طبیعت به شکل سنگ معدن است. بنابراین به دلیل عدم توازن بین سرعت استخراج فلز از طبیعت و سرعت برگشت فلز به طبیعت می‌توان گفت که فلزها منابع تجدیدناپذیری هستند.

A ۱۰۳۲ ۳ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت (پ):** بازیافت فلزها به دلیل کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی، ردپای کربن دی‌اکسید را کاهش می‌دهد و گازهای گلخانه‌ای کمتری تولید می‌کند و در نتیجه باعث کاهش سرعت گرمایش جهانی می‌شود. (نه کاهش دمای زمین!)

B ۱۰۳۳ ۴ از انرژی ذخیره شدهٔ حاصل از بازیافت ۷ قوطی فولادی می‌توان یک لامپ ۶۰ واتی را به مدت ۲۵ ساعت روشن نگه داشت. در نتیجه از انرژی ذخیره شدهٔ حاصل از بازیافت یک قوطی فولادی می‌توان یک لامپ ۲۰ واتی را به مدت تقریباً ۶۴۳ min $\left(\frac{25}{7}\times\frac{60}{20}\times60\right)$ روشن نگاه داشت. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): میلیون‌ها کلوخه در ناحیه‌ای از اقیانوس آرام در سطح بستر یا **نیمه فرورفته** در بستر پراکنده شده است.

گزینهٔ (۲): بازیافت فلزها قبل از خوردگی و فرسایش آن‌ها امکان‌پذیر است. گزینهٔ (۳): در استخراج ۱۰۰۰ کیلوگرم آهن تقریباً ۲۰۰۰ کیلوگرم سنگ معدن آهن و ۱۰۰۰ کیلوگرم از منابع **معدنی** دیگر استفاده می‌شود.

B ۱۰۳۴ ۱ همهٔ موارد نادرست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: منابع فلزی کف اقیانوس‌ها نسبت به قاره‌ها بسیار غنی‌تر هستند، به عبارت دیگر بخش اعظم گونه‌های فلزی موجود در طبیعت در قاره‌ها تجمع نیافته‌اند. مورد دوم: واکنش ترمیت واکنشی به شدت گرماده است که یکی از فراورده‌های آن، آهن مذاب است. مورد سوم: برای استخراج آهن از سنگ معدن آن در مقیاس آزمایشگاهی، می‌توان از فلزات فعال مانند سدیم استفاده نمود. $۶Na(s)+Fe_۲O_۳(s)\rightarrow ۲Fe(s)+۳Na_۲O(s)$

مورد چهارم: نقره برخلاف آلومینیم، فلز با واکنش‌پذیری اندک است و نمی‌تواند با $Fe_۲O_۳$ وارد واکنش شود. در واقع واکنش‌پذیری آهن از نقره بیشتر بوده و واکنش روبه‌رو انجام‌پذیر نمی‌باشد. $Ag(s)+Fe_۲O_۳(s)\rightarrow$ واکنش نمی‌دهند

A ۱۰۳۵ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) در مورد ارزیابی چرخهٔ عمر درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): در این ارزیابی، توزیع و حمل و نقل محصول نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. عبارت (ت): علی‌رغم اینکه مادهٔ خام و اولیه برای تولید پاکت کاغذی درخت بوده و تجدیدپذیر است ولی در همهٔ مراحل چرخهٔ عمر سبب آلودگی محیط‌زیست می‌شود.

A ۱۰۳۶ ۱ به درسنامه رجوع کنید.

A ۱۰۳۷ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): نفت خام یکی از سوخت‌های فسیلی است که به شکل مایع غلیظ سیاه‌رنگ یا قهوه‌ای متمایل به سبز از زمین استخراج می‌شود. عبارت (ب): بخش عمدهٔ نفت خام را هیدروکربن‌های گوناگون تشکیل می‌دهند. هیدروکربن‌ها فقط شامل هیدروژن و کربن هستند.

A ۱۰۳۸ ۴ بیشترین کاربرد نفت‌خام به‌عنوان سوخت در وسایل نقلیه است.

* **توجه** مقایسهٔ میزان مصرف نفت‌خام در بخش‌های مختلف به‌صورت مقابل است: سوخت در وسایل نقلیه > تأمین گرما و انرژی الکتریکی > مادهٔ اولیهٔ مواد و کالاها

A ۱۰۳۹ ۳ به توضیحات زیر توجه کنید:

- حدود ۵۰٪ از نفتی که از چاه‌های نفت استخراج می‌شود به عنوان سوخت در وسایل نقلیه استفاده می‌شود.
- حدود ۴۰٪ از نفت خام استخراج شده برای تأمین گرما و انرژی الکتریکی به کار می‌رود.
- کمتر از ۱۰٪ نفت خا م مصرفی نیز برای تولید الیاف و پارچه، شوینده‌ها، مواد آرایشی و بهداشتی، رنگ، پلاستیک، مواد منفجره و لاستیک به‌کار می‌رود.

با توجه به توضیحات بالا، مقایسهٔ «تولید الیاف و پارچه < تأمین گرما و انرژی الکتریکی < سوخت وسایل نقلیه» درست است.

A ۱۰۴۰ ۲ عدد اتمی عنصر کربن برابر ۶ بوده و آرایش الکترونی آن به‌صورت $1s^۲2s^۲2p^۲$ است. این عنصر دارای ۴ الکترون ظرفیت است و با به اشتراک گذاشتن آن‌ها با اتم‌های دیگر، به آرایش هشت‌تایی نئون می‌رسد. توجه کنید که این اتم، توانایی گرفتن یا از دست دادن الکترون را ندارد. سایر موارد مطابق متن کتاب درسی درست هستند.

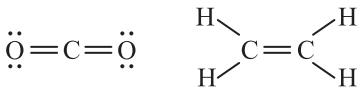
A ۱۰۴۱ ۱ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت (پ):** نفت خام مخلوطی شامل شمار زیادی از انواع هیدروکربن‌هاست که می‌توانند سیرشده و یا سیرنشده، حلقوی و یا خطی باشند.

* **توجه** کربوهیدرات‌ها شامل عنصرهای کربن، هیدروژن و اکسیژن هستند، در حالی‌که هیدروکربن‌ها تنها شامل عنصرهای کربن و هیدروژن هستند.

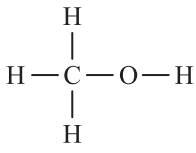
A ۱۰۴۲ ۳ مدل‌های نشان داده شده در گزینه‌های (۱) تا (۴) به‌ترتیب متعلق به مولکول‌های $C_۶H_{۱۲}$، $C_۲H_۲$، $C_{۱۰}H_{۲۲}$ و $CO_۲$ هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در هر مولکول از ترکیب $C_۶H_{۱۲}$ نسبت تعداد اتم‌های هیدروژن به کربن برابر $۲(\frac{۱۲}{۶})$ است. گزینهٔ (۲): در ساختار مولکول $C_۲H_۲$ همانند مولکول CO یک پیوند سه‌گانه وجود دارد.

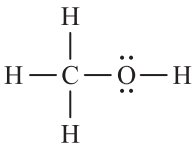
$H-C\equiv C-H$ $:C\equiv O:$

گزینهٔ (۳): ترکیب $C_{۱۰}H_{۲۲}$ دارای ۲۲ اتم هیدروژن است. گزینهٔ (۴): مولکول $CO_۲$ دارای دو پیوند دوگانه و مولکول اتن $(C_۲H_۴)$ دارای یک پیوند دوگانه است.



B ۱۰۴۳ ۳ همهٔ موارد به جز مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی موارد:** مورد اول: در فرمول ساختاری مولکول‌ها برخلاف ساختار لوویس آن‌ها، جفت‌الکترون‌های ناپیوندی را نمایش نمی‌دهیم. به‌عنوان مثال، فرمول ساختاری و ساختار لوویس متانول به‌صورت مقابل است:


فرمول ساختاری


ساختار لوویس

* **توجه** فرمول ساختاری و ساختار لوویس هیدروکربن‌ها یکسان است، زیرا در هیدروکربن‌ها جفت‌الکترون ناپیوندی وجود ندارد.

مـورد دوم: در مـدل فضا پرکن برخلاف مدل گلوله - میله، پیوند میان اتم‌ها نمایش داده نمی‌شـود. برای مثال مدل فضا پرکن و مدل گلوله و میلهٔ متان به‌صورت روبه‌رو است:


مدل گلوله - میله

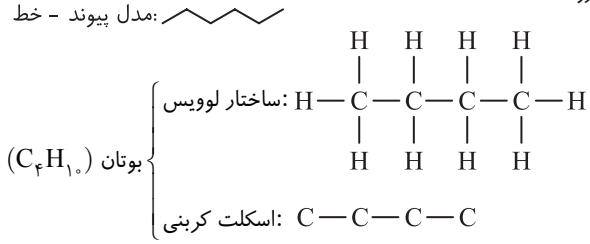

مدل فضاپرکن

مورد سوم: در مدل پیوند - خط برخلاف فرمول ساختاری فشرده، اتم‌های هیدروژن متصل به اتم کربن نمایش داده نمی‌شود. برای مثال مدل پیوند - خط و فرمول ساختاری فشردهٔ هگزان $(C_۶H_{۱۴})$ به‌صورت روبه‌رو است:

فرمول ساختاری فشرده: $CH_۳-(CH_۲)_۴-CH_۳$

مدل پیوند - خط:

مورد چهارم: در سـاختار اسکلت کربنی هیدروکربن‌ها، همانند ساختار لوویس آن‌ها، نحوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر قابل تشخیص است. فقط باید بدانید که هر اتم کربن، چهار پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد. به مثال روبه‌رو توجه کنید. مورد پنجم: در مدل فضا پرکن نحوهٔ قرارگیری اتم‌ها و زاویهٔ میان پیوندها و در کل شکل هندسی مولکول مشخص است؛ در حالی که در ساختار لوویس، فقط نحوهٔ اتصال اتم‌ها و الکترون‌های ناپیوندی مشخص است. در ساختار لوویس مولکول‌ها نحوهٔ قرارگیری اتم‌ها و زاویهٔ پیوندها قابل تشخیص نیست.

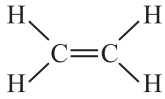


۱۰۴۴ ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. ساختار لوویس مولکول هیدروژن سیانید به‌صورت مقابل است: $H-C\equiv N:$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در مولکول HCN برابر یک و در مولکول کربن دی‌اکسید برابر ۴ است. $\ddot{O}=C=\ddot{O}$

عبارت (ب): در مولکول هیدروژن سیانید همانند مولکول اتین (C_2H_2) یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. به همین دلیل در ساختار HCN، اتم‌های N و C و در ساختار C_2H_2، دو اتم C، ۶ الکترون با یکدیگر به اشتراک گذاشته‌اند. $H-C\equiv C-H$

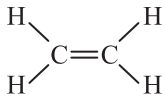
عبارت (پ): شمار پیوندهای اشتراکی در هر مولکول اتن (C_2H_4) برابر ۶ و در هر مولکول HCN برابر ۴ است. عبارت (ت): هیدروژن سیانید (HCN) از سه عنصر هیدروژن، کربن و نیتروژن تشکیل شده است که این سه عنصر، جزء عناصر فراوان سیارهٔ مشتری می‌باشند.



۱۰۴۵ ۲ فرمول مولکولی نوع عنصرهای سازنده و تعداد آن‌ها را نشان می‌دهد، اما نحوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر را نمایش نمی‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): از آنجا که در ساختار هیدروکربن‌ها، الکترون ناپیوندی وجود ندارد، در آن‌ها فرمول ساختاری مشابه ساختار لوویس است. گزینهٔ (۴): در مدل فضا پرکن، الکترون‌های ناپیوندی و پیوندی نمایش داده نمی‌شوند ولی می‌توان با توجه به نوع اتم‌ها و در نظر گرفتن قاعدهٔ هشت‌تایی، به نوع پیوند میان اتم‌ها پی برد.

۱۰۴۶ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): جرم مولی مولکول‌های HCN و CO_2 به‌ترتیب برابر ۲۷ و ۴۴ گرم بر مول است و جرم مولی مولکول CH_4 برابر با ۱۶ گرم بر مول می‌باشد. تفاوت جرم مولی CO_2 و HCN $=44-27=17\,g.mol^{-1}$

عبارت (ب): مدل مولکولی داده شده، مولکول C_2H_4 را نشان می‌دهد. این مولکول دارای ۶ پیوند اشتراکی است.



عبارت (پ): اتم نیتروژن همانند اتم کربن می‌تواند با دیگر اتم‌ها پیوند سه‌گانه تشکیل دهد. به‌عنوان مثال در مولکول HCN: $H-C\equiv N:$

عبارت (ت): مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت در هر دو مولکول برابر ۱۰ است. $HCN:1+4+5=10$ $\quad C_2H_2:2(4)+2(1)=10$

عبارت (ث): مدل فضا پرکن نشان داده شده مربوط به HCN است. در ساختار مولکول HCN همانند اتین یک پیوند سه‌گانه وجود دارد.

$H-C\equiv N$ $\qquad$ $H-C\equiv C-H$

۱۰۴۷ ۳ با توجه به اطلاعات سؤال ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط موجود حساب می‌کنیم:

در شرایط موجود: $\begin{cases} T_2=409/5+273=682/5^\circ K \\ P_2=2/8\,atm \\ V_{n_2}=? \end{cases}$ $\qquad$ در شرایط STP: $\begin{cases} T_1=0+273=273K \\ P_1=1\,atm \\ V_{n_1}=22/4\,L.mol^{-1} \end{cases}$

$$\frac{P_1V_{n_1}}{T_1}=\frac{P_2V_{n_2}}{T_2}\Rightarrow\frac{1\times22/4}{273}=\frac{2/8\times V_{n_2}}{682/5}\Rightarrow V_2=\frac{22/4\times682/5}{298\times2/8}=20\,L.mol^{-1}$$

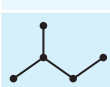
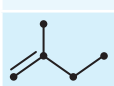
بنابراین در این شرایط حجم مولی گازها برابر ۲۰ لیتر بر مول است: $\text{چگالی گاز}=\frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow 2\,g.L^{-1}=\frac{\text{جرم مولی}}{20\,L.mol^{-1}}\Rightarrow \text{جرم مولی}=40\,g.mol^{-1}$

در صورت سؤال ذکر شده است که این ترکیب یک هیدروکربن است، با توجه به این‌که در هیدروکربن‌ها، بخش عمدهٔ جرم مربوط به اتم‌های کربن است و با توجه به گزینه‌ها می‌توان دریافت که این هیدرکربن، یک، دو، سه و یا چهار اتم کربن دارد، هیدروکربن تک‌کربنی CH_4 است که جرم مولی آن برابر $16\,g.mol^{-1}$ است. هیدروکربن دوکربنی در سنگین‌ترین حالت، یعنی C_2H_6، جرم مولی برابر $30\,g.mol^{-1}$ دارد و هیدروکربن چهارکربنی جرمی بیشتر از ۴۰ گرم بر مول دارد؛ زیرا مجموع جرم مولی چهار اتم کربن بدون درنظر گرفتن اتم‌های هیدروژن موجود در مولکول برابر $48\,g$ (4×12) است. پس هیدروکربن موردنظر سه اتم کربن دارد و فرمول آن C_3H_4 است.

۱۰۴۸ ۱ ابتدا جرم مولی هیدروکربن را محاسبه می‌کنیم: (جرم مولی هیدروکربن را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم)

$$1\,L\,C_xH_y\times\frac{1\,mol\,C_xH_y}{22/4\,L\,C_xH_y}\times\frac{M\,g\,C_xH_y}{1\,mol\,C_xH_y}=2/5g\,C_xH_y\Rightarrow M=56\,g.mol^{-1}$$

اکنون با توجه به فرمول‌های نقطه- خط داده شده در گزینه‌ها می‌توان هیدروکربن مورد نظر را تشخیص داد:

گزینه	۱	۲	۳	۴
ساختار				
فرمول مولکولی	C_4H_8	C_5H_{12}	C_4H_{10}	C_5H_{10}
جرم مولی $(g.mol^{-1})$	۵۶	۷۲	۵۸	۷۰

با توجه به اینکه فقط در گزینهٔ (۱) جرم مولی هیدروکربن داده‌شده برابر $56\,g.mol^{-1}$ است، پاسخ همین گزینه بوده و لازم نیست که درصد جرمی کربن در هیدروکربن را محاسبه کنیم ولی برای توضیحات کامل‌تر، درصد جرمی کربن در هیدروکربن را نیز به‌دست می‌آوریم: $\%C=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم هیدروکربن}}\times100=\frac{4\times12}{56}\times100=\%85/71$

۱۰۴۹ ۴ همهٔ عبارت‌ها به درستی بیان شده است.

۱۰۵۰ ۳ آلکان‌ها به دلیل ناقطبی بودن در آب نامحلول‌اند. این ویژگی سبب می‌شود تا بتوان از آن‌ها برای حفاظت از فلزها استفاده کرد به‌طوری که قرار دادن فلزها در آلکان‌های مایع یا اندود کردن سطح فلزها و وسایل فلزی با آن‌ها مانع از رسیدن آب به سطح فلز می‌شود و از خوردگی فلز جلوگیری می‌کند. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): در ساختار آلکان‌ها، هر اتم کربن با چهار پیوند اشتراکی به چهار اتم دیگر متصل بوده و به اصطلاح سیرشده هستند. توجه کنید که در آلکان‌های راست‌زنجیر هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است و در آلکان‌های شاخه‌دار برخی کربن‌ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند.

گزینه‌های (۲) و (۴): آلکان‌ها هیدروکربن‌هایی سیرشده هستند، از این‌رو تمایل چندانی به انجام واکنش‌های شیمیایی ندارند. این ویژگی سبب می‌شود تا میزان سمی بودن آن‌ها کمتر شده و استنشاق آن‌ها بر شش‌ها و بدن تأثیر چندانی نداشته باشد.

* **توجه** اگر چه آلکان‌ها سیرشده هستند و در بسیاری از واکنش‌های شیمیایی شرکت نمی‌کنند ولی در شرایط مناسب با گاز اکسیژن وارد واکنش می‌شوند و گازهای CO_2، CO و H_2O تولید می‌کنند. توجه کنید که نوع فراوردهٔ تولید شده به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد.

B ۱۰۵۱ ۳

نکته‌ترکیبی **عواملی که تحت تأثیر شمار اتم‌های کربن در آلکان‌ها تغییر می‌کند:** عواملی که افزایش می‌یابند: با افزایش شمار اتم‌های کربن در آلکان‌ها، قدرت نیروهای بین‌مولکولی، نقطهٔ جوش، گران‌روی، چسبندگی، درصد جرمی کربن، شمار پیوندهای اشتراکی و چگالی همگی افزایش می‌یابند.
عواملی که کاهش می‌یابند: با افزایش شمار اتم‌های کربن در آلکان‌ها، فراریت و نسبت شمار اتم‌های هیدروژن به کربن کاهش می‌یابد و از طرفی آلکان مورد نظر در قسمت‌های پایین‌تری در برج تقطیر قرار می‌گیرد.

هرچه تعداد اتم‌های کربن یک آلکان بیشتر باشد، جرم و حجم مولکول آلکان بیشتر بوده و در نتیجه نیروهای جاذبهٔ بین‌مولکولی بیشتر می‌شود. با افزایش نیروهای بین‌مولکولی، نقطهٔ جوش، گران‌روی (مقاومت در برابر جاری شدن) و چسبندگی آلکان‌ها افزایش می‌یابد، اما تمایل آلکان‌ها برای تبدیل شدن به حالت گازی (فرّاریت) کاهش می‌یابد. همچنین بسیار واضح است که با افزایش تعداد کربن، تعداد پیوندهای اشتراکی افزایش می‌یابد.

B ۱۰۵۲ ۴ عبارت‌های (الف) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر آلکان A فرارتر از آلکان B باشد، یعنی نیروهای بین‌مولکولی در آلکان B قوی‌تر از آلکان A است. بنابراین آلکان B مقاومت بیشتری در برابر جاری شدن دارد. عبارت (ب): گریس یک آلکان است و مولکول‌های آن ناقطبی است. از شیمی دهم به یاد داریم که شبیه، شبیه را در خود حل می‌کند، بنابراین برای حل کردن گریس می‌توان از حلال‌های ناقطبی مثل بنزین یا نفت (مخلوطی از هیدروکربن‌ها) استفاده کرد. عبارت (پ): در مولکول‌های سازندهٔ چربی بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد، از این‌رو این مواد جزء مولکول‌های ناقطبی به شمار می‌آیند و پس از شستن دست با بنزین (حلال ناقطبی) به دلیل اینکه چربی‌های سطح پوست در بنزین حل و از سطح پوست جدا می‌شوند، پوست خشک می‌شود. عبارت (ت): استنشاق آلکان‌ها، مثل بخار بنزین سبب کاهش مقدار گاز اکسیژن در هوای دم می‌شود و از انتقال گازهای تنفسی در شش‌ها جلوگیری می‌کند و نفس کشیدن دشوار می‌شود. عبارت (ث): قرار دادن فلزها در آلکان‌های مایع یا اندود کردن سطح فلزها با آن‌ها که مانع از رسیدن آب به سطح فلز می‌شود و از خوردگی فلز جلوگیری می‌کند، به دلیل ناقطبی بودن آلکان‌هاست.

B ۱۰۵۳ ۴ در آلکان‌های شاخه‌دار حداقل یک اتم کربن وجود دارد که به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل هستند. (نه لزوماً به چهار اتم کربن!) **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): بوتان (C_4H_{10}) آلکانی با ۱۳ پیوند اشتراکی در ساختار خود و پنتان (C_5H_{12}) پنجمین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها می‌باشد. در دمای اتاق، بوتان و پنتان به ترتیب حالت فیزیکی گازی و مایع دارند.

بوتان $(C_4H_{10}) \Rightarrow$ تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان‌ها $= 3n+1=13 \Rightarrow n=4$

گزینهٔ (۲): با توجه به نمودار نقطهٔ جوش آلکان‌ها، با افزایش تعداد کربن تفاوت نقطهٔ جوش دو آلکان متوالی کاهش می‌یابد. بنابراین تفاوت نقطهٔ جوش پروپان (C_3H_8) و بوتان (C_4H_{10}) از تفاوت نقطهٔ جوش هگزان (C_6H_{14}) و هپتان (C_7H_{16}) بیشتر است. گزینهٔ (۳): در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم کربن، نقطهٔ جوش افزایش و فراریت آن کاهش می‌یابد. در نتیجه هرچه آلکان فرارتر بوده و نقطهٔ جوش پایین‌تری داشته باشد، تمایل کمتری به مایع شدن خواهد داشت.

B ۱۰۵۴ ۲ عبارت‌های سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ترکیب B نقطهٔ جوش بیشتری دارد؛ بنابراین گران‌روی آن نیز بیشتر است. عبارت دوم: نیروی بین مولکولی در آلکان‌ها از نوع وان‌دروالسی بوده و در ترکیب B قوی‌تر است. عبارت سوم: ترکیب A دارای ۱۰ پیوند اشتراکی است؛ بنابراین معادل با پروپان (C_3H_8) می‌باشد، از این‌رو ترکیب B چون نقطهٔ جوش بیشتری دارد می‌تواند بوتان (C_4H_{10}) با ساختار $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ باشد که دارای دو گروه CH_2 است.
عبارت چهارم: ترکیب B، حداقل دارای ۴ کربن بوده و معادل با بوتان (C_4H_{10}) است. چگالی گاز بوتان در شرایط استاندارد برابر است با:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} = \frac{58}{22/4} \simeq 2/59\,g.L^{-1}$$

B ۱۰۵۵ ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سنگین‌ترین آلکان گازی در دمای اتاق، بوتان (C_4H_{10}) است که در هر مولکول آن ۱۰ اتم هیدروژن وجود دارد. عبارت (ب): مطابق نمودار داده شده در صورت تست، نقطهٔ جوش آلکان‌های دارای ۱۷ اتم کربن یا بیشتر، بالاتر از $300^\circ C$ است. پس این آلکان‌ها در دمای $300^\circ C$ به حالت مایع هستند. عبارت (پ): مطابق نمودار، آلکانی با ۲۰ اتم کربن در دمای $350^\circ C$ به جوش می‌آید.

دمای جوش آلکان ۲۰ کربنی برحسب کلوین $= T(K) = \theta(^\circ C) + 273 = 350 + 273 = 623K$

عبارت (ت): مطابق نمودار داده شده در صورت تست، نقطهٔ جوش همهٔ آلکان‌ها به‌جز متان (CH_4) در فشار اتاق بالاتر از $-100^\circ C$ است. پس در دمای $-100^\circ C$ و فشار $1\,atm$ تنها حالت فیزیکی متان به‌صورت گازی است. عبارت (ث): برای جداسازی این دو آلکان از یکدیگر به روش تقطیر، باید دما را تا اندکی بالاتر از نقطهٔ جوش $C_{14}H_{30}$ مثلاً دمای $250^\circ C$ افزایش دهیم.

B ۱۰۵۶ ۱ A: بوتان (C_4H_{10}) به‌عنوان سوخت فندک به‌کار می‌رود. B: فرمول مولکولی عمومی آلکان‌ها به‌صورت C_nH_{2n+2} است. خواهیم داشت:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های H}}{\text{تعداد اتم‌های C}} = \frac{2n+2}{n} = 2/4 \Rightarrow 2/4n = 2n+2 \Rightarrow n=5$$

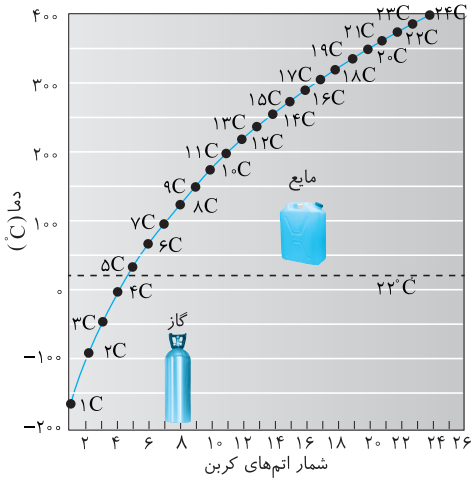
پس آلکان مورد نظر، پنتان با فرمول مولکولی (C_5H_{12}) است. C: جرم مولی آلکان‌ها به‌صورت $14n+2$ است، خواهیم داشت:

جرم مولی آلکان $= 14n+2=44 \Rightarrow n=3$

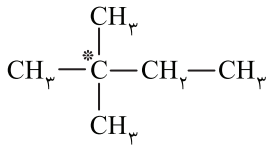
پس آلکان مورد نظر، پروپان (C_3H_8) است. D: ششمین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها، هگزان با فرمول مولکولی C_6H_{14} است. E: در آلکان‌های با n اتم کربن، تعداد $3n+1$ پیوند اشتراکی (جفت‌الکترون پیوندی) وجود دارد؛ پس:

$$3n+1=16 \Rightarrow 3n=15 \Rightarrow n=5$$

پس آلکان مورد نظر پنتان (C_5H_{12}) است. هر چه تعداد اتم‌های کربن یک آلکان کمتر باشد، نیروهای جاذبهٔ بین مولکول‌های آن ضعیف‌تر بوده و در نتیجه تمایل آن برای تبدیل شدن به حالت گازی (فرار بودن) بیشتر و نقطهٔ جوش کمتری خواهد داشت. پس C بیشترین فراریت و D بیشترین نقطهٔ جوش را دارد.



B ۱۰۵۷ ۴ فرمول مولکولی تقریبی گریس به‌صورت $C_{۱۸}H_{۳۸}$ و فرمول مولکولی تقریبی وازلین به‌صورت $C_{۲۵}H_{۵۲}$ است. اختلاف تعداد اتم‌های هیدروژن در مولکول‌های این دو ماده برابر ۱۴ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): برای پر کردن فندک از گاز بوتان $(C_۴H_{۱۰})$ تحت فشار استفاده می‌شود. در این ترکیب نسبت تعداد اتم‌های H به C برابر $۲/۵ (\frac{۱۰}{۴})$ است. گزینهٔ (۲): مطابق نمودار روبه‌رو که مربوط به نقطهٔ جوش آلکان‌های راست‌زنجیر است، با افزایش شمار اتم‌های کربن، تفاوت نقطهٔ جوش آلکان‌های متوالی کاهش می‌یابد. به‌عنوان مثال تفاوت نقطهٔ جوش متان و اتان بیشتر از تفاوت نقطهٔ جوش اتان و پروپان است. گزینهٔ (۳): در برخی از آلکان‌های شاخه‌دار، برخی از اتم‌های کربن به چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند و با هیچ اتم هیدروژنی پیوند اشتراکی ندارند. به‌عنوان مثال در ساختار زیر، به اتم کربنی که با ستاره مشخص شده، توجه کنید:



C ۱۰۵۸ ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در دما و فشار اتاق، حالت فیزیکی ۴ عضو خانوادهٔ آلکان‌ها به‌صورت گازی است. از طرفی در شرایط یکسان از نظر دما و فشار، حجم مولی گازها با هم برابر است. یعنی ۱ مول از گازهای مختلف حجم یکسان و برابری دارند.

$$\frac{d_{C_۳H_۸}}{d_{CH_۴}}=\frac{\frac{M_{C_۳H_۸}}{V_{C_۳H_۸}}}{\frac{M_{CH_۴}}{V_{CH_۴}}} \xrightarrow{V_{C_۳H_۸}=V_{CH_۴}} \frac{d_{C_۳H_۸}}{d_{CH_۴}}=\frac{M_{C_۳H_۸}}{M_{CH_۴}}=\frac{۴۴}{۱۶}=۲/۷۵$$

عبارت (ب): فرمول عمومی آلکان‌ها به‌صورت $C_nH_{۲n+۲}$ است. تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان با n اتم کربن از رابطهٔ $۳n+۱$ به‌دست می‌آید. پس خواهیم داشت:

فرمول مولکولی آلکان: $C_۷H_{۱۶} \Rightarrow$ تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان‌ها $=۳n+۱=۲۲ \Rightarrow n=۷$

این آلکان ۱۶ اتم هیدروژن دارد. عنصری با عدد اتمی ۱۶ همان گوگرد است که نافلزی زرد رنگ بوده و در طبیعت به صورت عنصری یافت می‌شود.

عبارت (پ): نقطهٔ جوش بوتان برابر $۰^\circ C$ است؛ پس در دما و فشار اتاق به صورت گاز است. آلکان‌های دارای ۵ تا ۷ اتم کربن، در دما و فشار اتاق مایع هستند و نقطهٔ جوش اوکتان $(C_۸H_{۱۸})$ بالای $۱۰۰^\circ C$ است. عبارت (ت): آلکانی با ۱۸ اتم هیدروژن دارای ۸ اتم کربن است، فرمول شیمیایی آن به صورت $C_۸H_{۱۸}$ است:

تعداد اتم‌های هیدروژن $=۲n+۲=۱۸ \Rightarrow ۲n=۱۶ \Rightarrow n=۸$

همچنین آلکانی با ۲۸ پیوند اشتراکی، دارای ۹ اتم کربن است و فرمول مولکولی آن به صورت $C_۹H_{۲۰}$ است:

تعداد پیوند اشتراکی $=۳n+۱=۲۸ \Rightarrow ۳n=۲۷ \Rightarrow n=۹$

در آلکان‌ها، با افزایش تعداد اتم‌های کربن، گران‌روی افزایش می‌یابد. عبارت (ث): در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن، درصد جرمی هیدروژن کاهش می‌یابد.

$$٪H\,(C_۸H_{۱۸}\text{ در})=\frac{۱۸\times۱}{(۸\times۱۲)+(۱۸\times۱)}\times۱۰۰\simeq٪۱۵/۸ \quad ,\quad ٪H\,(C_۷H_{۱۶}\text{ در})=\frac{۱۶\times۱}{(۷\times۱۲)+(۱۶\times۱)}\times۱۰۰\simeq٪۱۶ \quad ,\quad ٪H\,(C_۶H_{۱۴}\text{ در})=\frac{۱۴\times۱}{(۶\times۱۲)+(۱۴\times۱)}\times۱۰۰\simeq٪۱۶/۳$$

B ۱۰۵۹ ۱ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. آلکان‌ها با فرمول کلی $C_nH_{۲n+۲}$، هیدروکربن‌های غیرحلقوی سیرشده هستند. نسبت تعداد اتم‌های H به تعداد اتم‌های C برابر است با:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های H}}{\text{تعداد اتم‌های C}}=\frac{۲n+۲}{n}=۲/۲۵ \Rightarrow ۲/۲۵n=۲n+۲ \Rightarrow ۰/۲۵n=۲ \Rightarrow n=۸$$

فرمول مولکولی آلکان مورد نظر $C_۸H_{۱۸}$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در ساختار پیوند - خط آن، از ۷ خط استفاده می‌شود. اگر این آلکان را خطی در نظر بگیریم، ساختار پیوند - خط آن به شکل مقابل است:



عبارت (ب): $C_۸H_{۱۸}$ به علت داشتن تعداد کربن و هیدروژن بیشتر نسبت به بوتان $(C_۴H_{۱۰})$، دارای جرم مولی بیشتر در نتیجه نقطهٔ جوش بالاتری است. عبارت (پ): شمار پیوندها در آلکان‌های با n اتم کربن از رابطهٔ $۳n+۱$ به‌دست می‌آید، پس $C_۸H_{۱۸}$ دارای $۲۵ (۱+۳\times۸)$ پیوند اشتراکی است.

$$\text{تعداد پیوندهای کوالانسی در } (C_۸H_{۱۸})=\frac{\text{مجموع ظرفیت اتم‌ها}}{۲}=\frac{(C\times۴)+(H\times۱)}{۲}=\frac{(۸\times۴)+(۱۸\times۱)}{۲}=۲۵$$

عبارت (ت): درصد جرمی کربن در این ترکیب برابر است با:

$$\text{درصد جرمی کربن در } C_۸H_{۱۸}=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم مولی ترکیب}}\times۱۰۰=\frac{(۸\times۱۲)}{(۸\times۱۲)+(۱۸\times۱)}\simeq٪۸۴/۲$$

B ۱۰۶۰ ۱ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش کلی سوختن کامل آلکان‌ها به‌صورت زیر است:

$$C_nH_{۲n+۲}(g)+(\frac{۳n+۱}{۲})O_۲(g)\rightarrow nCO_۲(g)+(n+۱)H_۲O(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):
$$۱۰/۸g\,H_۲O=۷/۶g\,C_nH_{۲n+۲}\times\frac{۱mol\,C_nH_{۲n+۲}}{(۱۴n+۲)g\,C_nH_{۲n+۲}}\times\frac{(n+۱)mol\,H_۲O}{۱mol\,C_nH_{۲n+۲}}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱mol\,H_۲O}\Rightarrow ۰/۶=\frac{۷/۶n+۷/۶}{۱۴n+۲}$$
$$۸/۴n+۱/۲=۷/۶n+۷/۶\Rightarrow ۰/۸n=۶/۴\Rightarrow n=۸$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم آلکان}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۷/۶}{۱\times(۱۴n+۲)}=\frac{۱۰/۸}{(n+۱)\times۱۸}\Rightarrow n=۸$$

پس فرمول مولکولی آلکان مورد نظر $C_۸H_{۱۸}$ است. قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن $C_۸H_{۱۸}$ به صورت زیر است:
$$۲C_۸H_{۱۸}(g)+۲۵O_۲(g)\rightarrow ۱۶CO_۲(g)+۱۸H_۲O(l),\quad ?L\,O_۲=۷۶g\,C_۸H_{۱۸}\times\frac{۱mol\,C_۸H_{۱۸}}{۱۱۴g\,C_۸H_{۱۸}}\times\frac{۲۵mol\,O_۲}{۲mol\,C_۸H_{۱۸}}\times\frac{۲۲/۴L\,O_۲}{۱mol\,O_۲}=۱۸/۶۷L$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم }C_۸H_{۱۸}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم }O_۲}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{۷/۶}{۱۱۴\times۲}=\frac{V}{۲۲/۴\times۲۵}\Rightarrow V=۱۸/۶۷L$$

توضیح محاسبات

پاسخ به عدد ۱۹ نزدیک است. (پاسخ: ۱۸/۶۷)
$$\frac{۲۲/۴\times۲۵\times۷/۶}{۱۱۴\times۲}=?\xrightarrow[\text{به جای ۱۱۴ عدد ۱۱۲ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}}\frac{\overset{۱۱۲\times۲}{\overset{۱۰}{۲۲/۴}}\times۲۵\times۷/۶}{\overset{۱۰}{\overset{۰/۴}{۲۵}}\times۷/۶}=\frac{۷/۶}{۰/۴}=۱۹$$

B ۱۰۶۱ ۳ با توجه به فرمول عمومی آلکان‌ها که به‌صورت $C_nH_{۲n+۲}$ است، فرمول مولکولی آلکانی با ۲۲ اتم هیدروژن به‌صورت $C_{۱۰}H_{۲۲}$ می‌باشد.

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن ناقص $C_{۱۰}H_{۲۲}$:
$$۲C_{۱۰}H_{۲۲}(g)+۲۱O_۲(g)\rightarrow ۲۰CO(g)+۲۲H_۲O(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):
$$?g\,CO=۵۶/۸g\,C_{۱۰}H_{۲۲}\times\frac{۱mol\,C_{۱۰}H_{۲۲}}{۱۴۲g\,C_{۱۰}H_{۲۲}}\times\frac{۲۰mol\,CO}{۲mol\,C_{۱۰}H_{۲۲}}\times\frac{۲۸g\,CO}{۱mol\,CO}=۱۱۲g\,CO$$
$$?g\,O_۲=۵۶/۸g\,C_{۱۰}H_{۲۲}\times\frac{۱mol\,C_{۱۰}H_{۲۲}}{۱۴۲g\,C_{۱۰}H_{۲۲}}\times\frac{۲۱mol\,O_۲}{۲mol\,C_{۱۰}H_{۲۲}}\times\frac{۳۲g\,O_۲}{۱mol\,O_۲}=۱۳۴/۴g\,O_۲$$

اختلاف جرم CO تولیدی و $O_۲$ مصرفی برابر $۲۲/۴g$ $(۱۳۴/۴-۱۱۲)$ است.

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم }C_{۱۰}H_{۲۲}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }O_۲}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }CO}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۵۶/۸}{۲\times۱۴۲}=\frac{x\,g\,O_۲}{۲۱\times۳۲}=\frac{y\,g\,CO}{۲۰\times۲۸}\Rightarrow x=۱۳۴/۴g\,O_۲\,,\,y=۱۱۲g\,CO$$

اختلاف جرم CO تولیدی و $O_۲$ مصرفی برابر $۲۲/۴g$ $(۱۳۴/۴-۱۱۲)$ است.

B ۱۰۶۲ ۲ واکنش سوختن گازهای متان و هیدروژن به صورت زیر است:
$$۱)\ CH_۴(g)+۲O_۲\rightarrow CO_۲(g)+۲H_۲O(l)\qquad ۲)\ ۲H_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲H_۲O(l)$$

ابتدا از جرم $CO_۲$ تولیدی، جرم گاز $CH_۴$ و همچنین جرم آب تولید شده در واکنش اول را محاسبه می‌کنیم:
$$?g\,CH_۴=۱۷/۶g\,CO_۲\times\frac{۱mol\,CO_۲}{۴۴g\,CO_۲}\times\frac{۱mol\,CH_۴}{۱mol\,CO_۲}\times\frac{۱۶g\,CH_۴}{۱mol\,CH_۴}=۶/۴g\,CH_۴$$
$$?g\,H_۲O\,(\text{واکنش اول})=۱۷/۶g\,CO_۲\times\frac{۱mol\,CO_۲}{۴۴g\,CO_۲}\times\frac{۲mol\,H_۲O}{۱mol\,CO_۲}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱mol\,H_۲O}=۱۴/۴g\,H_۲O$$

بنابراین جرم $H_۲O$ تولید شده در واکنش (۲) برابر $۳۲/۴g$ $(۴۶/۸-۱۴/۴)$ است. اکنون جرم $H_۲$ مصرف شده در واکنش اول را به‌دست می‌آوریم:
$$?g\,H_۲=۳۲/۴g\,H_۲O\times\frac{۱mol\,H_۲O}{۱۸g\,H_۲O}\times\frac{۲mol\,H_۲}{۲mol\,H_۲O}\times\frac{۲g\,H_۲}{۱mol\,H_۲}=۳/۶g\,H_۲$$

در ادامه جرم هیدروژن موجود در گاز متان $(CH_۴)$ را نیز محاسبه می‌کنیم:
$$?g\,H\,\text{متان}=۶/۴g\,CH_۴\times\frac{۴g\,H}{۱۶g\,CH_۴}=۱/۶g$$

بنابراین در مجموع $۵/۲g$ $(۳/۶+۱/۶)$ هیدروژن در مخلوط اولیه وجود داشته و درصد جرمی آن در مخلوط اولیه برابر ٪۵۲ است:
$$٪H=\frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم مخلوط}}\times۱۰۰=\frac{۵/۲g}{۱۰g}\times۱۰۰=٪۵۲$$

B ۱۰۶۳ ۴ از واکنش ۷/۵ $(\frac{۱۲۰}{۱۶})$ مول متان با ۱۲ مول اکسیژن، ۱۵ $(۷/۵\times\frac{۴}{۲})$ مول آب تولید می‌شود و داریم:
$$۷/۵CH_۴+۱۲O_۲\rightarrow xCO_۲+yCO+۱۵H_۲O$$

حال مقدار x و y را به دست می‌آوریم:
$$\begin{cases}\text{موازنهٔ اتم O}: ۲۴=۲x+y+۱۵\Rightarrow ۲x+y=۹\\ \text{موازنهٔ اتم C}: ۷/۵=x+y\end{cases}\Rightarrow x=۱/۵\,,\,y=۶$$

حال این مواد را در معادله جای‌گذاری کرده و طرفین را بر ۱/۵ تقسیم می‌کنیم: $۵CH_۴ + ۸O_۲ \rightarrow CO_۲ + ۴CO + ۱۰H_۲O \Rightarrow$ مجموع ضرایب فراورده‌ها $= ۱۵$

در نهایت اختلاف جرم اکسیدهای کربن تولیدی را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۱۲۰g\ CH_۴ \times \frac{۱\ mol\ CH_۴}{۱۶g\ CH_۴} \times \frac{((۴\times۲۸)-۴۴)g\ \text{اختلاف جرم}}{۵mol\ CH_۴} = ۱۰۲g$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CH_۴}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{اختلاف جرم}}{\text{اختلاف (ضریب} \times \text{جرم مولی)}} \Rightarrow \frac{۱۲۰}{۵\times۱۶} = \frac{x}{(۴\times۲۸)-(۱\times۴۴)} \Rightarrow x = ۱۰۲g$$

۱۰۶۴ **۴** واکنش سوختن کامل آلکان A به صورت مقابل است: $C_nH_{۲n+۲} + (\frac{۳n+۱}{۲})O_۲ \rightarrow nCO_۲ + (n+۱)H_۲O$

از روی نسبت جرم آب با کربن دی‌اکسید، این آلکان را پیدا می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم آب تولید شده}}{\text{جرم کربن دی‌اکسید تولید شده}} = \frac{(n+۱)\times۱۸}{n\times۴۴} = ۰/۴۵ = n = ۱۰ \Rightarrow \text{A آلکان: } C_{۱۰}H_{۲۲}$$

معادلهٔ واکنش سوختن ناقص آلکان B نیز به صورت مقابل است: $C_mH_{۲m+۲} + (\frac{۲m+۱}{۲})O_۲ \rightarrow mCO + (m+۱)H_۲O$

از نسبت جرم آب به جرم کربن مونوکسید، فرمول این آلکان را می‌یابیم:

$$\frac{\text{جرم آب تولید شده}}{\text{جرم کربن مونواکسید تولید شده}} = \frac{(m+۱)\times۱۸}{m\times۲۸} = ۰/۷۵ \Rightarrow m = ۶ \Rightarrow \text{B آلکان: } C_۶H_{۱۴}$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): هر چه شمار اتم‌های کربن یک آلکان بیشتر باشد، ایزومرهای بیشتری نیز دارد؛ بنابراین آلکان A ایزومرهای بیشتری دارد. گزینهٔ (۲): هرچه شمار کربن‌های آلکان بیشتر باشد، گران‌روی بیشتر و فراریت کمتری دارد؛ بنابراین تمایل به جاری شدن در آلکان B بیشتر است. گزینهٔ (۳): آلکان‌ها با فرمول کلی $C_nH_{۲n+۲}$، دارای $۲n+۲$ پیوند $C-H$ و $n-۱$ پیوند $C-C$ هستند. نسبت خواسته شده برابر $\frac{۲n+۲}{n-۱}$ بوده که با افزایش شمار کربن‌ها (n) کاهش می‌یابد؛ بنابراین این نسبت برای آلکان B بیشتر است. گزینهٔ (۴): با افزایش شمار کربن‌ها، تفاوت نقطهٔ جوش دو آلکان متوالی کاهش می‌یابد؛ بنابراین تفاوت نقطهٔ جوش آلکان B از آلکان قبل از خود نسبت به آلکان A بیشتر است.

۱۰۶۵ **۱** فقط عبارت (ب) درست است. معادلهٔ کلی واکنش سوختن کامل آلکان‌ها: $C_nH_{۲n+۲}(g) + (\frac{۳n+۱}{۲})O_۲(g) \rightarrow nCO_۲(g) + (n+۱)H_۲O(g)$

$$۶۴۰g\ O_۲ = ۱\ mol\ C_nH_{۲n+۲} \times \frac{(\frac{۳n+۱}{۲})mol\ O_۲}{۱\ mol\ C_nH_{۲n+۲}} \times \frac{۳۲g\ O_۲}{۱\ mol\ O_۲} \Rightarrow n = ۱۳$$

فرمول مولکولی آلکان: $C_{۱۳}H_{۲۸}$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تعداد پیوندهای اشتراکی در ساختار آلکانی با فرمول عمومی $C_nH_{۲n+۲}$ از رابطهٔ $۳n+۱$ به‌دست می‌آید:

$$\text{تعداد پیوندهای اشتراکی} = ۳n+۱ = (۳\times۱۳)+۱ = ۴۰$$

عبارت (ب): در شرایط STP، یک مول از همهٔ گازها، حجمی یکسان و برابر ۲۲/۴ لیتر دارند.

$$d_{C_{۱۳}H_{۲۸}} = \frac{M_{C_{۱۳}H_{۲۸}}}{V_{C_{۱۳}H_{۲۸}}} = \frac{۱۸۴g.mol^{-۱}}{۲۲/۴L.mol^{-۱}} \simeq ۸/۲g.L^{-۱}$$

عبارت (پ): میزان فراریت آلکان‌ها با تعداد اتم‌های کربن در مولکول‌های آن‌ها رابطهٔ معکوس دارد، پس میزان فراریت $C_{۱۳}H_{۲۸}$ کمتر از $C_{۱۲}H_{۲۶}$ است.

عبارت (ت): میزان گران‌روی آلکان‌ها با تعداد اتم‌های کربن در مولکول‌های آن‌ها رابطهٔ مستقیم دارد، پس گران‌روی $C_{۱۳}H_{۲۸}$ کمتر از $C_{۱۴}H_{۳۰}$ است.

۱۰۶۶ **۳** ابتدا جرم میانگین C و H را حساب می‌کنیم:

درصد فراوانی ایزوتوپ‌های سنگین‌تر $(F_۲) = \frac{۱}{۵}\times۱۰۰ = ٪۲۰$

درصد فراوانی ایزوتوپ‌های سبک‌تر $(F_۱) = \frac{۴}{۵}\times۱۰۰ = ٪۸۰$

$$\overline{M} = M_۱ + (M_۲ - M_۱)\times\frac{F_۲}{۱۰۰}$$

$$\overline{M}_C = ۱۲ + ۱\times\frac{۲۰}{۱۰۰} = ۱۲/۲amu \qquad \overline{M}_H = ۱ + ۱\times\frac{۲۰}{۱۰۰} = ۱/۲amu$$

فرمول مولکولی گریس به صورت $C_{۱۸}H_{۳۸}$ است؛ از این‌رو جرم مولی آن برابر است با:

$$\text{جرم مولی گریس} = (۱۲/۲\times۱۸)+(۱/۲\times۳۸) = ۲۶۵/۲g.mol^{-۱}$$

اکنون از جرم گریس ۵۳۰ (۱۰۰−۶۳۰)، تعداد مولکول‌های آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ C_{۱۸}H_{۳۸} = ۵۳۰g\ C_{۱۸}H_{۳۸} \times \frac{۱\ mol\ C_{۱۸}H_{۳۸}}{۲۶۵/۲g\ C_{۱۸}H_{۳۸}} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ molecule\ C_{۱۸}H_{۳۸}}{۱\ mol\ C_{۱۸}H_{۳۸}} \simeq ۱/۲\times۱۰^{۲۴}\ molecule\ C_{۱۸}H_{۳۸}$$

۱۰۶۷ **۱** منظور از هیدروکربن سیرشدهٔ خطی همان آلکان‌ها می‌باشند که دارای فرمول کلی $C_nH_{۲n+۲}$ هستند و تعداد پیوندهای اشتراکی در آن برابر $۳n+۱$ می‌باشد.

$$\frac{\text{شمار اتم‌های هیدروژن}}{\text{شمار اتم‌های کربن}} = ۰/۱۵ \times \text{پیوندهای اشتراکی} \Rightarrow \frac{۲n+۲}{n} = \frac{۱۵}{۱۰۰}(۳n+۱) \Rightarrow ۹n^۲ - ۳۷n - ۴۰ = ۰ \Rightarrow n = ۵$$

بنابراین آلکان موردنظر دارای ۵ اتم کربن بوده و فرمول مولکولی آن به‌صورت $C_۵H_{۱۲}$ است. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن $C_۵H_{۱۲}$ به‌صورت زیر است:

$$C_۵H_{۱۲}(l) + ۸O_۲(g) \rightarrow ۵CO_۲(g) + ۶H_۲O(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,C_5H_{12}=۳۲/۷۹۶\,g\,(CO_2,H_2O)\times\frac{۱\,mol\,C_5H_{12}}{(۵\times۴۴)g\;CO_2+(۶\times۱۸)g\,H_2O}\times\frac{۷۲\,g\,C_5H_{12}}{۱\,mol\,C_5H_{12}}\times\underbrace{\frac{۱۰۰}{۹۰}}_{\text{بازده واکنش}}\simeq ۸\,g\,C_5H_{12}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C_5H_{12}\text{ جرم}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مجموع جرم }CO_2\text{ و }H_2O}{(\text{جرم مولی}\times\text{ضریب})_{CO_2}+(\text{جرم مولی}\times\text{ضریب})_{H_2O}}\Rightarrow\frac{x\times۹۰}{۱\times۷۲\times۱۰۰}=\frac{۳۲/۷۹۶}{(۵\times۴۴)+(۶\times۱۸)}\Rightarrow x\simeq ۸\,g\,C_5H_{12}$$

C ۱۰۶۸ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل متانول (C_2H_5OH) و سوختن ناقص متان (CH_4) به‌صورت زیر است:

$$C_2H_5OH(l)+۳O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+۳H_2O(g)\qquad ۲CH_4(g)+۳O_2(g)\rightarrow ۲CO(g)+۴H_2O(g)$$

قسمت اول: در بین فراورده‌های تولیدی هر دو واکنش، H_2O و CO دارای مولکول‌های قطبی و CO_2 دارای مولکول‌های ناقطبی هستند؛ بنابراین جرم CO_2 تولیدی برابر ۸۸ گرم است. با توجه به جرم CO_2 تولیدی جرم اتانول را می‌یابیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_2H_5OH=۸۸g\,CO_2\times\frac{۱\,mol\,CO_2}{۴۴\,g\,CO_2}\times\frac{۱\,mol\,C_2H_5OH}{۲\,mol\,CO_2}\times\frac{۴۶\,g\,C_2H_5OH}{۱\,mol\,C_2H_5OH}=۴۶\,g\,C_2H_5OH$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C_2H_5OH}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{CO_2\text{ جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,g\,C_2H_5OH}{۱\times۴۶}=\frac{۸۸}{۲\times۴۴}\Rightarrow x=۴۶\,g\,C_2H_5OH$$

بنابراین ۱۶g (۴۶−۶۲) از جرم مخلوط را متان تشکیل داده است و درصد جرمی آن برابر است با:

$$\text{درصد جرمی متان}=\frac{\text{جرم متان}}{\text{جرم متانول + جرم متان}}\times۱۰۰=\frac{۱۶}{۶۲}\times۱۰۰\simeq٪۲۵/۸$$

قسمت دوم: مقدار مول H_2O حاصل از سوختن و اتانول و متان را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,H_2O\text{ اتانول}=۴۶\,g\,C_2H_5OH\times\frac{۱\,mol\,C_2H_5OH}{۴۶\,g\,C_2H_5OH}\times\frac{۳\,mol\,H_2O}{۱\,mol\,C_2H_5OH}=۳\,mol\,H_2O$$

$$?\,mol\,H_2O\text{ متان}=۱۶\,gCH_4\times\frac{۱\,mol\,CH_4}{۱۶\,g\,CH_4}\times\frac{۲\,mol\,H_2O}{۱\,mol\,CH_4}=۲\,mol\;H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C_2H_5OH\text{ جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{H_2O\text{ مول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۴۶}{۱\times۴۶}=\frac{x}{۳}\Rightarrow x=۳\,mol\,H_2O\qquad\frac{CH_4\text{ جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{H_2O\text{ مول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱۶}{۲\times۱۶}=\frac{x}{۴}\Rightarrow x=۲\,mol\,H_2O$$

بنابراین مجموع H_2O تولیدی در این دو واکنش برابر ۵ مول است.

C ۱۰۶۹ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) به‌درستی بیان شده‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): بیشترین درصد جرمی برای اتم‌های هیدروژن در آلکان‌ها مربوط به درصد جرمی هیدروژن در مولکول متان (CH_4) است:

$$\text{درصد جرمی }H\text{ در }CH_4=\frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم مولی ترکیب}}\times۱۰۰=\frac{۴(۱)}{۱(۱۲)+۴(۱)}\times۱۰۰=٪۲۵$$

* توجه در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن، درصد جرمی هیدروژن کاهش می‌یابد.

عبارت (ب): سبک‌ترین آلکان مایع در دمای اتاق دارای ۵ اتم کربن (C_5H_{12}) است که در واکنش سوختن کامل و ناقص آن داریم:

(۴۰٪ آلکان (۲۳/۰۴) در واکنش سوختن کامل و ۶۰٪ آن (۳۴/۵۶) در واکنش سوختن ناقص شرکت می‌کند.)

سوختن ناقص: $۲C_5H_{12}(l)+۱۱O_2(g)\rightarrow ۱۰CO(g)+۱۲H_2O(g)$

سوختن کامل: $C_5H_{12}(l)+۸O_2(g)\rightarrow ۵CO_2(g)+۶H_2O(g)$

با توجه به اینکه ۴۰٪ آلکان‌ها در واکنش سوختن کامل و ۶۰٪ آن در واکنش سوختن ناقص شرکت می‌کند، خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,O_2=۵۷/۶gC_5H_{12}\times\frac{۴۰}{۱۰۰}\times\frac{۱\,mol\,C_5H_{12}}{۷۲\,g\,C_5H_{12}}\times\frac{۸\,mol\,O_2}{۱\,mol\,C_5H_{12}}=۲/۵۶\,mol\,O_2$$

$$?\,mol\,O_2=۵۷/۶\,g\,C_5H_{12}\times\frac{۶۰}{۱۰۰}\times\frac{۱\,mol\,C_5H_{12}}{۷۲\,g\,C_5H_{12}}\times\frac{۱۱\,mol\,O_2}{۲\,mol\,C_5H_{12}}=۲/۶۴\,mol\,O_2$$

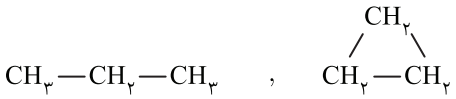
مجموع مول O_2 مصرفی برابر ۵/۲ مول است.

روش دوم (تناسب):

$$\text{در واکنش سوختن کامل}\Rightarrow\frac{C_5H_{12}\text{جرم}\times\frac{۴۰}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{O_2\text{ مول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۵۷/۶\times\frac{۴۰}{۱۰۰}}{۱\times۷۲}=\frac{x}{۸}\Rightarrow x=۲/۵۶\,mol\,O_2$$

$$\text{در واکنش سوختن ناقص}\Rightarrow\frac{C_5H_{12}\text{جرم}\times\frac{۶۰}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{O_2\text{ مول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۵۷/۶\times\frac{۶۰}{۱۰۰}}{۲\times۷۲}=\frac{x}{۱۱}\Rightarrow x=۲/۶۴\,mol\,O_2$$

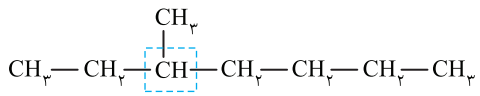
مجموع مول O_2 مصرفی برابر ۵/۲ مول است. عبارت (پ): در آلکان‌ها با افزایش تعداد کربن‌ها نسبت تعداد پیوندهای اشتراکی به تعداد اتم‌های کربن کاهش می‌یابد. برای نمونه در متان (CH_4) این نسبت برابر ۴ $(\frac{4}{1})$ و در اتان (C_2H_6)، این نسبت برابر ۳/۵ $(\frac{7}{2})$ است. عبارت (ت): هیدروکربن‌های سیرشده می‌توانند به صورت خطی یا حلقوی باشند؛ به‌طوری که هر دو فاقد پیوند دوگانه یا سه‌گانهٔ کربن - کربن هستند. عبارت (ث): به‌طور کلی با افزایش تعداد اتم‌های کربن در آلکان‌ها، نقطهٔ جوش آلکان‌ها افزایش می‌یابد ولی تفاوت نقطهٔ جوش میان دو آلکان متوالی کاهش می‌یابد.



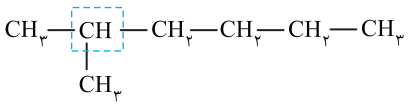
A ۱۰۷۰ ۳ در نام‌گذاری آلکان‌ها، در نوشتن زنجیر فرعی باید به تقدم حروف الفبا توجه کنیم. نام اتیل به متیل مقدم است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در نام‌گذاری چهار عضو نخست آلکان‌های بدون شاخه، برخلاف مابقی آلکان‌های بدون شاخه، پیشوند مشخصی وجود ندارد. (متان، اتان، پروپان و بوتان) گزینهٔ (۲): به طور کلی می‌توان گفت در آلکان‌های شاخه‌دار، زنجیر اصلی دارای بیشترین تعداد اتم کربن است. گزینهٔ (۴): شاخه‌های هیدروکربنی که به زنجیر اصلی متصل هستند، دارای فرم کلی C_nH_{2n+1} می‌باشند. فرمول متیل و اتیل به‌ترتیب به‌صورت CH_3 و C_2H_5 است.

B ۱۰۷۱ ۴ ترکیب‌های (الف)، (پ) و (ت) جزء آلکان‌های ۸ کربنی بوده و فرمول آن‌ها به‌صورت C_8H_{18} است. در حالی‌که مولکول (ب) یک آلکان ۷ کربنی با فرمول C_7H_{16} می‌باشد. فرمول ساختاری هر کدام از ترکیب‌ها به‌صورت زیر است: (در هر ترکیب، گروه (های) CH با خط‌چین مشخص شده است.)

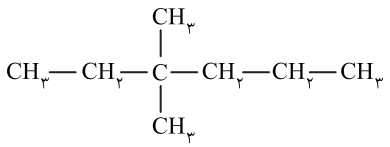
الف) ۳ - متیل هپتان



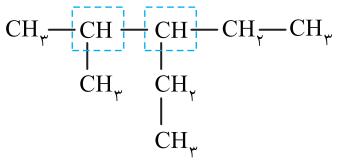
ب) ۲ - متیل هگزان



پ) ۳، ۳ - دی‌متیل هگزان



ت) ۳ - اتیل - ۲ - متیل پنتان



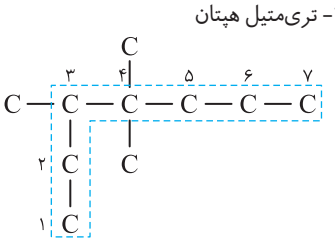
در ساختار «۳ - اتیل - ۲ - متیل پنتان» دو گروه CH وجود دارد.

B ۱۰۷۲ ۴

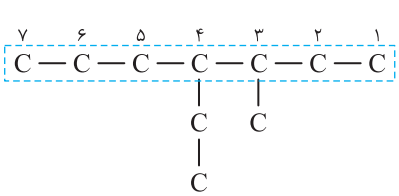
نکته‌ترکیب در قواعد نام‌گذاری آیوپاک، گروه متیل بر روی کربن اول جزء زنجیرهٔ اصلی است. بنابراین وجود عبارت «۱- متیل» در نام‌گذاری یک آلکان نادرست است. همین امر دربارهٔ گروه اتیل برای کربن‌های شمارهٔ ۱ و ۲ نیز صدق می‌کند؛ به طوری‌که هر کدام از عبارت‌های «۱- اتیل» یا «۲- اتیل» در نام‌گذاری یک ترکیب، اشتباه است. به طوری‌که باید گروه C_2H_5- را جزء زنجیرهٔ اصلی در نظر گرفت نه شاخهٔ فرعی. دقت کنید تنها اتم هالوژن‌ها می‌تواند بر روی کربن اول یا کربن انتهایی قرار داشته باشد و همچنان شاخه محسوب شود.

ابتدا بر اساس نام داده شده در هر گزینه، ساختار آلکان‌ها را رسم می‌کنیم و سپس درستی یا نادرستی هر گزینه را بررسی می‌کنیم. **بررسی ترکیب‌ها:** گزینهٔ (۱): زنجیر اصلی را باید طوری انتخاب کنیم که دارای بیشترین تعداد اتم کربن باشد. گزینهٔ (۲): زنجیر اصلی را از سمتی شماره‌گذاری می‌کنیم که به شاخهٔ فرعی نزدیک‌تر است. پس جهت درست شماره‌گذاری از سمت راست است. گزینهٔ (۳): در نام‌گذاری آلکان‌ها نوشتن نام شاخهٔ فرعی اتیل بر متیل مقدم است. گزینهٔ (۴): همهٔ قواعد مربوط به نام‌گذاری هیدروکربن‌ها در این ترکیب به‌درستی رعایت شده و نام آن (۴- اتیل- ۳، ۳- دی متیل هپتان) است.

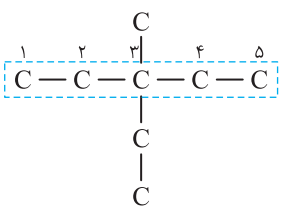
ترکیب (۱): ۳، ۴، ۴- تری‌متیل هپتان



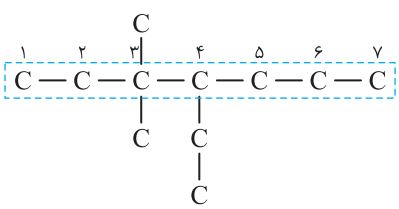
ترکیب (۲): ۴- اتیل- ۳- متیل پنتان



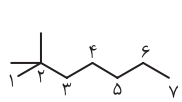
ترکیب (۳): ۳- اتیل- ۳- متیل پنتان

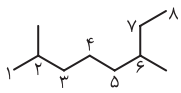


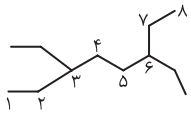
ترکیب (۴):

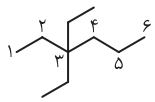


B ۱۰۷۳ ۳ فقط نام آلکان اول نادرست ذکر شده است.

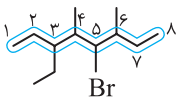

۲، ۲- دی‌متیل هپتان


۲، ۶- دی‌متیل اوکتان


۳، ۶- دی‌اتیل اوکتان


۳، ۳- دی‌اتیل هگزان

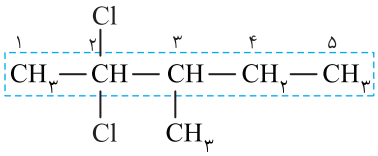
B ۱۰۷۴ ۴ نام‌گذاری همهٔ ترکیب‌ها به روش آیوپاک به‌درستی انجام شده است. **بررسی هر یک از موارد:**



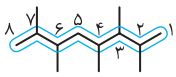
مورد (الف): ۵- برومو-۳- اتیل- ۴، ۶- دی‌متیل اوکتان

* **توجه** در شماره‌گذاری زنجیر اصلی این آلکان از هر دو سمت برای شاخه‌های فرعی به اعداد یکسان می‌رسیم؛ بنابراین برای انتخاب جهت شماره‌گذاری از تقدم نام این شاخه‌ها بر مبنای الفبای انگلیسی استفاده می‌کنیم. یعنی چون اولین شاخهٔ فرعی از سمت چپ (اتیل) بر اولین شاخهٔ فرعی از سمت راست (متیل) تقدم دارد، پس شماره‌گذاری را از سمت چپ انجام می‌دهیم.

مورد (ب): ۲، ۲- دی‌کلرو- ۳- متیل پنتان

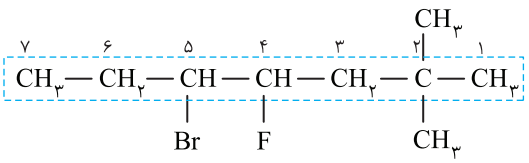


مورد (پ): همهٔ شاخه‌های فرعی در این هیدروکربن متیل هستند و با شماره‌گذاری از هر دو طرف، دو شاخهٔ فرعی ابتدایی روی کربن‌های (۲) و (۳) قرار می‌گیرد. پس برای پی بردن به جهت صحیح شماره‌گذاری، به شاخهٔ فرعی سوم توجه می‌کنیم. چون به این شاخهٔ فرعی از سمت راست زودتر می‌رسیم، پس جهت صحیح شماره‌گذاری از سمت راست است.

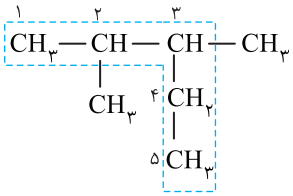


نام درست این ترکیب، ۲، ۳، ۴، ۶، ۷- پنتامتیل اوکتان است.

مورد (ت): ۵- برومو-۴- فلوئورو- ۲، ۲- دی‌متیل هپتان



مورد (ث): فرمول ساختاری این آلکان به صورت زیر است: ۲، ۳- دی متیل پنتان

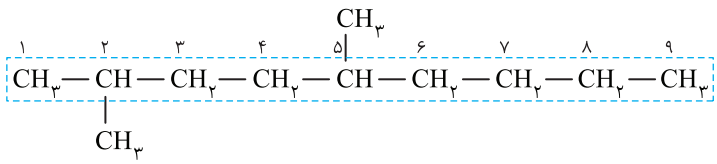


B ۱۰۷۵ ۳ ابتدا فرمول ساختاری آلکان‌ها را رسم کرده و آن‌ها را نام‌گذاری می‌کنیم. سپس با توجه به تعداد اتم‌های کربن و به کمک رابطهٔ محاسبهٔ تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان‌ها که به‌صورت $(3n+1)$ است، تعداد پیوندهای اشتراکی در آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

* **توجه** در هالوآلکان‌ها نیز تعداد پیوندهای اشتراکی از رابطهٔ $(3n+1)$ به‌دست می‌آید؛ زیرا هالوژن‌ها نیز همانند هیدروژن با یک پیوند اشتراکی به اتم کربن متصل می‌شوند.

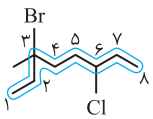
بررسی گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): ۲، ۵- دی‌متیل نونان



تعداد پیوندهای اشتراکی $= (3\times11)+1=34$

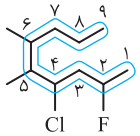
گزینهٔ (۲): فاصلهٔ نخستین شاخهٔ فرعی از دو طرف یکسان است. پس از سمتی شماره‌گذاری می‌کنیم که زودتر به شاخهٔ فرعی بعدی برسیم:



۳- برومو- ۶- کلرو- ۳- متیل- اوکتان

تعداد پیوندهای اشتراکی $= (3\times9)+1=28$

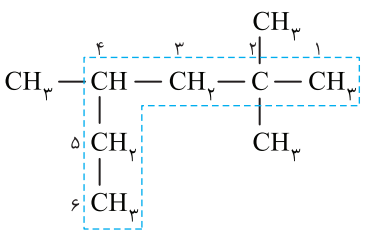
گزینهٔ (۳):



۴- کلرو- ۲- فلوئورو- ۶،۵- دی‌متیل نونان

تعداد پیوندهای اشتراکی $= (3\times11)+1=34$

گزینهٔ (۴):



۲، ۲، ۴- تری‌متیل هگزان

تعداد پیوندهای اشتراکی $= (3\times9)+1=28$

B ۱۰۷۶ ۲ موارد اول، پنجم و ششم ویژگی مورد نظر را دارند. معادلهٔ کلی واکنش سوختن آلکان‌ها به‌صورت زیر است:

$$C_nH_{2n+2}(g)+\frac{3n+1}{2}O_2(g)\rightarrow n\,CO_2(g)+(n+1)\,H_2O(g)$$

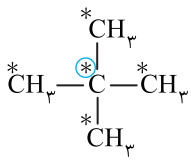
ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، تعداد کربن‌های موجود در هر مولکول از آلکان را تعیین می‌کنیم:

$$۱۲/۰۴\times۱۰^{۲۴}\ \text{molecule O}_۲ = ۱\ \text{mol C}_n\text{H}_{۲n+۲}\times\frac{(\frac{۳n+۱}{۲})\text{mol O}_۲}{۱\ \text{mol C}_n\text{H}_{۲n+۲}}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{molecule O}_۲}{۱\ \text{mol O}_۲}\Rightarrow ۳n+۱=۴۰\Rightarrow n=۱۳$$

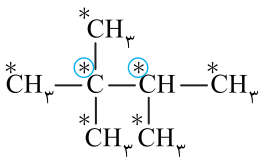
پس آلکان مورد نظر ۱۳ اتم کربن دارد. با توجه به نوع و تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد کربن زنجیر اصلی، آلکان‌های موارد (۱) تا (۷) به‌ترتیب دارای ۱۳، ۱۱، ۸، ۱۲، ۱۳، ۱۳ و ۱۲ اتم کربن هستند.

B ۱۰۷۷ ۳ فقط در آلکان موجود در ترکیب (پ) تعداد اتم‌های کربنی که به یک یا دو کربن دیگر متصل هستند، سه برابر تعداد اتم‌های کربنی است که به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل هستند. اتم‌های کربنی که به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل اند با * و کربن‌هایی که به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند با ⊛ نمایش داده شده‌اند.) **بررسی ترکیب‌ها:**

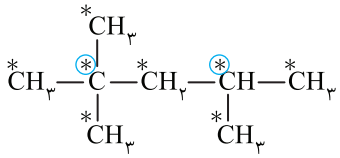
ترکیب (الف):



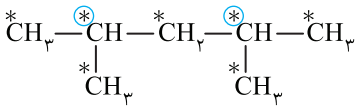
ترکیب (ب):



ترکیب (پ):

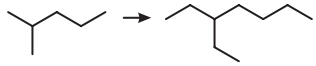


ترکیب (ت):



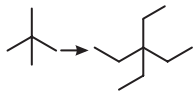
B ۱۰۷۸ ۳ موارد (پ) و (ت)، عبارت داده شده را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف):



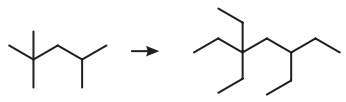
۳- اتیل هپتان ۲- متیل پنتان

عبارت (ب):



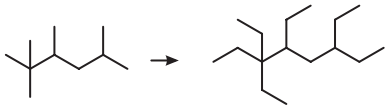
۳،۳- دی‌اتیل پنتان دی‌متیل پروپان

عبارت (پ):



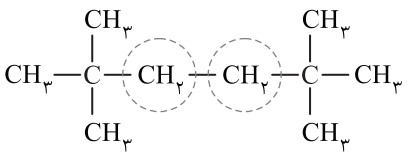
۵،۳،۳- تری‌اتیل هپتان ۴،۲،۲- تری‌متیل پنتان

عبارت (ت):

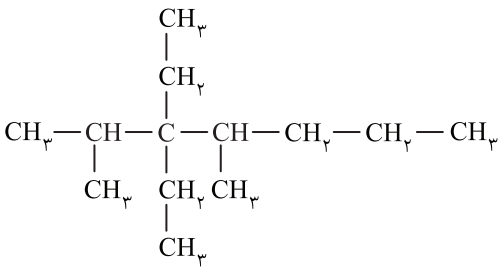


۶،۴،۳،۳- تترا اتیل اوکتان ۵،۳،۲،۲- تترا متیل هگزان

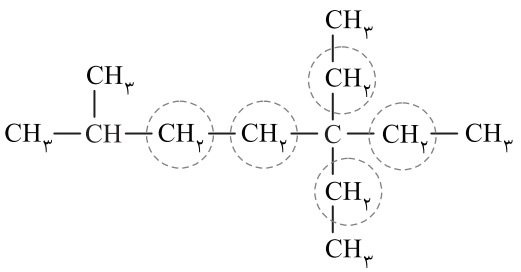
B ۱۰۷۹ ۳ ساختار گستردهٔ «۲ و ۲ و ۵ و ۵- تترا متیل هگزان» به صورت روبه‌رو بوده و شمار گروه‌های $CH_۲$ در ساختار آن برابر ۲ است:



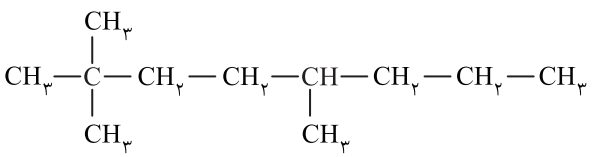
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به نام آلکان، ساختار آن به صورت روبه‌رو است که با ساختار داده شده مطابقت ندارد:



گزینهٔ (۲): نام و ساختار آلکان داده شده با یکدیگر مطابقت دارد، اما شمار گروه‌های $CH_۲$ در ساختار آن برابر با ۵ واحد است.

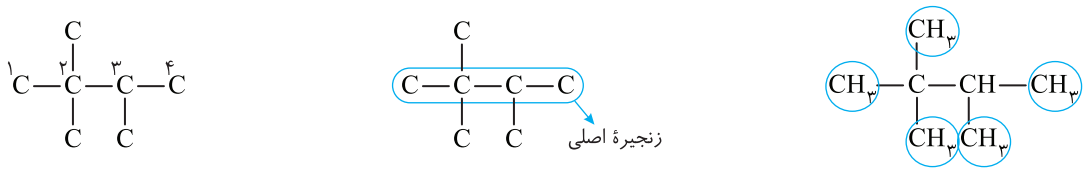


گزینهٔ (۴): با توجه به نام آلکان، ساختار آن به صورت روبه‌رو است که با ساختار داده شده مطابقت ندارد:



C ۱۰۸۰ ۴ همهٔ عبارت‌ها به‌درستی بیان شده است. در نام‌گذاری یک آلکان تنها زمانی می‌توان شمارهٔ کربن‌های دارای زنجیرهٔ فرعی را در نظر نگرفت که قرار گرفتن زنجیرهای فرعی تنها یک حالت وجود داشته باشد. در ایزومری از هپتان که زنجیر اصلی دارای چهار اتم کربن و سه شاخهٔ فرعی متیل وجود داشته باشد، تنها حالت ممکن قرار گرفتن دو گروه متیل روی کربن شمارهٔ ۲ و یک گروه متیل به کربن شماره سه است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: شاخهٔ اصلی در این آلکان دارای چهار اتم کربن است.

عبارت دوم: این آلکان دارای سه گروه فرعی متیل است که دو گروه متیل روی کربن شمارهٔ ۲ و یک گروه متیل روی کربن شمارهٔ ۳ قرار دارد. عبارت سوم: در ساختار این آلکان ۵ گروه CH_3 وجود دارد.



عبارت چهارم: به کربن شمارهٔ ۲، هیچ اتم هیدروژنی متصل نیست. عبارت پنجم: واکنش سوختن کامل این آلکان به‌صورت زیر است: (حالت فیزیکی آب در شرایط STP، مایع یا جامد است.)

$$C_7H_{16}(l)+15O_2(g)\rightarrow 7CO_2(g)+16H_2O(l)$$

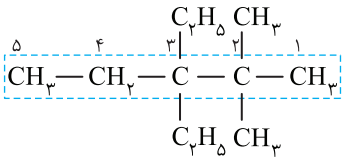
روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CO_2=50\,g\,C_7H_{16}\times\frac{1\,mol\,C_7H_{16}}{100\,g\,C_7H_{16}}\times\frac{7\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_7H_{16}}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=154\,g\,CO_2$$

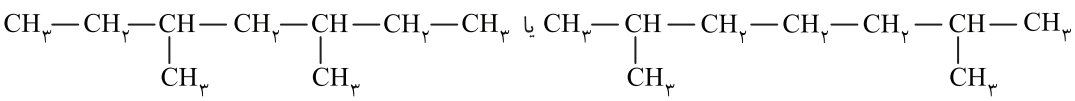
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_7H_{16}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } CO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{50}{1\times100}=\frac{x\,g\,CO_2}{7\times44}\Rightarrow x=154\,g\,CO_2$$

B ۱۰۸۱ ۴ نقطهٔ جوش آلکان‌های دارای ۸ اتم کربن یا بیشتر، بالاتر از $100^\circ C$ است. پس این آلکان‌ها در دمای $100^\circ C$ به حالت فیزیکی مایع هستند. این آلکان دارای ۱۱ اتم کربن است و در دمای $100^\circ C$ حالت مایع دارد. گران‌روی این آلکان کمتر از آلکانی با ۱۲ اتم کربن است، زیرا در هیدروکربن‌ها، گران‌روی با شمار اتم‌های کربن رابطهٔ مستقیم دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به فرمول ساختاری، نام آیوپاک این آلکان، (۳، ۳- دی‌اتیل- ۲، ۲- دی‌متیل پنتان) است. گزینهٔ (۲): فرمول مولکولی این آلکان $C_{11}H_{24}$ است. توجه کنید که فرمول عمومی آلکان‌ها صرف‌نظر از نوع و تعداد شاخه‌های فرعی به‌صورت C_nH_{2n+2} است، پس فرمول عمومی هر آلکان با ۲۴ اتم هیدروژن به‌صورت $C_{11}H_{24}$ خواهد بود. گزینهٔ (۳): با توجه به ساختار رسم شده در بالا، این آلکان دارای ۲ شاخهٔ فرعی متیل و ۲ شاخهٔ فرعی اتیل است.



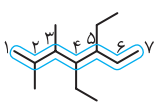
B ۱۰۸۲ ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. طبق ویژگی‌های گفته شده دو ساختار زیر را برای آلکان مورد نظر می‌توان رسم کرد:



۶،۲- دی‌متیل هپتان ۵،۳- دی‌متیل هپتان

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تفاوت اعداد به کار رفته در نام آلکان مورد نظر برابر ۲ یا ۴ است. عبارت (ب): هر چه شمار اتم‌های کربن بیشتر باشد، درصد جرمی کربن نیز بیشتر است. عبارت (پ): طبق ساختارهای رسم شده این عبارت درست است. عبارت (ت): با توجه به شرایط گفته شده، آلکان مورد نظر نمی‌تواند هیچ شاخهٔ اتیلی داشته باشد.

B ۱۰۸۳ ۳ در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن، نقطهٔ جوش افزایش می‌یابد. آلکان داده شده دارای ۱۳ کربن است، پس فرمول مولکولی آن به‌صورت $C_{13}H_{28}$ است. نقطهٔ جوش این آلکان بیشتر از آلکان $C_{12}H_{26}$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نام این آلکان (۴، ۵- دی‌اتیل- ۲، ۳- دی‌متیل هپتان) است. گزینهٔ (۲): تعداد پیوندهای اشتراکی در این آلکان برابر ۴۰ است. $3n+1=(3\times13)+1=40$ = تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان‌ها

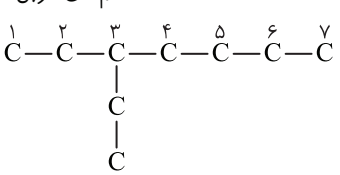


گزینهٔ (۴): ترکیب (۳، ۴، ۵، ۶- تترا متیل نونان) دارای ۱۳ اتم کربن است و فرمول مولکولی آن که به‌صورت $C_{13}H_{28}$ است، با آلکان داده شده در صورت تست یکسان است، پس درصد جرمی کربن در این دو ترکیب برابر است.

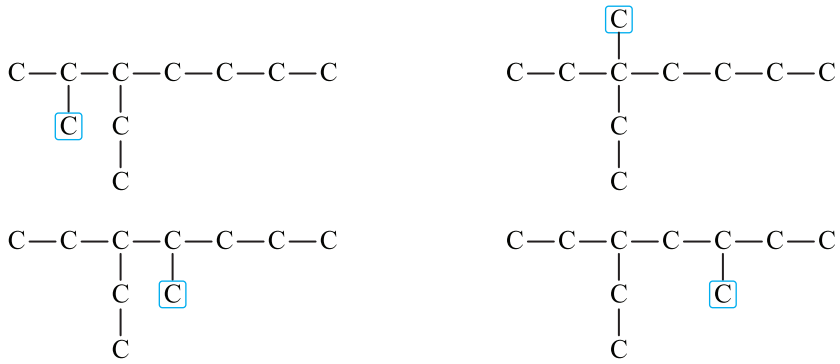
B ۱۰۸۴ ۳ ابتدا با توجه به فرمول کلی آلکان‌ها (C_nH_{2n+2}) نسبت تعداد اتم‌های هیدروژن به کربن را می‌یابیم:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های هیدروژن}}{\text{تعداد اتم‌های کربن}}=\frac{2n+2}{n}=2/2\Rightarrow2n+2=2/2n\Rightarrow0/2n=2\Rightarrow n=10$$

بنابراین این آلکان دارای ده اتم کربن در ساختار خود است. با توجه به اینکه در نام‌گذاری آن ۳ - اتیل (به عنوان زنجیر فرعی) و هپتان (به عنوان زنجیر اصلی) مشخص است، در نتیجه این آلکان تنها یک اتم کربن دیگر به عنوان زنجیر فرعی خود می‌تواند داشته باشد:



گروه متیل می‌تواند به روی کربن‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ قرار گیرد:



گروه متیل بر کربن ابتدا و انتها (۷، ۱) نمی‌تواند قرار گیرد، زیرا طول زنجیر فرعی تغییر می‌کند. گروه متیل بر روی کربن شماره ۶ نیز نمی‌تواند قرار بگیرد، زیرا جهت شماره‌گذاری تغییر می‌کند.

۱۰۸۵ **۲** فرمول کلی هیدروکربن‌ها را می‌توان C_xH_y در نظر گرفت. در واکنش سوختن کامل این ترکیب CO_2 و H_2O تولید می‌شود. در واکنش موازنه شدهٔ

این ترکیب داریم: $C_xH_y+(\frac{4x+y}{4})O_2\rightarrow(x)CO_2+(\frac{y}{2})H_2O$

ابتدا نسبت x و y را در این هیدروکربن می‌یابیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,CO_2=6/4\,g\,C_xH_y\times\frac{1\,mol\,C_xH_y}{(12x+y)\,g\,C_xH_y}\times\frac{x\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_xH_y}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=17/6\,g\,CO_2\,,\ \frac{6/4\times x\times44}{(12x+y)}=17/6\Rightarrow16x=12x+y\Rightarrow y=4x$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_xH_y}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } CO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{6/4}{1\times(12x+y)}=\frac{17/6}{x\times44}\Rightarrow4x=y$$

در نتیجه این هیدروکربن متان (CH_4) است. اگر به جای یک هیدورژن ترکیب، اتم کلر قرار دهیم، ترکیب CH_3Cl حاصل می‌شود. درصد کلر در این ترکیب برابر است با:

$$\text{درصد جرمی کلر در } CH_3Cl=\frac{\text{جرم کلر}}{\text{جرم مولی ترکیب}}\times100=\frac{35/5}{12(1)+3(1)+35/5}\times100=\frac{35/5}{50/5}\times100\simeq\%70/3$$

۱۰۸۶ **۳** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل پروپان (C_3H_8) به‌صورت مقابل است: $C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow3CO_2(g)+4H_2O(l)$

واکنش کربن دی‌اکسید و منیزیم اکسید به‌صورت مقابل است: $MgO(s)+CO_2(g)\rightarrow MgCO_3(s)$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول:

$$?\,mol\,O_2=0/3\,mol\,C_3H_8\times\frac{5\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_3H_8}=1/5\,mol\,O_2$$

قسمت دوم:

$$?\,g\,MgCO_3=0/3\,mol\,C_3H_8\times\frac{3\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_3H_8}\times\frac{1\,mol\,MgCO_3}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{84\,g\,MgCO_3}{1\,mol\,MgCO_3}=75/6\,g\,MgCO_3$$

روش دوم (تناسب): با سه برابر کردن ضرایب واکنش دوم، ضریب CO_2 در این واکنش مشابه ضریب CO_2 در واکنش سوختن پروپان می‌شود و خواهیم داشت:

$$1\,mol\,C_3H_8\sim5\,mol\,O_2\sim3\,mol\,MgCO_3$$

قسمت اول:

$$\frac{\text{مول } C_3H_8}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/3}{1}=\frac{x\,mol\,O_2}{5}\Rightarrow x=1/5\,mol\,O_2$$

قسمت دوم:

$$\frac{\text{مول } C_3H_8}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم } MgCO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{0/3\,mol}{1}=\frac{y\,g\,MgCO_3}{3\times84}\Rightarrow y=75/6\,g\,MgCO_3$$

۱۰۸۷ **۴** در آلکان‌ها (C_nH_{2n+2}) با افزایش تعداد اتم‌های کربن نسبت تعداد کربن به هیدروژن افزایش می‌یابد.

فرمول آلکان	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	...
نسبت شمار C به H	$\frac{1}{4}=0/25$	$\frac{2}{6}=\frac{1}{3}=0/33$	$\frac{3}{8}=0/375$	$\frac{4}{10}=0/4$	...

از طرفی با افزایش تعداد کربن به علت افزایش جرم و حجم مولکول و زیادتر شدن نیروی بین مولکولی در آن نقطهٔ جوش افزایش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱):

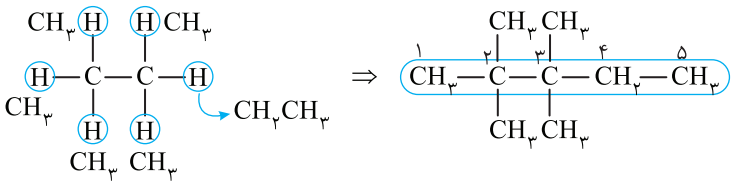
معادلهٔ کلی سوختن کامل آلکان‌ها به‌صورت مقابل است: $C_nH_{2n+2}+(\frac{3n+1}{2})O_2\rightarrow(n)CO_2+(n+1)H_2O$

با توجه به ضرایب و نسبت مول H_2O به CO_2 تولیدی که برابر ۱/۲ است، تعداد اتم‌های کربن آلکان (یعنی n) برابر است با:

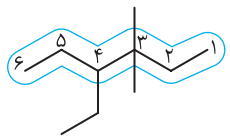
$$\frac{\text{مول آب}}{\text{مول کربن دی‌اکسید}}=\frac{n+1}{n}=1/2 \Rightarrow 1/2n=n+1 \Rightarrow n=5$$

بنابراین آلکان دارای ۵ اتم کربن بوده و فرمول مولکولی آن به‌صورت C_5H_{12} است و در هر مول مولکول آن ۱۷ اتم وجود دارد.

گزینهٔ (۲): اگر در مولکول اتان به جای یکی از اتم‌های هیدروژن گروه اتیل $(-CH_2CH_3)$ و به جای مابقی هیدروژن‌ها گروه متیل (CH_3) قرار دهیم، خواهیم داشت:



نام صحیح ترکیب حاصل، «۲، ۲، ۳، ۳ - تترامتیل پنتان» است. گزینهٔ (۳): ۳ - اتیل ۴، ۴ - دی متیل هگزان نمی‌تواند نام درستی برای یک آلکان باشد. نام صحیح این آلکان «۴ - اتیل،۳، ۳ - دی متیل هگزان» است. در نام‌گذاری آلکان‌های شاخه‌دار، شماره‌گذاری از سمتی انجام می‌شود که تراکم شاخه‌های فرعی بیشتر است.



۴- اتیل -۳ و۳- دی‌متیل هگزان

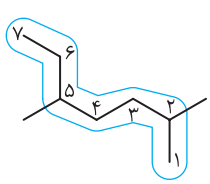
C ۱۰۸۸ ۱ موارد چهارم و پنجم درست هستند. معادلهٔ کلی سوختن کامل آلکان‌ها به‌صورت زیر است:

$$C_nH_{2n+2}+(\frac{3n+1}{2})O_2 \rightarrow nCO_2+(n+1)H_2O$$

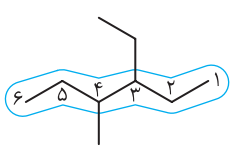
به ازای مصرف شدن ۱ مول از این آلکان، $18(n+1)$ گرم H_2O و $44n$ گرم CO_2 تولید می‌شود، پس خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی آب}=\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم کربن دی‌اکسید + جرم آب}}\times 100 \Rightarrow \frac{18n+18}{18n+18+44n}=31/25 \Rightarrow 1937/5n+562/5=1800n+1800 \Rightarrow 137/5n=1237/5 \Rightarrow n=9$$

بنابراین این آلکان دارای ۹ اتم کربن در ساختار خود است. **بررسی موارد:** مورد اول: براساس قوائد آیوپاک، نام «۵ - اتیل ۲ - متیل هگزان» نادرست است. ساختار و نام صحیح آن به‌صورت زیر می‌باشد. مورد دوم: ۳ - اتیل پنتان دارای ۷ اتم کربن در ساختار خود است و نمی‌تواند درست باشد. مورد سوم: ۳، ۳، ۲- تری متیل بوتان دارای ۷ اتم کربن در ساختار خود است و نمی‌تواند درست باشد. مورد چهارم: ۲، ۲، ۳، ۴ - تترامتیل پنتان دارای ۹ اتم کربن در ساختار خود است و براساس قوانین آیوپاک به درستی نام‌گذاری شده است. مورد پنجم: ۳ - اتیل - ۲، ۳ - دی‌متیل پنتان دارای ۹ اتم کربن در ساختار خود است و براساس قوانین آیوپاک به‌درستی نام‌گذاری شده است. مورد ششم: ۴ - اتیل - ۳- متیل هگزان دارای ۹ اتم کربن در ساختار خود است ولی براساس قوانین آیوپاک به‌درستی نام‌گذاری نشده است. ساختار و نام صحیح آن به‌صورت زیر است.



مورد اول: ۲، ۵- دی‌متیل هپتان



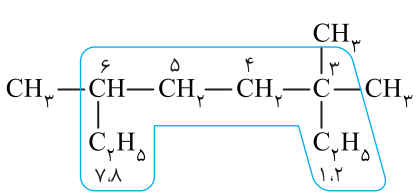
مورد ششم: ۳- اتیل- ۴- متیل هگزان

C ۱۰۸۹ ۲ عبارت‌های سوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول ساختاری این ترکیب به صورت زیر است. نام: ۳، ۳، ۶ - تری‌متیل اوکتان

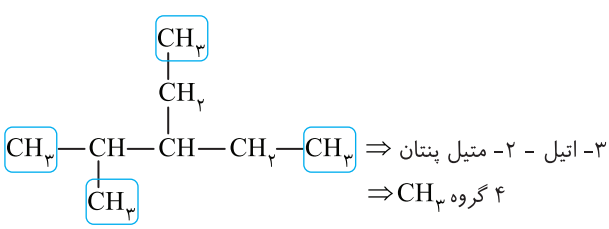
عبارت دوم: فرمول مولکولی این ترکیب $C_{11}H_{24}$ است.

$$C_{11}H_{24}+17O_2 \rightarrow 11CO_2+12H_2O$$

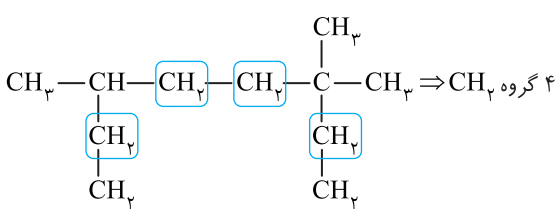
$$?\,g\,O_2=1\,mol\,C_{11}H_{24}\times\frac{17\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_{11}H_{24}}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=544\,g\,O_2$$



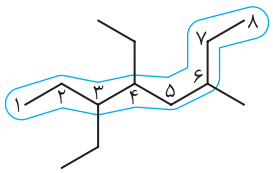
عبارت سوم:



۳- اتیل - ۲- متیل پنتان ⇒ ۴ گروه CH_3



۴ گروه CH_2



عبارت چهارم: مجموع شمارهٔ شاخه‌های فرعی در ترکیب داده شده در صورت سؤال برابر ۱۲ است. ۳+۳+۶=۱۲

نام: ۳، ۴ - دی‌اتیل - ۶ - متیل اوکتان

شمارهٔ شاخه‌های فرعی=۳+۴+۶=۱۳

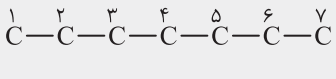
عبارت پنجم:

$$?\,atom\,H=26g\,C_{11}H_{24}\times\frac{1\,mol\,C_{11}H_{24}}{156g\,C_{11}H_{24}}\times\frac{24\,mol\,atom\,H}{1\,mol\,C_{11}H_{24}}\times\frac{6/02\times10^{23}\,atom\,H}{1\,mol\,atom\,H}=2/408\times10^{24}\,atom\,H$$

B ۱ ۱۰۹۰

نکته ترکیبی شمارش و رسم ایزومرهای آلکان‌ها: ۱- اگر از شما تعداد ایزومرهای یک آلکان بدون شرط خاصی خواسته شده، کافی است برای آلکان با فرمول مولکولی C_nH_{2n+2} از رابطهٔ $2^{(n-4)}+1$ استفاده کنید. مثلاً آلکانی با ۷ اتم کربن، دارای $2^{(7-4)}+1=9$ ایزومر ساختاری است. ۲- اگر از شما رسم ایزومرهای یک آلکان به منظور اعمال شرط خاصی همچون محل قرارگیری شاخه‌ها یا نوع زنجیر اصلی مطالبه شد. مراحل زیر را به ترتیب پیش بروید:

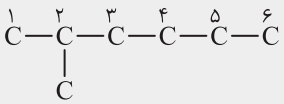
الف) برای ایزومر اول، کافی است یک آلکان راست‌زنجیر و بدون شاخه رسم کنید. مثلاً اگر آلکان مورد نظر ۷ اتم کربن داشت، ایزومر اول آن به صورت مقابل خواهد بود:



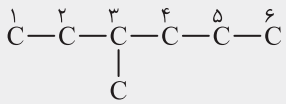
هپتان

ب) در مرحلهٔ بعد یک اتم کربن از کل اتم‌های کربن کم کنید و زنجیری $(n-1)$ کربنی را رسم کنید. **مثال**

اکنون اتم کربنی که کم شد را، به عنوان شاخهٔ فرعی استفاده کرده و نام‌گذاری هر کدام را هم انجام دهید:

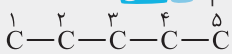


۲- متیل هگزان

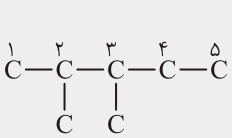


۳- متیل هگزان

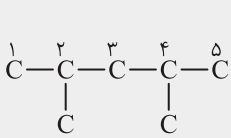
دقت کنید که در اینجا دیگر نمی‌توانید شاخهٔ متیل را بر روی کربن‌های ۴ یا ۵ قرار دهید؛ زیرا صرفاً ترتیب شماره‌گذاری کربن‌های زنجیر اصلی به هم خورده و ساختارهای قبل ایجاد می‌شوند. پ) در این مرحله، یک اتم کربن دیگر نیز از مجموعهٔ اتم‌های کربن برداشته و یک زنجیر $(n-2)$ کربنی رسم می‌کنیم. **مثال**



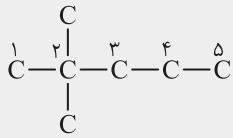
حال یکی از اتم‌های کربن را بر روی کربن شمارهٔ ۲ قرار داده و با جابه‌جا کردن اتم کربن دیگر، حالت‌های مختلف را رسم می‌کنیم:



۳،۲- دی‌متیل پنتان

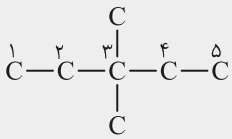


۴،۲- دی‌متیل پنتان

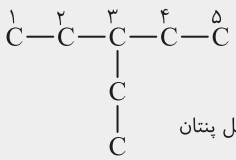


۲،۲- دی‌متیل پنتان

سپس آن اتم کربن ثابت را برداشته و بر روی کربن شمارهٔ ۳ قرار داده و حالت‌ها را رسم می‌کنیم:



۳،۳- دی‌متیل پنتان

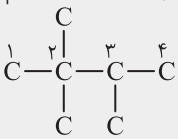


۳- متیل پنتان

حواستان باشد که قرار دادن اتم کربن متحرک بر روی کربن‌های ۲ یا ۴، موجب ایجاد ساختارهای تکراری می‌شود؛ زیرا اتم‌های کربن ثابت و متحرکی که مشخص کردیم با هم یکسان بوده و تفاوتی ندارند.

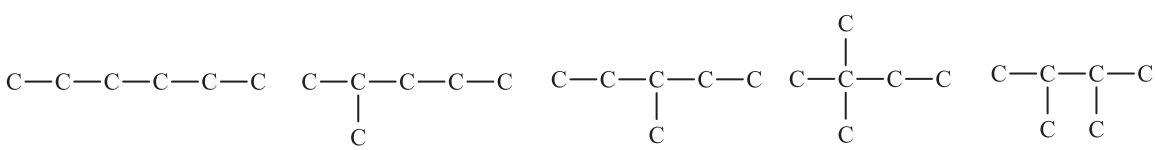
ت) حال یک زنجیر $(n-3)$ کربنی رسم کرده و از ۳ اتم کربن جدا شده، برای ایجاد شاخه استفاده می‌کنیم. **مثال**

با توجه به اینکه آلکانی که بررسی کردیم، ۷ اتم کربن داشت، رسم ایزومر از اینجا به بعد تمام می‌شود و ساختار دیگری برای آن وجود ندارد.



۳،۲،۲- تری‌متیل بوتان

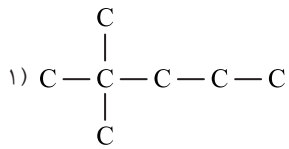
به ترکیباتی که فرمول مولکولی یکسان ولی فرمول ساختاری متفاوتی دارند، ایزومر (همپار) می‌گویند. C_6H_{14}، پنج همپار دارد. اسکلت کربنی و نام آیوپاک این ترکیب‌ها در زیر رسم شده است:

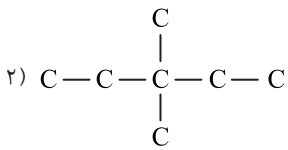


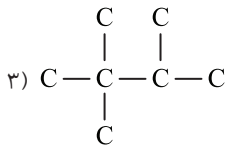
هگزان — ۲- متیل پنتان — ۳- متیل پنتان — ۲،۲- دی‌متیل بوتان — ۳،۲- دی‌متیل بوتان

در نام دو همپار، واژهٔ «پنتان» وجود دارد.

B ۱۰۹۱ ۲ ابتدا زنجیر اصلی را ۵ کربنه در نظر می‌گیریم:

۱)  ⇒ ۲،۲- دی‌متیل پنتان

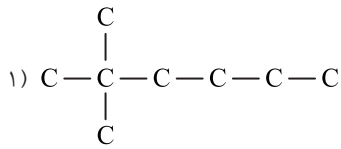
۲)  ⇒ ۳،۳- دی‌متیل پنتان

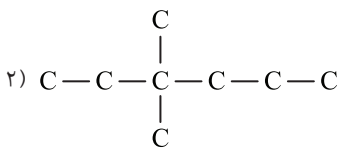
۳)  ⇒ ۲، ۲، ۳- تری‌متیل بوتان

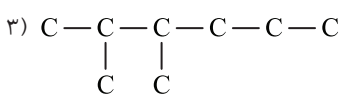
حال فرض می‌کنیم زنجیر اصلی ۴ کربنه باشد و ۳ گروه متیل داشته باشیم:

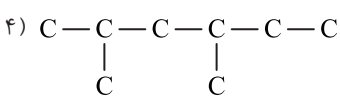
پس در مجموع ۳ ترکیب با شرایط گفته شده می‌توان در نظر گرفت.

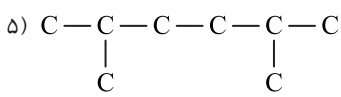
B ۱۰۹۲ ۴ اگر نام آلکان ۸ کربنه به دی‌متیل هگزان ختم شود می‌توان نتیجه گرفت که ۲ شاخهٔ فرعی متیل داریم و زنجیر اصلی ۶ کربنی است. تمام ساختارهای اسکلت کربنی که این ویژگی را دارند در زیر رسم شده است:

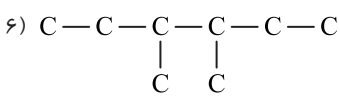
۱)  ⇒ ۲، ۲- دی‌متیل هگزان

۲)  ⇒ ۳، ۳- دی‌متیل هگزان

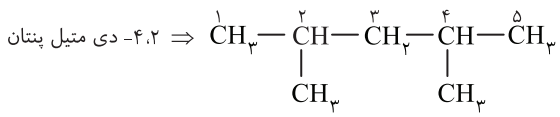
۳)  ⇒ ۲، ۳- دی‌متیل هگزان

۴)  ⇒ ۲، ۴- دی‌متیل هگزان

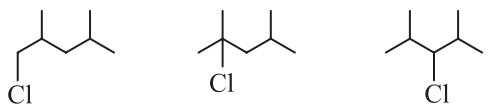
۵)  ⇒ ۲، ۵- دی‌متیل هگزان

۶)  ⇒ ۳، ۴- دی‌متیل هگزان

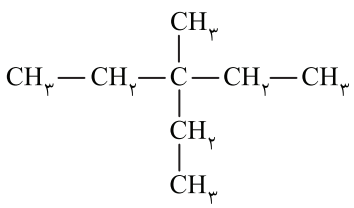
B ۱۰۹۳ ۳

 ⇒ ۴،۲- دی متیل پنتان

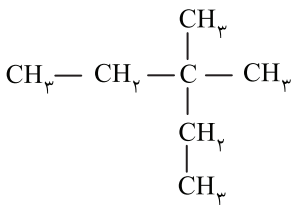
از ساختار ترکیب بالا متوجه می‌شویم که موقعیت ۴ گروه CH_3 در آن با یکدیگر کاملاً یکسان بوده و همچنین موقعیت دو گروه CH نیز یکسان است و یک موقعیت نیز برای گروه CH_2 داریم؛ پس با جایگزین کردن اتم Cl به جای یک اتم H در هر یک از گروه‌های CH_3، یک نوع ساختار، در هر یک از گروه‌های CH، یک نوع ساختار دیگر و در گروه CH_2 نیز یک ساختار متفاوت دیگر به‌دست می‌آید که در کل می‌شود ۳ ساختار متفاوت که در مقابل آمده است.



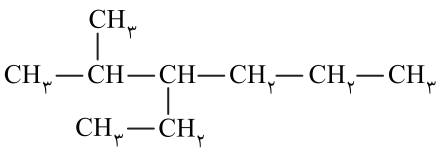
B ۱۰۹۴ ۴ اگر به جای اتم‌های هیدروژن در متان، یک گروه متیل و سه گروه اتیل قرار گیرد. ترکیب حاصل دارای ساختار مقابل بوده و فرمول مولکولی آن C_8H_{18} خواهد بود. از آنجا که ترکیب داده شده در گزینهٔ (۴) با این ترکیب فرمول مولکولی یکسان و ساختار متفاوت دارد. پس این دو ترکیب ایزومر (همپار) می‌باشند.



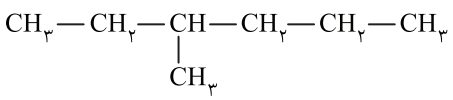
گزینـهٔ (۱): فرمـول مولکولی C_8H_{18} (این ترکیب فرمول مولکولی و سـاختار مشابهی با ترکیب مورد نظر دارد و ایزومر آن نیست.)



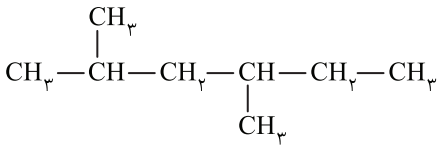
گزینهٔ (۲): فرمول مولکولی C_9H_{20}



گزینهٔ (۳): فرمول مولکولی C_7H_{16}



گزینهٔ (۴): فرمول مولکولی C_8H_{18}



B ۱۰۹۵ ۱ فرمول کلی آلکان‌ها به‌صورت C_nH_{2n+2} است:

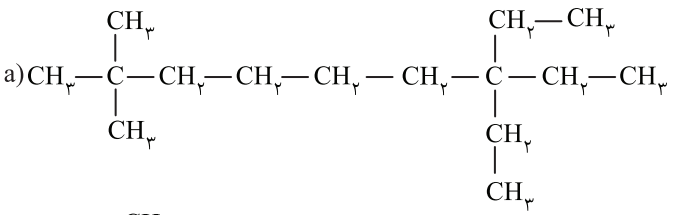
$$C_nH_{2n+2}+(\frac{3n+1}{2})O_2\rightarrow(n)CO_2+(n+1)H_2O$$

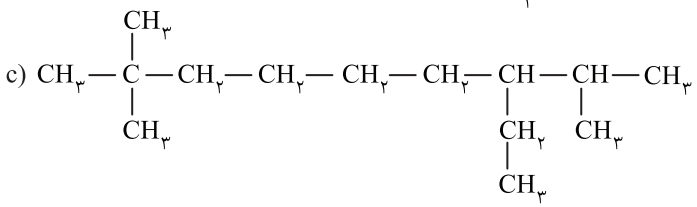
با توجه به اطلاعات مسئله، n برابر است با:

$$?\,L\,CO_2=\frac{1}{12}\,mol\,C_nH_{2n+2}\times\frac{n\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_nH_{2n+2}}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{1\,L\,CO_2}{1/1\,g\,CO_2}=20\,L\,CO_2\Rightarrow\frac{44n}{12\times1/1}=20\Rightarrow n=6$$

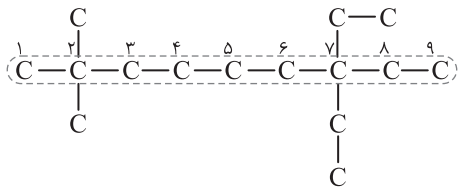
بنابراین، این آلکان دارای شش اتم کربن در ساختار خود می‌باشد، چون در صورت سؤال ذکر شده است که این آلکان راست‌زنجیر است. در نتیجه این آلکان هگزان با فرمول مولکولی C_6H_{14} می‌باشد. در پیداکردن ایزومرهای این آلکان توجه داشته باشید که آلکان باید هم‌کربن این آلکان با فرمول ساختاری متفاوت باشد. مورد اول و ششم ایزومر این آلکان هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: ۲ - متیل پنتان دارای ۶ اتم کربن در ساختار خود می‌باشد و فرمول ساختاری متفاوت با هگزان دارد. در نتیجه ایزومر آن به شمار می‌رود. مورد دوم: ۲، ۲ - دی متیل پنتان دارای ۷ اتم کربن در ساختار خود می‌باشد. درنتیجه ایزومر هگزان نیست. مورد سوم: ۳ - اتیل هگزان دارای ۸ اتم کربن در ساختار خود می‌باشد. در نتیجه ایزومر هگزان نیست. مورد چهارم: هگزان با خودش ایزومر نیست. مورد پنجم: ۲، ۲ - دی‌متیل پروپان دارای ۵ اتم کربن در ساختار خود می‌باشد. در نتیجه ایزومر هگزان نیست. مورد ششم: ۲، ۳ - دی‌متیل بوتان در ساختار خود دارای ۶ اتم کربن و فرمول ساختاری متفاوت با هگزان است، در نتیجه ایزومر آن به شمار می‌رود.

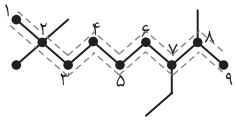
B ۱۰۹۶ ۴ فقط مورد دوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ساختار پیوند- خط ترکیب‌های a و c به صورت زیر است:





طبق ساختارهای رسم شده، ترکیب a با d ایزومر است؛ اما ترکیب b و c کاملاً یکسان هستند. عبارت دوم: ترکیب d دارای ۱۵ اتم کربن است؛ بنابراین $46(1+(3\times15))$ پیوند اشتراکی دارد. عبارت سوم: نام آلکان به صورت «۷- اتیل- ۸، ۲، ۲- تری‌متیل نونان» است و مجموع اعداد به کار رفته در نامگذاری آن برابر ۱۹ تا است. عبارت چهارم: ابتدا ساختار ترکیب a را رسم کرده و زنجیر اصلی و شماره‌گذاری را انجام می‌دهیم:





بنابراین نام آلکان داده شده به صورت «۷، ۷- دی‌اتیل - ۲، ۲- دی‌متیل نونان» است.

C ۱۰۹۷ ۱ معادلهٔ واکنش سوختن آلکان به صورت مقابل است:

$$C_nH_{2n+2}+(\frac{3n+1}{2})O_2\rightarrow n\,CO_2+(n+1)\,H_2O$$

با توجه به جرم آلکان و بخار آب، مقدار n را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$80g\times\frac{1\,mol\,C_nH_{2n+2}}{(14n+2)g\,C_nH_{2n+2}}\times\frac{(n+1)mol\,H_2O}{1\,mol\,C_nH_{2n+2}}\times\frac{18g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}\times\frac{75}{100}=86/4H_2O\Rightarrow n=7$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آلکان}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم بخار آب}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{80\times\frac{75}{100}}{1\times(14n+2)}=\frac{86/4}{(n+1)\times18}\Rightarrow n=7$$

حال حجم کربن دی‌اکسید تولید شده را به دست می‌آوریم:

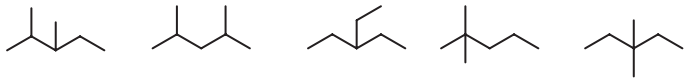
روش اول (کسر تبدیل):

$$86/4g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18g\,H_2O}\times\frac{7mol\,CO_2}{8mol\,H_2O}\times\frac{25L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=105L\,CO_2$$

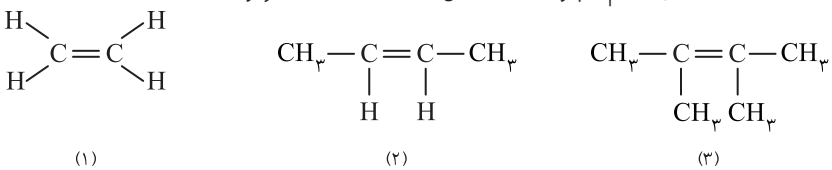
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم بخار آب}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم }CO_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{86/4}{8\times18}=\frac{x}{7\times25}\Rightarrow x=105L$$

آلکان مورد نظر دارای ۷ اتم کربن است که در ساختارهای زیر، زنجیرهٔ اصلی آن دارای ۵ اتم کربن است و نام آن به پنتان ختم می‌شود:



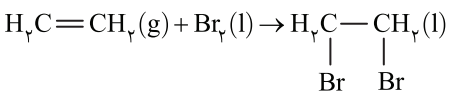
A ۱۰۹۸ ۱ آلکن‌ها دسته‌ای از هیدروکربن‌ها هستند که در ساختار خود یک پیوند دوگانهٔ کربن - کربن دارند. فرمول مولکولی عمومی آلکن‌ها به‌صورت C_nH_{2n} است، پس شمار اتم‌های هیدروژن در ساختار آلکن‌ها دو برابر شمار اتم‌های کربن است. این هیدروکربن‌ها نسبت به آلکان‌ها واکنش‌پذیری بیشتری دارند. این واکنش‌پذیری زیاد آلکن‌ها به این دلیل است که در ساختار آن‌ها دو اتم کربن درگیر در پیوند دوگانه، هر یک در مجموع به ۳ اتم دیگر (نه الزاماً ۳ اتم کربن) متصل بوده و از این‌رو سیرنشده هستند، زیرا اتم‌های کربن تمایل دارند تا از حداکثر امکان خود برای تشکیل پیوندهای یگانه استفاده کنند و با ۴ اتم، ۴ پیوند یگانه تشکیل دهد. به ساختارهای زیر توجه کنید:



(۱) (۲) (۳)

B ۱۰۹۹ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. مدل مولکولی نمایش داده شده مربوط به اتن با فرمول مولکولی C_2H_4 است. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (الف): اتن نخستین عضو خانوادهٔ آلکن‌هاست و در گذشته آن را اتیلن می‌خواندند. عبارت (ت): در اثر واکنش گاز اتن با برم مایع مطابق معادلهٔ واکنش زیر، ترکیبی به نام «۱، ۲- دی‌برومو اتان» تولید می‌شود.



اتن برم ۱، ۲- دی‌برمو اتان

$C_2H_4Br_2$ در دمای اتاق مایع و C_2H_4 در دمای اتاق گاز است؛ بنابراین $C_2H_4Br_2$ نقطهٔ جوش بالاتری دارد. در مقایسهٔ نقطهٔ جوش $C_2H_4Br_2$ و Br_2 نیز باید توجه کنید که $C_2H_4Br_2$ هم قطبی بوده و هم جرم مولی بیشتری نسبت به Br_2 دارد؛ پس نقطهٔ جوش $C_2H_4Br_2$ از Br_2 بیشتر است. عبارت (ث): فرمول مولکولی ۲- متیل پنتان، C_6H_{14} است.

$$\left.\begin{matrix} C_2H_4 \text{ جرم مولی}: 2(12)+4(1)=28 \\ C_4H_8 \text{ جرم مولی}: 4(12)+8(1)=56 \end{matrix}\right\} \Rightarrow 28+56=84 \,, \quad C_6H_{14} \text{ جرم مولی}: 6(12)+14(1)=86$$

نکته ترکیبی **انواع واکنش‌های اتن: شیمی یازدهم:** ۱- سوختن:

$$C_2H_4(g)+3O_2 \rightarrow 2CO_2+2H_2O \,, \Delta H=-1410kJ$$

۲- تولید اتانول در مقیاس صنعتی:

$$C_2H_4(g)+H_2O(l) \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5OH(l)$$

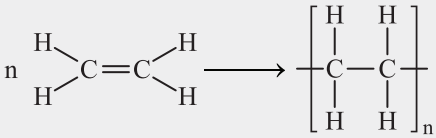
۳- حذف رنگ قرمز برم مایع: (روش آزمایشگاهی برای تشخیص هیدروکربن‌های سیرنشده از دیگر هیدروکربن‌ها)

$$C_2H_4(g)+Br_2(l) \rightarrow \underset{\text{۱، ۲ - دی کلرو اتان}}{C_2H_4Br_2(l)}$$

۴- تولید ۱، ۲- دی‌کلرو اتان:

$$C_2H_4(g)+Cl_2(g) \xrightarrow{FeCl_3(s)} \underset{\text{۱، ۲ - دی کلرو اتان}}{CH_2ClCH_2Cl}$$

شیمی دوازدهم: ۵- تولید پلی‌اتن:



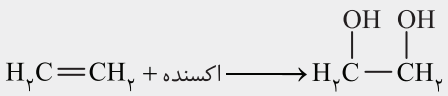
۶- تولید اتان و کاربرد به عنوان سوخت:

$$C_2H_4(aq)+H_2(aq) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} C_2H_6(g)$$

۷- تولید کلرو اتان (افشانهٔ بی‌حس کنندهٔ موضعی):

$$C_2H_4(g)+HCl(g) \rightarrow C_2H_5Cl(g)$$

۸- برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک مادهٔ شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات، در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.

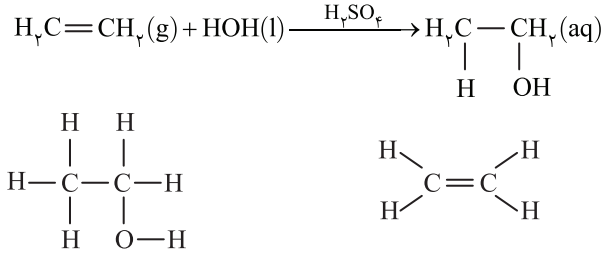


B ۱۱۰۰ ۳ میوه‌های رسیده مانند موز و گوجه‌فرنگی گاز اتن (C_2H_4) آزاد می‌کنند. این گاز به نوبهٔ خود موجب رسیدن سریع‌تر میوه‌های نارس می‌شود. به همین دلیل در کشاورزی از گاز اتن به‌عنوان عمل‌آورنده استفاده می‌شود. توجه کنید که این هیدروکربن، یک آلکن بوده و سیرنشده است. از واکنش اتن با هیدروژن در حضور کاتالیزگر نیکل $(_{28}Ni)$، مطابق واکنش روبه‌رو آلکان تولید می‌شود:

$$C_2H_4(g)+H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)} C_2H_6(g)$$

همچنین واکنش کلردار شدن اتن، مطابق واکنش مقابل، در حضور کاتالیزگر آهن (III) کلرید $(FeCl_3)$ انجام می‌شود: $C_2H_4(g)+Cl_2(g) \xrightarrow{FeCl_3(s)} C_2H_4Cl_2(g)$

B ۱۱۰۱ ۲ فقط عبارت (ت) نادرست است. واکنش تهیهٔ اتانول از گاز اتن و آب به‌صورت روبه‌رو است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در این واکنش یکی از پیوندهای میان اتم‌های کربن در مولکول اتن شکسته شده و به یکی از آن‌ها اتم H و به دیگری گروه OH متصل می‌شود. در واقع می‌توان گفت مولکول آب به اتم‌های کربن پیوند دوگانهٔ اتن افزوده شده است. عبارت (ب): اتانول یک ترکیب سیرشده و فرار است و به دلیل قطبی بودن و وجود پیوند هیدروژنی بین مولکول‌هایش، دارای نقطهٔ جوش بالاتری نسبت به اتن است. عبارت (پ): اتانول در ساختار خود دارای اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن است و بین مولکول‌های آن پیوند هیدروژنی وجود دارد. از اتانول در بیمارستان‌ها به‌عنوان ضدعفونی کننده استفاده می‌شود. عبارت (ت): با توجه به فرمول ساختاری گستردهٔ اتن و اتانول، هر مولکول اتن و هر مولکول اتانول به‌ترتیب دارای ۶ و ۸ پیوند کووالانسی (اشتراکی) هستند.



B ۱۱۰۲ **۳** همهٔ عبارت‌ها به جز مورد (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کاتالیزگر واکنش تهیهٔ اتانول از گاز اتن و آب، سولفوریک اسید (H_2SO_4) است. عبارت (ب): در نام‌گذاری دو عضو اول خانوادهٔ آلکن‌ها (اتن و پروپن) محل پیوند دوگانه مشخص نمی‌شود، زیرا پیوند دوگانه در این دو ترکیب روی کربن شمارهٔ (۱) قرار دارد و عملاً نوشتن نام آن‌ها به‌صورت «۱- اتن» یا «۱- پروپن» تفاوتی ایجاد نمی‌کند. اما توجه کنید که در سومین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها که دارای چهار اتم کربن است، محل پیوند دوگانه باید مشخص شود، زیرا پیوند دوگانه می‌تواند بین کربن‌های شمارهٔ (۱) و (۲) و یا بین کربن‌های (۲) و (۳) قرار گیرد.

$CH_2=CH-CH_2-CH_3$ (۱- بوتن) $CH_3-CH=CH-CH_3$ (۲- بوتن)

عبارت (پ): فرمول عمومی آلکن‌ها به‌صورت C_nH_{2n} است، پس درصد جرمی کربن در همهٔ آن‌ها ثابت بوده و تقریباً برابر است با:

$$\text{درصد جرمی کربن در } C_nH_{2n} = \frac{12\times n}{(12\times n)+(1\times 2n)}\times 100 = \frac{12n}{14n}\times 100 \simeq \%85/7$$

عبارت (ت): معادلهٔ واکنش آلکن داده شده با گاز کلر (Cl_2) به‌صورت زیر است:

$$CH_3-CH=CH-CH_3(g) + Cl_2(g) \rightarrow CH_3-\underset{Cl}{CH}-\underset{Cl}{CH}-CH_3(l)$$

۲- بوتن — گاز کلر — ۲، ۳- دی‌کلرو بوتان

B ۱۱۰۳ **۴** برای تبدیل شدن هر پیوند دوگانه در آلکن‌ها و دیگر ترکیب‌های سیرنشده به ترکیب‌های سیرشده، به یک مولکول برم (Br_2) نیاز است. پس اگر در این واکنش، ۶ اتم هالوژن (معادل ۳ مولکول Br_2) مصرف شده و یک فراوردهٔ سیرشده تشکیل شده باشد، در ساختار چربی، مجموعاً ۳ پیوند دوگانهٔ کربن - کربن وجود داشته است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به رنگ قرمز بخار موجود در ظرف، هالوژن شرکت‌کننده در این واکنش برم است. گزینهٔ (۲): در این واکنش مولکول‌های برم به پیوندهای دوگانهٔ کربن - کربن در مولکول چربی موجود در گوشت افزوده می‌شود و فراورده‌ای سیرشده‌تر پدید می‌آورد. از بین رفتن رنگ قرمز داخل ظرف دلیلی بر مصرف برم در این واکنش است. گزینهٔ (۳): توجه کنید که همهٔ آلکن‌ها در واکنش با برم شرکت می‌کنند به گونه‌ای که این واکنش یکی از روش‌های شناسایی آن‌ها از هیدروکربن‌های سیرشده است.

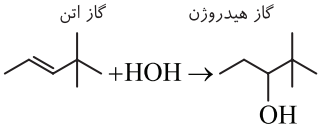
B ۱۱۰۴ **۱** فقط عبارت (پ) برای تکمیل این جمله مناسب است. **بررسی موارد:** مورد (الف): واکنش گاز اتن با آب در محیط‌های اسیدی با بازده مناسب انجام می‌شود. مورد (ب): برم مایع قرمز رنگ است اما فراوردهٔ واکنش آن با گاز اتن که «۱، ۲- دی برومو اتان» نام دارد، بی‌رنگ است. مورد (پ): گاز اتن در واکنش با گاز کلر (Cl_2)، یک ترکیب سیرشده تولید می‌کند. مورد (ت): از واکنش گاز اتن با گاز هیدروژن، اتان با فرمول C_2H_6 تولید می‌شود. بیشترین درصد جرمی در مخلوط گاز طبیعی متعلق به گاز متان (CH_4) است.

$$H_2C=CH_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow H_2C-\underset{Cl}{CH_2}-\underset{Cl}{CH_2}(l)$$

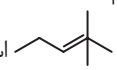
اتن — گاز کلر — ۱، ۲- دی‌کلرو اتان

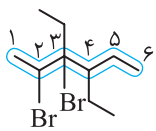
$$H_2C=CH_2(g) + H_2(g) \rightarrow CH_3-CH_3(g)$$

گاز اتن — گاز هیدروژن — گاز اتان

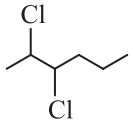
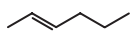


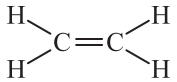
B ۱۱۰۵ **۲** **بررسی واکنش‌ها:** واکنش (I): در اثر واکنش یک هیدروکربن با آب، یک الکل تولید شده است. پس هیدروکربن مورد نظر دارای یک پیوند دوگانه بوده است که در واکنش با آب، یکی از پیوندها شکسته شده و هر کدام از H و OH به یک اتم کربنِ پیوند دوگانه متصل شده‌اند.

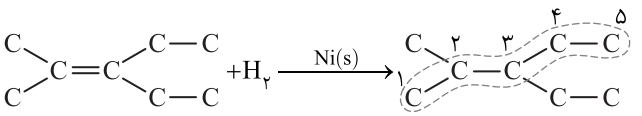
* **توجه** فرمول پیوند - خط  اساساً وجود ندارد. چرا که یکی از کربن‌های درگیر در پیوند دوگانه در مجموع ۵ پیوند برقرار کرده که ناممکن است.



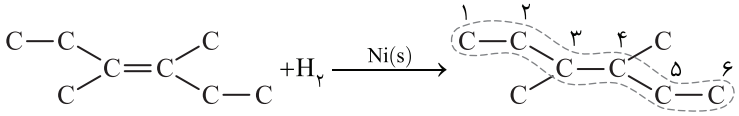
واکنش (II): ساختار فراوردهٔ این واکنش به‌صورت مقابل است. نام آیوپاک این ترکیب به‌صورت «۲، ۳- دی برومو- ۳، ۴- دی اتیل هگزان» است.

واکنش (III): فرمول پیوند- خط فراوردهٔ واکنش (III) به‌صورت  است. پس ساختار پیوند- خط آلکنی که با Cl_2 وارد واکنش شده به‌صورت  است.

B ۱۱۰۶ **۳** ساختار گاز اتن به صورت  است. با حذف اتم‌های هیدروژن و جایگزینی دو عدد از آن‌ها با گروه اتیل و دو عدد دیگر با گروه متیل، دو حالت پیش می‌آید: ۱- دو گروه اتیل در یک سمت پیوند دوگانه و دو گروه متیل در سمت دیگر آن قرار گیرند. ۲- حالت دیگر آن است که در هر سمت پیوند دوگانه یک گروه اتیل و یک گروه متیل قرار داشته باشد:

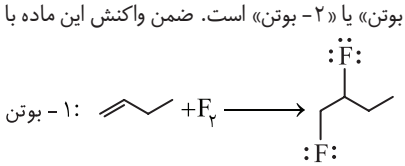


۳-اتیل ۲-متیل پنتان

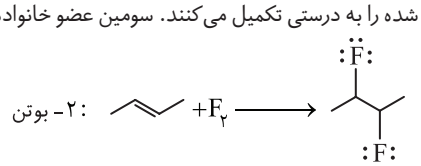


۳،۴- دی‌متیل هگزان

B ۱۱۰۷ **۱** موارد سوم و پنجم، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. سومین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها «۱- بوتن» یا «۲- بوتن» است. ضمن واکنش این ماده با گاز F_2 فراورده‌های مقابل حاصل می‌شوند:



۲،۱- دی‌فلوئورو بوتان



۳،۲- دی‌فلوئورو بوتان

بررسی موارد: مورد اول: همان‌طور که مشاهده کردید، ترکیب مورد نظر در حالتی که آلکن مورد نظر «۱- بوتن» باشد، «۱، ۲- دی‌فلوئورو بوتان» نام دارد. مورد دوم: ترکیب ایجاد شده در هر دو حالت سیرشده و دارای شش جفت‌الکترون ناپیوندی است. مورد سوم: در ساختار این ترکیب اتم‌های هیدروژن به آرایش الکترونی هلیم و اتم‌های کربن و فلوئور به آرایش الکترونی گاز نئون می‌رسند.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_4H_8F_2 = 1\,mol\,C_4H_8 \times \frac{1\,mol\,C_4H_8F_2}{1\,mol\,C_4H_8} \times \frac{94\,g\,C_4H_8F_2}{1\,mol\,C_4H_8F_2} = 94\,g\,C_4H_8F_2$$

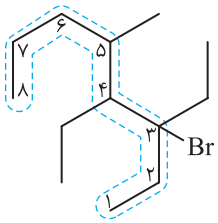
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } C_4H_8}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } C_4H_8F_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1}{1} = \frac{x}{1 \times 94} \Rightarrow x = 94\,g\,C_4H_8F_2$$

مورد چهارم: در این ترکیب ۶ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در یک مولکول از رابطهٔ زیر به‌دست می آید:

$$\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی} = \frac{(C\times4)+(H\times1)+(O\times2)+(N\times3)+(\text{هالوژن}\times1)}{2} = \frac{(4\times4)+(8\times1)+(2\times1)}{2} = 13$$

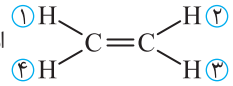
بنابراین نسبت بیان شده برابر $\frac{13}{6}$ است. مورد پنجم: در ساختار پیوند-خط این ترکیب، ۲ خط مربوط به پیوندهای $C-F$ و ۳ خط مربوط به پیوندهای $C-C$ دیده می‌شود که جمعاً برابر ۵ خط است.

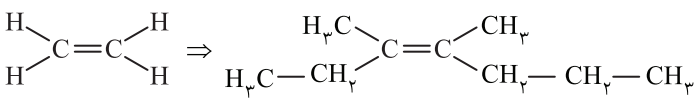


۳- برمو ۴،۳- دی اتیل ۵ - متیل اوکتان

B ۱۱۰۸ ۱ نام‌گذاری این ترکیب بر اساس قواعد آیوپاک به صورت مقابل است:

دقت کنید فرمول مولکولی این ترکیب به صورت $C_{13}H_{27}Br$ می‌باشد. به طور کلی در هالوآلکان‌ها (آلکانی که شاخهٔ هالوژنی دارد)، به ازای هر اتم هالوژن، یک اتم هیدروژن حذف می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۲) و (۴):

ساختار اتن به صورت  است. اگر به‌جای هر کدام از هیدروژن‌های (۱) و (۲) گروه متیل، به‌جای هیدروژن (۳) گروه C_3H_7 و به‌جای هیدروژن (۴) گروه اتیل جایگزین کنیم، به ترکیب زیر می‌رسیم که همان ترکیب (b) بوده و فرمول مولکولی آن به صورت C_9H_{18} است.

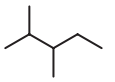


معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش این ترکیب، با برم به صورت مقابل است:

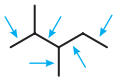
$$C_9H_{18}(l) + Br_2(l) \rightarrow C_9H_{18}Br_2(l)$$

$$?\,g\,C_9H_{18}Br_2 = 0/2\,mol\,C_9H_{18} \times \frac{1\,mol\,C_9H_{18}Br_2}{1\,mol\,C_9H_{18}} \times \frac{286\,g\,C_9H_{18}Br_2}{1\,mol\,C_9H_{18}Br_2} = 57/2\,g\,C_9H_{18}Br_2$$

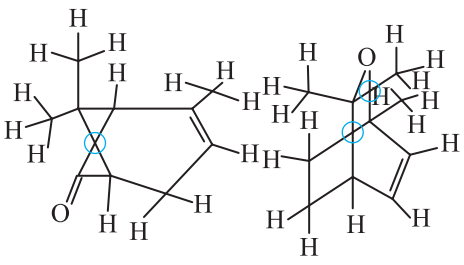
گزینهٔ (۳): ساختار پیوند خط «۲، ۳- دی‌متیل پنتان» به صورت مقابل است:



اگر پیوند دوگانهٔ یک آلکن، در محل هر کدام از پیوندهای زیر باشد، آن آلکن ضمن سیرشدن با هیدروژن، آلکان (c) را تولید می‌کند:



B ۱۱۰۹ ۴ برای حل سؤال، ابتدا باید فرمول مولکولی دو ترکیب را به‌دست آوریم. ابتدا اتم‌های هیدروژن را در دو ساختار مشخص می‌کنیم و سپس با شمارش اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن، فرمول مولکولی آن‌ها را تعیین می‌کنیم: (دقت کنید که ساختارهای داده شده سه‌بعدی هستند و در بخش‌هایی از ساختارها که دور آن‌ها دایره کشیده شده است، اتم کربن وجود ندارد.) فرمول مولکولی ترکیب‌های (I) و (II) به‌ترتیب به‌صورت $C_{10}H_{14}O$ و $C_{10}H_{16}O$ هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به فرمول مولکولی ترکیب‌های (I) و (II) می‌توان دریافت که ترکیب (II)، دو اتم هیدروژن بیشتر از ترکیب (I) دارد، پس تفاوت جرم مولی دو ترکیب برابر ۲ گرم است. گزینهٔ (۲): در ترکیب (II) یک پیوند دوگانه وجود دارد، پس هر مول از آن با یک مول Br_2 واکنش می‌دهد. $1\,mol\,C_{10}H_{16}O \sim 1\,mol\,Br_2$



(I) (II)

$$?\,g\,Br_2 = 3/8\,g\,C_{10}H_{16}O \times \frac{1\,mol\,C_{10}H_{16}O}{152\,g\,C_{10}H_{16}O} \times \frac{1\,mol\,Br_2}{1\,mol\,C_{10}H_{16}O} \times \frac{160\,g\,Br_2}{1\,mol\,Br_2} = 4\,g\,Br_2$$

گزینهٔ (۳): ترکیب‌های (I) و (II) فرمول‌های مولکولی متفاوتی دارند، پس ایزومر یکدیگر نیستند. گروه عاملی موجود در ترکیب (I)، کتونی $(C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C)$ است.

گزینهٔ (۴): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل ترکیب (I)، یعنی $C_{10}H_{14}O$ به‌صورت مقابل است: $C_{10}H_{14}O + 13O_2 \rightarrow 10CO_2 + 7H_2O$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,O_2 = 7/5\,g\,C_{10}H_{14}O \times \frac{1\,mol\,C_{10}H_{14}O}{150\,g\,C_{10}H_{14}O} \times \frac{13\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_{10}H_{14}O} \times \frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 14/56\,L\,O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_{10}H_{14}O \text{ مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم } O_2 \text{ مصرفی}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{7/5}{1\times150} = \frac{x\,L\,O_2}{13\times22/4} \Rightarrow x = 14/56\,L\,O_2$$

B ۱۱۱۰ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سومین عضو از خانوادهٔ آلکن‌ها بوتن و سومین عضو از خانوادهٔ آلکان‌ها پروپان است، نسبت چگالی میان دو هیدروکربن گازی شکل در شرایط یکسان، برابر با نسبت جرم مولی آن‌هاست.

$$\frac{\text{چگالی } C_4H_8}{\text{چگالی } C_3H_8}=\frac{56}{44}=1/27$$

عبارت (ب):

$$\frac{H}{C}=\frac{2n+2}{n}=2/5\Rightarrow 2/5n=2n=2\Rightarrow 0/5n=2n=4\Rightarrow C_4H_{10}$$

بوتـان در دمای اتاق گازی شـکل اسـت. عبارت (پ): فرمول مولکولی پروپان C_3H_8 اسـت. اگر هیدروژن‌های آن با متیل جایگزین شـوند آلکانـی با فرمول مولکولی $C_{11}H_{24}$ به دست می‌آید و با توجه به رابطهٔ زیر تعداد الکترون‌های پیوندی برابر است با:

تعداد پیوندهای اشتراکی $=3n+1=3(11)+1=34\Rightarrow$ تعداد الکترون‌های پیوندی $=$ تعداد پیوند $\times 2=34\times 2=68$

عبارت (ت): هگزان دارای ۲ ایزومر است که در نام آن‌ها واژهٔ پنتان وجود دارد:



۳- متیل پنتان ۲- متیل پنتان

B ۱۱۱۱ ۲ با توجه به شرایط دمایی واکنش هالوژن‌ها با گاز H_2، هالوژن‌های A_2، B_2، C_2 و D_2 به ترتیب برم (Br_2)، کلر (Cl_2)، فلوئور (F_2) و ید (I_2) هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در تمامی روش‌های تصفیهٔ آب، آب به دست آمده حاوی میکروب است. با توجه به اینکه گاز کلر در گندزدایی و از بین بردن میکروب‌ها کاربرد دارد، از این‌رو بعد از تصفیهٔ آب با این روش‌ها، آن را کلرزنی می‌کنند تا آمادهٔ مصرف شود. گزینهٔ (۲): یکی از روش‌های شناسایی هیدروکربن‌های سیرنشده از سایر هیدروکربن‌ها، واکنش آن‌ها با محلول قرمز رنگ برم است؛ به‌طوری‌که رنگ قرمز برم در انتهای واکنش از بین می‌رود. گزینهٔ (۳): ید (I_2) در هگزان حل می‌شود و محلولی بنفش رنگ ایجاد می‌کند، از طرفی در طیف نشری خطی هیدروژن در ناحیهٔ مرئی، پرانرژی‌ترین نوار، به رنگ بنفش دیده می‌شود. گزینهٔ (۴): در تصفیه‌خانه به آب آشامیدنی، مقدار بسیار کم و مناسب یون فلوئورید (F^-) می‌افزایند؛ زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.

B ۱۱۱۲ ۱ معادلهٔ کلی واکنش سوختن کامل آلکن‌ها به‌صورت مقابل است:

$$C_nH_{2n}(g)+\frac{3n}{2}O_2(g)\rightarrow nCO_2(g)+nH_2O(g)$$

در اثر سوختن یک مول آلکن با فرمول C_nH_{2n}، مقدار $\frac{3n}{2}$ مول اکسیژن مصرف شده و n مول بخار آب تولید می‌شود.

$$\text{اختلاف جرم گاز اکسیژن مصرفی و آب تولیدی (به ازای سوختن یک مول آلکن)}=\left(\frac{3n}{2}\text{ mol }O_2\times\frac{32\text{g }O_2}{1\text{ mol }O_2}\right)-\left(n\text{ mol }H_2O\times\frac{18\text{g }H_2O}{1\text{ mol }H_2O}\right)=180\text{g}$$

بنابراین آلکن مورد نظر دارای ۶ اتم کربن است و می‌تواند «۱- هگزن» باشد. $30n=180\Rightarrow n=6$

C ۱۱۱۳ ۲ اگر فرض کنیم شمار اتم‌های کربن آلکن A برابر n است، معادلهٔ واکنش به صورت مقابل خواهد بود:

$$C_nH_{2n}+HCl\rightarrow C_nH_{2n+1}Cl$$

ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، مقدار n و فرمول شیمیایی آلکن A را به دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$1/12\text{L HCl}\times\frac{1\text{ mol HCl}}{22/4\text{L HCl}}\times\frac{1\text{ mol A}}{1\text{ mol HCl}}\times\frac{14n(g)\text{ A}}{1\text{ mol A}}=2/8\text{g A}\Rightarrow n=4\Rightarrow\text{فرمول آلکن A}=C_4H_8$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم A}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{لیتر HCl (STP)}}{\text{ضریب}\times 22/4}\Rightarrow\frac{2/8}{1\times(14n)}=\frac{1/12}{1\times 22/4}\Rightarrow n=4\Rightarrow\text{فرمول آلکن A}=C_4H_8$$

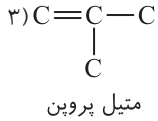
آلکن C_4H_8 می‌تواند راست‌زنجیر یا شاخه‌دار باشد:

الف) راست‌زنجیر: در این صورت دو حالت زیر پیش می‌آید:



۱- بوتن ۲- بوتن

ب) شاخه‌دار: حالت زیر محتمل است:



متیل پروپن

B ۱۱۱۴ ۱ در هر مولکول اتن و ۲- متیل بوتان به ترتیب ۴ و ۱۲ اتم H وجود دارد؛ بنابراین داریم:

$$7/2\text{g }C_5H_{12}\times\frac{1\text{ mol }C_5H_{12}}{72\text{g }C_5H_{12}}\times\frac{12\text{mol H اتم}}{1\text{ mol }C_5H_{12}}\times\frac{1\text{ mol }C_2H_4}{4\text{mol H اتم}}=0/3\text{mol }C_2H_4$$

از واکنش یک مول اتن با یک مول آب، یک مول اتانول تولید می‌شود. با محاسبهٔ جرم اتانول تولید شده، غلظت ppm آن را در محلول نهایی حساب می‌کنیم:

$$0/3\text{mol }C_2H_4\times\frac{1\text{ mol }C_2H_5OH}{1\text{ mol }C_2H_4}\times\frac{46\text{g }C_2H_5OH}{1\text{ mol }C_2H_5OH}\times\frac{10^3\text{ mg}}{1\text{g}}=13800\text{mg }C_2H_5OH$$

$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم اتانول برحسب mg}}{\text{جرم محلول برحسب kg}}=\frac{13800}{50}=276$$

B ۱۱۱۵ ۳ فرض می‌کنیم فرمول مولکولی آلکن A به صورت C_aH_{2a} و آلکان B به صورت C_bH_{2b+2} است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{M_a}{M_b}=0/7\Rightarrow\frac{14a}{14b+2}=0/7\quad (I)$$

با توجه به جرم مولی بیشتر B، می‌توان گفت که شمار اتم‌های هیدروژن B از A بیشتر است؛ لذا تفاوت شمار اتم‌های هیدروژن این دو ترکیب برابر $((۲b+۲)-۲a)$ است:

$$(۲b+۲)-۲a=(a)+۱\Rightarrow b=\frac{۳a-۱}{۲} \quad (II)$$

با توجه به معادلهٔ (I) و (II) داریم:

$$\frac{۱۴a}{۱۴(\frac{۳a-۱}{۲})+۲}=۰/۷\Rightarrow\frac{۱۴a}{۲۱a-۵}=۰/۷\Rightarrow a=۵\,,\,b=۷$$

بنابراین فرمول مولکولی A و B به ترتیب به صورت $C_۵H_{۱۰}$ و $C_۷H_{۱۶}$ می‌باشد؛ لذا معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن B که همان $C_۷H_{۱۶}$ است، به صورت زیر خواهد بود:

$$C_۷H_{۱۶}(l)+۱۱O_۲(g)\rightarrow ۷CO_۲(g)+۸H_۲O(g)$$

در این واکنش به ازای سوختن یک مول آلکان B $(C_۷H_{۱۶})$، مقدار $(۷+۸)۱۵mol$ فراورده تولید می‌شود.

C ۱۱۱۶ ۲ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$C_۲H_۴(g)+H_۲O(l)\rightarrow C_۲H_۵OH(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا به کمک حجم گاز اتن، مقدار نظری اتانول تولیدی را محاسبه و سپس به کمک مقدار عملی آن، بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مقدار نظری } C_۲H_۶O=?\,g\,C_۲H_۶O=۶/۷۲L\,C_۲H_۴\times\underbrace{\frac{\text{۸۰L } C_۲H_۴}{\text{۱۰۰L } C_۲H_۴\text{ نمونه}}}_{\text{درصد حجمی}}\times\frac{\text{۱mol } C_۲H_۴}{\text{۲۲/۴L } C_۲H_۴}\times\frac{\text{۱mol } C_۲H_۶O}{\text{۱mol } C_۲H_۴}\times\frac{\text{۴۶g } C_۲H_۶O}{\text{۱mol } C_۲H_۶O}=۱۱/۰۴g\,C_۲H_۶O$$

$$\text{بازده درصدی واکنش}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times۱۰۰=\frac{۲/۷۶}{۱۱/۰۴}\times۱۰۰=٪۲۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C_۲H_۴\text{ لیتر}\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{C_۲H_۵OH\text{ جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۶/۷۲\times\frac{۸۰}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{۱\times۲۲/۴}=\frac{۲/۷۶}{۱\times۴۶}\Rightarrow R=٪۲۵$$

قسمت دوم: معادلهٔ واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز به صورت مقابل است:

$$C_۶H_{۱۲}O_۶\rightarrow ۲CO_۲+۲C_۲H_۵OH$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{ناخالص } C_۶H_{۱۲}O_۶=?\,C_۶H_{۱۲}O_۶\text{ ناخالص}=۲/۷۶g\,C_۲H_۵OH\times\frac{\text{۱mol } C_۲H_۵OH}{\text{۴۶g } C_۲H_۵OH}\times\frac{\text{۱mol } C_۶H_{۱۲}O_۶}{\text{۲mol } C_۲H_۵OH}\times\frac{\text{۱۸۰g } C_۶H_{۱۲}O_۶}{\text{۱mol } C_۶H_{۱۲}O_۶}\times\frac{۱۰۰}{۹۰}=۶g\,C_۶H_{۱۲}O_۶$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتانول}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم گلوکز}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲/۷۶}{۴۶\times۲}=\frac{x\times\frac{۹۰}{۱۰۰}}{۱\times۱۸۰}\Rightarrow x=۶g\,C_۶H_{۱۲}O_۶$$

C ۱۱۱۷ ۱ در آلکن‌ها تعداد پیوندهای C—H برابر با ۲n و تعداد پیوندهای یگانه C—C برابر با n−۲ است. بنابراین:

$$\frac{\text{پیوند C—H}}{\text{پیوند C—C}}=۳\Rightarrow\frac{۲n}{n-۲}=۳\Rightarrow ۲n=۳n-۶\Rightarrow n=۶$$

فرمول آلکن به صورت $C_۶H_{۱۲}$ است.

$$C_۶H_{۱۲}+Br_۲\rightarrow C_۶H_{۱۲}Br_۲$$

$$?\,mol\,C_۶H_{۱۲}=۴g\,Br_۲\times\frac{\text{۱mol } Br_۲}{\text{۱۶۰g } Br_۲}\times\frac{\text{۱mol } C_۶H_{۱۲}}{\text{۱mol } Br_۲}=۰/۰۲۵mol\,C_۶H_{۱۲}$$

$$?\,mol\text{ گاز}=۲/۸L\times\frac{\text{۱mol}}{\text{۲۲/۴L}}=۰/۱۲۵mol\text{ گاز}$$

به این ترتیب مقدار مول اتان موجود در مخلوط اولیه برابر $۰/۱mol$ $(۰/۱۲۵-۰/۰۲۵)$ است.

$$?\,g\,C_۶H_{۱۲}=۰/۰۲۵mol\,C_۶H_{۱۲}\times\frac{\text{۸۴g } C_۶H_{۱۲}}{\text{۱mol } C_۶H_{۱۲}}=۲/۱g\,C_۶H_{۱۲}$$

$$?\,g\,C_۲H_۶=۰/۱mol\,C_۲H_۶\times\frac{\text{۳۰g } C_۲H_۶}{\text{۱mol } C_۲H_۶}=۳g\,C_۲H_۶$$

اکنون درصد جرمی اتان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$٪C_۲H_۶=\frac{۳}{۳+۲/۱}\times۱۰۰\simeq٪۵۸/۸$$

C ۱۱۱۸ ۲ فرمول مولکولی آلکان X و آلکن Y را به ترتیب $C_nH_{۲n+۲}$ و $C_mH_{۲m}$ در نظر می‌گیریم:

$$\text{نسبت شمار اتم‌های H به C در آلکن Y}=\frac{۲m}{m}=۲$$

$$\text{تفاوت شمار اتم H و C در آلکان X}=(۲n+۲)-n=n+۲$$

نسبت این دو برابر ۳ بوده و در نتیجه $n=۴$ است:

$$\frac{n+۲}{۲}=۳\Rightarrow n=۴$$

پس فرمول مولکولی آلکان X به صورت $C_۴H_{۱۰}$ است. با توجه به اینکه جرم مولی آلکان X، ۳۰ گرم بیشتر از آلکن Y است، داریم:

$$(\text{جرم مولی } C_۴H_{۱۰})=(\text{جرم مولی Y})+۳۰\Rightarrow ۵۸=(۱۴m)+۳۰\Rightarrow m=۲$$

فرمول مولکولی آلکن Y نیز به صورت $C_۲H_۴$ بوده و معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن کامل این دو هیدروکربن به صورت زیر است:

$$I)\ \underline{۱C_۴H_{۱۰}}+\frac{۱۳}{۲}O_۲\rightarrow ۴CO_۲+\underline{۵H_۲O}$$

$$II)\ \underline{۱C_۲H_۴}+۳O_۲\rightarrow ۲CO_۲+\underline{۲H_۲O}$$

(حواستان باشد، با توجه به داده و خواستهٔ سؤال، نیازی به موازنهٔ کامل واکنش‌ها نیست و تنها کافی است، ضرایب هیدروکربن و H_2O را تعیین کنید.)

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم H_2O حاصل از هر واکنش را به‌دست آورده و سپس تفاوت جرم آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} ?\,g\,H_2O\,(I)=0/2\,mol\,C_4H_{10}\times\dfrac{5\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_4H_{10}}\times\dfrac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=18\,g \\ ?\,g\,H_2O\,(II)=0/2\,mol\,C_2H_4\times\dfrac{2\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_2H_4}\times\dfrac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=7/2\,g \end{cases} \Rightarrow H_2O\ \text{جرم تفاوت}=10/8\,g$$

روش دوم (تستی): به ازای ۱ مول از هر هیدروکربن، تفاوت شمار مول‌های H_2O تولیدی برابر ۳ است، بنابراین داریم:

$$?\,g\,H_2O=0/2\,mol\ \text{هیدروکربن}\times\frac{3\,mol\,H_2O}{1\,mol\ \text{هیدروکربن}}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=10/8\,g$$

۱۱۱۹ **۴** ابتدا فرمول مولکولی هیدروکربن مورد نظر را تعیین می‌کنیم. به این منظور فرمول کلی آن را C_xH_y در نظر می‌گیریم. معادلهٔ موازنه‌شدهٔ سوختن آن را می‌نویسیم:

$$C_xH_y(g)+(x+\frac{y}{4})O_2(g)\Rightarrow xCO_2(g)+\frac{y}{2}H_2O(g)$$

$$4/4\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,C_xH_y}{x\,mol\,CO_2}=2/5\times10^{-3}\,mol\,C_xH_y\Rightarrow x=40$$

$$1/26\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{1\,mol\,C_xH_y}{\frac{y}{2}\,mol\,H_2O}=2/5\times10^{-3}\,mol\,C_xH_y\Rightarrow y=56$$

پس هیدروکربن مورد نظر $C_{40}H_{56}$ است که ۱۳ پیوند دوگانه داشته و برای سیرشدن هر مول آن ۱۳ مول برم مصرف می‌شود. $1\,mol\,C_{40}H_{56}\sim13\,mol\,Br_2$

$$?\,g\,Br_2=0/05\,mol\,C_{40}H_{56}\times\frac{13\,mol\,Br_2}{1\,mol\,C_{40}H_{56}}\times\frac{160\,g\,Br_2}{1\,mol\,Br_2}=104\,g\,Br_2$$

۱۱۲۰ **۴** فرض می‌کنیم در مخلوط اولیه به جرم m، x مول C_5H_{12} و y مول از ترکیب داده شده (C_6H_{10}) وجود دارد؛ بنابراین داریم:

$$\begin{cases} \text{جرم مخلوط اولیه}=72x+82y=m\ \ (I) \\ \text{جرم مخلوط نهایی}=m+(2y\times160)=4/2m\Rightarrow y=\dfrac{3/2m}{320}=0/01m\ \ (II) \end{cases} \xrightarrow{(I)\ و\ (II)} 72x+82(0/01m)=m\Rightarrow x=\frac{0/18m}{72}=0/0025m$$

درصد جرمی کربن را در مخلوط اولیه به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی اتم C}=\frac{\text{جرم C در } C_5H_{12}+\text{جرم C در } C_6H_{10}}{\text{جرم مخلوط}}\times100=\frac{(5\times0/0025m)\times12+(6\times0/01m)\times12}{m}\times100=\frac{87m}{m}=\%87$$

در واکنش سوختن کامل مخلوط اولیه، به ازای مصرف هر مول اتم کربن، یک مول گاز CO_2 تولید می‌شود؛ بنابراین داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$50\,g\ \text{مخلوط}\times\frac{87\,g\,C}{100\,g\ \text{مخلوط}}\times\frac{1\,mol\,C}{12\,g\,C}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=81/2\,L\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{درصد جرمی اتم C}\times\text{جرم مخلوط}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم } CO_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{50\times\frac{87}{100}}{1\times12}=\frac{x}{1\times22/4}\Rightarrow x=81/2\,L$$

۱۱۲۱ **۳** ابتدا با استفاده از قانون گازها، حجم مولی گازها در واکنش سوختن دو نمونهٔ A و B را به دست می‌آوریم:

$$\underbrace{\frac{PV_n}{T}}_{STP}=\frac{P_AV_{n_A}}{T_A}=\frac{P_BV_{n_B}}{T_B}\Rightarrow\frac{1\times22/4}{273}=\frac{0/5\times V_{n_A}}{(273+68/25)}=\frac{\frac{2}{3}\times V_{n_B}}{(273+91)}\Rightarrow V_{n_A}=56\,L.mol^{-1},\ V_{n_B}=44/8\,L.mol^{-1}$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل ۱- اوکتن از نمونهٔ A و سوختن ناقص هپتان از نمونهٔ B به صورت زیر است:

$$A:C_8H_{16}+8O_2\rightarrow8CO+8H_2O \qquad B:C_7H_{16}+11O_2\rightarrow7CO_2+8H_2O$$

جرم و درصد خلوص نمونهٔ A را به ترتیب m_A و P_A و جرم و درصد خلوص نمونهٔ B را به ترتیب m_B و P_B می‌نامیم و می دانیم $m_A=1/68m_B$ است؛ بنابراین ابتدا حجم CO حاصل از سوختن ناقص نمونهٔ A را به دست می‌آوریم:

$$?\,L\,CO=m_A(g)\,C_8H_{16}\ \text{ناخالص}\times\frac{P_A(g)\,C_8H_{16}\ \text{خالص}}{100\,g\,C_8H_{16}\ \text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,C_8H_{16}}{112\,g\,C_8H_{16}}\times\frac{8\,mol\,CO}{1\,mol\,C_8H_{16}}\times\frac{56\,L\,CO}{1\,mol\,CO}\times\underbrace{\frac{70}{100}}_{\text{بازده}}=\frac{28}{1000}\,m_AP_A(L)\ CO \quad (1)$$

سپس حجم CO_2 حاصل از سوختن کامل B را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,CO_2 = m_B(g)\,C_7H_{16}\times\frac{\text{ناخالص } P_B(g)\,C_7H_{16}}{\text{ناخالص } 100g\,C_7H_{16}}\times\frac{1\,mol\,C_7H_{16}}{100g\,C_7H_{16}}\times\frac{7mol\,CO_2}{1\,mol\,C_7H_{16}}\times\frac{44/8L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}\times\underbrace{\frac{80}{100}}_{\text{بازده}}=\frac{56\times448}{10^6}\,m_BP_B(L)\,CO_2 \quad (2)$$

طبق گفتهٔ سؤال، نسبت مقدار (۱) به (۲) برابر ۰/۷۵ است:

$$\frac{\frac{28}{1000}m_AP_A}{\frac{56\times448}{10^6}m_BP_B}=\frac{3}{4}\xrightarrow{m_A=1/68m_B(*)}\frac{\frac{28}{1000}}{\frac{56\times448}{10^6}}\times\frac{1/68m_B}{m_B}\times\frac{P_A}{P_B}=\frac{3}{4}\Rightarrow\frac{10^3}{2\times448}\times1/68\times\frac{P_A}{P_B}=\frac{3}{4}\Rightarrow\frac{1680}{2\times448}\times\frac{P_A}{P_B}=\frac{3}{4}\Rightarrow\frac{P_A}{P_B}=\frac{2}{5}\Rightarrow\frac{P_B}{P_A}=\frac{5}{2}=2/5$$

توضیح محاسبات

$$\frac{28\times10^6\times1/68\times4}{1000\times56\times448\times3}=?\xrightarrow{\text{تفکیک اعشار و توان ۱۰}}\frac{28\times168\times4}{56\times448\times3}\times\frac{10^6\times10^{-2}}{10^3}\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{\overset{56}{\cancel{28}}\times168\times\overset{2}{\cancel{4}}}{\underset{2}{\cancel{56}}\times\underset{112}{\cancel{3}\times448}}\times10=\frac{\overset{56}{\cancel{56}}}{\underset{2}{2\times112}}\times10=\frac{10}{4}=2/5$$

A ۱۱۲۲ ۳ فرمول عمومی آلکین‌ها به‌صورت C_nH_{2n-2} است. آلکین‌ها سیرنشده‌تر از آلکن‌ها هستند و واکنش‌پذیری آن‌ها از آلکن‌ها بیشتر است. مقایسهٔ واکنش‌پذیری آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها به‌صورت «آلکین > آلکن > آلکان» می‌باشد. شمار پیوندها در آلکین‌ها از رابطهٔ $3n-1$ به دست می‌آید.

B ۱۱۲۳ ۳ مدل داده شده نمایشی از یک مولکول اتین (C_2H_2) است. متان با فرمول مولکولی CH_4، سبک‌ترین آلکان است. در این آلکان چهار اتم هیدروژن وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اتین نخستین عضو خانوادهٔ آلکین‌هاست که در ساختار خود دو پیوند یگانهٔ $(C-H)$ و یک پیوند سه‌گانهٔ $(C\equiv C)$ دارد. گزینهٔ (۲): در جوشکاری کاربیدی، دمای لازم برای جوش دادن قطعه‌های فلزی از سوختن اتین تأمین می‌شود. $(H-C\equiv C-H)$ گزینهٔ (۴): از گاز اتن در کشاورزی به‌عنوان عمل‌آورنده استفاده می‌شود. اتن دارای پیوند دوگانهٔ کربن - کربن و اتین دارای پیوند سه‌گانهٔ کربن - کربن می‌باشد، به همین دلیل اتین سیرنشده‌تر از اتن است و واکنش‌پذیری بیشتری دارد.

B ۱۱۲۴ ۲ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل داده شده، جوشکاری و برشکاری فلزها را با سوزاندن گاز اتین نشان می‌دهد. در گذشته گاز اتین را با نام گاز استیلن می‌خواندند. عبارت (ب): با توجه به فرمول عمومی آلکین‌ها و آلکان‌ها، فرمول مولکولی آلکین با ۵ اتم کربن به‌صورت C_5H_8 و فرمول مولکولی آلکان با ۳ اتم کربن به‌صورت C_3H_8 است. عبارت (پ): در ساختار آلکین‌ها با فرمول عمومی C_nH_{2n-2}، تعداد پیوندهای اشتراکی برابر $3n-1$ است.

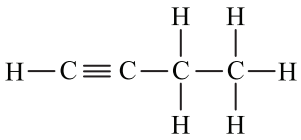
پس آلکین C_6H_{10} دارای ۱۷ پیوند اشتراکی است. $\text{تعداد پیوندهای اشتراکی در هگزین}=3n-1=(3\times6)-1=17$

عبارت (ت): پروپن دارای یک پیوند دوگانه و اتین دارای یک پیوند سه‌گانه است. در نتیجه هر مول پروپن با ۱ مول برم مایع و هر مول اتین با دو مول برم مایع به‌طور کامل واکنش می‌دهد.

$$C_2H_2(g)+2Br_2(l)\rightarrow C_2H_2Br_4(l) \qquad C_3H_6(g)+Br_2(l)\rightarrow C_3H_6Br_2(l)$$

بنابراین ۰/۵ مول پروپن با ۰/۵ مول برم و ۱/۵ مول اتین با ۳ مول برم به‌طور کامل واکنش می‌دهد:

$$?\,g\,Br_2(l)=(0/5+3)mol\,Br_2(l)\times\frac{160g\,Br_2(l)}{1\,mol\,Br_2(l)}=560g\,Br_2(l)$$



عبارت (ث): سومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، C_4H_6 است که در ساختار آن ۱۱ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد.

B ۱۱۲۵ ۲ عبارت اول: چهارمین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، پنتین (C_5H_8) است. این آلکین در ساختار خود دارای ۱۴ پیوند اشتراکی است.

$$\text{تعداد پیوند اشتراکی پنتین}=3n-1=(3\times5)-1=14$$

عبارت دوم: فرمول عمومی آلکین‌ها به‌صورت C_nH_{2n-2} است. آلکینی با ۵ اتم کربن دارای ۸ اتم هیدروژن بوده و شمار پیوندهای بین اتم‌های کربن در آن برابر ۶ است.

$$CH\equiv C-CH_2-CH_2-CH_3$$

عبارت سوم: معادلهٔ واکنش گاز اتین با گاز کلر به صورت مقابل است: $C_2H_2+2Cl_2\rightarrow C_2H_2Cl_4$ (۱، ۱، ۲، ۲- تترا کلرو اتان)

عبارت چهارم: با توجه به فرمول عمومی آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها، درصد جرمی کربن در هر یک از آن‌ها را برحسب n (تعداد اتم‌های کربن) محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی کربن در } C_nH_{2n-2}=\frac{12n}{14n-2}\times100 \quad \text{درصد جرمی کربن در } C_nH_{2n}=\frac{12n}{14n}\times100 \quad \text{درصد جرمی کربن در } C_nH_{2n+2}=\frac{12n}{14n+2}\times100$$

کاملاً روشن است که درصد جرمی کربن در آلکین‌ها بیشتر است. همچنین از آنجا که مقدار کسر $\frac{12n}{14n-2}$ با افزایش مقدار n کاهش می‌یابد، پس بیشترین درصد جرمی کربن در میان آلکین‌ها نیز متعلق به نخستین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، یعنی اتین (C_2H_2) است. عبارت پنجم: معادلهٔ موازنه شدن سوختن کامل پروپین (دومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها) به صورت زیر است:

$$?\,g\,O_2=1\,mol\,C_3H_4\times\frac{4mol\,O_2}{1\,mol\,C_3H_4}\times\frac{32g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=128g\,O_2 \qquad C_3H_4(g)+4O_2(g)\rightarrow3CO_2(g)+2H_2O(g)$$

B ۱۱۲۶ ۴ سومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، بوتین (C_4H_6) و سومین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها، پروپان (C_3H_8) است. روش اول: ابتدا جرم ۸۹/۶ لیتر از هر کدام از گازهای بوتین و پروپان را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,C_4H_6=89/6L\,C_4H_6\times\frac{1\,mol\,C_4H_6}{22/4L\,C_4H_6}\times\frac{54g\,C_4H_6}{1\,mol\,C_4H_6}=216g\,C_4H_6$$

$$?\,g\,C_3H_8=89/6L\,C_3H_8\times\frac{1\,mol\,C_3H_8}{22/4L\,C_3H_8}\times\frac{44g\,C_3H_8}{1\,mol\,C_3H_8}=176g\,C_3H_8$$

تفاوت جرم این دو گاز برابر $۴۰g$ $(۱۷۶-۲۱۶)$ است. **روش دوم:** ابتدا تفاوت جرم مولی بوتین و پروپان را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{تفاوت جرم مولی بوتین و پروپان}=\underbrace{(۵۴g.mol^{-۱})}_{C_۴H_۶}-\underbrace{(۴۴g.mol^{-۱})}_{C_۳H_۸}=۱۰g.mol^{-۱}$$

سپس به یکی از روش‌های زیر، تفاوت جرم $۸۹/۶$ لیتر از دو گاز را در یک مرحله محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ (\text{اختلاف جرم})=۸۹/۶L\ \text{گاز}\times\frac{۱mol\ \text{گاز}}{۲۲/۴L\ \text{گاز}}\times\frac{۱۰g\ (\text{اختلاف جرم})}{۱mol\ \text{گاز}}=۴۰g\ (\text{اختلاف جرم})$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم گاز}}{\text{حجم مولی گازها}}=\frac{\text{اختلاف جرم گازها}}{۱۰}\Rightarrow\frac{۸۹/۶L}{۲۲/۴L}=\frac{\text{اختلاف جرم گازها}}{۱۰}\Rightarrow\text{اختلاف جرم گازها}=۴۰g$$

بررسی جرم مولی ترکیبات ذکر شده در گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): جرم مولی اتان $(C_۲H_۶)$ برابر $۳۰g.mol^{-۱}$ است. گزینهٔ (۲): جرم مولی اتین $(C_۲H_۲)$ برابر $۲۶g.mol^{-۱}$ است. گزینهٔ (۳): دومین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها، پروپن $(C_۳H_۶)$ است و جرم مولی آن برابر $۴۲g.mol^{-۱}$ می‌باشد. گزینهٔ (۴): دومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، پروپین $(C_۳H_۴)$ است و جرم مولی آن برابر $۴۰g.mol^{-۱}$ می‌باشد.

B ۱۱۲۷ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن ترکیب (III) به صورت مقابل است:

$$۲C_۴H_۶+۱۱O_۲\rightarrow ۸CO_۲+۶H_۲O$$

$$?\,g\ O_۲=۱mol\ C_۴H_۶\times\frac{۱mol\ O_۲}{۲mol\ C_۴H_۶}\times\frac{۳۲g\ O_۲}{۱mol\ O_۲}=۱۷۶g\ O_۲$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به فرمول ساختاری ترکیب‌های رسم شده، در آلکین (I)، ۲ اتم کربن و در آلکین (III)، ۱ اتم کربن به هیچ اتم هیدروژنی متصل نیستند.

$$I)\ CH_۳-CH_۲-\overset{*}{C}\equiv\overset{*}{C}-CH_۲-CH_۳ \qquad III)\ CH\equiv\overset{*}{C}-CH_۲-CH_۳$$

گزینهٔ (۲): آلکین (II) دارای ۸ اتم کربن است، بنابراین تعداد پیوندهای اشتراکی در ساختار آن برابر ۲۳ است. با توجه به فرمول ساختاری آلکین (I)، در ساختار آن ۴ پیوند یگانهٔ $(C-C)$ وجود دارد.

$$\text{تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکین ۸ کربنی}=۳n-۱=(۳\times۸)-۱=۲۳$$

گزینهٔ (۴): آلکین (I) دارای ۶ اتم کربن است و فرمول مولکولی آن به‌صورت $C_۶H_{۱۰}$ می‌باشد. گاز فندک، بوتان $(C_۴H_{۱۰})$ است.

B ۱۱۲۸ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آلکن‌ها هیدروکربن‌هایی هستند که در ساختار خود **یک** پیوند دوگانهٔ کربن - کربن دارند. عبارت (ب): کاتالیزگر واکنش تولید اتانول در مقیاس صنعتی، سولفوریک اسید می‌باشد که یکی از فراورده‌های صنایع پتروشیمیایی می‌باشد. عبارت (پ): سوزاندن گاز اتین برای جوشکاری و برشکاری فلزها قابل استفاده است. مورد (ت): در آلکنی با n اتم کربن، «$۳n$» جفت‌الکترون اشتراکی و «$۳n$» اتم وجود دارد. مورد (ث): اتن $(C_۲H_۴)$ سنگ‌بنای صنایع پتروشیمی است. فراوردهٔ واکنش اتن با گاز برم، ۱، ۲- دی‌برمو اتان نام دارد.

$$CH_۲=CH_۲+Br_۲(l)\rightarrow \underset{Br}{\overset{|}{CH_۲}}-\underset{Br}{\overset{|}{CH_۲}}(l)$$

B ۱۱۲۹ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. فرمول ساختاری آلکان مورد نظر به‌صورت زیر است. نام آیوپاک این آلکان «۲، ۴- دی‌متیل پنتان» است و مجموع اعداد در نام آن برابر ۶ $(۲+۴)$ می‌باشد.

$$CH_۳-\underset{CH_۳}{\overset{|}{CH}}-CH_۲-\underset{CH_۳}{\overset{|}{CH}}-CH_۳$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول مولکولی این آلکان، $C_۷H_{۱۶}$ و فرمول مولکولی هپتن، $C_۷H_{۱۴}$ است. این دو ترکیب فرمول مولکولی متفاوتی دارند و نمی‌توانند همپار باشند. عبارت (ب): شاخهٔ اصلی این آلکان، پنتان با ۵ اتم کربن است. عبارت (پ): این مولکول را نمی‌توان به سه قسمت کاملاً یکسان تقسیم کرد. عبارت (ت): فرمول مولکولی پروپین، $C_۳H_۴$ است.

$$\left.\begin{array}{l}C_۷H_{۱۶}\ \text{جرم مولی}=۷(۱۲)+۱۶(۱)=۱۰۰g.mol^{-۱}\\ C_۳H_۴\ \text{جرم مولی}=۳(۱۲)+۴(۱)=۴۰g.mol^{-۱}\end{array}\right\}\Rightarrow\frac{C_۷H_{۱۶}\ \text{جرم مولی}}{C_۳H_۴\ \text{جرم مولی}}=\frac{۱۰۰}{۴۰}=۲/۵$$

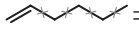
C ۱۱۳۰ ۳ به‌جز عبارت پنجم، سایر عبارت‌ها به نادرستی بیان شده‌اند. فرمول مولکولی آلکن A را به صورت $C_aH_{۲a}$ و فرمول مولکولی آلکین B را به صورت $C_bH_{۲b-۲}$ نمایش می‌دهیم:

$$\begin{cases}C_A=H_B-۱۰\Rightarrow a=(۲b-۲)-۱۰=۲b-۱۲\\ \dfrac{H_A}{H_B}=۰/۷۵\Rightarrow\dfrac{۲a}{۲b-۲}=\dfrac{۳}{۴}\end{cases}\Rightarrow a=۶,b=۹$$

بنابراین فرمول A و B به ترتیب $C_۶H_{۱۲}$ و $C_۹H_{۱۶}$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به اینکه نخستین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها $C_۲H_۴$ است، $C_۶H_{۱۲}$ پنجمین عضو این خانواده خواهد بود. نسبت درصد جرمی کربن به هیدروژن در این ترکیب برابر نسبت جرم‌های این دو ماده است:

$$\frac{\%C}{\%H}=\frac{۶\times۱۲}{۱۲\times۱}=۶$$

عبارت دوم: تعداد پیوندهای کووالانسی یک آلکین با n اتم کربن از رابطهٔ $۳n-۱$ به‌دست می‌آید؛ بنابراین در مولکول $C_۹H_{۱۶}$ تعداد ۲۶ $(۳(۹)-۱)$ پیوند کووالانسی وجود دارد. از طرفی ساختار پیوند- خط آلکن A $(C_۶H_{۱۲})$ می‌تواند به صورت مقابل باشد:

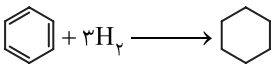


$\Rightarrow$ ۴ پیوند $(C-C)$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر $۶/۵$ $(\frac{۲۶}{۴})$ است.

عبارت سوم: $\begin{cases}(C_6H_{12})\ A\ \text{جرم مولی}=(6\times12)+(12\times1)=84\,g.mol^{-1}\\(C_9H_{16})\ B\ \text{جرم مولی}=(9\times12)+(16\times1)=124\,g.mol^{-1}\end{cases}\Rightarrow\text{تفاوت جرم مولی}=124-84=40\,g.mol^{-1}$

سومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، C_4H_6 با جرم مولی ۵۴ گرم بر مول است. عبارت چهارم: هر مول از یک آلکن یک مول H_2 و هر مول از یک آلکین دو مول H_2 برای سیرشدن نیاز دارد؛ بنابراین برای سیرشدن یک مول از هر کدام از دو ماده، مجموعاً ۳ مول H_2 لازم است. در واکنش سیرشدن یک مول بنزن (سرگروه خانوادهٔ هیدروکربن‌های آروماتیک) نیز ۳ مول H_2 مصرف می‌شود:



عبارت پنجم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن C_9H_{16} در شرایط استاندارد به صورت مقابل است: $C_9H_{16}(l)+13O_2(g)\rightarrow 9CO_2(g)+8H_2O(l)$

همان‌طور که می‌دانید در شرایط STP در میان فراورده‌ها، فقط CO_2 به حالت گاز است و آب در حالت مایع قرار دارد.

روش اول (کسر تبدیل): $?\,L\,CO_2=40\,g\,C_9H_{16}\,\text{ناخالص}\times\frac{80\,g\,C_9H_{16}}{100\,g\,C_9H_{16}\,\text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,C_9H_{16}}{124\,g\,C_9H_{16}}\times\frac{9\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_9H_{16}}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}\times\underbrace{\frac{62}{100}}_{\text{بازده}}\simeq 32/2\,L\,CO_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{گرم}\,C_9H_{16}\,\text{ناخالص}\times\frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر}\,(STP)\,CO_2}{\text{ضریب}\times 22/4}\Rightarrow\frac{40\times\frac{80}{100}\times\frac{62}{100}}{1\times124}=\frac{x}{9\times22/4}\Rightarrow x\simeq 32/2\,L\,CO_2$

C ۱۱۳۱ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش گازهای اتن (C_2H_4) و پروپین (C_3H_4) با گاز هیدروژن (H_2) و تبدیل آن‌ها به ترکیب‌های سیرشده به صورت زیر است:

I) $C_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow C_2H_6(g)$ II) $C_3H_4(g)+2H_2(g)\rightarrow C_3H_8(g)$

شمار مول‌های اتن و پروپین را به ترتیب x و y مول در نظر می‌گیریم و شمار مول کل H_2 مصرفی نیز برابر است با: $\text{مول}\,H_2=\frac{\text{جرم}\,H_2}{\text{جرم مولی}}=\frac{1/4}{2}=0/7$

شمار مول‌های H_2 مصرفی در واکنش‌های (I) و (II) به ترتیب برابر با x و 2y مول است؛ پس می‌توان نوشت: $x+2y=0/7\quad(1)$

با توجه به اینکه مجموع جرم گازهای اتن و پروپین برابر با ۱۸ گرم بوده است، داریم:

$\begin{cases}\text{جرم}\,C_2H_4=x\,mol\,C_2H_4\times\frac{28\,g\,C_2H_4}{1\,mol\,C_2H_4}=28x\\\text{جرم}\,C_3H_4=y\,mol\,C_3H_4\times\frac{40\,g\,C_3H_4}{1\,mol\,C_3H_4}=40y\end{cases}\Rightarrow 28x+40y=18\quad(2)$

با توجه به معادلات (۱) و (۲) داریم: $\begin{cases}x+2y=0/7\\28x+40y=18\end{cases}\Rightarrow x=0/5\,mol,\ y=0/1$

در نتیجه حجم مخلوط آغازی برابر است با: $?\,L\,\text{مخلوط گازی اولیه}=(0/5+0/1)\,mol\,\text{گاز}\times\frac{\text{گاز}\,22/4\,L}{1\,mol\,\text{گاز}}=\text{گاز}\,13/44\,L$

C ۱۱۳۲ ۳ در این مخلوط گازهای اتن و اتین، مطابق معادلهٔ واکنش‌های زیر با گاز H_2 واکنش می‌دهند و فراوردهٔ سیرشده تولید می‌کنند:

$C_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow C_2H_6(g)$ $C_2H_2(g)+2H_2(g)\rightarrow C_2H_6(g)$

در دما و فشار ثابت، نسبت حجمی گازها با نسبت مولی آن‌ها برابر است. پس در این مخلوط به ازای x مول اتن، 2x مول اتین داریم. با توجه به جرم H_2 مصرفی خواهیم داشت:

$(x+4x)\,mol\,H_2\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=4\,g\,H_2\Rightarrow x=0/4$

تعداد کل مول‌های موجود در ظرف در شرایط STP برابر است با: $\text{مجموع مقدار مول گازها در مخلوط گازی}=\frac{\text{گاز}\,40/32\,L}{22/4\,L}=1/8\,mol$

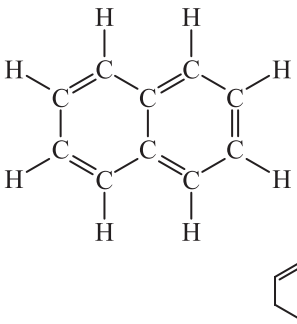
بنابراین در این مخلوط، ۰/۴ مول اتن، ۰/۸ مول اتین و ۰/۶ $(1/8-0/4-0/8)$ مول اتان وجود دارد. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های سوختن این هیدروکربن‌ها به‌صورت زیر است:

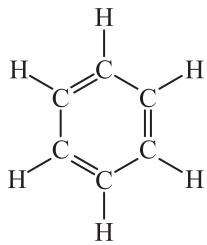
I) $C_2H_4(g)+3O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+2H_2O(g)$

II) $2C_2H_2(g)+5O_2(g)\rightarrow 4CO_2(g)+2H_2O(g)$ III) $2C_2H_6(g)+7O_2(g)\rightarrow 4CO_2(g)+6H_2O(g)$

پس برای سوزاندن کامل گازهای اتان، اتن و اتین به‌ترتیب به ۱/۲، ۲ و ۲/۱ مول گاز اکسیژن نیاز است. جرم گاز اکسیژن مورد نیاز برابر است با:

$\text{جرم}\,O_2\,\text{لازم برای سوزاندن مخلوط گازی}=(1/2+2+2/1)\,mol\,O_2\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=169/6\,g\,O_2$

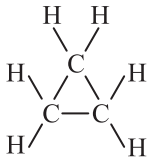




۱۱۳۳ ۲ بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): سیکلو (Cyclo) پیشوندی به معنای حلقوی است که برای نام‌گذاری برخی ترکیب‌های آلی حلقوی به‌کار می‌رود. برای مثال، هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی هستند؛ اما این پیشوند را ندارند. گزینهٔ (۳): بنزن، هیدروکربنی سیرنشده با فرمول ساختاری مقابل، سرگروه خانوادهٔ مهمی از هیدروکربن‌ها به نام آروماتیک است. نفتالن نیز از جملهٔ این ترکیب هاست. نفتالن مدت‌ها به عنوان ضدبید برای نگهداری فرش و لباس کاربرد داشته است. گزینهٔ (۴): اگر ترکیب مورد نظر یک حلقهٔ شش‌کربنی ولی غیربنزنی در ساختار خود داشته باشد، آروماتیک محسوب نمی‌شود. به مثال مقابل توجه کنید که همهٔ ویژگی‌های بیان شده در این عبارت را داراست، اما آروماتیک محسوب نمی‌شود.

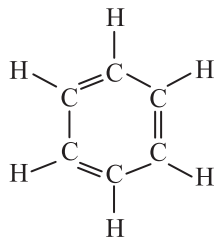
۱۱۳۴ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرمول مولکولی سیکلوآلکان‌ها با آلکن‌های هم کربن مشابه و به‌صورت C_nH_{2n} است.

*** توجه** بـه ترکیب‌هایـی که فرمول مولکولی یکسـان اما فرمول سـاختاری متفاوت دارند، ایزومر سـاختاری می‌گویند. بنابراین می‌توان گفت سـیکلوآلکان‌ها و آلکن‌های هم‌کربن، ایزومر ساختاری یکدیگر هستند.

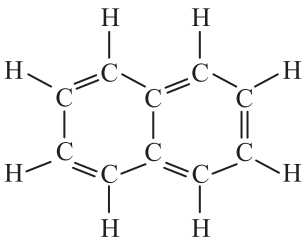


عبارت (ب): سـیکلوآلکان‌ها به دلیل نداشـتن پیوند دوگانه یا پیوند سـه‌گانه در ساختار خود، سیرشده هستند و تمایلی به شرکت در واکنش‌های افزایشـی ندارند، در حالی که آلکن‌ها سیرنشـده هسـتند و در واکنش‌های مختلفی از جمله واکنش‌های افزایشـی شـرکت می‌کنند. عبارت (پ): ساده‌ترین سیکلوآلکان، دارای حلقهٔ سه‌ضلعی است و سیکلو پروپان نام دارد. فرمول مولکولی این ترکیب به‌صورت C_3H_6 است. عبارت (ت): در ساختار حلقوی سیکلوآلکان‌های بدون شاخه، هر اتم کربن به دو اتم کربن دیگر متصل است.

۱۱۳۵ ۳ شکل داده شده در صورت تست مربوط به نفتالن است. در فرمول مولکولی این ترکیب $(C_{10}H_8)$ نسبت شمار اتم‌های کربن به هیدروژن برابر $\frac{10}{8}(=1/25)$ است. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): با توجه به فرمول ساختاری نفتالن و بنزن که در مقابل داده شده، هر مولکول نفتالن دارای ۵ پیوند دوگانه و هر مولکول بنزن دارای ۳ پیوند دوگانه است. گزینهٔ (۲): در ساختار نفتالن، ۶ پیوند یگانهٔ کربن - کربن و ۸ پیوند کربن - هیدروژن وجود دارد. به فرمول ساختاری نفتالن که در مقابل آمده، توجه کنید. گزینهٔ (۴): نفتالن در دمای اتاق به حالت جامد است و در گذشته به‌صورت قرص‌های نفتالن به‌عنوان ضد بید کاربرد داشته است.

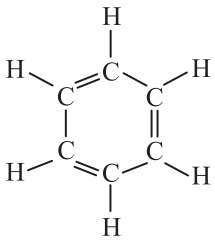


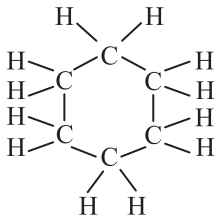
بنزن



نفتالن

۱۱۳۶ ۱ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. فرمول ساختاری بنزن و سیکلوهگزان به‌صورت مقابل است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): بنزن به علت داشتن پیوندهای دوگانه میان اتم‌های کربن خود، سیرنشده است و واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به سیکلوهگزان دارد که یک ترکیب سیرشده است. عبارت (ب): با توجه به فرمول‌های ساختاری، سیکلوهگزان دارای ۱۸ پیوند یگانه و بنزن دارای ۹ پیوند یگانه است. عبارت (پ): با توجه به فرمول مولکولی بنزن (C_6H_6) و سیکلوهگزان (C_6H_{12})، اختلاف جرم مولی این دو ترکیب برابر ۶ گرم بر مول است. در حالی که اختلاف جرم مولی یک آلکان (C_nH_{2n+2}) و آلکین (C_nH_{2n-2}) هم‌کربن برابر ۴ گرم بر مول است. عبارت (ت): در بنزن (C_6H_6) و اتین (C_2H_2)، تعداد اتم‌های کربن و هیدروژن با هم برابر است. از گاز اتین در جوش کاربیدی استفاده می‌شود. عبارت (ث): هفتمین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها، C_8H_{16} است. اختلاف جرم مولی این ترکیب با سیکلوهگزان برابر ۲۸ گرم بر مول است.





۱۱۳۷ ۳ درصد جرمی هیدروژن در سیکلوهگزان (C_6H_{12}) و بنزن (C_6H_6) را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی هیدروژن در } C_6H_{12} = \frac{\text{جرم اتم‌های H}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{12\times1}{(6\times12)+(12\times1)} \times 100 = \frac{100}{7} \simeq \%14/28$$

$$\text{درصد جرمی هیدروژن در } C_6H_6 = \frac{\text{جرم اتم‌های H}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{12\times1}{(6\times12)+(6\times1)} \times 100 = \frac{100}{13} \simeq \%7/69$$

پس درصد جرمی هیدروژن در سـیکلوهگزان، کمتر از دو برابر این مقدار در بنزن اسـت. **بررسـی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فرمول پیوند - خط سیکلوهگزان به‌صورت مقابل است.

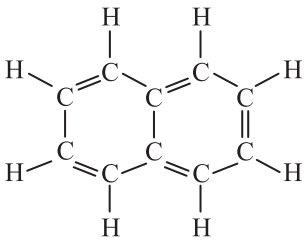
گزینهٔ (۲): نخستین عضو خانوادهٔ سیکلوآلکان‌ها، سیکلوپروپان با ۳ اتم کربن است، پس سیکلوهگزان با ۶ اتم کربن، چهارمین عضو این خانواده است. گزینهٔ (۴): معادلهٔ واکنش سوختن سیکلوهگزان به‌صورت مقابل است:

$$C_6H_{12} + 9O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

پس در اثر سوختن هر مقدار از آن، مقدار مول‌های گازی یکسانی از CO_2 و H_2O تولید می‌شوند.

۱۱۳۸ ۳ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ترکیب a یک آلکان است و با گاز کلر واکنش نمی‌دهد. عبارت (ب): ترکیب b، اتین است که در جوش کاربیدی استفاده می‌شود و ترکیب d، نفتالن است که به عنوان ضد بید برای نگه‌داری فرش‌ها کاربرد دارد. عبارت (پ): نام ترکیب a، اتیل پنتان است و ساده‌ترین آلکانی است که دارای شاخهٔ فرعی اتیل است. دقت کنید برای نام‌گذاری این آلکان لازم نیست از عدد استفاده کرد؛ زیرا شاخهٔ فرعی اتیل فقط می‌تواند روی کربن شمارهٔ ۳ قرار گیرد. عبارت (ت): ترکیب c، ۱- بوتن است و در اثر واکنش با بخار برم ترکیبی سیرشده با نام ۱، ۲- دی برمو بوتان ایجاد می‌شود.

B ۱۱۳۹ **۳** فرمول مولکولی نفتالن به‌صورت $C_{۱۰}H_۸$ و فرمول مولکولی دکان به‌صورت $C_{۱۰}H_{۲۲}$ است، پس اختلاف جرم مولی آن‌ها برابر ۱۴ گرم بر مول است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ساختار نفتالن، دو اتم کربن مشترک بین دو حلقه به ۳ اتم کربن دیگر متصل شده‌اند و با هیچ اتم هیدروژنی پیوند اشتراکی ندارند. گزینهٔ (۲): فرمول مولکولی نفتالن، بنزن و سیکلوهگزان به‌ترتیب به‌صورت $C_{۱۰}H_۸$، $C_۶H_۶$ و $C_۶H_{۱۲}$ است.



$$\text{درصد جرمی کربن در نفتالن}=\frac{۱۲\times۱۰}{(۱۰\times۱۲)+(۸\times۱)}\times۱۰۰=٪۹۳/۷۵$$

$$\text{درصد جرمی کربن در سیکلوهگزان}=\frac{۱۲\times۶}{(۶\times۱۲)+(۱۲\times۱)}\times۱۰۰\simeq٪۸۵/۷۱$$

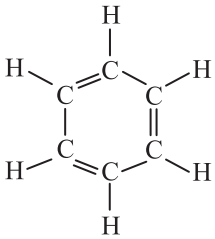
$$\text{درصد جرمی کربن در بنزن}=\frac{۱۲\times۶}{(۶\times۱۲)+(۶\times۱)}\times۱۰۰\simeq٪۹۲/۳۱$$

پس درصد جرمی کربن در نفتالن بیشتر از بنزن و در بنزن نیز بیشتر از سیکلوهگزان است. گزینهٔ (۴): فرمول نفتالن به صورت $C_{۱۰}H_۸$ بوده و هر مولکول نفتالن با دریافت ۱۰ اتم هیدروژن به ترکیب سیرشده تبدیل می‌شوند.

$$\text{درصد افزایش جرم}=\frac{(۱۰\times۱)}{(۱۰\times۱۲)+(۸\times۱)}\times۱۰۰\simeq٪۷/۸$$

B ۱۱۴۰ **۱** فقط عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آلکن‌ها و سیکلوآلکان‌ها ایزومر یکدیگرند و فرمول مولکولی آن‌ها به‌صورت $(C_nH_{۲n})$ است.

پس درصد جرمی کربن در دو ترکیب با هم مساوی و به‌تقریب برابر ٪۸۵/۷۱ است. $\text{درصد جرمی کربن در سیکلوآلکان‌ها و آلکن‌ها}=\frac{۱۲n}{۱۲n+۲n}\times۱۰۰\simeq٪۸۵/۷۱$



عبارت (ب): با افزایش جرم و حجم هیدروکربن‌ها، نقطهٔ جوش آن‌ها افزایش می‌یابد. جرم مولی نفتالن بیشتر از سیکلوهگزان و جرم مولی سیکلوهگزان بیشتر از بنزن است. بنابراین مقایسهٔ نقطهٔ جوش آن‌ها به‌صورت مقابل است: بنزن < سیکلوهگزان < نفتالن

عبارت (پ): در ساختار بنزن، ۶ پیوند $(C-H)$ و ۳ پیوند یگانهٔ $(C-C)$ وجود دارد. عبارت (ت): فرمول عمومی سیکلوآلکان‌ها به‌صورت $C_nH_{۲n}$ است، تعداد پیوندهای اشتراکی در سیکلوآلکان‌ها از رابطهٔ $۳n$ به‌دست می‌آید. پس ترکیب $C_۴H_۸$ دارای ۱۲ پیوند اشتراکی است. عبارت (ث): سیکلوبوتان برخلاف (۱-بوتن) یک ترکیب سیر شده است و نمی‌تواند با برم وارد واکنش شده و محلول حاوی آن را بی‌رنگ کند.

C ۱۱۴۱ **۱** ابتدا باید نسبت تعداد مول‌های هپتان و سیکلوهگزان را به‌دست آوریم. فرض می‌کنیم که در مخلوط اولیه x مول هپتان و y مول سیکلوهگزان وجود دارد.

$$\text{درصد جرمی کربن}=\frac{\text{جرم اتم کربن}}{\text{مجموع جرم مولکول‌ها}}\times۱۰۰=\frac{(۷x+۶y)\times۱۲}{۱۰۰x+۸۴y}=\frac{۸۵}{۱۰۰}=\frac{۱۷}{۲۰}\Rightarrow\frac{x}{y}=۰/۶$$

معادلهٔ سوختن این دو ترکیب به صورت مقابل است:

$$C_۷H_{۱۶}+۱۱O_۲\rightarrow ۷CO_۲+۸H_۲O$$

$$?\,g\,CO_۲=x\,mol\,C_۷H_{۱۶}\times\frac{۷mol\,CO_۲}{۱mol\,C_۷H_{۱۶}}\times\frac{۴۴g\,CO_۲}{۱mol\,CO_۲}=۳۰۸x\,g\,CO_۲$$

$$C_۶H_{۱۲}+۹O_۲\rightarrow ۶CO_۲+۶H_۲O,\ ?\,g\,H_۲O=y\,mol\,C_۶H_{۱۲}\times\frac{۶mol\,H_۲O}{۱mol\,C_۶H_{۱۲}}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱mol\,H_۲O}=۱۰۸y\,g\,H_۲O,\ \frac{۳۰۸x}{۱۰۸y}=\frac{۳۰۸}{۱۰۸}\times۰/۶=۱/۷۱$$

C ۱۱۴۲ **۴** ترکیب موازنه شده دارای ۲ حلقه و یک پیوند دوگانه است؛ بنابراین نسبت به آلکان هم کربن خود، ۶ اتم H کمتر دارد و فرمول شیمیایی آن $C_۸H_{۱۲}$ است. معادلهٔ واکنش سوختن این ترکیب به صورت مقابل است:

$$C_۸H_{۱۲}+۱۱O_۲\rightarrow ۸CO_۲+۶H_۲O$$

اگر فرض کنیم در مخلوط اولیه x مول $C_۸H_{۱۲}$ وجود داشته باشد و با توجه به این‌که واکنش کامل انجام شده، در مخلوط اولیه $۱۱x$ مول $O_۲$ نیز وجود داشته است؛ بنابراین داریم:

$$(x\times۱۰۸)+(۱۱x\times۳۲)=۶۹g\Rightarrow x=۰/۱۵mol\Rightarrow\text{اختلاف حجم دو ترکیب}=(۱۱x-x)\times۴۰=(۱۰\times۰/۱۵)\times۴۰=۶۰L$$

در نهایت جرم بخار آب تولید شده را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۰/۱۵mol\,C_۸H_{۱۲}\times\frac{۶mol\,H_۲O}{۱mol\,C_۸H_{۱۲}}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱mol\,H_۲O}=۱۶/۲g\,H_۲O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }C_۸H_{۱۲}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }H_۲O}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۰/۱۵}{۱}=\frac{x}{۶\times۱۸}\Rightarrow x=۱۶/۲g$$

C ۱۱۴۳ **۲** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به فرمول عمومی آلکان‌ها $(C_nH_{۲n+۲})$ داریم:

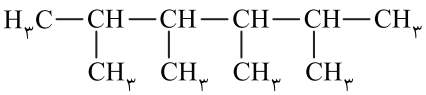
$$۲n+۲=۲۲\Rightarrow n=۱۰$$

بنابراین فرمول آلکان مورد نظر $C_{۱۰}H_{۲۲}$ است. برای تشخیص ساختار این آلکان، ابتدا به اندازهٔ ۴ گروه CH از فرمول آن کم می‌کنیم: $C_{۱۰}H_{۲۲}-۴CH=C_۶H_{۱۸}$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید ۶ اتم کربن باقی مانده، همگی از حداکثر ظرفیت هیدروژن خود استفاده کرده و همگی به صورت گروه‌های $CH_۳$ هستند:

$$C_۶H_{۱۸}\Rightarrow ۶CH_۳$$

بنابراین تنها ساختار ممکن به صورت مقابل است:



۲، ۳، ۴، ۵- تترامتیل هگزان

مجموع اعداد موجود در نام این آلکان برابر ۱۴ (۵+۴+۳+۲) است. عبارت (ب): در دما و حجم ثابت، فشار یک سامانه با شمار مول‌های گازی آن متناسب است: $(\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{n_۲}{n_۱})$. بنابراین با افزودن ۲۰ مول گاز $H_۲$ به مخلوطی از ۱۰ مول $C_۲H_۶$ و ۱۰ مول $C_۲H_۴$، مطابق معادلهٔ واکنش زیر، ۱۰ مول $H_۲$ با ۱۰ مول $C_۲H_۴$ واکنش داده و ۱۰ مول $C_۲H_۶$ تولید می شود و در نهایت در ظرف واکنش، ۲۰ مول $C_۲H_۶$ و ۱۰ مول $H_۲$ وجود خواهد داشت: $C_۲H_۴(g)+H_۲(g)\rightarrow C_۲H_۶(g)$

مشاهده می‌کنید از ابتدا تا انتهای این فرایند، مجموع شمار مول‌های گازی از ۲۰ به ۳۰ مول رسیده است که معادل ۵۰ درصد افزایش است. عبارت (پ): از میان هیدروکربن‌های شناخته شده، آلکان‌ها و سیکلوآلکان‌ها سیر شده هستند و تمامی پیوندهای آن‌ها یگانه است:

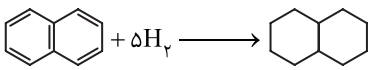
سیکلو آلکان‌ها $(C_nH_{۲n})=۳n=۱۸\Rightarrow n=۶$ آلکان‌ها: شمار پیوندها $(C_nH_{۲n+۲})=۳n+۱=۱۸\Rightarrow n=\frac{۱۷}{۳}$

پس هیدروکربن مورد نظر یک سیکلوآلکان با ۶ اتم کربن است که در حالت‌های زیر حداقل یک شاخهٔ متیل $(CH_۳)$ دارد:



عبارت (ت): در یک مولکول، نسبت درصد جرمی دو عنصر، برابر نسبت جرم‌های آن‌هاست: $C_۶H_۶:\frac{\%C}{\%H}=\frac{۶\times۱۲}{۶\times۱}=۱۲$

عبارت (ث): واکنش نفتالن با هیدروژن به صورت مقابل است:



فرمول مولکولی دکن به صورت $C_{۱۰}H_{۲۰}$ است.

۳ ۱۱۴۴ فرض می‌کنیم هیدروکربن داده شده a پیوند دوگانه دارد؛ بنابراین هر مول از آن با a مول گاز هیدروژن واکنش می‌دهد: $C_۸H_x+aH_۲\rightarrow C_۸H_{x+۲a}$

طبق معادلهٔ استوکیومتری بین $C_۸H_x$ و $H_۲$ خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل): $۲/۵۵g\,C_۸H_x\times\frac{۱\,mol\,C_۸H_x}{(۹۶+x)g\,C_۸H_x}\times\frac{a\,mol\,H_۲}{۱\,mol\,C_۸H_x}\times\frac{۲g\,H_۲}{۱\,mol\,H_۲}=۰/۲g\ H_۲\Rightarrow ۲۵/۵a-x=۹۶$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم } C_۸H_x}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } H_۲}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲/۵۵}{۱\times(۹۶+x)}=\frac{۰/۲}{a\times۲}\Rightarrow ۲۵/۵a-x=۹۶$

ترکیب حاصل یک هیدروکربن سیرشده با فرمول مولکولی $C_۸H_{x+۲a}$ است. معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن این هیدروکربن به صورت زیر است:

$$C_۸H_{x+۲a}+(۸+\frac{x+۲a}{۴})O_۲\Rightarrow ۸CO_۲+(\frac{x+۲a}{۲})H_۲O$$

۲/۷۵ گرم از هیدروکربن ایجاد شده توسط ۶/۴۴ لیتر گاز اکسیژن به طور کامل سوخته است؛ بنابراین داریم:

روش اول (کسر تبدیل): $۲/۷۵g\,C_۸H_{x+۲a}\times\frac{۱\,mol\,C_۸H_{x+۲a}}{(۹۶+x+۲a)g\,C_۸H_{x+۲a}}\times\frac{(x+\frac{x+۲a}{۴})\,mol\,O_۲}{۱\,mol\,C_۸H_{x+۲a}}\times\frac{۲۲/۴L\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲}=۶/۴۴L\,O_۲\Rightarrow ۲a+x=۱۴$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم } C_۸H_{x+۲a}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم } O_۲}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{۲/۷۵}{۱\times(۹۶+x+۲a)}=\frac{۶/۴۴}{(۸+\frac{x+۲a}{۴})\times۲۲/۴}\Rightarrow ۲a+x=۱۴$

بنابراین خواهیم داشت: $\begin{cases}۲۵/۵a-x=۹۶\\ ۲a+x=۱۴\end{cases}\Rightarrow a=۴\,,\,x=۶$

فرمول مولکولی هیدروکربن مورد نظر به صورت $C_۸H_۶$ بوده و دارای ۴ پیوند دوگانه است. با توجه به فرمول مولکولی هیدروکربن، این ترکیب دارای ۲ حلقه است؛ بنابراین شمار پیوندهای دوگانه، ۲ برابر شمار حلقه‌ها است.

۴ ۱۱۴۵ قسمت اول: اتن و نفتالن هر کدام در ساختار خود به‌ترتیب دارای ۱ و ۵ پیوند دوگانه هستند. پس برای تبدیل ۱ مول از هر کدام از آن‌ها به ترکیب‌هایی سیرشده به‌ترتیب به ۱ و ۵ مول $H_۲(g)$ نیاز است. $I)\,C_۲H_۴(g)+H_۲(g)\rightarrow C_۲H_۶(g)$ $II)\,C_{۱۰}H_۸(g)+۵H_۲(g)\rightarrow C_{۱۰}H_{۱۸}(g)$

طبق اطلاعات مسئله برای سیر شدن کامل ترکیب‌های موجود در این مخلوط به $۸g\,H_۲$ ($۱۰L\,H_۲\times\frac{۰/۸g}{۱L\,H_۲}$) نیاز است. پس فرض می‌کنیم در مخلوط اولیه x گرم اتن و $(۱۰۶-x)$ گرم نفتالن داریم و جرم هیدروژن مورد نیاز را برحسب x محاسبه می‌کنیم:

$$I)\,?g\,H_۲=x\,g\,C_۲H_۴\times\frac{۱\,mol\,C_۲H_۴}{۲۸g\,C_۲H_۴}\times\frac{۱\,mol\,H_۲}{۱\,mol\,C_۲H_۴}\times\frac{۲g\,H_۲}{۱\,mol\,H_۲}=\frac{x}{۱۴}g\,H_۲$$

$$II)\,?g\,H_۲=(۱۰۶-x)g\,C_{۱۰}H_۸\times\frac{۱\,mol\,C_{۱۰}H_۸}{۱۲۸g\,C_{۱۰}H_۸}\times\frac{۵\,mol\,H_۲}{۱\,mol\,C_{۱۰}H_۸}\times\frac{۲g\,H_۲}{۱\,mol\,H_۲}=(\frac{۵۳۰-۵x}{۶۴})g\,H_۲$$

سپس مجموع جرم هیدروژن مورد نیاز را برابر ۸ قرار می‌دهیم تا x به‌دست آید:

$$\frac{x}{14}+\frac{530-5x}{64}=8\Rightarrow x=42g$$

پس در مخلوط اولیه $42g$ اتن و $64g$ $(106-42)$ نفتالن وجود دارد. نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{\text{مقدار مول اتن}}{\text{مقدار مول نفتالن}}=\frac{\frac{42}{28}}{\frac{64}{128}}=3$$

قسمت دوم:

$$\text{تعداد پیوندهای دوگانه در } C_2H_4=42g\,C_2H_4\times\frac{1\,mol\,C_2H_4}{28g\,C_2H_4}\times\frac{1\,mol\,(C=C)}{1\,mol\,C_2H_4}\times\frac{6/02\times10^{23}(C=C)}{1\,mol\,(C=C)}=9/03\times10^{23}(C=C)$$

$$\text{تعداد پیوندهای دوگانه در } C_{10}H_8=64g\,C_{10}H_8\times\frac{1\,mol\,C_{10}H_8}{128g\,C_{10}H_8}\times\frac{5mol\,(C=C)}{1\,mol\,C_{10}H_8}\times\frac{6/02\times10^{23}(C=C)}{1\,mol\,(C=C)}=15/05\times10^{23}(C=C)$$

$$\text{مجموع شمار پیوندهای دوگانه در مخلوط}=9/03\times10^{23}+15/05\times10^{23}=2/408\times10^{24}$$

A ۱۱۴۶ ۲ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): مقدار نمک و اسید در نفت خام کم بوده و در نواحی گوناگون با توجه به عمق و موقعیت محلی میدان نفتی و زمان تشکیل آن متغیر است. گزینهٔ (۳): آلکان‌ها بخش عمدهٔ هیدروکربن‌های موجود در نفت خام را تشکیل می‌دهند و به دلیل واکنش‌پذیری کم، اغلب به‌عنوان سوخت به‌کار می‌روند. گزینهٔ (۴): پالایش نفت خام، از سویی سوخت ارزان و مناسب را در اختیار صنایع قرار داد و از سویی دیگر، منجر به تولید انرژی الکتریکی ارزان قیمت شد.

A ۱۱۴۷ ۳ هرچه درصد نفت کوره در یک نمونه نفت خام بیشتر باشد، چگالی آن بیشتر است. پس چگالی نفت سنگین کشورهای عربی بیشتر از نفت سنگین ایران است.

* **توجه** مقایسهٔ درصد نفت کوره، چگالی و گران‌روی در انواع نفت خام به‌صورت زیر است:

نفت برنت دریای شمال < نفت سبک کشورهای عربی < نفت سنگین ایران < نفت سنگین کشورهای عربی

توجه کنید که مقایسهٔ قیمت و درصد بنزین و خوراک پتروشیمی انواع نفت خام برعکس مقایسهٔ فوق است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به شکل کتاب درسی، مقایسهٔ اندازهٔ مولکول‌های اجزای سازندهٔ نفت خام به‌صورت مقابل است: نفت کوره > گازوئیل > نفت سفید > بنزین و خوراک پتروشیمی

گزینهٔ (۲): جرم و اندازهٔ مولکول‌های نفت کوره بیشتر از سایر اجزای نفت خام بوده و بیشترین گران‌روی را در میان آن‌ها دارد. بنابراین هرچه میزان نفت کوره در یک نمونه نفت بیشتر باشد، مقاومت بیشتری در برابر جاری شدن خواهد داشت. گزینهٔ (۴): درصد نفت سفید در نفت برنت دریای شمال برابر ۱۵٪ و در نفت سنگین ایران برابر ۱۳٪ است.

A ۱۱۴۸ ۲ به‌جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها درست هستند. پس از جدا کردن نمک‌ها، اسیدها و آب، نفت خام را پالایش می‌کنند. در این فرایند با استفاده از روش تقطیر جزء به جزء، هیدروکربن‌های آن را به صورت مخلوط‌هایی با نقطهٔ جوش نزدیک به هم جدا می‌کنند. برای این کار، نفت‌خام را درون محفظه‌ای بزرگ گرما می‌دهند و آن را به برج تقطیر هدایت می‌کنند. برجی که در آن از پایین به بالا دما کاهش می‌یابد. هنگامی که نفت‌خام داغ به قسمت پایین برج وارد می‌شود، مولکول‌های سبک‌تر و فرّارتر از جمله مواد پتروشیمیایی، از مایع بیرون آمده و به سوی بالای برج حرکت می‌کنند. به تدریج که این مولکول‌ها بالاتر می‌روند، سرد شده و به مایع تبدیل می‌شوند و در سینی‌هایی که در فاصله‌های گوناگون برج قرار دارند وارد شده و از برج خارج می‌شوند. بدین ترتیب مخلوط‌هایی با نقطهٔ جوش نزدیک به هم از نفت‌خام جداسازی می‌شوند.

A ۱۱۴۹ ۳ از پالایش نفت خام، نفت کوره، گازوئیل، نفت سفید، بنزین و خوراک پتروشیمی به‌دست می‌آید. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): در فرایند جداسازی ترکیب‌های مختلف نفت خام، مواد براساس تفاوت نقطهٔ جوش و جرم مولکولی از یکدیگر جدا می‌شوند. گزینهٔ (۲): هنگامی که نفت خام داغ به قسمت پایین برج تقطیر وارد می‌شود، مولکول‌های سبک‌تر و فرارتر از جمله مواد پتروشیمیایی از مایع بیرون آمده و به سوی بالای برج حرکت می‌کنند. اجزای جدا شده از نفت خام در قسمت‌های بالایی برج تقطیر، گران‌روی کمتر و فراریت بیشتری دارند. گزینهٔ (۴): در نیروگاه‌ها در اثر مصرف زغال سنگ، گاز گوگرد دی‌اکسید (SO_2) تولید می‌شود که با عبور دادن آن از روی کلسیم اکسید می‌توان آن را مطابق واکنش مقابل به دام انداخت.

$$CaO(s)+SO_2(g)\rightarrow CaSO_3(s)$$

A ۱۱۵۰ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): میزان گرمای آزاد شده به ازای سوختن ۱ گرم بنزین $(48kJ)$ بیشتر از این مقدار در سوختن ۱ گرم زغال سنگ $(30kJ)$ است. گزینه‌های (۲) و (۴): در اثر سوختن زغال سنگ علاوه‌بر فراورده‌های حاصل از سوختن بنزین (H_2O ، CO و CO_2)، گازهای SO_2 و NO_2 نیز تولید می‌شود. از طرفی برای تولید انرژی یکسان، مقدار CO_2 تولیدی در اثر سوختن زغال سنگ بیشتر از بنزین است. بنابراین تنوع فراورده‌های سوختن و میزان آلایندگی ناشی از سوختن زغال سنگ بیشتر از بنزین است. گزینهٔ (۳): با توجه به جدول زیر، مقدار CO_2 تولیدی به ازای هر کیلوژول انرژی حاصل از سوختن زغال سنگ $(0/104g)$ بیشتر از این مقدار در سوختن بنزین $(0/065g)$ است.

نام سوخت	گرمای آزاد شده (kJ/g)	فراورده‌های سوختن	مقدار کربن دی‌اکسید به ازای هر کیلوژول انرژی تولید شده (g)
بنزین	۴۸	H_2O ، CO ، CO_2	۰/۰۶۵
زغال سنگ	۳۰	H_2O ، CO ، CO_2 ، NO_2 ، SO_2	۰/۱۰۴

B ۱۱۵۱ ۲ عبارت‌های اول و دوم همانند جملهٔ داده شده در صورت تست درست هستند. **بررسی جملهٔ داده شده:** در فرایند تقطیر جزءبه جزء (پالایش) نفت خام، هر چه نقطهٔ جوش یک ترکیب بیشتر باشد، از سینی پایین‌تر برج خارج می‌شود. همان‌طور که می‌دانید در آلکان‌ها با افزایش تعداد کربن، نقطهٔ جوش افزایش می‌یابد؛ پس $C_{15}H_{32}$ از بخش پایین‌تر برج تقطیر خارج می‌شود.

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: یکی از مشکلات زغال سنگ شرایط دشوار استخراج آن است، به گونه‌ای که در سدهٔ اخیر معدن‌کاران زیادی در سطح جهان در اثر انفجار گاز متان آزاد شده از زغال سنگ و فرو ریختن معدن جان خود را از دست داده‌اند. همان‌طور که می‌دانید در اثر سوختن زغال سنگ، فراورده‌های CO، CO_2، H_2O، NO_2 و SO_2 تولید می‌شود، پس این سوخت فسیلی دارای عنصرهای N، H، O، C و S است.

* **توجه** فرمول کلی زغال سنگ را به صورت $C_{135}H_{96}O_2NS$ برآورد می‌کنند.

عبارت دوم: برای بهبود کارایی زغال سنگ و کاهش آلایندگی ناشی از سوختن آن می‌توان گوگرد و ناخالصی‌های دیگر آن را با شست‌وشو حذف کرد. عبارت سوم: سوخت هواپیما به‌طور عمده از نفت سفید تهیه می‌شود. نفت سفید مخلوطی از آلکان‌هایی با ده تا پانزده کربن است. عبارت چهارم: زغال سنگ یکی از سوخت‌های فسیلی است. برآوردها نشان می‌دهد که طول عمر ذخایر زغال سنگ به ۵۰۰ سال می‌رسد، از این‌رو زغال سنگ می‌تواند به‌عنوان سوخت جایگزین نفت شود، اما این جایگزینی سبب ورود مقدار بیشتری از انواع آلاینده‌ها به هواکره شده و باعث تشدید اثر گلخانه‌ای می‌شود.

A ۱۱۵۲ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): طول عمر ذخایر زغال سنگ به ۵۰۰ سال می‌رسد. عبارت (ب): اگر مقدار متان در هوای معدن به بیش از ۵ درصد برسد، احتمال انفجار افزایش می‌یابد. عبارت (پ): یکی از مسائل مهم در تأمین سوخت، انتقال آن به مراکز توزیع و استفاده از آن است که در حدود ۶۶ درصد آن از طریق خطوط لوله و بقیه با استفاده از راه‌آهن، نفت‌کش جاده‌پیما و کشتی‌های نفتی انجام می‌شود. عبارت (ت): با استفاده از واکنش $SO_2(g)+CaO(s)\rightarrow CaSO_3(s)$ می‌توان گاز گوگرد دی‌اکسید خروجی از نیروگاه‌ها را به دام انداخت. کلسیم یک فلز قلیایی خاکی است. عبارت (ث): در میان فراورده‌های سوختن زغال سنگ، CO پیوند سه‌گانه دارد و NO_2 اکسیدی از نیتروژن با رنگ قهوه‌ای است.

A ۱۱۵۳ ۴ یکی از راه‌های بهبود کارایی زغال سنگ به دام انداختن گاز گوگرد دی‌اکسید خارج شده از نیروگاه‌ها با عبور دادن آن از روی کلسیم اکسید است:

$$SO_2(g)+CaO(s)\rightarrow CaSO_3(s)$$

فراوردهٔ این واکنش یک ترکیب یونی است و کلسیم سولفیت نام دارد. توجه کنید که فرمول شیمیایی یون سولفات به‌صورت SO_4^{2-} است.

B ۱۱۵۴ ۲ عبارت‌های (الف)، (ت) و (ث) نادرست هستند. در برج تقطیر دما از پایین به بالا کاهش می‌یابد و ترکیب‌های با نقطهٔ جوش کمتر از سینی‌های بالاتر برج خارج می‌شوند، بنابراین با توجه به مقایسهٔ نقطهٔ جوش اجزای سازندهٔ نفت خام، ترکیب‌های A تا D به‌ترتیب نفت کوره، گازوئیل، نفت سفید و بنزین هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): A، نفت کوره و D، بنزین است. عبارت (ب): جرم و اندازهٔ مولکول‌های گازوئیل بیشتر از مولکول‌های نفت سفید است. پس قدرت نیروهای جاذبهٔ بین‌مولکولی (وان‌درووالسی) آن نیز بیشتر است. عبارت (پ): نفت سفید شامل آلکان‌هایی با ده تا پانزده کربن است. عبارت (ت): در تمام انواع نفت خام، نفت کوره (A) بیشترین جزء سازنده است. عبارت (ث): شمار اتم‌های هیدروژن در آلکان‌ها از رابطهٔ $2n+2$ به‌دست می‌آید، بنابراین آلکانی با ۳۲ اتم هیدروژن، ۱۵ اتم کربن دارد. شمار پیوندهای کووالانسی در آلکان‌ها از رابطهٔ $3n+1$ به‌دست می‌آید، بنابراین آلکانی با ۳۷ پیوند کووالانسی، ۱۲ اتم کربن دارد. آلکانی با ۱۲ اتم کربن نسبت به آلکانی با ۱۵ اتم کربن از قسمت‌های بالاتر برج تقطیر خارج می‌شود.

B ۱۱۵۵ ۴ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): تعداد عناصر با رسانایی الکتریکی بالا در تناوب سوم برابر با ۳ و تعداد عناصر گروه ۱۴ که شکننده هستند نیز برابر ۳ است. عبارت (ب): $_{26}Fe: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

شمار الکترون‌های ظرفیت $=$ شمار الکترون‌های زیرلایهٔ $3d$ $+$ شمار الکترون‌های زیرلایهٔ $4s$ $=6+2=8$

$l=0$ مربوط به الکترون‌های زیرلایهٔ s است. با توجه به اینکه در آرایش الکترونی این اتم‌ها ۴ زیرلایهٔ $1s$، $2s$، $3s$ و $4s$ هر کدام ۲ الکترون دارند، مجموعاً ۸ الکترون با $l=0$ در آرایش الکترونی این عنصر وجود دارد. عبارت (پ): هیدروکربنی که به عنوان ضد بید کاربرد دارد، نفتالن با فرمول مولکولی $C_{10}H_8$ و گاز فندک، بوتان با فرمول مولکولی C_4H_{10} است. عبارت (ت): هر چه یک هیدروکربن سنگین‌تر باشد، در فرایند پالایش نفت خام از سینی‌های تعبیه شده در قسمت‌های پایین‌تر برج خارج می‌شود. آلکنی با ۴ اتم کربن، C_4H_8 و آلکانی با ۸ اتم هیدروژن، C_3H_8 است. C_4H_8 سنگین‌تر از C_3H_8 است. بنابراین در برج تقطیر نسبت به C_3H_8 از سینی‌های تعبیه شده در قسمت‌های پایین‌تر برج خارج می‌شود.

B ۱۱۵۶ ۱ قسمت اول: جرم CO_2 تولید شده به ازای تولید ۷۲۰۰ کیلوژول گرما با استفاده از دو سوخت به صورت زیر است:

$$\text{بنزین: } ?\,CO_2=7200\,kJ\times\frac{0/065\,g\,CO_2}{1\,kJ}=468\,g\,CO_2$$

$$\text{زغال سنگ: } ?\,CO_2=7200\,kJ\times\frac{0/104\,g\,CO_2}{1\,kJ}=748/8\,g\,CO_2$$

در صورتی که برای تأمین این مقدار انرژی از بنزین به‌جای زغال سنگ استفاده کنیم، از ورود $280/8\,g$ $(748/8-468)$ کربن دی‌اکسید به هواکره جلوگیری کرده‌ایم.

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش بی‌هوازی تخمیر گلوکز، به صورت مقابل است: $C_6H_{12}O_6(aq)\rightarrow 2C_2H_5OH(aq)+2CO_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_6H_{12}O_6=280/8\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{2\,mol\,CO_2}\times\frac{180\,g\,C_6H_{12}O_6}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}\simeq 574\,g\,C_6H_{12}O_6$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } C_6H_{12}O_6}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم } CO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{1\times180}=\frac{280/8}{2\times44}\Rightarrow x\simeq 574\,g\,C_6H_{12}O_6$$

توضیح محاسبات

$$\frac{280/8\times180}{44\times2}=?\xrightarrow[\text{به جای } 280/8 \text{ عدد } 286 \text{ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده سازی}}\frac{\overset{26}{286}\times\overset{90}{180}}{44\times\underset{4}{2}}=\frac{26\times\overset{45}{90}}{\underset{2}{4}}=\frac{\overset{13}{26}\times45}{2}=13\times45=574$$

پاسخ تشریحی — شیمی ۲: فصل دوم

A ۱۱۵۷ ۲ کاهش جرم خورشید به‌عنوان تنها منبع حیات‌بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تأیید می‌کند.

A ۱۱۵۸ ۲ بخش عمدهٔ اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌های موجود در بدن از غذایی که می‌خوریم، تأمین می‌شود.

A ۱۱۵۹ ۳ فقط عبارت (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (پ): نمودارهای (۱) و (۲) به‌ترتیب تولید و بهره‌برداری و نمودار میله‌ای، میزان غلات ذخیره شده را نشان می‌دهد. مطابق نمودار میله‌ای در سال ۲۰۱۳ میزان غلات ذخیره شده در انبارها تقریباً به ۶۰۰ میلیون تن در سال رسیده است. عبارت (ب): میزان بهره‌برداری از غلات در دههٔ اخیر، روند صعودی داشته و همواره افزایش یافته است. اما روند تغییرات میزان غلات ذخیره شده، منظم نیست و با افزایش و کاهش مواجه بوده است. عبارت (ت): توجه کنید که مقیاس نمودار غلات ذخیره شده با مقیاس نمودار تولید و بهره‌برداری متفاوت است. به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۱، میزان غلات ذخیره شده حدود ۵۵۰ میلیون تن بوده است، در حالی‌که میزان تولید غلات در حدود ۲۳۰۰ میلیون تن بوده است.

A ۱۱۶۰ ۱ عبارت سوم نادرست و سایر عبارت‌ها درست هستند. غذا انرژی لازم برای حرکت ماهیچه‌ها، ارسال پیام‌های عصبی و ... را تأمین می‌کند و همچنین مواد اولیه برای ساخت و رشد بخش‌های گوناگون بدن را فراهم می‌کند. همهٔ این فرایندها وابسته به انجام واکنش‌های شیمیایی هستند که هر یک آهنگ ویژه‌ای دارند؛ واکنش‌هایی که دمای بدن را نیز کنترل و تنظیم می‌کنند. سایر گزینه‌ها درست هستند.

A ۱۱۶۱ ۱ شیر و فراورده‌های آن، منبع مهمی برای تأمین پروتئین و به ویژه یون کلسیم است.

A ۱۱۶۲ ۱ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ت): ارزش مواد غذایی در تأمین ماده و انرژی مورد نیاز بدن یکسان نیست و به نوع و مقدار آن وابسته است. عبارت (ث): انرژی مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های مختلف از منابعی تأمین می‌شود که در آن‌ها تغییرهای فیزیکی و به ویژه واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد.

B ۱۱۶۳ ۲ روغن و چربی از جمله ترکیب‌های آلی هستند که به دلیل تفاوت در ساختار، رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند. روغن دارای حالت فیزیکی مایع بوده اما چربی جامد است. از دیدگاه شیمیایی، در ساختار مولکول‌های روغن، پیوندهای دوگانهٔ بیشتری وجود داشته و واکنش‌پذیری بیشتری نیز دارد. توجه کنید که چربی و روغن، هر دو سیرنشده هستند.

B ۱۱۶۴ ۳ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): یکای رایج دما، درجهٔ سلسیوس $(^\circ C)$ است در حالی‌که یکای دما در SI، کلوین (K) می‌باشد. گزینهٔ (۲): انرژی گرمایی هم‌ارز با مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ یک ماده است و مقدار آن علاوه بر دمای ماده به جرم (تعداد ذره‌ها) ماده نیز وابسته است. گزینهٔ (۴): به شکلی از انرژی که میان یک جسم با دمای بالاتر و جسم با دمای پایین‌تر جریان می‌یابد، گرما می‌گویند.

B ۱۱۶۵ ۳ ذره‌های سازندهٔ یک ماده در هر سه حالت فیزیکی یکسان بوده و پیوسته در حال جنب و جوش هستند، اما میزان جنبش ذره‌ها با یکدیگر متفاوت است، به‌طوری‌که جنبش‌های نامنظم ذره‌ها در حالت گاز شدیدتر از مایع و آن هم شدیدتر از حالت جامد است. همچنین هر چه دما بالاتر باشد، جنبش‌های نامنظم ذره‌های آن شدیدتر است. در مجموع می‌توان گفت یک ویژگی مشترک مواد با هر حالت فیزیکی، وجود جنبش‌های نامنظم ذره‌های سازندهٔ آن‌هاست.

A ۱۱۶۶ ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (پ): میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ یک ماده به دمای آن بستگی دارد. با توجه به شکل، میانگین انرژی جنبشی و سرعت حرکت ذره‌های سازنده در نمونهٔ B بیشتر از A است و می‌توان گفت دمای هوا در شکل B بیشتر از دمای هوا در شکل A است. بنابراین شکل B می‌تواند مربوط به نمونهٔ هوا در یک روز تابستانی باشد. عبارت‌های (ب) و (ت): انرژی گرمایی هم‌ارز با مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ یک ماده است و به دما (میانگین انرژی جنبشی ذره‌ها) و جرم (تعداد ذره‌ها) ماده وابسته است. با توجه به برابر بودن جرم (تعداد ذره‌ها) دو نمونهٔ A و B، نمونهٔ B به دلیل داشتن دمای بیشتر، انرژی گرمایی بیشتری دارد.

B ۱۱۶۷ ۱ فقط عبارت سوم درست است. **بررسی موارد:** مورد اول: انرژی گرمایی هم‌ارز با مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ ماده است و به دمای ماده و همچنین تعداد ذره‌های سازندهٔ ماده وابسته می‌باشد. ممکن است دمای یک جسم بالاتر باشد، اما انرژی گرمایی آن کمتر باشد؛ در واقع ممکن است میانگین انرژی جنبشی (دما) ذره‌های سازندهٔ جسمی بیشتر باشد ولی به دلیل کمتر بودن تعداد ذره‌های آن، مجموع این انرژی‌ها کمتر است. به‌عنوان مثال انرژی گرمایی یک استخر آب با دمای $20^\circ C$ از انرژی گرمایی یک لیوان آب با دمای $100^\circ C$ بیشتر است. مورد دوم: نماد دما برحسب سلسیوس به‌صورت (θ) و نماد دما برحسب کلوین به‌صورت (T) است. مورد سوم: هر چه دمای ماده‌ای بالاتر باشد، جنبش‌های نامنظم ذره‌های سازندهٔ آن شدیدتر است. بوی غذای گرم نیز به همین علت آسان‌تر و سریع‌تر به مشام می‌رسد. مورد چهارم: با توجه به هم‌دما بودن آب دو ظرف، در اثر افزودن آب از ظرف B به A، دما تغییری نمی‌کند و همچنان میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ آب موجود در ظرف‌های A و B ثابت و با هم برابر است. اما توجه کنید که به دلیل کاهش تعداد ذره‌ها در ظرف B، انرژی گرمایی آن کاهش می‌یابد.

B ۱۱۶۸ ۳ عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دمای یک ماده، معیاری برای توصیف میانگین انرژی جنبشی ذره‌ها و انرژی گرمایی یک ماده، هم‌ارز با مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ آن ماده است. عبارت (ب): دمای یک جسم برخلاف انرژی گرمایی آن به جرم (تعداد ذره‌ها) جسم بستگی ندارد.
عبارت (پ): ذره‌های سازندهٔ یک ماده در هر سه حالت فیزیکی پیوسته در حال جنبش‌های نامنظم هستند، اما میزان این جنبش‌ها با یکدیگر متفاوت است به‌طوری که میزان این جنبش‌ها در حالت گاز شدیدتر از مایع و آن هم شدیدتر از حالت جامد است. عبارت (ت): ارزش دمایی $1^\circ C$ با $1\,K$ برابر است، از این‌رو در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند، $\Delta T=\Delta\theta$ می‌باشد.
* **توجه** برای تبدیل دما در دو مقیاس سلسیوس و کلوین به یکدیگر از رابطهٔ $T=\theta+273$ استفاده می‌شود.
عبارت (ث): گرما (Q) و تغییر دما $(\Delta T$ یا $\Delta\theta)$ برای توصیف یک فرایند به کار می‌روند، این در حالی است که انرژی گرمایی از ویژگی‌های یک ماده است.

B ۱۱۶۹ ۲ هر چه دمای ماده بالاتر باشد، میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ آن بیشتر است؛ بنابراین میان دمای یک جسم و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ آن، رابطهٔ مستقیم وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): دقت کنید که دمای یک جسم، معیاری برای توصیف میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ آن است. گزینهٔ (۳): دما از ویژگی‌های یک ماده است. این در حالی است که گرما از ویژگی‌های یک نمونه ماده نیست و برای توصیف یک فرایند به‌کار می‌رود. گزینهٔ (۴): میزان انرژی گرمایی یک ماده علاوه بر دما، به جرم آن نیز بستگی دارد؛ بنابراین دو نمونه آب با دمای متفاوت، ممکن است انرژی گرمایی برابری داشته باشند.

A ۱۱۷۰ ۲ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): گرما را می‌توان هم‌ارز با آن مقدار انرژی گرمایی دانست که به دلیل تفاوت در دما جاری می‌شود. گزینهٔ (۳): از یکای کالری (cal) برای بیان مقدار گرمای مبادله شده در یک فرایند استفاده می‌شود. $(1\,cal=4/18J)$ گزینهٔ (۴): انرژی گرمایی یک ماده به جرم و دمای ماده وابسته است. از آنجا که جرم آب موجود در استخر خیلی بیشتر از آب موجود در لیوان است، پس انرژی گرمایی آب استخر از آب لیوان بیشتر می‌باشد.

B ۱۱۷۱ ۱ موارد (الف) و (ت) برای دو ظرف A و B قطعاً با یکدیگر برابرند. **بررسی موارد:** موارد (الف) و (ت): دمای یک ماده، معیاری برای توصیف میانگین تندی و سرعت حرکت ذرات سازندهٔ آن ماده است. موارد (ب) و (پ): دقت کنید که انرژی گرمایی و مجموع انرژی جنبشی ذرات سازندهٔ یک ماده، علاوه بر دما، به جرم آن ماده نیز وابسته است. مورد (ث): در دو ماده با دمای برابر، میانگین سرعت حرکت ذرات با یکدیگر برابر است، اما الزاماً نمی‌توان گفت که سرعت حرکت هر ذره در این دو ماده با یکدیگر برابر است. مورد (ج): انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی نهفته شده در آن است، انرژی‌ای که ناشی از نیروهای نگه‌دارندهٔ ذره‌های سازندهٔ آن است. با توجه به اینکه در متن تست اشاره‌ای به نوع مایعات موجود در دو ظرف نشده، نمی‌توان اظهارنظر نمود.

C ۱۱۷۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ابتدا باید این دو آلکان را بیابیم: (فرمول عمومی آلکان‌ها C_nH_{2n+2} است.)

$$\text{درصد جرمی اتم کربن}=\frac{\text{جرم اتم کربن}}{\text{جرم آلکان}}\times ۱۰۰\Rightarrow\frac{۵۰۰}{۶}=\frac{n(۱۲)}{n(۱۲)+۲n(۱)+۲(۱)}\times ۱۰۰\Rightarrow n=۵$$

$$\text{شمار پیوندهای کووالانسی آلکان‌ها}=۳n+۱=۱۹\Rightarrow n=۶$$

آلکان اول پنتان (C_5H_{12}) و الکان دوم هگزان (C_6H_{14}) است. هر چه جرم یک آلکان بیشتر باشد، مقاومت بیشتری در برابر جاری شدن از خود نشان می‌دهد؛ بنابراین مقاومت هگزان در برابر جاری شدن بیشتر از پنتان است. عبارت (ب): گرمی یا سردی یک مایع بستگی به دما دارد و دما هم وابسته به میانگین انرژی جنبشی است نه مجموع انرژی جنبشی به عبارت دیگر ممکن است دمای مایع ظرف A کمتر از دمای مایع ظرف B باشد اما جرم مایع A به قدری بیشتر از مجموع انرژی جنبشی ذرات سازندهٔ مایع B شود. عبارت (پ): سر گروه ترکیبات آروماتیک بنزن با فرمول مولکولی C_6H_6 و هیدروکربن سیرنشده‌ای که در جوشکاری استفاده می‌شود، اتین با فرمول مولکولی C_2H_2 است. جرم مولی این دو ترکیب برابر است با:

$$\text{جرم مولی بنزن}: ۶(۱۲)+۶(۱)=۷۸g.mol^{-۱}\text{ , جرم مولی اتین}: ۲(۱۲)+۲(۱)=۲۶g.mol^{-۱}\Rightarrow\frac{۷۸}{۲۶}=۳$$

عبارت (ت): هر چه یک ترکیب آلی سنگین‌تر باشد، از قسمت‌های پایین‌تر برج تقطیر خارج می‌شود. گازوئیل و نفت سفید هر دو مجموعه‌ای از آلکان‌ها هستند و آلکان‌های سازندهٔ گازوئیل سنگین‌تر از آلکان‌های سازندهٔ نفت سفید هستند، در نتیجه گازوئیل نسبت به نفت سفید از قسمت‌های پایین‌تر برج تقطیر به دست می‌آید.

A ۱۱۷۳ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (پ): در دما و فشار ثابت، ظرفیت گرمایی افزون بر نوع ماده به مقدار آن نیز بستگی دارد، در حالی‌که ظرفیت گرمایی ویژه در دما و فشار ثابت، تنها به نوع ماده وابسته است. عبارت (ت): مطابق رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$ در صورت برابر بودن جرم (m) و دریافت گرمای یکسان (Q)، هر چه ظرفیت گرمایی ویژه (c) بیشتر باشد، تغییرات دما $(\Delta\theta)$ کمتر خواهد بود.

B ۱۱۷۴ ۳ در فلزها هر چه جرم مولی بیشتر باشد ظرفیت گرمایی ویژه کمتر است. بنابراین مقایسهٔ ظرفیت گرمایی ویژهٔ این سه فلز به‌صورت «آلومینیم > نقره > طلا» است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ظرفیت گرمایی (C)، مقدار گرمایی است که باید به یک جسم با هر جرمی داده شود تا دمای آن یک درجهٔ سلسیوس افزایش یابد، در حالی که ظرفیت گرمایی ویژه مقدار گرمایی است که باید به یک گرم از جسم داده شود تا دمای آن یک درجهٔ سلسیوس افزایش یابد. بنابراین:

$$\text{(ظرفیت گرمایی ویژه)}\times\text{(جرم ماده)}=\text{(ظرفیت گرمایی)}\quad C=m\times c$$

گزینهٔ (۲): ظرفیت گرمایی در دما و فشار ثابت، به نوع و مقدار ماده (m) وابسته است. توجه کنید که دما و فشار نیز از عوامل مهم مؤثر بر ظرفیت گرمایی ویژه و ظرفیت گرمایی است.

گزینهٔ (۴): ظرفیت گرمایی ویژهٔ آب از روغن زیتون بیشتر است، پس مطابق رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$ در جرم (m) و تغییر دمای $(\Delta\theta)$ یکسان، آب باید گرمای (Q) بیشتری آزاد کند تا با محیط هم‌دما شود، در حالی که روغن زیتون با آزاد کردن مقدار گرمای کمتری با محیط هم‌دما می‌شود، پس روغن زیتون زودتر به دمای محیط می‌رسد.

B ۱۱۷۵ ۱ عبارت‌های سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آب به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی ویژهٔ بیشتر، برای رسیدن به دمای $۷۵^\circ C$، گرمای بیشتری جذب کرده است و همین انرژی گرمایی بیشتر سبب پختن تخم‌مرغ می‌شود. در واقع روغن زیتون با ظرفیت گرمایی کمتر، توانایی پختن تخم‌مرغ را با این تغییر دما نخواهد داشت. عبارت دوم: ظرفیت گرمایی علاوه بر ظرفیت گرمایی ویژه به جرم جسم نیز وابسته است. بنابراین راجع به مقایسهٔ ظرفیت گرمایی این دو ماده که جرم آن‌ها داده نشده، نمی‌توان اظهار نظر نمود و حتماً باید جرم آن‌ها را داشته باشیم. عبارت سوم: ظرفیت گرمایی ویژهٔ آب بیشتر از سدیم کلرید و آن هم بیشتر از طلا است. پس مطابق رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$ در جرم (m) و تغییر دمای $(\Delta\theta)$ یکسان، آب گرمای (Q) بیشتری جذب می‌کند. عبارت چهارم: ظرفیت گرمایی (C) در دما و فشار ثابت، به نوع و جرم جسم وابسته است و تغییر دمای جسم تأثیری در مقدار آن ندارد.

نکته‌ترکیبی **ظرفیت گرمایی مولی فلزات:** براساس یک قاعده تحت عنوان دولون وپتی، ظرفیت گرمایی یک مول از فلزات عدد ثابتی دارد؛ بنابراین برای دو فلز A و B داریم:

$$C_m(A)=C_m(B)\Rightarrow M_w(A)\times c_A=M_w(B)\times c_B$$

مثلاً اگر بدانیم ظرفیت گرمای ویژهٔ آلومینیم برابر $۰/۹J.g^{-۱}.^\circ C^{-۱}$ است، می‌توانیم به کمک جرم مولی آن‌ها، گرمای ویژهٔ نقره را به‌دست آوریم:

$$C_m(Al)=C_m(Ag)\Rightarrow M_w(Al)\times c_{Al}=M_w(Ag)\times c_{Ag}\Rightarrow ۲۷\times ۰/۹=۱۰۸\times c_{Ag}\Rightarrow c_{Ag}=۰/۲۲۵J.g^{-۱}.^\circ C^{-۱}$$

عبارت پنجم: ظرفیت گرمایی یک مول از فلزات از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

$$\text{ظرفیت گرمایی یک فلز}=\text{جرم مولی فلز}\times\text{ظرفیت گرمایی ویژه}$$

اگر این مقدار برای همهٔ فلزات یکسان باشد، پس هر چه جرم مولی یک فلز بیشتر باشد، ظرفیت گرمایی ویژهٔ آن کمتر خواهد بود.

B ۱۱۷۶ ۴ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت (پ) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در حالت‌های فیزیکی مختلف آب، نوع نیروهای جاذبهٔ بین مولکول‌ها و میزان حرکت مولکول‌ها و اتم‌ها با هم متفاوت است، پس ظرفیت گرمایی آب در سه حالت یکسان نیست. عبارت (ب): ظرفیت گرمایی یک جسم در دما و فشار معین، افزون بر جرم، به نوع ماده نیز وابسته است و در ظرفیت گرمایی یک نمونهٔ ناخالص هم مقدار و نوع مادهٔ خالص و هم مقدار و نوع ناخالصی‌ها تأثیر دارند. عبارت (پ): ظرفیت گرمایی ویژهٔ آب برابر ۱ کالری (۴/۱۸۴ ژول) است. عبارت (ت): ظرفیت گرمایی ویژهٔ آب بیشتر از روغن زیتون است، پس مطابق رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$ اگر به ازای تبادل گرمای یکسان، تغییر دمای یکسانی حاصل شود، جرم (m) نمونهٔ روغن زیتون بیشتر بوده است.

A ۱۱۷۷ ۱ **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ظرفیت گرمایی (C) برابر حاصل‌ضرب ظرفیت گرمایی ویژه (c) در جرم (m) ماده است. پس خواهیم داشت:

$$\text{ظرفیت گرمایی یک مول اتانول}=c_{\text{اتانول}}\times M_{\text{اتانول}}=۲/۴\times ۴۶=۱۱۰/۴J.^\circ C^{-۱}\text{ , ظرفیت گرمایی یک مول آب}=c_{\text{آب}}\times M_{\text{آب}}=۴/۱۸\times ۱۸=۷۵/۲۴J.^\circ C^{-۱}$$

پس ظرفیت گرمایی یک مول اتانول، بیشتر از ظرفیت گرمایی یک مول آب است. عبارت (ب): در ساختار مولکول‌های چربی، پیوندهای دوگانهٔ کمتری از مولکول‌های روغن وجود دارد، پس یک مول چربی برای سیر شدن کامل، به تعداد مول گاز هیدروژن کمتری نیاز دارد. عبارت (پ): درصد آب در سیب‌زمینی بیشتر از نان است، در نتیجه در جرم‌های یکسانی از این دو، ظرفیت گرمایی سیب‌زمینی بیشتر از نان است و در صورت تبادل گرمای برابر، تغییرات دمای سیب‌زمینی کمتر خواهد بود و دیرتر با محیط هم‌دما می‌شود.

A ۱۱۷۸ ۳ با توجه به دمای اولیه و نهایی قطعه‌ها، میزان تغییر دمای آن‌ها به‌صورت مقابل است:

	A	B	C	D
$\Delta\theta$	۱۰	۶	۲۴	۳

مطابق رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$ در جرم و گرمای مبادله شدهٔ یکسان، هر چه ظرفیت گرمایی ویژه (c) بیشتر باشد، میزان تغییر دما $(\Delta\theta)$ کمتر است، پس مقایسهٔ ظرفیت گرمایی ویژهٔ فلزهای داده شده به‌صورت $D>B>A>C$ است.

B ۱۱۷۹ ۲ میانگین انرژی جنبشی و میانگین تندی ذره‌های سازندهٔ یک ماده، وابسته به دمای آن است. با توجه به دمای برابر دو ظرف، بنابراین میانگین انرژی جنبشی و میانگین تندی ذره‌های سازندهٔ دو ظرف با یکدیگر برابر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه مقدار آب موجود در ظرف B بیشتر است؛ بنابراین برای افزایش دمای محتویات ظرف B به میزان $1^\circ C$، نسبت به ظرف A، به گرمای بیشتری نیاز است. گزینهٔ (۳): با توجه به یکسان بودن نوع ماده و دمای برابر محتویات موجود در ظرف A و B، بنابراین سرعت انتقال گرما در این دو ظرف و در نتیجه مدت زمان پختن تخم‌مرغ یکسان خواهد بود. گزینهٔ (۴): با توجه به دمای برابر و همچنین جرم بیشتر محتویات در ظرف B نسبت به ظرف A، بنابراین انرژی گرمایی آن بیشتر است. اما دقت کنید که شرط انتقال گرما بین دو جسم، وجود اختلاف دما بین آن دو جسم است.

B ۱۱۸۰ ۳ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: دمای آب در ظرف (۲) بیشتر است؛ بنابراین میانگین انرژی جنبشی ذرات آن نیز بیشتر است. عبارت دوم: هر دو ظرف محتوی آب هستند؛ بنابراین گرمای ویژهٔ محتویات هر دو ظرف یکسان است. عبارت سوم: با مخلوط کردن آب دو ظرف، حجم آب افزایش یافته؛ از این‌رو مجموع انرژی ذرات که نشان دهندهٔ انرژی گرمایی است نیز افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: دما و حجم آب در ظرف (۲) بیشتر است؛ از این‌رو انرژی گرمایی آن نیز بیشتر خواهد بود.

A ۱۱۸۱ ۳ مقدار گرمای جذب شده توسط هر دو ماده را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_A=m_A\times c_A\times\Delta\theta_A=۱۰۰\times c_A\times\Delta\theta_A \qquad Q_B=m_B\times c_B\times\Delta\theta_B=۲۰۰\times c_B\times(۲\Delta\theta_A)$$

با توجه به اینکه گرمای جذب شده توسط دو ماده یکسان است می‌توان نتیجه گرفت:

$$Q_A=Q_B\Rightarrow ۱۰۰\times c_A\times\Delta\theta_A=۴۰۰\times c_B\times\Delta\theta_A\Rightarrow c_A=۴c_B$$

پس ظرفیت گرمایی ویژهٔ مادهٔ A چهار برابر ظرفیت گرمایی ویژهٔ مادهٔ B است.

A ۱۱۸۲ ۴ قسمت اول: ابتدا مقدار گرمای لازم را برحسب ژول محاسبه کرده و سپس آن را به کالری تبدیل می‌کنیم:

$$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow Q=۳۱/۵\times۲/۲\times۲۰=۱۳۸۶J \qquad ?\,cal=۱۳۸۶J\times\frac{۱\,cal}{۴/۲J}=۳۳۰cal$$

قسمت دوم:

$$Q=m_{Ag}\times c_{Ag}\times\Delta\theta\Rightarrow ۱۳۸۶=m_{Ag}\times۰/۲۴\times۵۰\Rightarrow m_{Ag}=۱۱۵/۵g$$

B ۱۱۸۳ ۲ قسمت اول: ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، میزان گرمای جذب شده توسط سیلیسیم را به‌دست می‌آوریم: $Q=m.c.\Delta\theta=۲۵\times۰/۷۱\times۲۰=۳۵۵J$

سپس درصد گرمای جذب شده را محاسبه می‌کنیم: درصد گرمای جذب شده $=\frac{۳۵۵}{۵۶۸}\times۱۰۰=۶۲/۵$

قسمت دوم: مقدار گرمای تلف شده در این فرایند برابر $۲۱۳J$ $(۵۶۸-۳۵۵)$ است:

$$?\,g\,CaCl_۲=۲۱۳J\times\frac{۱\,kJ}{۱۰^۳\,J}\times\frac{۱\,mol\,CaCl_۲}{۱۱۰kJ}\times\frac{۱۱۱\,g\,CaCl_۲}{۱\,mol\,CaCl_۲}\times\frac{۱۰^۳\,mg\,CaCl_۲}{۱\,g\,CaCl_۲}\simeq۲۱۵mg\,CaCl_۲$$

توضیح محاسبات پاسخ به ۲۱۳ نزدیک است. (پاسخ ۲۱۵)

$$\frac{۲۱۳\times۱۱۱}{۱۱۰}=?\xrightarrow[\text{به جای عدد ۱۱۰، عدد ۱۱۱ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}}\frac{۲۱۳\times\cancel{۱۱۱}}{\cancel{۱۱۱}}=۲۱۳$$

B ۱۱۸۴ ۱ با توجه به اینکه در هر مولکول کربن دی‌اکسید $(CO_۲)$، دو اتم اکسیژن وجود دارد، ابتدا به کمک تعداد اتم‌های اکسیژن موجود در نمونه، جرم گاز کربن دی‌اکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_۲=۳/۰۱\times۱۰^{۲۴}\,atom\,O\times\frac{۱\,mol\,atom\,O}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,O}\times\frac{۱\,mol\,CO_۲}{۲\,mol\,atom\,O}\times\frac{۴۴\,g\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=۱۱۰g\,CO_۲$$

اکنون به کمک رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$، دمای اولیه $(\theta_۱)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow۴/۶۲\times۱۰^۳=۱۱۰\times۰/۸۴\times(۷۳-\theta_۱)\Rightarrow\theta_۱=۲۳^\circ C$$

B ۱۱۸۵ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ابتدا مقدار گرمای مورد نیاز را برحسب ژول به دست می‌آوریم:

$$?\,J=۶/۱۲cal\times\frac{۴/۲J}{۱\,cal}=۲۵/۷۰۴J$$

جرم منیزیم را به دست آورده و سپس به کمک تغییر دمای آن، ظرفیت گرمایی ویژهٔ منیزیم را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Mg=۰/۵mol\,Mg\times\frac{۲۴\,g\,Mg}{۱\,mol\,Mg}=۱۲g\,Mg \qquad Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow۲۵/۷۰۴=۱۲\times c\times(۸/۴-۶/۳)\Rightarrow c=۱/۰۲J.g^{-۱}.{}^\circ C^{-۱}$$

عبارت (ب): ابتدا گرمای لازم برای افزایش دمای کلسیم را به دست می‌آوریم:

$$A=m.c.\Delta\theta=۱۰۵\times۰/۶۳\times۳۶=۲۳۸۱/۴J$$

سپس فرض می‌کنیم همین مقدار گرما به کبالت داده شود و به کمک تغییر دمای آن، جرم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow۲۳۸۱/۴=m\times۰/۴۲\times۴۵\Rightarrow m=۱۲۶g$$

عبارت (پ): ظرفیت گرمایی یک مول ماده برابر با حاصل‌ضرب ظرفیت گرمایی ویژهٔ آن در جرم مولی‌اش است. پس داریم:

$$C_{(Mg)\,\text{مولی}}=C_{(Ti)\,\text{مولی}}\Rightarrow c_{(Mg)}\times M_{(Mg)}=c_{(Ti)}\times M_{(Ti)}\Rightarrow c_{(Mg)}\times۲۴=c_{(Ti)}\times۴۸\Rightarrow\frac{c_{(Ti)}}{c_{(Mg)}}=\frac{۲۴}{۴۸}=۰/۵$$

عبارت (ت): ابتدا به کمک اطلاعات مسئله، جرم گاز نئون را به دست می‌آوریم و سپس با توجه به حجم مولی گازها در شرایط STP، حجم این گاز را محاسبه می‌کنیم:

$$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow ۲۴۷/۲=m\times ۱/۰۳\times ۴۰\Rightarrow m=۶g \qquad ?\,L\,Ne=۶g\,Ne\times\frac{۱\,mol\,Ne}{۲۰g\,Ne}\times\frac{۲۲/۴L\,Ne}{۱\,mol\,Ne}=۶/۷۲L\,Ne$$

B ۱۱۸۶ ۱

نکته‌ترکیبی تبادل گرما بین دو یا چند جسم: در مسائلی که دو یا چند جسم با دماهای مختلفی در مجاورت هم قرار می‌گیرند، با فرض اینکه از اتلاف گرما نداشته باشیم، رابطهٔ مقابل برای محاسبهٔ پارامترهای مجهول برقرار است: $Q_۱+Q_۲+Q_۳+\cdots=۰$

در واقع مقادیر Q برای اجسامی که دمای آن‌ها افزایش می‌یابد مثبت و برای اجسامی که دمای آن‌ها کاهش می‌یابد منفی است که در نهایت مجموع این گرماها برابر صفر می‌شود. دقت کنید که در این فرایند، در نهایت تمامی اجسام به دمای یکسانی که همان دمای تعادلی است، می‌رسند:

$$m_۱c_۱(\theta_{\text{تعادلی}}-\theta_۱)+m_۲c_۲(\theta_{\text{تعادلی}}-\theta_۲)+m_۳c_۳(\theta_{\text{تعادلی}}-\theta_۱)+\cdots=۰$$

* **توجه** در فرایندهای تعادل گرمایی، مجموع Q اجسام برابر صفر است. $Q_۱+Q_۲+\cdots=۰$

$$Q_{Au}+Q_{Na}=۰\Rightarrow m_{Au}.c_{Au}.\Delta\theta_{Au}+m_{Na}.c_{Na}.\Delta\theta_{Na}\Rightarrow ۴/۱\times ۰/۱۲۸\times(\theta_۲-۹۰)+۶/۴\times ۱/۲۳\times(\theta_۲-۱۰)=۰\Rightarrow\theta_۲=۱۵^\circ C$$

B ۱۱۸۷ ۴ اگر جرم آب با دمای $۹^\circ C$ را m گرم در نظر بگیریم، مقدار گرمایی که ۷۵ گرم آب با دمای $۳۵^\circ C$ از دست می‌دهد با مقدار گرمایی که m گرم آب با دمای $۹^\circ C$ جذب می‌کند برابر است؛ بنابراین:

قسمت اول: شرط تعادلی دمایی: $|Q_۱|=|Q_۲|\xrightarrow{Q=m.c.\Delta\theta} m\times c_{آب}\times(۱۹-۹)=|۷۵\times c_{آب}\times(۱۹-۳۵)|\Rightarrow m=\frac{۷۵\times c_{آب}\times ۱۶}{c_{آب}\times ۱۰}=۱۲۰g$

با توجه به اینکه چگالی آب برابر $۱g.mL^{-۱}$ است، پس حجم آب اضافه شده برابر ۱۲۰mL می‌باشد.

قسمت دوم: جرم نهایی نمونهٔ آب برابر ۱۹۵ (۷۵+۱۲۰) است. $Q=m.c.\Delta\theta=۱۹۵\times۴/۲\times(۴۴-۱۹)=۲۰۴۷۵J=۲۰/۴۷۵kJ$

B ۱۱۸۸ ۳ فرض می‌کنیم در آلیاژ مورد نظر، x مول تیتانیم و y مول نقره وجود دارد. بر این اساس جرم دو فلز را حساب می‌کنیم:

$$I)\ \text{درصد مولی Ti}=\frac{x}{x+y}\times ۱۰۰=۶۰\Rightarrow x=۰/۶x+۰/۶y\Rightarrow x=۱/۵y$$

$$II)\ ۴۸x+۱۰۸y=۵۰۰g\xrightarrow{(I)}۴۸(۱/۵y)+۱۰۸y=۵۰۰\Rightarrow x=\frac{۵۰۰}{۱۲}mol\,,\ y=\frac{۵۰۰}{۱۸}mol$$

حال جرم نقره و تیتانیم را در آلیاژ به دست می‌آوریم: $m_{Ti}=۴۸\times\frac{۵۰۰}{۱۲}=۲۰۰g\,,\ m_{Ag}=۵۰۰-۲۰۰=۳۰۰g$

در نهایت نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{آب}+Q_{آلیاژ}=۰\Rightarrow m_{آب}C_{آب}(\theta_۲-\theta_۱)+(m_{Ti}c_{Ti}+m_{Ag}c_{Ag})(\theta_۲-\theta'_۱)=۰$$

$$\Rightarrow(۱۰\times۱۰۰)\times۴/۲\times(\underbrace{\theta_۲-۲۰}_{\text{افزایش دمای آب}})+((۲۰۰۰\times۰/۷)+(۳۰۰۰\times۰/۲۵))(\underbrace{\theta_۲-۱۸۰}_{\text{کاهش دمای آلیاژ}})=۰\Rightarrow\frac{|\Delta\theta_{آلیاژ}|}{\Delta\theta_{آب}}=\frac{۴۲۰۰۰}{۱۴۰۰+۷۵۰}\simeq ۱۹/۵۳$$

B ۱۱۸۹ ۱ چنان‌چه گرمای آزاد شده از فلز به اندازهٔ گرمای جذب شده توسط روغن باشد، یعنی «$Q_{روغن}=-Q_{فلز}$»، مجموع تغییرات گرمایی ورقهٔ فلزی و روغن صفر خواهد بود.

$$Q_{روغن}=-Q_{فلز}\Rightarrow Q_{روغن}+Q_{فلز}=۰$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): چون آب ظرفیت گرمایی ویژهٔ بالاتری نسبت به روغن دارد، به ازای دریافت مقدار یکسانی از گرما، دمای آن کمتر افزایش پیدا می‌کند؛ در نتیجه دمای پایانی آب کمتر از روغن خواهد بود. گزینه‌های (۳) و (۴): در تعادل‌های گرمایی، دمای تعادلی به دمای ماده‌ای نزدیک‌تر است که ظرفیت گرمایی بالاتری دارد:

$$C_{فلز}=m_{فلز}\times c_{فلز}=(۴۰\times۱۰^۳)\times۰/۵=۲\times۱۰^۴\,J.^\circ C^{-۱}\,,\ C_{روغن}=m_{روغن}\times c_{روغن}=(۱۵۰\times۱۰^۳)\times۲/۵=۳/۷۵\times۱۰^۵\,J.^\circ C^{-۱}$$

از آنجا که ظرفیت گرمایی روغن بیشتر است، پس دمای تعادل به دمای روغن نزدیک‌تر خواهد بود و در این فرایند، تغییرات دمایی ورقهٔ فلزی بیشتر از تغییرات دمایی روغن می‌باشد.

B ۱۱۹۰ ۴

نکته‌ترکیبی دریافت گرما یا از دست دادن آن از سوی دو یا چند جسم: در برخی مسائل، به مخلوطی از چند ماده مقداری گرما داده می‌شود یا تحت شرایطی این مواد مقداری گرما از دست می‌دهند. رابطهٔ مقابل بین گرمای مبادله شده برقرار است: $Q_{کل}=Q_۱+Q_۲+Q_۳+\cdots$

توجه کنید که در این رابطه دمای اولیهٔ مواد $\theta_۱$ و دمای نهایی آن‌ها $\theta_۲$ است: $Q_{کل}=m_۱c_۱(\theta_۲-\theta_۱)+m_۲c_۲(\theta_۲-\theta_۱)+m_۳c_۳(\theta_۲-\theta_۱)+\cdots$

قسمت اول: فرض می‌کنیم آلیاژ برنز دارای m گرم فلز قلع است، پس جرم فلز مس برابر با (۱۵۰−m) گرم خواهد بود. حال به کمک رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$، گرمای آزاد شده توسط این دو فلز را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{قلع}=m.c_{قلع}.\Delta\theta=m\times۰/۲۱\times(۳۵-۹۵)=-۱۲/۶m$$

$$Q_{مس}=(۱۵۰-m)\times c_{مس}\times\Delta\theta=(۱۵۰-m)\times۰/۳۸\times(۳۵-۹۵)=۲۲/۸m-۳۴۲۰$$

گرمای آزاد شده توسط آلیاژ، برابر مجموع این دو گرما است: $Q_{\text{آلیاژ}}=Q_{\text{مس}}+Q_{\text{قلع}}\Rightarrow -۳۱۱۴=۲۲/۸m-۳۴۲۰-۱۲/۶m\Rightarrow ۳۰۶=۱۰/۲m\Rightarrow m=۳۰g$

اکنون درصد جرمی فلز قلع در این آلیاژ را محاسبه می‌کنیم: $\text{درصد جرمی قلع در آلیاژ}=\frac{\text{جرم قلع}}{\text{جرم آلیاژ}}\times ۱۰۰=\frac{۳۰}{۱۵۰}\times ۱۰۰=٪۲۰$

قسمت دوم: ظرفیت گرمایی این آلیاژ برابر است با: $(m_{Sn}.C_{Sn})+(m_{Cu}.C_{Cu})=(۳۰\times ۰/۲۱)+(۱۲۰\times ۰/۳۸)=۵۱/۹J.g^{-۱}$

B ۱۱۹۱ ۴ ابتدا جرم آب و اتیلن گلیکول را محاسبه می‌کنیم:

$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow m_{\text{آب}}=۵L\times ۱\,kg.L^{-۱}=۵kg=۵۰۰۰g\,,\,m_{\text{اتیلن گلیکول}}=۲L\times ۱/۱\,kg.L^{-۱}=۲/۲kg=۲۲۰۰g$

سپس گرمای لازم برای افزایش دمای هر کدام را به اندازهٔ $۲۰^\circ C$ به دست می‌آوریم:

$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow Q_{\text{آب}}=۵۰۰۰\times ۴/۲\times ۲۰=۴۲۰۰۰۰J=۴۲۰kJ\,,\,Q_{\text{اتیلن گلیکول}}=۲۲۰۰\times ۲/۴\times ۲۰=۱۰۵۶۰۰J=۱۰۵/۶kJ$

در آخر مجموع گرمای لازم را محاسبه می‌کنیم: $Q_{\text{کل}}=Q_{\text{آب}}+Q_{\text{اتیلن گلیکول}}=۴۲۰+۱۰۵/۶=۵۲۵/۶kJ$

B ۱۱۹۲ ۳ ابتدا به کمک رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$ جرم اتانول را به‌دست می‌آوریم و سپس به کمک آن، جرم گلوکز را محاسبه می‌کنیم:

$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow ۱۶۷۶/۷=m\times ۲/۴۳\times(۴۲-۱۲)\Rightarrow m=۲۳g$

قسمت اول: در هر مولکول اتانول $(C_۲H_۵OH)$، ۶ اتم هیدروژن وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

$?\,atom\,H=۲۳g\,C_۲H_۵OH\times\frac{۱\,mol\,C_۲H_۵OH}{۴۶g\,C_۲H_۵OH}\times\frac{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}\,molecule}{۱\,mol\,C_۲H_۵OH}\times\frac{۶atom\,H}{۱\,molecule}\simeq ۱/۸\times ۱۰^{۲۴}\,atom\,H$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز به‌صورت مقابل است: $C_۶H_{۱۲}O_۶(aq)\rightarrow ۲C_۲H_۶O(aq)+۲CO_۲(g)$

$?\,g\,\text{گلوکز}=۲۳g\,C_۲H_۵OH\times\frac{۱\,mol\,C_۲H_۵OH}{۴۶g\,C_۲H_۵OH}\times\frac{۱\,mol\,\text{گلوکز}}{۲mol\,C_۲H_۵OH}\times\frac{۱۸۰g\,\text{گلوکز}}{۱\,mol\,\text{گلوکز}}=۴۵g\,\text{گلوکز}$

B ۱۱۹۳ ۲ ۰/۳ مول رسوب معادل با ۳۰ گرم است؛ بر این اساس تغییر دمای محلول را حساب می‌کنیم. انحلال‌پذیری نمک در دمای $۹۰^\circ C$ برابر است با:

$s=(۰/۴\times ۹۰)+۳۰=۶۶g/۱۰۰g\,H_۲O$

حال از روی جرم رسوب، انحلال‌پذیری در دمای ثانویه را حساب می‌کنیم:

$\text{جرم رسوب}=\frac{\text{مقدار انحلال‌پذیری در دمای ثانویه}-\text{مقدار انحلال‌پذیری در دمای اولیه}}{\text{مقدار انحلال‌پذیری در دمای اولیه}+۱۰۰}\times\text{جرم محلول}\Rightarrow ۳۰=\frac{۶۶-x}{۱۰۰+۶۶}\times ۴۱۵\Rightarrow x=۵۴g$

از روی انحلال‌پذیری، دمای ثانویه را به دست می‌آوریم: $S=۰/۴\theta+۳۰=۵۴\Rightarrow\theta=۶۰^\circ C$

گرمای گرفته شده از محلول را محاسبه می‌کنیم: $Q=mc\Delta\theta=۴۱۵\times ۴\times(۹۰-۶۰)=۴۹۸۰۰J\times\frac{۱kJ}{۱۰^۳J}=۴۹/۸kJ$

در نهایت مقدار آب مورد نیاز برای حل شدن ۳۰ گرم نمک در دمای $۶۰^\circ C$ را حساب می‌کنیم: $۳۰\times\frac{۱۰۰}{۵۴}\simeq ۵۵/۵g\,H_۲O$

C ۱۱۹۴ ۳ قسمت اول: ابتدا به کمک رابطهٔ $Q=m.c.\Delta\theta$، مقدار عملی گاز $CO_۲$ را به‌دست می‌آوریم:

$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow ۶۴۶/۸=m\times ۰/۸۴\times ۵\Rightarrow m=۱۵۴g$

فرمول عمومی آلکان‌ها به‌صورت $C_nH_{۲n+۲}$ است، پس فرمول آلکانی با ۱۶ اتم هیدروژن به‌صورت $C_۷H_{۱۶}$ است و معادلهٔ موازنه‌شدهٔ سوختن آن به‌صورت زیر است:

$C_۷H_{۱۶}+۱۱O_۲\rightarrow ۷CO_۲+۸H_۲O$

ابتدا به کمک استوکیومتری، مقدار نظری $CO_۲$ را به‌دست می‌آوریم و سپس به کمک مقدار عملی آن، بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

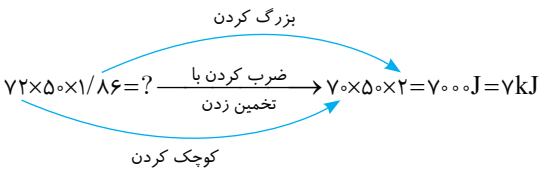
$?\,g\,CO_۲(\text{مقدار نظری})=۴۰۰g\,C_۷H_{۱۶}\times\frac{۱\,mol\,C_۷H_{۱۶}}{۱۰۰g\,C_۷H_{۱۶}}\times\frac{۷\,mol\,CO_۲}{۱\,mol\,C_۷H_{۱۶}}\times\frac{۴۴g\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=۱۲۳۲g\,CO_۲$

$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times ۱۰۰=\frac{۱۵۴}{۱۲۳۲}\times ۱۰۰=٪۱۲/۵$

قسمت دوم: ابتدا باید جرم بخار آب تولید شده در این واکنش را به‌دست آوریم:

$?\,g\,H_۲O=۱۵۴g\,CO_۲\times\frac{۱\,mol\,CO_۲}{۴۴g\,CO_۲}\times\frac{۸mol\,H_۲O}{۷mol\,CO_۲}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱\,mol\,H_۲O}=۷۲gH_۲O\rightarrow Q=mc\Delta\theta\Rightarrow Q=۷۲\times ۵۰\times ۱/۸۶=۶۶۹۶J\simeq ۶/۷kJ$

توضیح محاسبات پاسخ نزدیک به عدد ۷ است. (پاسخ ۶/۷)



۱۱۹۵ **۲** ابتدا از گرمای داده شده و تغییرات دمای H_2O و CO_2، جرم آن‌ها را به دست می‌آوریم:

محاسبهٔ جرم آب تولیدی: $Q=mc\Delta\theta \Rightarrow ۲۱۶۰=m_{H_2O}\times ۲\times ۱۰ \Rightarrow m_{H_2O}=۱۰۸g$

محاسبهٔ جرم CO_2 تولیدی: $Q=mc\Delta\theta=۴۲۲۴=m_{CO_2}\times ۰/۸\times ۱۵ \Rightarrow m_{CO_2}=۳۵۲g$

اکنون از طریق جرم H_2O و CO_2 به دست آمده، می‌توان جرم اولیهٔ مخلوط $CaCO_3$ و $NaHCO_3$ را به دست آورد. از آنجا که H_2O فقط در واکنش تجزیهٔ $NaHCO_3$ تولید می‌شود، پس از جرم آب تولیدی به راحتی می‌توان جرم $NaHCO_3$ تجزیه شده را به‌دست آورد:

$$?\,g\,NaHCO_3=۱۰۸g\,H_2O\times\frac{۱\,mol\,H_2O}{۱۸g\,H_2O}\times\frac{۲mol\,NaHCO_3}{۱\,mol\,H_2O}\times\frac{۸۴g\,NaHCO_3}{۱\,mol\,NaHCO_3}=۱۰۰۸g\,NaHCO_3$$

جرم CO_2 به دست آمده با مجموع جرم CO_2 تولید شده در واکنش (I) و (II) برابر است؛ بنابراین از جرم آب تولیدی، جرم CO_2 حاصل از واکنش تجزیهٔ $NaHCO_3$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_2(I)=۱۰۸g\,H_2O\times\frac{۱\,mol\,H_2O}{۱۸g\,H_2O}\times\frac{۱\,mol\,CO_2}{۱\,mol\,H_2O}\times\frac{۴۴g\,CO_2}{۱\,mol\,CO_2}=۲۶۴g\,CO_2 \quad (I)$$

بنابراین جرم CO_2 تولید شده در واکنش دوم برابر $۸۸g$ $(۳۵۲-۲۶۴)$ است. اکنون از جرم CO_2 تولیدی در واکنش (II)، جرم $CaCO_3$ را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,CaCO_3=۸۸g\,CO_2\times\frac{۱\,mol\,CO_2}{۴۴g\,CO_2}\times\frac{۱\,mol\,CaCO_3}{۱\,mol\,CO_2}\times\frac{۱۰۰g\,CaCO_3}{۱\,mol\,CaCO_3}=۲۰۰g\,CaCO_3$$

پس جرم مخلوط اولیه برابر است با: جرم مخلوط $NaHCO_3$ و $CaCO_3=۲۰۰g+۱۰۰۸g=۱۲۰۸g$

۱۱۹۶ **۱** ابتدا به کمک رابطهٔ تعادل گرمایی، جرم آب اضافه شده به نمونهٔ حاوی آب و آلومینیم را به دست می‌آوریم: $Q_{(۱)\,آب}+Q_{(۲)\,آب}+Q_{Al}=۰$

$$(m_{(۱)\,آب}\times c_{(۱)\,آب}+\Delta\theta_{(۱)\,آب})+(m_{(۲)\,آب}\times c_{(۲)\,آب}+\Delta\theta_{(۲)\,آب})+(m_{Al}\times c_{Al}\times\Delta\theta_{Al})=۰$$

$$\Rightarrow(۱۰۰\times ۴/۲\times(۴۵-۲۷))+(m_{(۲)\,آب}\times ۴/۲\times(۴۵-۵۰))+(۲۰\times ۰/۹\times(۴۵-۱۰۰))=۰$$

$$\Rightarrow ۷۵۶۰-۲۱m_{(۲)\,آب}-۹۹۰=۰ \Rightarrow ۲۱m_{(۲)\,آب}=۶۵۷۰ \Rightarrow m_{(۲)\,آب}\simeq ۳۱۳g$$

اکنون درصد جرمی Al در مخلوط نهایی را محاسبه می‌کنیم: $\text{درصد جرمی Al در مخلوط نهایی}=\frac{\text{جرم Al}}{\text{جرم کل مخلوط}}\times ۱۰۰ \Rightarrow ٪Al=\frac{۲۰}{۲۰+۱۰۰+۳۱۳}\times ۱۰۰\simeq ٪۴/۶$

۱۱۹۷ **۳** با محاسبهٔ درصد جرمی اتانول، جرم آن را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times ۱۰}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow ۵=\frac{۱۰\times a\times ۱/۱۵}{۴۶} \Rightarrow a=٪۲۰$$

$$\text{درصد جرمی اتانول}=\frac{\text{جرم اتانول}}{\text{جرم کل}}\times ۱۰۰ \Rightarrow ۲۰=\frac{x}{۹۲۰+x}\times ۱۰۰ \Rightarrow x=\frac{۱۸۴۰۰}{۸۰}=۲۳۰g \text{ اتانول}$$

حال دمای اولیهٔ اتانول را به دست می‌آوریم:

$$Q_{آب}+Q_{اتانول}=۰ \Rightarrow m_{آب}c_{آب}(\theta_۲-\theta_۱)+m_{اتانول}c_{اتانول}(\theta_۲-\theta'_۱)=۰ \Rightarrow ۹۲۰\times ۴/۲\times(۳۶-۴۰)+۲۳۰\times ۲/۴\times(۳۶-\theta'_۱)=۰$$

$$\Rightarrow ۱۹۸۷۲-۵۵۲\theta'_۱=۱۵۴۵۶ \Rightarrow \theta'_۱=۸^\circ C$$

بنابراین دمای اولیهٔ اتانول بر حسب کلوین برابر است با: $T=\theta+۲۷۳ \Rightarrow T=۸+۲۷۳=۲۸۱K$

معادلهٔ واکنش تولید اتانول از گاز اتن به صورت مقابل است: $C_2H_4(g)+H_2O(l)\rightarrow C_2H_5OH(l)$

حجم گاز اتن مورد نیاز را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۲۳۰g\,C_2H_5OH\times\frac{۱\,mol\,C_2H_5OH}{۴۶g\,C_2H_5OH}\times\frac{۱\,mol\,C_2H_4}{۱\,mol\,C_2H_5OH}\times\frac{۲۲/۴L\,C_2H_4}{۱\,mol\,C_2H_4}=۱۱۲L\,C_2H_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتانول}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم اتن}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۲۳۰}{۱\times ۴۶}=\frac{x}{۱\times ۲۲/۴} \Rightarrow x=۱۱۲L$$

۱۱۹۸ **۴** در فرایندهای گرماگیر، گرما از محیط به سامانه وارد می‌شود و معادلهٔ چنین فرایندهایی به صورت مقابل است: حالت (۱) $+Q\rightarrow$ حالت (۲)

۱۱۹۹ **۲** عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرایند هم‌دما شدن بستنی با بدن با جذب انرژی همراه بوده و فرایندی گرماگیر است. $(Q>۰, \Delta\theta>۰)$ عبارت (پ): در این فرایند انرژی از سامانه (شیر) به محیط (بدن) جاری می‌شود و دمای سامانه کاهش می‌یابد. بنابراین تغییر دما در این سامانه منفی است $(\Delta\theta<۰)$ و با فرایند گرماده $(Q<۰)$ سروکار داریم. عبارت (ت): واکنش‌های گرماده با تولید گرما همراه هستند و در معادلهٔ این واکنش‌ها، گرما در سمت راست واکنش نوشته می‌شود.

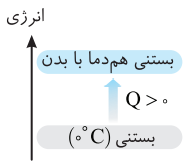
۱۲۰۰ **۲** عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. بخش عمدهٔ انرژی موجود در شیر هنگام فرایند گوارش و سوخت و ساز به بدن می‌رسد. مجموعهٔ واکنش‌های این فرایند، واکنش‌هایی گرماده $(Q<۰)$ هستند که انرژی مورد نیاز برای متابولیسم یاخته‌ها را تأمین می‌کنند. توجه کنید که علامت Q در سمت راست معادلهٔ این واکنش‌ها قرار می‌گیرد. و سطح انرژی فراورده‌های حاصل پایین‌تر از شیر است. همچنین توجه کنید که فرایند گوارش و سوخت و ساز در بدن در دمای ثابت انجام می‌شود، پس در این فرایند که گرماده است، $\Delta\theta=۰$ می‌باشد.

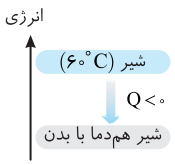
A ۱۲۰۱ ۳ در این فرایند علامت Q منفی است، پس انرژی از سامانه به محیط منتقل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در واکنش‌های گرماگیر، انرژی از محیط به سامانه جاری می‌شود و علامت Q همواره مثبت است، اما دما ممکن است ثابت باشد.

* **توجه** مبنای گرماده یا گرماگیر بودن واکنش‌ها، جهت تبادل انرژی (گرما) بین محیط و سامانه است.

گزینهٔ (۲): گرمای مبادله شده در واکنش‌ها ناشی از عوامل مختلفی از جمله تفاوت انرژی گرمایی و تفاوت انرژی پتانسیل ذره‌ها، پیش و پس از فرایند است. مثلاً توجه کنید که در فرایند هم‌دما شدن شیر داغ با بدن، تبادل گرما ناشی از تفاوت دما است در حالی‌که در واکنش سوخت و ساز شیر در بدن، دما ثابت است و انرژی گرمایی ذره‌های واکنش‌دهنده و فراورده، تفاوت چندانی ندارد بلکه گرمای آزاد شده ناشی از تفاوت انرژی پتانسیل شیمیایی شیر $(37^\circ C)$ و فراورده $(37^\circ C)$ است. گزینهٔ (۴): بخش عمدهٔ انرژی شیر داغ هنگام فرایند گوارش و سوخت‌وساز در بدن به سلول‌ها می‌رسد.

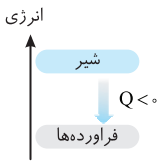
B ۱۲۰۲ ۱ فقط عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در فرایند (I)، شیر $60^\circ C$، مقداری گرما از دست داده تا با بدن هم دما شود و در فرایند (II) بستنی با جذب گرما با بدن هم‌دما می‌شود.





عبارت دوم: دقت کنید که بخش عمدهٔ انرژی موجود در شیر و بستنی، طی فرایند گوارش در بدن مبادله می‌شود.
عبارت سوم: طی گوارش شیر و بستنی در بدن، انرژی شیمیایی (پتانسیل) موجود در این دو ماده آزاد شده و تغییری در انرژی جنبشی مواد و در نتیجه دمای آن‌ها حاصل نمی‌شود. عبارت چهارم: در گوارش شیر همانند گوارش بستنی، انرژی نهفته در این دو ماده آزاد می‌شود و فرایند گوارش هر دو ماده در بدن، گرماده $(Q<0)$ است.

B ۱۲۰۳ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دما، توصیفی از میانگین انرژی جنبشی ذرات سازندهٔ یک ماده است. با توجه به ثابت بودن دما، بنابراین میانگین انرژی جنبشی ذرات نیز ثابت است. اما توجه کنید که مجموع انرژی جنبشی ذرات سازندهٔ یک ماده، افزون بر دما، به مقدار آن ماده نیز وابسته است. عبارت (ب): ظرفیت گرمایی همانند ظرفیت گرمایی ویژه به نوع ماده، فشار و حالت فیزیکی و برخلاف آن به مقدار ماده بستگی دارد. عبارت (پ): فرایند گوارش شیر و بستنی در بدن، گرماده بوده و به همین دلیل سطح انرژی فراورده‌ها به نسبت مواد اولیه کمتر است. عبارت (ت): دقت کنید که فرایند گوارش شیر در بدن گرماده بوده و سطح انرژی فراورده‌ها از شیر $37^\circ C$ کمتر است و بخش عمدهٔ انرژی شیر طی این فرایند آزاد می‌شود.



C ۱۲۰۴ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دقت کنید که گرمای ویژهٔ یک ماده، تنها وابسته به نوع آن است و ارتباطی با جرم مولی آن ندارد. عبارت (ب): با توجه به اطلاعات داده شده، داریم:

$$M_A = 12 g.mol^{-1},\ M_B = 48 g.mol^{-1},\ c_A = 4c_B,\ n_A = n_B$$

$$Q_A = Q_B \xrightarrow{Q=mc\Delta\theta} m_A \times c_A \times \Delta\theta_A = m_B \times c_B \times \Delta\theta_B \xrightarrow[c_A=4c_B]{n=\frac{m}{M}} n_A \times 12 \times 4c_B \times \Delta\theta_A = n_B \times 48 \times c_B \times \Delta\theta_B$$

$$\xrightarrow{n_A=n_B} \Delta\theta_A = \Delta\theta_B$$

عبارت (پ): شیر گرم در فرایند هم‌دما شدن با بدن و همچنین گوارش، گرما از دست می‌دهد؛ بنابراین بدن گرما جذب کرده و اگر بدن را سامانه در نظر بگیریم، $Q>0$ است.
عبارت (ت): شمار پیوندهای دوگانه و میزان سیرنشده بودن در روغن بیشتر از چربی است. به همین دلیل واکنش‌پذیری روغن، بیشتر از چربی است.

A ۱۲۰۵ ۳ هر واکنش شیمیایی ممکن است با تغییر رنگ، تولید رسوب، آزاد شدن گاز و ایجاد نور و صدا همراه باشد اما یک ویژگی بنیادی در همهٔ آن‌ها، داد و ستد گرما با محیط پیرامون است. از این‌رو هر واکنش شیمیایی ممکن است گرماده یا گرماگیر باشد.

A ۱۲۰۶ ۳ ترموشیمی (گرماشیمی) شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می‌پردازد. توجه کنید که مطالعهٔ سرعت تبادل گرما در واکنش‌ها و عوامل مؤثر بر آن در شاخهٔ دیگری از شیمی به نام سینتیک شیمیایی بررسی می‌شود.

A ۱۲۰۷ ۱ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): مقدار گرمای آزاد شده در واکنش‌ها در دمای ثابت، ناشی از تفاوت انرژی گرمایی در مواد واکنش‌دهنده و فراورده نیست، زیرا در دمای ثابت تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آن‌ها وجود ندارد. عبارت (پ): در برخی منابع انرژی پتانسیل موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی شیمیایی یاد می‌شود. انرژی پتانسیل یک ماده، انرژی نهفته شده در آن است و ناشی از نیروهای نگهدارندهٔ ذره‌های سازندهٔ آن می‌باشد. توجه کنید که مجموع انرژی‌های جنبشی ذره‌های یک ماده هم‌ارز با انرژی گرمایی آن ماده است. عبارت (ث): در یک واکنش گرماده دمای فرآورده‌ها می‌تواند پایین‌تر یا برابر با دمای واکنش‌دهنده‌ها باشد.

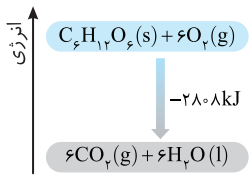
B ۱۲۰۸ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در این سامانه هنگامی که دما پس از انجام واکنش به $25^\circ C$ می‌رسد، گرمای آزاد شده به ازای تولید ۲ مول گاز هیدروژن کلرید برابر $184 kJ$ است.

$$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g) + 184 kJ$$

گزینهٔ (۲): با توجه به گرماده بودن واکنش، سطح انرژی فراورده کمتر از واکنش‌دهنده‌هاست و پایداری آن بیشتر است.

* **توجه** سطح انرژی با پایداری رابطهٔ عکس دارد، به‌طوری‌که هر چه سطح انرژی ماده بالاتر باشد، آن ماده ناپایدارتر است.

گزینهٔ (۳): در واکنش‌هایی که در دمای ثابت انجام می‌شوند، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها وجود ندارد. گزینهٔ (۴): مطابق واکنش $H-H(g) + Cl-Cl(g) \rightarrow 2H-Cl(g)$ در هر مولکول از این مواد، دو اتم با یک پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل‌اند، اما نوع اتم‌های متصل در هر مولکول متفاوت با دیگری است. پس نیروهای نگهدارندهٔ اتم‌ها در مولکول و در نتیجه استحکام پیوندها با یکدیگر متفاوت می‌باشد.



B ۱۲۰۹ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): واکنش اکسایش گلوکز در بدن یک واکنش گرماده $(Q<۰)$ است و با تولید انرژی همراه است. نمودار این واکنش را می‌توان به‌صورت مقابل نمایش داد. در این واکنش دمای مواد واکنش‌دهنده با دمای مواد فراورده برابر است $(\Delta\theta=۰)$، زیرا دمای بدن تغییر محسوسی نمی‌کند. در واقع واکنش در دمای ثابت انجام می‌شود. گزینهٔ (۲): در دمای ثابت، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها وجود ندارد، بلکه با انجام واکنش شیمیایی و تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آن‌ها ایجاد شده که به شکل گرما ظاهر می‌شود. گزینهٔ (۳): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت مقابل است:

$$C_۶H_{۱۲}O_۶(s)+۶O_۲(g)\rightarrow ۶CO_۲(g)+۶H_۲O(l)$$

گزینهٔ (۴): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ بالا داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,CO_۲=۲/۲۵g\,C_۶H_{۱۲}O_۶\times\frac{۱mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱۸۰g\,C_۶H_{۱۲}O_۶}\times\frac{۶mol\,CO_۲}{۱mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}\times\frac{۲۲/۴L\,CO_۲}{۱mol\,CO_۲}=۱/۶۸L\,CO_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم گلوکز مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم }CO_۲\text{ تولیدی}}{۲۲/۴\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۲/۲۵}{۱\times۱۸۰}=\frac{x\,L\,CO_۲}{۶\times۲۲/۴}\Rightarrow x=۱/۶۸L\,CO_۲$$

B ۱۲۱۰ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت دوم: توجه کنید که تغییر حالت ماده از گاز به جامد را چگالش و از جامد به گاز را فرازش می‌گویند. همچنین تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است. عبارت سوم: فراوردهٔ واکنش مورد نظر، مولکول‌های $H_۲O$ است که قطبی بوده و توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های آن وجود دارد. در مقابل مولکول‌های $O_۲$ و $H_۲$ ناقطبی بوده و نیروهای بین‌مولکولی در میان آن‌ها ضعیف است؛ پس مجموع نیروهای جاذبهٔ بین‌اتمی و بین‌مولکولی در مولکول‌های فراورده $(H_۲O)$ بیشتر از واکنش‌دهنده‌هاست. عبارت چهارم: یکی از ویژگی‌های بنیادی همهٔ واکنش‌های شیمیایی، داد و ستد گرما است. شیمی‌دان‌ها گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش‌شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فراورده می‌دانند که اگر واکنش در دمای ثابت $(\Delta\theta=۰)$ انجام شود، در این واکنش گرما مبادله می‌شود که به دلیل تغییر در انرژی پتانسیل مواد شرکت کننده در واکنش است.

B ۱۲۱۱ ۱ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): به ازای انحلال هر مول کلسیم کلرید در آب، $۸۳kJ$ گرما آزاد و به ازای انحلال هر مول آمونیوم نیترات در آب، $۲۶kJ$ گرما از محیط جذب می‌شود؛ بنابراین در اثر انحلال، مخلوطی با نسبت مولی برابر از این دو ماده در آب گرما آزاد می‌شود. گزینهٔ (۲): واکنش انحلال آمونیوم نیترات در آب گرماگیر است و موجب سرد شدن محلول می‌شود. از آمونیوم نیترات در بسته‌های سرمازا استفاده می‌شود. گزینهٔ (۳): معادلهٔ گرماشیمیایی انحلال آمونیوم نیترات در آب به‌صورت زیر است:

$$NH_۴NO_۳(s)\xrightarrow{\text{آب}}NH_۴^+(aq)+NO_۳^-(aq)\ ,\ \Delta H=+۲۶kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=۰/۲mol\,NH_۴NO_۳\times\frac{۲۶kJ}{۱mol\,NH_۴NO_۳}=۵/۲kJ$$

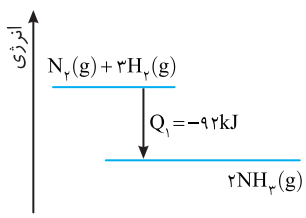
روش دوم (تناسب):

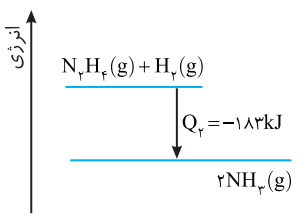
$$\frac{\text{تعداد مول }NH_۴NO_۳}{\text{ضریب}}=\frac{|Q|}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{۰/۲}{۱}=\frac{|Q|}{۲۶}\Rightarrow Q=۵/۲kJ$$

گزینهٔ (۴): از آنجایی که انحلال‌پذیری کلسیم کلرید در آب گرمازا است، بنابراین با افزایش دما انحلال‌پذیری آن کاهش می‌یابد، در حالی که انحلال‌پذیری اغلب نمک‌ها در آب گرماگیر است و با افزایش دما، انحلال‌پذیری آن‌ها افزایش می‌یابد.

★ **نکته** انحلال اغلب نمک‌ها مانند KCl، $KNO_۳$، $NH_۴NO_۳$ و ... در آب گرماگیر است و به همین دلیل با افزایش دما انحلال‌پذیری آن‌ها در آب افزایش می‌یابد. این در حالی است که انحلال نمک‌های $CaCl_۲$ و $Li_۲SO_۴$ در آب گرمازا بوده و با افزایش دما انحلال‌پذیری آن‌ها کاهش می‌یابد.

B ۱۲۱۲ ۲ هر دو واکنش گرماده هستند و آمونیاک $(NH_۳)$ فراوردهٔ مشترک آن‌هاست. معادلهٔ واکنش‌ها و نمودار انرژی آن‌ها به‌صورت زیر است:





$$I)\ N_۲(g)+۳H_۲(g)\xrightarrow{۲۵^\circ C}۲NH_۳(g)+۹۲kJ$$

$$II)\ N_۲H_۴(g)+H_۲(g)\xrightarrow{۲۵^\circ C}۲NH_۳(g)+۱۸۳kJ$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه واکنش‌ها در دمای ثابت انجام شده‌اند، پس گرمای مبادله‌شده در دو واکنش به‌طور عمده ناشی از تفاوت انرژی پتانسیل واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌های موجود در آن‌ها است. گزینهٔ (۲): تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها با فراورده در واکنش (I) کمتر از واکنش (II) است، پس پایداری واکنش‌دهنده‌های واکنش (I) بیشتر از واکنش‌دهنده‌های واکنش (II) است. گزینهٔ (۳): هر دو واکنش گرماده هستند و علامت Q در سمت راست معادلهٔ آن‌ها قرار دارد. گزینهٔ (۴): شیمی‌دان‌ها گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به‌طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش‌دهنده و فراورده می‌دانند. این انرژی ناشی از نیروهای نگهدارندهٔ ذره‌های سازندهٔ آن‌هاست.

B ۱۲۱۳ ۱ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل داده شده نشان‌دهندهٔ دو آلوتروپ عنصر کربن است. کربن در طبیعت دارای سه ایزوتوپ ^{12}C، ^{13}C و ^{14}C است که درصد فراوانی ^{12}C حدود ۹۹٪ بوده و بیشترین فراوانی را به خود اختصاص می‌دهد. این ایزوتوپ معیار سنجش جرم اتمی است، به‌طوری‌که هر واحد جرم اتمی (amu)، معادل $\frac{1}{12}$ جرم اتمی ^{12}C است. عبارت‌های (ب) و (پ): آلوتروپ (۱) گرافیت و آلوتروپ (۲) الماس است. سطح انرژی الماس بیشتر از گرافیت بوده و گرافیت پایدارتر از الماس است، در نتیجه از سوختن یک مول الماس، گرمای بیشتری آزاد می‌شود. عبارت (ت): سطح انرژی الماس بیشتر از گرافیت است، پس گرافیت برای تبدیل شدن به الماس، باید گرما بگیرد و علامت Q در این واکنش مثبت است.

$$C(s, \text{گرافیت}) + ۱/۹kJ \rightarrow C(s, \text{الماس})$$

B ۱۲۱۴ ۳ در واکنش‌های گرماده، واکنش‌دهنده‌ها با از دست دادن انرژی به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند، پس سطح انرژی فراورده‌ها کمتر و میزان پایداری آن‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌هاست. حال به بررسی واکنش‌ها می‌پردازیم:

واکنش اکسایش گلوکز در بدن گرماده است: $C_۶H_{۱۲}O_۶(s) + ۶O_۲(g) \rightarrow ۶CO_۲(g) + ۶H_۲O(l) + ۲۸۰۸kJ$

واکنش گازهای هیدروژن و کلر گرماده است: $H_۲(g) + Cl_۲(g) \rightarrow ۲HCl(g) + ۱۸۴kJ$

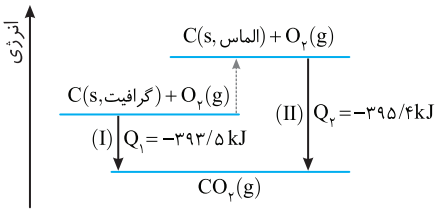
واکنش تبدیل گرافیت به الماس گرماگیر است: $C(s, \text{گرافیت}) + ۱/۹kJ \rightarrow C(s, \text{الماس})$

واکنش تولید آمونیاک از هیدروژن و هیدرازین گرماده است: $N_۲H_۴(g) + H_۲(g) \rightarrow ۲NH_۳(g) + ۱۸۳kJ$

واکنش سوختن گاز هیدروژن گرماده است: $۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(l) + ۵۷۲kJ$

بنابراین همهٔ واکنش‌ها به‌جز واکنش تبدیل گرافیت به الماس گرماده هستند و پایداری فراورده‌ها در آن‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌هاست.

* **توجه** به کمک واکنش‌های سوختن الماس و گرافیت و نمودار انرژی مربوط به آن‌ها می‌توان پی برد که سطح انرژی یک مول الماس به اندازهٔ ۱/۹ کیلوژول بیشتر از یک مول گرافیت است، پس گرافیت پایدارتر از الماس است و واکنش تبدیل گرافیت به الماس گرماگیر خواهد بود.



I) $C(s, \text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۳۹۳/۵kJ$

II) $C(s, \text{الماس}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۳۹۵/۴kJ$

III) $C(s, \text{گرافیت}) + ۱/۹kJ \rightarrow C(s, \text{الماس})$

B ۱۲۱۵ ۱ معادلهٔ واکنش به صورت مقابل است: $N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightarrow ۲NH_۳(g) + Q$

ابتدا با توجه به حجم $H_۲$ مصرف شده و گرمای آزاد شده گرمای واکنش (Q) را به دست می‌آوریم، توجه کنید که گرمای این واکنش به ازای مصرف شدن ۳ مول $H_۲$ است.

$$Q = ۳mol\ H_۲ \times \frac{۲g\ H_۲}{۱mol\ H_۲} \times \frac{۱LH_۲}{۰/۰۸g\ H_۲} \times \frac{-۷/۴۴kJ}{۶L\ H_۲} = -۹۳kJ$$

در نهایت گرمای آزاد شده ضمن تولید ۱/۷ گرم آمونیاک را به دست می‌آوریم:

$$?kJ = ۱/۷g\ NH_۳ \times \frac{۱mol\ NH_۳}{۱۷g\ NH_۳} \times \frac{۹۳kJ}{۲mol\ NH_۳} = ۴/۶۵kJ$$

B ۱۲۱۶ ۲ ابتدا گرمای لازم برای تجزیهٔ ۲/۵ کیلوگرم کلسیم کربنات را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?kJ = ۲/۵kg\ CaCO_۳ \times \frac{۱۰۰۰g\ CaCO_۳}{۱kg\ CaCO_۳} \times \frac{۱mol\ CaCO_۳}{۱۰۰g\ CaCO_۳} \times \frac{۱۸۰kJ}{۱mol\ CaCO_۳} = ۴۵۰۰kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CaCO_۳}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{۲۵۰۰g}{۱\times۱۰۰} = \frac{Q}{۱۸۰} \Rightarrow Q = ۴۵۰۰kJ$$

سپس جرمی از متان که در واکنش اول باید بسوزد را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?g\ CH_۴ = ۴۵۰۰kJ \times \frac{۱۰۰kJ\ \text{تولیدی}}{۵۰kJ\ \text{مصرفی}} \times \frac{۱mol\ CH_۴}{۹۰۰kJ} \times \frac{۱۶g\ CH_۴}{۱mol\ CH_۴} = ۱۶۰g\ CH_۴$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CH_۴ \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{x\ g\ CH_۴ \times \frac{۵۰}{۱۰۰}}{۱\times۱۶} = \frac{۴۵۰۰}{۹۰۰} \Rightarrow x = ۱۶۰g\ CH_۴$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{۴۵۰۰\times۱۰۰\times۱۶}{۹۰۰\times۵۰} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{\overset{۵}{۴۵۰۰}\times۱۰۰\times\overset{۲}{۱۶}}{۹۰۰\times۵۰} = ۱۶۰$$

B ۱۲۱۷ ۳ ابتدا گرمای لازم برای گرم کردن ۰/۲ تن آب را حساب می‌کنیم. با توجه به اینکه ۲۰ درصد انرژی تلف می‌شود، خواهیم داشت:

$$Q = mc\Delta\theta = ۰/۲\times۱۰^۶g \times ۴/۲J.g^{-۱}.^\circ C^{-۱} \times ۵۰^\circ C = ۴۲\times۱۰^۳kJ \times \frac{۱۰۰}{۸۰} = ۵۲/۵\times۱۰^۳kJ$$

حال جرمی از پروپان که باید بسوزد تا $۵۲/۵\times۱۰^۳kJ$ انرژی تولید شود را محاسبه می‌کنیم: $C_۳H_۸(g) + ۵O_۲(g) \rightarrow ۳CO_۲(g) + ۴H_۲O(g) + ۲۲۰۰kJ$

روش اول (کسر تبدیل):

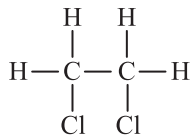
$$?\,g\,C_3H_8=52/5\times10^3\,kJ\times\frac{1\,mol\,C_3H_8}{2200\,kJ}\times\frac{44\,g\,C_3H_8}{1\,mol\,C_3H_8}=1050\,g\,C_3H_8$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم پروپان مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x\,g\,C_3H_8}{1\times44}=\frac{52/5\times10^3}{2200}\Rightarrow x=1050\,g\,C_3H_8$$

B ۱۲۱۸ ۲ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): مقدار گرمای آزاد شده در واکنش $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow2H_2O(l)$ باید بیشتر از مقدار گرمای آزاد شده در واکنش $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow2H_2O(g)$ باشد، زیرا در این واکنش مقداری گرمای اضافی بر اثر میعان آب آزاد می‌شود. گزینهٔ (۳): با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آن‌ها ایجاد می‌شود که در واکنش‌ها به شکل گرما ظاهر می‌شود. گزینهٔ (۴): در فرایندهای گرماگیر از محتوای انرژی محیط کاسته می‌شود. در میان این سه فرایند، فقط انحلال آمونیوم‌نیترات در آب گرماگیر است و دو واکنش دیگر گرماده هستند.

C ۱۲۱۹ ۲ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به تمرینات دوره‌ای فصل ۳ شیمی یازدهم، این واکنش در مجاورت کاتالیزگر $FeCl_3(s)$ انجام می‌شود. عبارت دوم: می‌دانیم که آلکن‌ها در واکنش با هالوژن‌ها به ترکیبات آلی سیرشده تبدیل می‌شوند؛ بنابراین نام فراوردهٔ حاصل «۱،۲-دی کلرو اتان» بوده و ساختار آن به صورت مقابل است:



عبارت سوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,Cl_2=24/75\,g\,C_2H_4Cl_2\times\frac{1\,mol\,C_2H_4Cl_2}{99\,g\,C_2H_4Cl_2}\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{1\,mol\,C_2H_4Cl_2}=0/25\,mol\,Cl_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول}\,Cl_2}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\,C_2H_4Cl_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,mol\,Cl_2}{1}=\frac{24/75}{1\times99}\Rightarrow x=0/25\,mol\,Cl_2$$

عبارت چهارم: با توجه به معادلهٔ واکنش، به ازای مصرف یک مول C_2H_4 که ۲۸ گرم و یک مول Cl_2 که ۷۱ گرم جرم دارد، ۱۷۸kJ گرما آزاد می‌شود. در واقع به ازای مصرف ۹۹ گرم از واکنش‌دهنده‌ها، ۱۷۸kJ گرما آزاد می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,\text{واکنش‌دهنده‌ها}=8/9\,kJ\times\frac{99\,g\,\text{واکنش‌دهنده‌ها}}{178\,kJ}=4/95\,g\,\text{واکنش‌دهنده‌ها}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها}}{\text{جرم مولی}}=\frac{|Q|}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{\text{مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها}}{99}=\frac{8/9}{178}\Rightarrow\text{مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها}=4/95\,g$$

C ۱۲۲۰ ۴ همهٔ موارد درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: به این دلیل که گرمای لازم برای تبخیر ۱g اتانول کمتر از ۱g آب است، نیروی بین‌مولکولی در اتانول ضعیف‌تر بوده و در اثر اعمال گرما، اتانول سریع‌تر شروع به تبخیر خواهد کرد. عبارت دوم: فرمول مولکولی اتانول به‌صورت C_2H_5OH است:

$$?\,kJ=0/5\,mol\,C_2H_5OH\times\frac{46\,g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH}\times\frac{840\,J}{1\,g\,C_2H_5OH}\times\frac{1\,kJ}{1000\,J}=19/32\,kJ$$

عبارت سوم: در اثر تبخیر یک مایع در سامانه‌ای که با محیط مبادلهٔ انرژی ندارد، دمای سامانه به تدریج کاهش می‌یابد؛ زیرا در این شرایط، گرمای لازم برای تبخیر مایع از درون سامانه تأمین می‌شود. در عبارت تست، اشاره‌ای به نوع سامانه نشده است؛ به همین دلیل این عبارت برای بسیاری از دانش‌آموزان ابهام داشت. عبارت چهارم:

ابتدا گرمای لازم برای تبخیر ۱ مول آب و ۱ مول اتانول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ\ (\text{آب})=1\,mol\,H_2O\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}\times\frac{2280\,J}{1\,g\,H_2O}\times\frac{1\,kJ}{1000\,J}=41/04\,kJ$$

$$?\,kJ(\text{اتانول})=1\,mol\,C_2H_5OH\times\frac{46\,g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH}\times\frac{840\,J}{1\,g\,C_2H_5OH}\times\frac{1\,kJ}{1000\,J}=38/64\,kJ$$

تفاوت گرمای تبخیر یک مول آب و اتانول برابر $2/4\,kJ$ $(41/04-38/64)$ است.

A ۱۲۲۱ ۴ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): کوزه، ظرفی سفالی است که از خاک رس ساخته می‌شود و در آن روزنه‌های بسیار ریزی وجود دارد. گزینهٔ (۲): یخچال صحرایی بدون نیاز به انرژی الکتریکی کار می‌کند. گزینهٔ (۳): آب در بدنهٔ ظرف سفالی به بیرون نفوذ می‌کند و به آرامی مطابق واکنش گرماشیمیایی $H_2O(l)+44/1\,kJ\rightarrow H_2O(g)$ تبخیر می‌شود. این معادله نشان می‌دهد که برای تبخیر یک مول آب به ۴۴/۱ کیلوژول گرما نیاز است، بنابراین برای محاسبهٔ مقدار گرمای مورد نیاز برای تبخیر ۹ گرم آب خواهیم داشت:

$$?\,J=9\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{44/1\,kJ}{1\,mol\,H_2O}\times\frac{1000\,J}{1\,kJ}=2205\,J$$

B ۱۲۲۲ ۴ عبارت‌های سوم و پنجم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت سوم: شمارهٔ (۳) درپوش این دستگاه را نشان می‌دهد که پوششی نخی و مرطوب است و تهویه را به آسانی انجام می‌دهد. عبارت چهارم: آب از روزنه‌های بسیار ریز بدنهٔ بیرونی یخچال صحرایی به سطح بیرونی کوزه نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می‌شود. جذب گرما در این فرایند باعث افت دما شده و فضای درونی دستگاه همراه با محتویات آن را خنک می‌کند.

عبارت پنجم: به منظور عملکرد بهتر این دستگاه، باید آن را در جای خنک قرار داد تا گرمای لازم برای تبخیر آب از سطح ظرف بیرونی از مواد درون آن تأمین شود و این مواد خنک‌تر شود. با قرار دادن این دستگاه در زیر نور خورشید، دمای این وسیلهٔ ساده افزایش یافته و محتویات آن سریع‌تر خراب می‌شود.

C ۱۲۲۳ ۲ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش اکسایش چربی کوهان شتر به صورت زیر است:

$$2C_{57}H_{110}O_6(s)+163O_2(g)\rightarrow114CO_2(g)+110H_2O(l)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ بالا داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O=2/225\,kg\,\text{چربی}\times\frac{1000\,g\,\text{چربی}}{1\,kg\,\text{چربی}}\times\frac{1\,mol\,\text{چربی}}{890\,g\,\text{چربی}}\times\frac{110\,mol\,H_2O}{2\,mol\,\text{چربی}}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=2475\,g$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم چربی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }H_2O}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{2225}{2\times890}=\frac{x\,g\,H_2O}{110\times18}\Rightarrow x=2475\,g\,H_2O$$

توضیح محاسبات

$$\frac{2225\times110\times18}{890\times2}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{2/5}{2225\times110\times18}{890\times2}\,\frac{9}{}=2/5\times110\times9=2/5\times990\xrightarrow{\text{ضرب پلکانی}}2/5\times(1000-10)=2500-25=2475$$

عبارت دوم: اختلاف ضریب استوکیومتری فراورده‌های این واکنش برابر ۴ (۱۱۰−۱۱۴) است. عنصری با آرایش لایهٔ ظرفیت $3s^2 3p^2$، همان سیلیسیم $(_{14}Si)$ با عدد اتمی ۱۴ می‌باشد:

$$_{14}Si:[_{10}Ne]\,3s^2 3p^2$$

بنابراین شمارهٔ یکان عدد اتمی این عنصر برابر ۴ است. عبارت سوم: فرمول شیمیایی چربی کوهان شتر و گلوکز به ترتیب به صورت $C_{57}H_{110}O_6$ و $C_6H_{12}O_6$ است:

$$\frac{\text{شمار اتم‌های }C_6H_{12}O_6}{\text{شمار عناصر }C_6H_{12}O_6}=\frac{24}{3}=8$$

$$\frac{\text{شمار اتم‌های }C_{57}H_{110}O_6}{\text{شمار عناصر }C_{57}H_{110}O_6}=\frac{173}{3}=57/6$$

عبارت چهارم: گاز ناقطبی تولید شده در واکنش اکسایش چربی کوهان شتر، همان CO_2 است:

$$?\,L\,CO_2=5\,mol\,\text{چربی}\times\frac{114\,mol\,CO_2}{2\,mol\,\text{چربی}}\times\frac{22/4\,L}{1\,mol\,CO_2}=6384\,L$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن متان به صورت زیر است:

$$CH_4(g)+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)$$

$$?\,L\,\text{گاز}=96\,g\,CH_4\times\frac{1\,mol\,CH_4}{16\,g\,CH_4}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CH_4}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=134/4\,L$$

عبارت پنجم: ابتدا گرمای حاصل از اکسایش ۱۷۸g از آن را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ=178\,g\,\text{چربی}\times\frac{1\,mol\,\text{چربی}}{890\,g\,\text{چربی}}\times\frac{34000\,kJ}{1\,mol\,\text{چربی}}=6800\,kJ$$

حال محاسبه می‌کنیم این مقدار گرما، دمای ۲۱/۶kg آب را به چه میزان افزایش می‌دهد:

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow6800=21/6\times4/2\times\Delta\theta\Rightarrow\Delta\theta\simeq75^\circ C$$

C ۱۲۲۴ ۴ ابتدا به کمک تغییر دمای آب، گرمای حاصل از سوختن کامل این مخلوط گازی را به‌دست می‌آوریم:

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow Q=(121\times10^3\,g)\times(4/2\,J.g^{-1}.^\circ C^{-1})\times5^\circ C=2541\times10^3\,g=2541\,kJ$$

سپس با توجه به حجم مولی گازها در شرایط STP که برابر $22/4\,L.mol^{-1}$ است، تعداد مول گازی موجود در این مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,gas=44/8\,L\,gas\times\frac{1\,mol\,gas}{22/4\,L\,gas}=2\,mol\,gas$$

اگر تعداد مول گازهای متان و اتان را برابر با x مول در نظر بگیریم، تعداد مول اتین برابر (۲−۲x) مول است. در ادامه مجموع گرمای حاصل از سوختن این سه گاز باید برابر ۲۵۴۱kJ باشد:

$$\text{گرمای حاصل از سوختن متان}=x\,mol\,CH_4\times\frac{890\,kJ}{1\,mol\,CH_4}=(890x)\,kJ\,,\ \text{گرمای حاصل از سوختن اتان}=x\,mol\,C_2H_6\times\frac{1560\,kJ}{1\,mol\,C_2H_6}=(1560x)\,kJ$$

$$\text{گرمای حاصل از سوختن اتین}=(2-2x)\,mol\,C_2H_2\times\frac{1300\,kJ}{1\,mol\,C_2H_2}=(2600-2600x)\,kJ$$

مجموع گرمای حاصل را برابر ۲۵۴۱kJ قرار داده و x را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مجموع گرمای حاصل از سوختن این سه گاز}=(890x)+(1560x)+(2600-2600x)=2541\,kJ\Rightarrow150x=59\Rightarrow x\simeq0/39$$

اکنون درصد حجمی گاز اتین که معادل درصد مولی آن در این مخلوط است را به دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار مول اتین}=2-2x=2-2(0/39)=1/22\,mol\qquad C_2H_2\ \text{درصد حجمی}=\frac{1/22}{2}\times100=\%61$$

B ۱۲۲۵ ۳ آنتالپی (محتوای انرژی) یک ماده علاوه بر دما و فشار، به نوع ماده، مقدار آن و حالت فیزیکی ماده نیز وابسته است.

B ۱۲۲۶ ۲ عبارت‌های دوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت دوم: یک نمونه ماده با مقدار آن در دما و فشار معین توصیف می‌شود. مثلاً ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار اتاق را می‌توان یک نمونه ماده دانست. عبارت چهارم: تغییر آنتالپی (ΔH) یک واکنش یا یک فرایند برابر است با:

$$\Delta H(\text{واکنش})=H(\text{مواد فراورده})-H(\text{مواد واکنش‌دهنده})$$

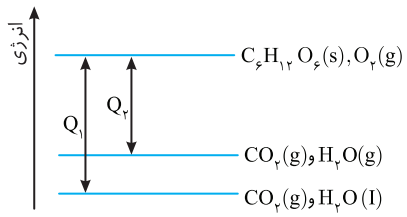
اما حواستان باشد که از آنجا که محاسبهٔ آنتالپی مواد امکان‌پذیر نیست، پس در عمل نمی توان از این فرمول برای محاسبهٔ ΔH واکنش‌ها در آزمایشگاه استفاده نمود.

B ۱۲۲۷ ۳ با انجام واکنش‌های شیمیایی گرماده $(\Delta H<0)$ در یک سامانه، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) بیشتر به مواد با محتوای انرژی کمتر تبدیل می‌شوند.

$$Q_p=\Delta H<0\Rightarrow H(\text{مواد فراورده})-H(\text{مواد واکنش‌دهنده})<0\Rightarrow H(\text{مواد فراورده})>H(\text{مواد واکنش‌دهنده})$$

B ۱۲۲۸ ۲ به‌جز عبارت اول و دوم، بقیه عبارت‌ها درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در واکنش‌های گرماده مانند اکسایش گلوکز در بدن، آنتالپی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها کمتر است. عبارت دوم: با توجه به گرماده بودن این واکنش، محتوای انرژی فراورده‌ها کمتر از واکنش‌دهنده‌ها است؛ اما با توجه به سطح انرژی پایین‌تر فراورده‌ها، پایداری آن‌ها بیشتر است. عبارت سوم: در واکنش‌های گرماده مانند واکنش اکسایش گلوکز در بدن، مقداری انرژی از سامانه به محیط (بدن) منتقل می‌شود. عبارت چهارم: شیر $60^\circ C$ برای هم‌دما شدن با بدن $(37^\circ C)$ باید مقداری از انرژی خود را به‌صورت گرما از دست بدهد؛ در نتیجه این فرایند همانند فرایند اکسایش گلوکز در بدن، گرماده است و نمودار انرژی هر دو واکنش مشابه است. عبارت پنجم: همان‌طور که می‌دانید، واکنش‌هایی که در بدن انجام می‌شوند، همگی در دمای ثابت $(37^\circ C)$ صورت می‌گیرند، زیرا میزان گرمای آزاد شده در این واکنش‌ها، ناشی از تفاوت انرژی پتانسیل واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها است.

C ۱۲۲۹ ۱ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): واکنش فتوسنتز یک واکنش گرماگیر است و با جذب انرژی همراه می‌باشد درحالی‌که واکنش اکسایش گلوکز یک واکنش گرماده است و با آزادسازی انرژی همراه است. عبارت (پ): مخلوط $CO_2(g)$ و $H_2O(g)$ محتوای انرژی بالاتری نسبت به مخلوط $CO_2(g)$ و $H_2O(l)$ دارد. با توجه به نمودار مقابل، در صورتی که H_2O در حالت گازی باشد، ΔH واکنش کمتر از $2808kJ$ خواهد شد و انرژی کمتری جذب خواهد شد.



$$\Delta H_1 = +2808kJ \,,\, \Delta H_2 < \Delta H_1 \Rightarrow \Delta H_2 < 2808$$

عبارت (ت): واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز به‌صورت $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ است. در این واکنش اتانول تولید می‌شود. (نه متانول!) عبارت (ث): معادلهٔ گرماشیمیایی واکنش فوتوسنتز به صورت مقابل است: $6CO_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \quad \Delta H = 2808kJ$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CO_2 = 35/1\,kJ \times \frac{6mol\,CO_2}{2808kJ} \times \frac{44g\,CO_2}{1mol\,CO_2} = 3/3g\,CO_2$$

$$?\,g\,C_6H_{12}O_6 = 35/1\,kJ \times \frac{1mol\,C_6H_{12}O_6}{2808kJ} \times \frac{180g\,C_6H_{12}O_6}{1mol\,C_6H_{12}O_6} = 2/25g\,C_6H_{12}O_6$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{Q}{\Delta H} = \frac{\text{مقدار } CO_2 \text{ مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مقدار گلوکز تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{35/1}{2808} = \frac{x\,g\,CO_2}{6\times44} = \frac{y\,g\,C_6H_{12}O_6}{1\times180} \Rightarrow x = 3/3g\,CO_2 \,,\, y = 2/25g\,C_6H_{12}O_2$$

B ۱۲۳۰ ۲ معادلهٔ واکنش شکل‌های داده شده و علامت آنتالپی آن‌ها به‌صورت زیر است:

الف) $CO_2(s) + Q_1 \rightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta H_1 > 0$

ب) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + Q_2$ $\quad \Delta H_2 < 0$

پ) $N_2O_4(g) + Q_3 \rightarrow 2NO_2(g)$ $\quad \Delta H_3 > 0$

ت) $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) + Q_4$ $\quad \Delta H_4 < 0$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در واکنش (پ)، گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 تولید می‌شود. این واکنش گرماگیر است و طی آن سامانه از محیط گرما دریافت می‌کند. گزینهٔ (۲): واکنش (الف)، مربوط به فرایند فرازش (تصعید) CO_2 است. این واکنش گرماگیر است و در آن آنتالپی فراورده بیشتر از آنتالپی واکنش‌دهنده است. گزینهٔ (۳): واکنش (ت)، انجماد آب و تبدیل آب به یخ را نشان می‌دهد. میزان جنبش نامنظم ذره‌ها در یخ کمتر از آب است. گزینهٔ (۴): با توجه به رنگ آبی شعله، واکنش (ب) سوختن کامل گاز شهری را نشان می‌دهد. این واکنش همانند واکنش اکسایش گلوکز در بدن گرماده بوده و علامت ΔH آن منفی است.

B ۱۲۳۱ ۱ عبارت‌های (پ) و (ث) درست هستند. شکل داده شده مربوط به واکنش تبدیل گاز NO_2 قهوه‌ای رنگ به گاز بی‌رنگ N_2O_4 است. این واکنش گرماده است $(\Delta H < 0)$ و Q در سمت راست معادله (سمت فراورده‌ها) قرار می‌گیرد. در واکنش‌های گرماده، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) بیشتر به مواد با محتوای انرژی کمتر تبدیل می‌شوند، پس سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر و پایداری آن‌ها کمتر از فراورده‌هاست. $2NO_2(g) \rightarrow N_2O_4(g) + Q$

توجه کنید که واکنش فتوسنتز گرماگیر و علامت ΔH آن مثبت است. با توجه به معادلهٔ این واکنش که در بالا داده شده است، طی واکنش از شمار مول‌های گازی کاسته می‌شود.

B ۱۲۳۲ ۳ مطابق واکنش گرماگیر $N_2O_4(g) + Q \rightarrow 2NO_2(g)$ می‌توان گفت در دما و فشار ثابت، آنتالپی ۲ مول فراورده بیشتر از آنتالپی ۱ مول واکنش‌دهنده است.

$$\Delta H > 0 \Rightarrow H(\text{فراورده}) - H(\text{واکنش‌دهنده}) > 0 \Rightarrow H(2mol\,NO_2) > H(1\,mol\,N_2O_4)$$

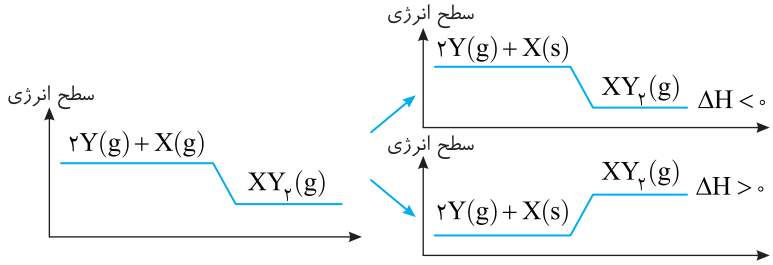
توجه کنید که جرم ۲ مول فراورده با جرم ۱ مول واکنش‌دهنده برابر است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در دما و فشار ثابت، فرایند فرازش و چگالش برای یک ماده، وارون یکدیگرند. اگر یک واکنش شیمیایی یا فرایند وارونه شود، علامت ΔH آن قرینه می‌شود اما بزرگی ΔH آن ثابت می‌ماند.

$$\left.\begin{array}{l} CO_2 \text{ فرازش}: CO_2(s) + Q_{P,1} \rightarrow CO_2(g) \\ CO_2 \text{ چگالش}: CO_2(g) \rightarrow CO_2(s) + Q_{P,2} \end{array}\right\} \Rightarrow Q_{P,1} = -Q_{P,2} \,;\, |Q_{P,1}| = |Q_{P,2}|$$

گزینهٔ (۲): اگر این مخلوط گازی را در آب و یخ قرار دهیم، به دلیل کاهش دما، تعداد زیادی از مولکول‌های NO_2 تبدیل به N_2O_4 شده و از شدت رنگ قهوه‌ای مخلوط گازی کاسته می‌شود. این مورد در شکل کتاب درسی هم مشخص است. گزینهٔ (۴): واکنش $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g)$ یک واکنش گرماده بوده و واکنش‌پذیری O_2 کمتر از O_3 است.

C ۱۲۳۳ ۱ برای یک ماده سطح انرژی حالت گاز بالاتر از مایع و آن نیز بالاتر از حالت جامد است؛ بنابراین با تغییر حالت X، از گاز به جامد، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها کاهش می‌یابد. بسته به میزان کاهش سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها، ممکن است واکنش گرماده باقی بماند و یا به‌صورت گرماگیر انجام شود.



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): مطابق توضیحات بالا، چون از مقدار کاهش سطح انرژی واکنش‌دهندهٔ X_2 در اثر تغییر حالت از گاز به جامد، اطلاع نداریم واکنش $X_2(s)+H_2(g)\rightarrow 2HX(g)$ می‌تواند گرماگیر یا گرماده باشد. گزینهٔ (۳): مجدداً چون از مقدار کاهش سطح انرژی فراورده (HX) در اثر تغییر حالت از گاز به جامد اطلاعی نداریم، نمی‌توانیم با قطعیت بگوییم که واکنش هم‌چنان گرماگیر است و ممکن است واکنش، گرماده شود. گزینهٔ (۴): آنتالپی واکنش $XH_2(g)\rightarrow X(g)+2H(g)$، معادل دو برابر آنتالپی پیوند $H-X$ است. می‌دانیم آنتالپی پیوند همواره مقداری مثبت دارد و شکستن پیوند فرایندی گرماگیر محسوب می‌شود؛ بنابراین با قطعیت می‌توانیم بگوییم واکنش انجام شده، گرماگیر است و گرماده نیست!

B ۱۲۳۴ ۳ در واکنش‌های برگشت‌پذیر، مقدار آنتالپی واکنش‌های رفت و برگشت با یکدیگر برابر است $(|\Delta H_1|=|\Delta H_2|)$ اما علامت آن‌ها قرینه است؛ بنابراین آنتالپی واکنش تجزیهٔ بخار آب به عناصر اولیه‌اش قرینهٔ آنتالپی واکنش (I) بوده و برابر $+484kJ$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در واکنش‌های گرماگیر، هر چه سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر و سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر باشد، گرمای بیشتری جذب می‌شود. گزینهٔ (۲): هر دوی این واکنش‌ها گرماده هستند؛ بنابراین در هر دوی آن‌ها، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر است. گزینهٔ (۴): دقت کنید که ضریب H_2O در هر دوی این واکنش‌ها برابر ۲ است؛ بنابراین تفاوت آنتالپی این دو واکنش برابر با آنتالپی دو مول آب می‌باشد:

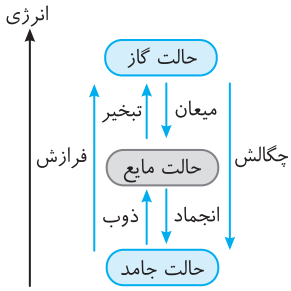
$$2H_2O(l)\rightarrow 2H_2O(g)\quad,\quad \Delta H=88kJ$$

B ۱۲۳۵ ۴ فقط عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: پایداری واکنش‌دهنده‌ها در واکنش I بیشتر است؛ زیرا برای رسیدن به یک فراوردهٔ مشترک، انرژی کمتری مبادله شده است. عبارت دوم: مقدار گرمای مبادله شده به ازای مصرف ۰/۵ مول B را حساب می‌کنیم:

$$0/5mol\ B\times\frac{84kJ}{3mol\ B}=14kJ$$

عبارت سوم: اگر مادهٔ C به حالت جامد در واکنش شرکت کند، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده نزدیک‌تر می‌شود و آنتالپی واکنش کاهش می‌یابد. عبارت چهارم: دلیل اصلی تبادل انرژی در این دو واکنش، تفاوت در انرژی پتانسیل واکنش‌دهنده‌ها و فراورده است.

B ۱۲۳۶ ۳ تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است.



با توجه به شکل می‌توان دریافت که تفاوت سطح انرژی یک مادهٔ معین در حالت‌های مایع و گاز بیشتر از تفاوت سطح انرژی در حالت‌های مایع و جامد است؛ بنابراین مقایسهٔ میزان گرمای مبادله شده به صورت زیر است:

$$|\Delta H_{\text{ذوب یا انجماد}}|<|\Delta H_{\text{تبخیر یا میعان}}|<|\Delta H_{\text{فرازش یا چگالش}}|$$

در ضمن دقت کنید که ΔH تبخیر یک ماده قرینهٔ ΔH میعان آن است. $(\Delta H_{\text{تبخیر}}=-\Delta H_{\text{میعان}})$

B ۱۲۳۷ ۱ فقط در مورد سوم، در هر دو فرایند انجام شده، فراورده‌ها ناپایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. در واکنش‌ها و فرایندهای گرماگیر $(\Delta H>0)$، واکنش‌دهنده‌ها با جذب انرژی به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند و سطح انرژی فراورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌هاست، بنابراین فراورده‌ها ناپایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. در میان موارد، تنها در مورد سوم، هر دو واکنش داده شده، گرماگیر هستند. معادلهٔ هر یک از واکنش‌ها و علامت ΔH آن‌ها به‌صورت زیر است:

مورد اول: $N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2H_4(g)\quad(\Delta H>0)$ — $2Na(s)+Cl_2(g)\rightarrow 2NaCl(s)\quad(\Delta H<0)$

مورد دوم: $(37^\circ C)$ شیر $\rightarrow(37^\circ C)$ فراورده $\quad(\Delta H<0)$ — $3O_2(g)\rightarrow 2O_3(g)\quad(\Delta H>0)$

مورد سوم: $2HCl(g)\rightarrow H_2(g)+Cl_2(g)\quad(\Delta H>0)$ — $I_2(s)\rightarrow I_2(g)\quad(\Delta H>0)$

مورد چهارم: $CH_3OH(l)\rightarrow CH_3OH(g)\quad(\Delta H>0)$ — $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)\quad(\Delta H<0)$

C ۱۲۳۸ ۲ با انجام واکنش‌های شیمیایی گرماگیر $(\Delta H>0)$ در یک سامانه، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) کمتر به مواد با محتوای انرژی بیشتر تبدیل می‌شوند که این تغییر آنتالپی هنگام انجام واکنش به شکل گرما از محیط به سامانه منتقل می‌شود. $H(\text{فراورده})>H(\text{واکنش‌دهنده})\Rightarrow H(\text{فراورده})-H(\text{واکنش‌دهنده})>0\Rightarrow\Delta H>0$

از میان فرایند داده شده، واکنش تجزیهٔ N_2O_4 و تولید NO_2، فرایند فرازش یخ خشک، واکنش فتوسنتز و فرایند انحلال آمونیوم نیترات در آب گرماگیر و واکنش سوختن ناقص گاز شهری، واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن، واکنش ترمیت و تولید آمونیاک از عناصر سازنده‌اش گرماده هستند.

$N_2O_4(g)\rightarrow 2NO_2(g)$ (گرماگیر)

$CO_2(s)\rightarrow CO_2(g)$ (گرماگیر) — $6CO_2(g)+6H_2O(l)\rightarrow C_6H_{12}O_6(s)+6O_2(g)$ (گرماگیر)

$2O_3(g)\rightarrow 3O_2(g)$ (گرماده) — $2CH_4(g)+3O_2(g)\rightarrow 2CO(g)+4H_2O(g)$ (گرماده)

$NH_4NO_3(s)\xrightarrow{\text{آب}}NH_4^+(aq)+NO_3^-(aq)$ (گرماگیر) — $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3$ (گرماده)

$2Al(s)+Fe_2O_3(s)\rightarrow 2Fe(l)+Al_2O_3(s)$ (گرماده)

B ۱۲۳۹ ۲ با توجه به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش، ΔH آن نشان‌دهندهٔ میزان گرمای آزاد شده به ازای مصرف ۵ مول گاز اکسیژن و ۱ مول گاز پروپان است که در مجموع می‌شود ۶ مول واکنش‌دهندهٔ گازی. به کمک گرمای آزاد شده در واکنش کامل ۱۶/۸ لیتر مخلوطی از گازهای C_3H_8 و O_2 در شرایط STP، ΔH واکنش را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\Delta H(\text{واکنش}) = 6\,\text{mol}\ \text{واکنش‌دهندهٔ گازی} \times \frac{22/4\,\text{L}\ \text{واکنش‌دهندهٔ گازی}}{1\,\text{mol}\ \text{واکنش‌دهندهٔ گازی}} \times \frac{-257\,\text{kJ}}{16/8\,\text{L}\ \text{واکنش‌دهندهٔ گازی}} = -2056\,\text{kJ}$$

روش دوم (تناسب): در واکنش‌های گازی می‌توان از تناسب زیر استفاده کرد:

$$\frac{\text{مجموع حجم واکنش‌دهنده‌ها (STP)}}{\text{مجموع ضریب واکنش‌دهنده‌ها} \times 22/4} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{16/8}{6 \times 22/4} = \frac{-257}{\Delta H} \Rightarrow \Delta H = -2056\,\text{kJ}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{257 \times 6 \times 22/4}{16/8} = ? \xrightarrow{\text{تفکیک و ساده‌سازی}} \frac{257 \times 6 \times 224}{168} \times \frac{10}{10} = \frac{257 \times 6 \times 4}{3} = 2056$$

B ۱۲۴۰ ۲ در این مسئله ابتدا به کمک ΔH واکنش و گرمای آزاد شده، مقدار مول SO_3 مصرفی را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,\text{mol}\,SO_3 = 11\,\text{kJ} \times \frac{1\,\text{mol}\,SO_3}{132\,\text{kJ}} = \frac{1}{12}\,\text{mol}\,SO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x}{1} = \frac{11}{132} \Rightarrow x = \frac{1}{12}\,\text{mol}\,SO_3$$

با توجه به اینکه این مقدار گاز SO_3، ۲/۴ لیتر حجم دارد. پس حجم مولی آن در این شرایط برابر است با:

$$\text{حجم مولی} = \frac{\text{حجم گاز}}{\text{مول گاز}} = \frac{2/4\,\text{L}}{\frac{1}{12}\,\text{mol}} = 2/4 \times 12 = 28/8\,\text{L.mol}^{-1}$$

توجه کنید که در شرایط یکسان از نظر دما و فشار، یک مول از گازهای مختلف حجم برابری دارند.

B ۱۲۴۱ ۴ قسمت اول: در این مسئله به کمک گرمای آزاد شده و ΔH واکنش، حجم محلول سدیم هیدروکسید مصرفی را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,\text{mol}\,NaOH = 40/6\,\text{kJ} \times \frac{1\,\text{mol}\,NaOH}{58\,\text{kJ}} \times \frac{1\,\text{L محلول}}{0/5\,\text{mol}\,NaOH} = 1/4\,\text{L محلول} = 1400\,\text{mL محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x \times 0/5}{1} = \frac{-40/6}{-58} \Rightarrow x = 1/4\,\text{L محلول} = 1400\,\text{mL محلول}$$

قسمت دوم: باید مولاریته و تعداد مول NaCl را محاسبه کنیم:

$$?\,\text{mol}\,NaCl = 40/6\,\text{kJ} \times \frac{1\,\text{mol}\,NaCl}{58\,\text{kJ}} = 0/7\,\text{mol}\,NaCl$$

$$M = \frac{10\,d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 10 \times 1/17}{58/5} = 2\,\text{mol.L}^{-1} \Rightarrow M = \frac{\text{mol}}{V} \Rightarrow 2 = \frac{0/7}{V} \Rightarrow = 0/35\,\text{L} = 350\,\text{mL}$$

B ۱۲۴۲ ۳ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش:

$$4C_3H_5N_3O_9(l) \rightarrow 12CO_2(g) + 10H_2O(l) + 6N_2(g) + O_2(g)$$

ΔH این واکنش نشان‌دهندهٔ گرمای آزاد شده به ازای تولید ۱۲ مول گاز کربن دی‌اکسید، ۶ مول گاز نیتروژن و ۱ مول گاز اکسیژن است که در مجموع ۱۹ مول فراوردهٔ گازی در شرایط STP تولید می‌شود. اکنون به کمک گرمای آزاد شده به ازای ۲۶/۶ لیتر گاز تولیدی در شرایط STP، ΔH واکنش را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\Delta H(\text{واکنش}) = 19\,\text{mol}\ \text{فراوردهٔ گازی} \times \frac{22/4\,\text{L}\ \text{فراوردهٔ گازی}}{1\,\text{mol}\ \text{فراوردهٔ گازی}} \times \frac{1430\,\text{kJ}}{26/6\,\text{L}\ \text{گاز}} \times \frac{1\,\text{MJ}}{1000\,\text{kJ}} = 22/88\,\text{MJ}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مجموع حجم فراورده‌ها (STP)}}{\text{مجموع ضرایب فراورده‌های گازی} \times 22/4} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{26/6\,\text{L}}{19 \times 22/4} = \frac{1430}{x} \Rightarrow x = 22880\,\text{kJ} = 22/88\,\text{MJ}$$

★ **نکته** یکی از اشتباهاتی که دانش‌آموزان در حل چنین تست‌هایی که در آن‌ها حجم فراورده‌های گازی در شرایط STP، یعنی دمای $0^\circ C$ و فشار ۱atm، انجام می‌دهند این است که حالت فیزیکی H_2O را نیز به‌صورت گاز در نظر می‌گیرند. در صورتی که در این شرایط حالت فیزیکی H_2O به‌صورت مایع یا جامد است.

توضیح محاسبات

$$\frac{19 \times 22/4 \times 1430}{26/6} = ? \xrightarrow{\text{تفکیک و ساده‌سازی}} \frac{19 \times 224 \times 143}{226} \times \frac{10^{-1} \times 10}{10^{-1}} = \frac{224 \times 143}{14} \times 10 \xrightarrow[\text{به جای ۱۴۳ عدد ۱۴۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{224 \times 140}{14} \times 10$$

$$= 22400\,\text{kJ} = 22/4\,\text{MJ}$$

پاسخ اندکی بزرگ‌تر از ۲۲/۴MJ است. (پاسخ: ۲۲/۸۸MJ)

C ۱۲۴۳ ۳ **قسمت اول:** ابتدا به کمک ΔH واکنش، مقدار گرمای مصرف شده به ازای مصرف ۱۱/۵۲ گرم FeO را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ = 11/52\,g\,FeO \times \frac{1\,mol\,FeO}{72\,g\,FeO} \times \frac{25\,kJ}{1\,mol\,FeO} = 4\,kJ \quad \text{(مقدار گرمای نظری)}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم واکنش‌دهنده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{11/52}{1\times 72} = \frac{x}{25} \Rightarrow x = 4\,kJ \quad \text{(مقدار گرمای نظری)}$$

سپس بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار گرمای عملی}}{\text{مقدار گرمای نظری}} \times 100 = \frac{2/4\,kJ}{4\,kJ} \times 100 = \%60$$

قسمت دوم: با توجه به اطلاعات مسئله، داریم:

$$?\,mL\,C_2H_4 = 2/4\,kJ \times \frac{1\,mol\,C_2H_4}{1400\,kJ} \times \frac{22400\,mL\,C_2H_4}{1\,mol\,C_2H_4} = 38/4\,mL\,C_2H_4$$

C ۱۲۴۴ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:

$$2NH_3(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow N_2(g) + 6HCl(g)$$

اندازهٔ آنتالپی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$6\,mol\,HCl \times \frac{6/02\times 10^{23}\,HCl}{1\,mol\,HCl} \times \frac{200\,kJ}{1/505\times 10^{24}\,HCl} = 480\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مولکول HCl}}{\text{ضریب}\times N_A} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{1/505\times 10^{24}}{6\times 6/02\times 10^{23}} = \frac{200}{|\Delta H|} \Rightarrow |\Delta H| = 480\,kJ$$

از آنجایی که در این واکنش گرما تولید شده است؛ بنابراین آنتالپی واکنش برابر با $-480\,kJ$ است. مقدار گرمای تولید شده به ازای مصرف ۱۳/۴۴ لیتر گاز Cl_2 را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$13/44\,L\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{22/4\,L\,Cl_2} \times \frac{480\,kJ}{3\,mol\,Cl_2} = 96\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم } Cl_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{13/44}{3\times 22/4} = \frac{Q}{480} \Rightarrow Q = 96\,kJ$$

در نهایت تغییر دمای ژرمانیم را به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 96000 = 2500\times 0/32\times(\theta_2 - 60) \Rightarrow \theta_2 = 180^\circ C$$

بنابراین دمای اولیهٔ ژرمانیم، ۳ برابر شده است.

C ۱۲۴۵ ۳ معادلهٔ گرماشیمیایی واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$I)\ 2C(s) + O_2(g) \rightarrow 2CO(g),\ \Delta H = -564\,kJ \qquad II)\ C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g),\ \Delta H = -393\,kJ$$

گاز CO فقط در واکنش (I) تولید می‌شود؛ ابتدا مقدار مول کربنی را که در واکنش (I) به CO تبدیل می‌شود محاسبه می‌کنیم:

$$\text{واکنش (I)}: ?\,mol\,C = 5/6\,L\,CO \times \frac{1\,mol\,CO}{22/4\,L\,CO} \times \frac{2\,mol\,C}{2\,mol\,CO} = 0/25\,mol\,C$$

حال، میزان گرمای آزادشده را به ازای سوختن ۰/۲۵ مول کربن در واکنش (I) محاسبه می‌کنیم:

$$\text{واکنش (I)}: ?\,kJ = 0/25\,mol\,C \times \frac{-564\,kJ}{2\,mol\,C} = -70/5\,kJ$$

به این ترتیب در واکنش (II)، $131\,kJ$ $(201/5 - 70/5)$ گرما آزاد شده است. اکنون محاسبه می‌کنیم که این مقدار گرما، به ازای سوختن چند گرم کربن در واکنش (II) تولید می‌شود.

$$\text{واکنش (II)}: ?\,g\,C = 131\,kJ \times \frac{1\,mol\,C}{393\,kJ} \times \frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C} = 4\,g\,C$$

B ۱۲۴۶ ۴ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش:

$$2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$$

در این واکنش به ازای مصرف $110\,kJ$ گرما، ۲ مول گاز N_2O_5 مصرف و ۵ مول فراورده‌ٔ گازی $(NO_2(g), O_2(g))$ تولید می‌شود و در نتیجه ۳ مول گاز به گازهای موجود در ظرف افزوده می‌شود. بنابراین می‌توان مقدار مول گازهای اضافه شده به ازای مصرف $77\,kJ$ گرما را به‌دست آورد:

$$\text{حجم گاز اضافه شده} = 77\,kJ \times \frac{3\,\text{مول گاز}}{110\,kJ} \times \frac{27\,L\,\text{گاز}}{1\,\text{مول گاز}} = 56/7\,L\,\text{گاز}$$

B ۱۲۴۷ ۴ **قسمت اول:** ابتدا گرمای لازم برای افزایش دمای نمونهٔ نقره به اندازهٔ $40^\circ C$ را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = m.c.\Delta\theta = 1250\times 0/23\times 40 = 11500\,J$$

این مقدار گرما توسط واکنش تولید آمونیاک تأمین شده است، پس می‌توانیم به کمک آنتالپی واکنش و چگالی گاز هیدروژن، حجم آن را تعیین کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,H_2 = 11500\,J \times \frac{1\,kJ}{1000\,J} \times \frac{3\,mol\,H_2}{92\,kJ} \times \frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2} \times \frac{1\,L\,H_2}{0/75\,g\,H_2} = 1\,LH_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{چگالی}\times\text{حجم گاز } H_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x\times 0/75}{3\times 2} = \frac{11/5}{92} \Rightarrow x = 1\,L\,H_2$$

قسمت دوم: معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است: $H_2(g)+N_2H_4(g)\rightarrow 2NH_3(g)$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,N_2H_4\text{ ناخالص}=1\,L\,H_2\times\frac{0/75\,g\,H_2}{1\,L\,H_2}\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2}\times\frac{1\,mol\,N_2H_4}{1\,mol\,H_2}\times\frac{32\,g\,N_2H_4}{1\,mol\,N_2H_4}\times\frac{100}{60}=20\,g\,N_2H_4\text{ ناخالص}$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{چگالی}\,H_2\times\text{لیتر}\,H_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{درصد خلوص}\times\text{جرم}\,N_2H_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{1\times 0/75}{2\times 1}=\frac{x\times\frac{60}{100}}{32\times 1}\Rightarrow x=20\,g\,N_2H_4$

B ۱۲۴۸ ۱ ابتدا گرمای لازم برای افزایش دمای آب را محاسبه می‌کنیم: $Q=m.c.\Delta\theta=1500\times 4/2\times(15-10)=31500\,J=31/5\,kJ$

از آنجایی که این مقدار گرما باید از انحلال کلسیم کلرید در آب تأمین شود، پس به کمک آنتالپی انحلال کلسیم کلرید، می‌توانیم جرم آن را به‌دست آوریم:

$$CaCl_2(s)\xrightarrow{H_2O}Ca^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)\qquad \Delta H=-35\,kJ$$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,CaCl_2=31/5\,kJ\times\frac{1\,mol\,CaCl_2}{35\,kJ}\times\frac{111\,g\,CaCl_2}{1\,mol\,CaCl_2}=99/9\,g\,CaCl_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x}{1\times 111}=\frac{31/5}{35}\Rightarrow x=99/9\,g\,CaCl_2$

توضیح محاسبات $\frac{31/5\times 111}{35}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\overset{0/9}{\frac{31/5\times 111}{35}}=99/9$

C ۱۲۴۹ ۲ قسمت اول: ابتدا مقدار گرمای لازم برای تجزیهٔ $KClO_3$ را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,kJ=98\,g\,KClO_3\text{ ناخالص}\times\frac{75\,g\,KClO_3\text{ خالص}}{100\,g\,KClO_3\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,KClO_3}{122/5\,g}\times\frac{90\,kJ}{2\,mol\,KClO_3}\times\underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=16/2\,kJ$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم واکنش‌دهنده}\times\frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{98\times\frac{75}{100}\times\frac{60}{100}}{2\times 122/5}=\frac{x}{90}\Rightarrow x=16/2\,kJ$

این مقدار گرما از یک قطعه آهن به جرم ۷۵۰ گرم جذب می‌شود، پس می‌توانیم به کمک جرم و ظرفیت گرمایی ویژهٔ آهن، تغییرات دمای آن را محاسبه کنیم:

$$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow 16/2\times 10^3=750\times 0/45\times\Delta\theta\Rightarrow\Delta\theta=48^\circ C$$

قسمت دوم: معادلهٔ واکنش اکسایش گلوکز به‌صورت $C_6H_{12}O_6+6O_2\rightarrow 6H_2O+6CO_2$ است.

$$?\,mol\,C_6H_{12}O_6=98\,g\,KClO_3\text{ ناخالص}\times\underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{درصد خلوص}}\times\underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده درصدی}}\times\frac{1\,mol\,KClO_3}{122/5\,g\,KClO_3}\times\frac{3\,mol\,O_2}{2\,mol\,KClO_3}\times\frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{6\,mol\,O_2}=0/9\,mol\,C_6H_{12}O_6$$

توضیح محاسبات $\frac{98\times 75\times 60\times 3}{100\times 100\times 122/5\times 2\times 6}=?\xrightarrow[\text{به جای ۹۸ و ۱۲۲/۵ اعداد ۱۰۰ و ۱۲۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده کردن}}\frac{\overset{3}{\cancel{100}}\times 75\times\overset{4}{\cancel{60}}\times\overset{3}{\cancel{3}}}{100\times\underset{2}{\cancel{100}}\times\underset{2}{\cancel{120}}\times\underset{2}{\cancel{2}}\times 6}=\frac{3}{4\times 2\times 2\times 2}=\frac{3}{32}\simeq 0/1$

پاسخ اندکی کوچک‌تر از ۰/۱ است. (پاسخ: ۰/۰۹۰)

C ۱۲۵۰ ۱ قسمت اول: معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش‌ها: $I)\ 2NaNO_3(s)\rightarrow 2NaNO_2(s)+O_2(g),\ II)\ 4NO_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2N_2O_5(g)+110\,kJ$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,NaNO_3=88\,kJ\times\frac{1\,mol\,O_2}{110\,kJ}\times\frac{2\,mol\,NaNO_3}{1\,mol\,O_2}\times\frac{85\,g\,NaNO_3}{1\,mol\,NaNO_3}=136\,g\,NaNO_3$

روش دوم (تناسب): با توجه به یکسان بودن ضرایب مادهٔ مشترک در معادله‌ها، از روی گرمای آزاد شده (Q)، مقدار سدیم نیترات تجزیه شده را محاسبه می‌کنیم:

$$2NaNO_3\sim 1\,mol\,O_2\sim 110\,kJ\qquad \frac{\text{جرم}\,NaNO_3\text{ مصرفی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x}{85\times 2}=\frac{88}{110}\Rightarrow x=136\,g\,NaNO_3$$

قسمت دوم: $?\,L\,N_2O_5=88\,kJ\times\frac{2\,mol\,N_2O_5}{110\,kJ}\times\frac{22/4\,L\,N_2O_5}{1\,mol\,N_2O_5}=35/84\,L\,N_2O_5$

C ۱۲۵۱ ۲ ابتدا گرمای آزاد شده در واکنش تجزیهٔ نیترو گلیسیرین را محاسبه می‌کنیم:

$$4C_3H_5N_3O_9(l)\rightarrow 12CO_2(g)+10H_2O(g)+6N_2(g)+O_2(g)\ ,\ \Delta H=-21600\,kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=۱۱/۳۵\,g\,C_۳H_۵N_۳O_۹\times\frac{۱\,mol\,C_۳H_۵N_۳O_۹}{۲۲۷\,g\,C_۳H_۵N_۳O_۹}\times\frac{۲۱۶۰۰\,kJ}{۴\,mol\,C_۳H_۵N_۳O_۹}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}=۲۱۶\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C_۳H_۵N_۳O_۹\ \text{جرم}\times P}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{۱۱/۳۵\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۴\times۲۲۷}=\frac{Q}{|-۲۱۶۰۰|}\Rightarrow Q=۲۱۶\,kJ$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۱۱/۳۵\times۲۱۶۰۰\times۸۰}{۲۲۷\times۴\times۱۰۰}=?\xrightarrow[\text{و ساده‌سازی}]{\text{تکنیک دسته‌بندی}}\frac{\overset{۵}{۱۱۳۵}\times۲۱۶\times\overset{۲}{۸}}{۲۲۷\times۴}\times\frac{۱۰}{۱۰۰}=۲۱۶$$

سپس مقدار گرمایی که در واکنش (۱) و (۲) مصرف می‌شود را به دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار گرمای مصرف شده در واکنش دوم}=۲۱۶\,kJ\times\frac{۲۵}{۱۰۰}=۵۴\,kJ$$

$$\text{مقدار گرمای مصرف شده در واکنش اول}=۲۱۶\,kJ\times\frac{۷۵}{۱۰۰}=۱۶۲\,kJ$$

اکنون حجم مولی گازها در شرایط واکنش (۱) و (۲) را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{واکنش (۱)}:\frac{P_۱V_{n_۱}}{T_۱}=\frac{P_۲V_{n_۲}}{T_۲}\Rightarrow\frac{۱\times۲۲/۴}{۲۷۳}=\frac{۴\times V_{n_۲}}{۳\times۲۷۳}\Rightarrow V_{n_۲}=۱۶/۸\,L.mol^{-۱}$$

$$\text{واکنش (۲)}:\frac{P_۱V_{n_۱}}{T_۱}=\frac{P_۲V_{n_۲}}{T_۲}\Rightarrow\frac{۱\times۲۲/۴}{۲۷۳}=\frac{۱/۵\times V_{n_۲}}{۱/۵\times۲۷۳}\Rightarrow V_{n_۲}=۲۲/۴\,L.mol^{-۱}$$

در ادامه حجم گازهای تولیدی در واکنش (۱) و (۲) را محاسبه می‌کنیم:

$$۱)\ CH_۴(g)+CO_۲(g)\rightarrow\underbrace{۲CO(g)+۲H_۲(g)}_{۴\,mol\,gas}\quad,\quad\Delta H=۲۵۰\,kJ$$

$$?\,L\,gas=۱۶۲\,kJ\times\frac{۴\,mol\,gas}{۲۵۰\,kJ}\times\frac{۱۶/۸\,L\,gas}{۱\,mol\,gas}=\frac{۱۶۲\times۴\times۱۶/۸}{۲۵۰}\,L$$

$$۲)\ N_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow۲NO(g)\quad,\quad\Delta H=۱۸۰\,kJ$$

$$?\,L\,gas=۵۴\,kJ\times\frac{۲\,mol\,NO}{۱۸۰\,kJ}\times\frac{۲۲/۴\,L\,NO}{۱\,mol\,NO}=\frac{۵۴\times۲\times۲۲/۴}{۱۸۰}\,L$$

اکنون نسبت حجم گاز تولیدی در دو واکنش را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{حجم گازهای تولید شده در واکنش (۱)}}{\text{حجم گازهای تولید شده در واکنش (۲)}}=\frac{\frac{۱۶۲\times۴\times۱۶/۸}{۲۵۰}}{\frac{۵۴\times۲\times۲۲/۴}{۱۸۰}}=\frac{۱۸۰\times۱۶۲\times۴\times۱۶/۸}{۲۵۰\times۵۴\times۲\times۲۲/۴}=\frac{۳\times۷۲۰\times۳}{۵۰۰\times۴}=\frac{۱۶۲}{۵۰}=۳/۲۴$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۱۸۰\times۱۶۲\times۴\times۱۶/۸}{۲۵۰\times۵۴\times۲\times۲۲/۴}=?\xrightarrow[\text{و ساده‌سازی}]{\text{تکنیک دسته‌بندی}}\frac{\overset{۲}{۱۸}\times۱۶۲\times\overset{۳}{۴}\times۱۶۸}{\underset{۳}{۲۵}\times۵۴\times۲\times\underset{۴}{۲۲۴}}=\frac{۱۶۲\times۲}{۲۵\times۴}=\frac{۳۲۴}{۱۰۰}=۳/۲۴$$

B ۱۲۵۲ ۴ در مولکول‌های چندتامی که اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی یکسان متصل است، از واژهٔ «میانگین آنتالپی پیوند» استفاده می‌شود.

B ۱۲۵۳ ۳ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ای از تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در ساختار و خواص مواد از جمله محتوای انرژی (آنتالپی) آن‌ها منجر می‌شود. این توصیف از واکنش، اهمیت پیوندهای شیمیایی و نقش انرژی وابسته به آن‌ها را در گرمای یک واکنش نشان می‌دهد. عبارت (ب): انرژی لازم برای شکستن سه پیوند $(N—H)$ در مولکول $NH_۳$ با یکدیگر متفاوت است. از این‌رو واژهٔ میانگین آنتالپی پیوند برای آن به‌کار می‌رود. عبارت (پ): آنتالپی پیوند با تعداد پیوندهای بین دو اتم رابطهٔ مستقیم دارد؛ به بیان دیگر هر چه تعداد پیوند اشتراکی بین دو اتم بیشتر باشد، آنتالپی پیوند نیز بیشتر است اما این بدان معنا نیست که آنتالپی پیوند و تعداد پیوند به یک نسبت تغییر کنند. به‌عنوان مثال آنتالپی پیوند $(C—C)$ برابر $۳۴۸\,kJ.mol^{-۱}$، آنتالپی پیوند $(C=C)$ برابر $۶۱۴\,kJ.mol^{-۱}$ و آنتالپی پیوند $(C\equiv C)$ برابر $۸۳۹\,kJ.mol^{-۱}$ است.

* توجه آنتالپی پیوندهای $(C\equiv C)$ و $(C=C)$ به‌ترتیب ۳ و ۲ برابر آنتالپی پیوند $(C—C)$ نیستند. $\frac{\Delta H(C\equiv C)}{\Delta H(C—C)}\simeq۲/۴\,,\quad\frac{\Delta H(C=C)}{\Delta H(C—C)}\simeq۱/۸$

عبارت (ت): با توجه به اینکه مقایسهٔ شعاع اتمی سه عنصر C، N و O به‌صورت $C>N>O$ می‌باشد و آنتالپی پیوند سه‌گانه بیشتر از پیوند دوگانه است، مقایسهٔ انجام گرفته صحیح می‌باشد.

B ۱۲۵۴ ۲ عبارت گزینهٔ (۲) برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): انرژی لازم برای شکستن پیوندهای $(C—H)$ در ترکیب اتان $(C_۲H_۶)$ یکسان نیست؛ زیرا هر یک از پیوندهای $(C—H)$ در مرحله‌ای جداگانه می‌شکنند و بسته به پایداری و استحکام پیوندها در ترکیب باقی‌مانده، انرژی لازم برای هر مرحله متفاوت با مرحلهٔ بعدی است. گزینهٔ (۲): در گروه هالوژن‌ها از پایین به بالا، واکنش‌پذیری اتم‌ها افزایش و شعاع اتمی آن‌ها کاهش می‌یابد. پس طول پیوند آن‌ها در مولکول‌های دواتمی کاهش و آنتالپی پیوند آن‌ها افزایش می‌یابد. مقایسهٔ آنتالپی پیوند: $Cl_۲>Br_۲>I_۲$

* توجه به دلیل وجود مطالبی که خارج از محدودهٔ کتاب درسی است، آنتالپی پیوند $(F—F)$ با آنتالپی پیوند دیگر هالوژن‌ها مقایسه نمی‌شود.

گزینهٔ (۳): پیوند $(N—N)$ همانند پیوند $(C=C)$ تنها در ساختار مولکول‌های چند اتمی یافت می‌شود، پس به‌کار بردن واژهٔ میانگین آنتالپی پیوند برای آن‌ها مناسب‌تر است. گزینهٔ (۴): در میان عناصر نافلزی تناوب دوم، هر چه شعاع اتمی نافلز کوچک‌تر باشد، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری بیشتر شده و آنتالپی پیوند $(C—X)$ هم بیشتر می‌شود.

B ۱۲۵۵ ۱ **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مفهوم آنتالپی پیوند فقط برای پیوندهای کووالانسی موجود در ترکیب‌های مولکولی در حالت گازی به‌کار می‌رود.

* **توجه** در ترکیب‌های یونی و نیز برای نیروهای بین‌مولکولی مانند پیوند هیدروژنی، به‌کار بردن آنتالپی پیوند نادرست است.

عبارت (ب): برای پیوندهای $(O-O)$، $(N-H)$ و $(C\equiv C)$، به‌کار بردن واژهٔ میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است. عبارت (پ): هرگاه پیوندی تشکیل شود، انرژی آزاد می‌شود و این انرژی آزاد شده به همان مقداری است که برای شکسته شدن پیوند لازم است؛ در واقع معادلهٔ تشکیل پیوند، وارون شکستن پیوند است، بنابراین آنتالپی پیوند قرینهٔ آنتالپی شکستن پیوند است.

$\Delta H(\text{شکستن پیوند})=+۵۶۷kJ.mol^{-۱}$ $\quad HF(g)+۵۷۶kJ\rightarrow H(g)+F(g)$

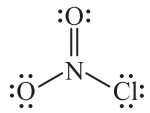
$\Delta H(\text{تشکیل پیوند})=-۵۶۷kJ.mol^{-۱}$ $\quad H(g)+F(g)\rightarrow HF(g)+۵۷۶(g)$

B ۱۲۵۶ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): به مقدار انرژی لازم برای تبدیل یک مول پیوند گازی به اتم‌های گازی و جداگانه، آنتالپی پیوند می‌گویند. انرژی لازم برای واکنش $HCl(g)\rightarrow H(g)+Cl(g)$ معادل آنتالپی پیوند $H-Cl$ است. عبارت (ب): در بین سه اتم نیتروژن، اکسیژن و فلوئور، بیشترین و کمترین شعاع اتمی به ترتیب مربوط به N و F است. بنابراین مقایسهٔ طول پیوند و آنتالپی پیوند $O-H$، $N-H$ و $F-H$ به صورت زیر خواهد بود:

آنتالپی پیوند: $H-F>O-H>N-H$ $\quad$ طول پیوند: $N-H>O-H>H-F$

عبارت (پ): در مولکول‌هایی مانند $CO_۲$ که در آن اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است، از میانگین آنتالپی پیوند استفاده می‌شود. دقت کنید که در ساختار $CO_۲$، دو پیوند $C=O$ یافت می‌شود. عبارت (ت): دقت کنید که برای محاسبهٔ آنتالپی واکنش‌های گازی (واکنش‌هایی که تمامی مواد شرکت‌کننده در آن‌ها گازی هستند) می‌توان از آنتالپی پیوند استفاده نمود. $CH_۳OH$ در این واکنش در حالت فیزیکی جامد است؛ پس نمی‌توانیم تنها با داشتن آنتالپی‌های پیوند، آنتالپی واکنش مورد نظر را محاسبه کنیم.

A ۱۲۵۷ ۳ با توجه به ساختار لوویس مولکول $NO_۲Cl$، در ساختار آن یک پیوند $(N-Cl)$، یک پیوند $(N=O)$ و یک پیوند $(N-O)$ وجود دارد. در ابتدا به کمک مقدار مجموع آنتالپی پیوندها در ساختار $NOCl$، آنتالپی پیوند $(N-Cl)$ را به‌دست می‌آوریم:



$\Delta H(N-Cl)+\Delta H(N=O)+\Delta H(N-O)=۱۰۱۳kJ\Rightarrow \Delta H(N-Cl)+۶۰۷+۲۰۵=۱۰۱۳\Rightarrow \Delta H(N-Cl)=۲۰۱kJ.mol^{-۱}$

در واکنش $NCl_۳(g)\rightarrow N(g)+۳Cl(g)$، سه پیوند $(N-Cl)$ شکسته می‌شود، پس آنتالپی واکنش برابر است با:

$\Delta H(\text{واکنش})=۳\Delta H(N-Cl)=۳\times ۲۰۱=۶۰۳kJ$

A ۱۲۵۸ ۲ به کمک واکنش اول می‌توان آنتالپی پیوند $C-H$، واکنش دوم آنتالپی پیوند $C-Cl$ و واکنش سوم آنتالپی پیوند $C-F$ را مشخص نمود.

واکنش اول: در واکنش اول، به ازای شکستن ۴ مول پیوند $C-H$، ۱۶۶۰kJ گرما مصرف شده است، پس آنتالپی پیوند $C-H$ برابر $\left(\frac{۱۶۶۰kJ}{۴mol}\right)۴۱۵kJ.mol^{-۱}$ می‌باشد.

واکنش دوم: در واکنش دوم، به ازای شکستن ۲ مول پیوند $C-H$ و ۲ مول پیوند $C-Cl$، ۱۴۹۰kJ گرما مصرف می‌شود، پس آنتالپی پیوند $C-Cl$ برابر است با:

$۲\Delta H(C-H)+۲\Delta H(C-Cl)=۱۴۹۰\Rightarrow ۲\times ۴۱۵+۲\Delta H(C-Cl)=۱۴۹۰\Rightarrow \Delta H(C-Cl)=۳۳۰kJ.mol^{-۱}$

واکنش سوم: در واکنش سوم، به ازای شکستن ۲ مول پیوند $C-Cl$ و ۲ مول پیوند $C-F$، ۱۶۳۰kJ انرژی مصرف می‌شود، پس آنتالپی پیوند $C-F$ برابر است با:

$۲\Delta H(C-Cl)+۲\Delta H(C-F)=۱۶۳۰kJ\Rightarrow ۲(۳۳۰)+۲\Delta H(C-F)=۱۶۳۰\Rightarrow \Delta H(C-F)=۴۸۵kJ.mol^{-۱}$

B ۱۲۵۹ ۲ **قسمت اول:** ابتدا گرمای مصرف شده برای تجزیهٔ کامل یک مول $C_۲H_۲$ به اتم‌های سازنده‌اش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ=۱\,mol\,C_۲H_۲\times\frac{۲۶g\,C_۲H_۲}{۱\,mol\,C_۲H_۲}\times\frac{۴۱۷kJ}{۶/۵g\,C_۲H_۲}=۱۶۶۸kJ$$

پس گرمای مورد نیاز برای واکنش $H-C\equiv C-H\rightarrow ۲C(g)+۲H(g)$ برابر ۱۶۶۸kJ است. از طرفی این گرما صرف شکستن ۲ مول پیوند $(C-H)$ و یک مول پیوند $(C\equiv C)$ شده است. بنابراین خواهیم داشت:

$۲\Delta H(C-H)+\Delta H(C\equiv C)=۱۶۶۸\Rightarrow (۲\times ۴۱۵)+\Delta H(C\equiv C)=۱۶۶۸\Rightarrow \Delta H(C\equiv C)=۸۳۸kJ.mol^{-۱}$

قسمت دوم: با توجه به محاسبات قسمت قبل، داریم:

$$?\,L\,C_۲H_۲=۲۰۸/۵kJ\times\frac{۱\,mol\,C_۲H_۲}{۱۶۶۸kJ}\times\frac{۲۲/۴L\,C_۲H_۲}{۱\,mol\,C_۲H_۲}=۲/۸L\,C_۲H_۲$$

B ۱۲۶۰ ۱ ابتدا مقدار مول $NH_۳$ تولیدی در واکنش $N_۲(g)+۳H_۲(g)\rightarrow ۲NH_۳(g)$ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,NH_۳=۵۰/۴L\,N_۲\times\frac{۱\,mol\,N_۲}{۲۲/۴L\,N_۲}\times\frac{۲mol\,NH_۳}{۱\,mol\,N_۲}=۴/۵mol\,NH_۳$$

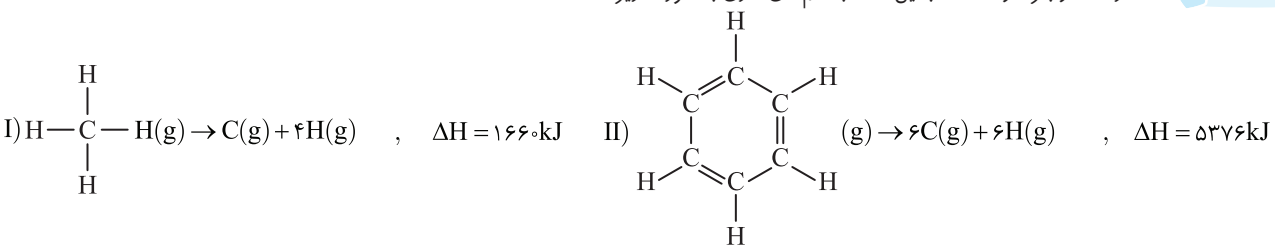
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم }N_۲}{\text{ضریب}\times ۲۲/۴}=\frac{\text{مول }NH_۳}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۵۰/۴}{۱\times ۲۲/۴}=\frac{x}{۲}\Rightarrow x=۴/۵mol\,NH_۳$$

در واکنش تبدیل ۱ مول $NH_۳(g)$ به اتم‌های گازی سازنده‌اش، ۳ مول پیوند $(N-H)$ شکسته می‌شود و انرژی لازم برای آن معادل $۱۱۷۰kJ\,(۳\times ۳۹۰)$ است. بنابراین برای تجزیهٔ مقدار ۴/۵ مول $NH_۳$ به $۵۲۶۵kJ\,(۴/۵\times ۱۱۷۰)$ انرژی نیاز است، اما در واکنش تجزیهٔ داده شده مقدار ۵۸۵۰kJ مصرف شده است، پس بازده درصدی این واکنش برابر با $\left(\frac{۵۲۶۵}{۵۸۵۰}\times ۱۰۰\right)$ ٪۹۰ است.

$$\text{بازده درصدی واکنش}=\frac{۵۲۶۵kJ}{۵۸۵۰kJ}\times ۱۰۰=٪۹۰$$

B ۱۲۶۱ ۱ ساختار متان و بنزن و معادلهٔ تبدیل آن‌ها به اتم‌های گازی به‌صورت زیر است:



با توجه به گرمای واکنش‌ها و پیوندهای شکسته شده در آن‌ها، رابطهٔ ΔH را برای هر واکنش می‌نویسیم:

$$\Delta H(\text{واکنش I}) = ۴\times\Delta H(C-H) = ۱۶۶۰kJ \Rightarrow \Delta H(C-H) = ۴۱۵kJ.mol^{-۱}$$

$$\Delta H(\text{واکنش II}) = ۶\times\Delta H(C-H) + ۳\times\Delta H(C-C) + ۳\times\Delta H(C=C) = ۵۳۷۶kJ$$

$$۶\times۴۱۵ + ۳\times۳۴۸ + ۳\times\Delta H(C=C) = ۵۳۷۶kJ \Rightarrow \Delta H(C=C) = ۶۱۴kJ.mol^{-۱}$$

پس برای شکستن یک مول پیوند $(C=C)$ به ۶۱۴ کیلوژول گرما نیاز داریم. اکنون گرمای مورد نیاز برای شکستن $۳/۶۱۲\times۱۰^{۲۱}$ پیوند $(C=C)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?kJ = ۳/۶۱۲\times۱۰^{۲۱} \text{ پیوند} \times \frac{۱mol \text{ پیوند}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳} \text{ پیوند}} \times \frac{۶۱۴kJ}{۱mol \text{ پیوند}} = ۳/۶۸۴kJ$$

B ۱۲۶۲ ۴ ΔH یک واکنش را می‌توان از کم کردن مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده از مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده به‌دست آورد.

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}]$$

B ۱۲۶۳ ۴ با توجه به نمودار که اندازهٔ b بزرگ‌تر از a است می‌توان نتیجه گرفت که مجموع آنتالپی پیوند $H_۲$ و $Cl_۲$ از ۲ برابر آنتالپی پیوند HCl کوچک‌تر هستند.

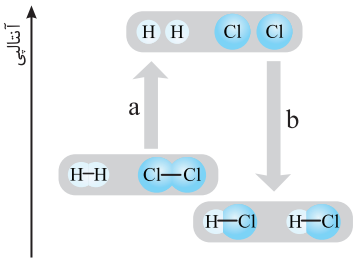
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۲): معادلهٔ شیمیایی واکنش انجام گرفته به‌صورت $H_۲(g) + Cl_۲(g) \rightarrow ۲HCl(g)$ است. a برابر مجموع انرژی‌های مصرف شده برای شکستن یک مول از هر یک از پیوندهای $(H-H)$ و $(Cl-Cl)$ بوده و عددی مثبت است، در حالی که b برابر مجموع انرژی‌های آزاد شده در اثر تشکیل دو مول پیوند $(H-Cl)$ بوده و مقداری منفی دارد. توجه کنید که آنتالپی تشکیل پیوند از نظر عددی، قرینهٔ آنتالپی شکستن پیوند است. گزینهٔ (۳): با توجه به اینکه a، مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها و b مجموع آنتالپی تشکیل پیوند فراورده‌ها است، پس ΔH واکنش برابر $a+b$ است. از آنجا که a و b، به‌ترتیب آنتالپی شکستن پیوند و آنتالپی تشکیل پیوند هستند، اتم‌های H و Cl جدا از هم در این واکنش در حالت فیزیکی گازی قرار دارند.

* **توجه** آنتالپی پیوند، معادل انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند اشتراکی در حالت گازی و تبدیل آن به اتم‌های گازی سازندهٔ آن است.

B ۱۲۶۴ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مطابق نمودار انرژی واکنش، می‌توان پی برد سطح انرژی اتم‌های گازی H و Cl بیشتر از مولکول‌های گازی $H_۲$ و $Cl_۲$ و سطح انرژی آن‌ها هم بیشتر از مولکول گازی HCl است. از آنجا که پایداری با سطح انرژی رابطهٔ عکس دارد، مقایسهٔ میزان پایداری گونه‌ها به‌صورت داده شده، درست می‌باشد. عبارت (ب): در واکنش‌های گرماگیر $(\Delta H > ۰)$، علامت Q در سمت واکنش‌دهنده‌ها قرار دارد:

$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] > ۰$$

$$[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}] > [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}]$$



عبارت (پ): آنتالپی پیوند برای تعیین ΔH واکنش‌هایی مناسب است که همهٔ مواد شرکت‌کننده در آن به حالت گازی باشند. در این واکنش، نیتروگلیسرین $(C_۳H_۵N_۳O_۹)$ به حالت فیزیکی مایع است، پس از آنتالپی پیوندها نمی‌توان برای تعیین ΔH واکنش استفاده کرد. عبارت (ت): مولکول‌های گازی $NO_۲$ و $N_۲O_۵$ در واکنش (I) در مقایسه با مواد شرکت‌کننده در واکنش (II)، پیچیده‌تر هستند، پس به‌کار بردن میانگین آنتالپی پیوندها برای تعیین ΔH در واکنش (I) تفاوت آشکاری با داده‌های تجربی دارد.

عبارت (ث): واکنش تولید آمونیاک از عناصر سازنده‌اش برخلاف واکنش تجزیهٔ گاز دی‌نیتروژن تترااکسید گرماده است. در واکنش‌های گرماده داریم:

$$\Delta H < ۰ \Rightarrow \text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها} > \text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها} > ۰$$

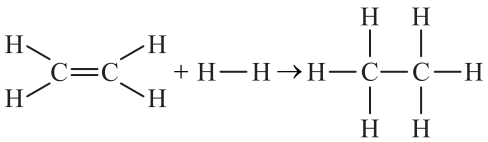
B ۱۲۶۵ ۲

$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}]$$

$$\Delta H = [\Delta H(C=C) + ۴\Delta H(C-H) + \Delta H(H-Cl)] - [\Delta H(C-C) + ۵\Delta H(C-H) + \Delta H(C-Cl)]$$

$$\Delta H = [۶۱۴ + ۴(۴۱۵) + ۴۳۱] - [۳۴۸ + ۵(۴۱۵) + ۳۳۹] = -۵۷kJ$$

B ۱۲۶۶ ۳ محاسبهٔ ΔH واکنش (I): ساختار مواد موجود در معادلهٔ واکنش به‌صورت زیر است:



$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}]$$

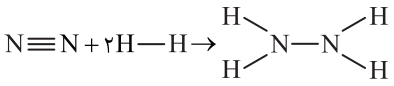
$$\Delta H(\text{واکنش}) = [۱\times\Delta H(C=C) + ۴\times\Delta H(C-H) + ۱\times\Delta H(H-H)] - [۱\times\Delta H(C-C) + ۶\times\Delta H(C-H)]$$

$$= [۱\times۶۱۴ + ۴\times۴۱۵ + ۱\times۴۳۶] - [۱\times۳۴۸ + ۶\times۴۱۵] = -۱۲۸kJ$$

* **توجه** به منظور تسریع در حل سؤال، می‌توانیم پیوندهای مشترک در دو طرف معادلهٔ واکنش را ساده کرده و از نوشتن آن‌ها خودداری کنیم. در این واکنش ۴ پیوند $(C-H)$ در واکنش‌دهنده‌ها و ۶ پیوند $(C-H)$ در فراورده وجود دارد. پس با حذف ۴ پیوند $(C-H)$ از طرفین خواهیم داشت:

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [۱\times\Delta H(C=C) + ۱\times\Delta H(H-H)] - [۱\times\Delta H(C-C) + ۲\times\Delta H(C-H)] = [۱\times۶۱۴ + ۱\times۴۳۶] - [۱\times۳۴۸ + ۲\times۴۱۵] = -۱۲۸kJ$$

محاسبهٔ ΔH واکنش (II) : ساختار مواد موجود در معادلهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:



ΔH(واکنش)=[مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها]−[مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها]

ΔH(واکنش)=[۱×$\Delta H(N\equiv N)$+۲×$\Delta H(H-H)$]−[۱×$\Delta H(N-N)$+۴×$\Delta H(N-H)$]=[۱×۹۴۵+۲×۴۳۶]−[۱×۱۶۳+۴×۳۹۱]=۹۰kJ

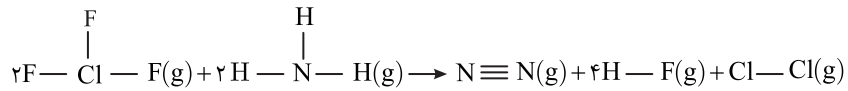
پس اختلاف ΔH این دو واکنش برابر ۲۱۸kJ ((۱۲۸)−(۹۰)) است.

B ۱۲۶۷ ۴ با توجه به اطلاعات سؤال، آنتالپی پیوند $N-H$ را بر حسب $H-F$ و آنتالپی پیوند $N\equiv N$ و $Cl-F$ را بر حسب $Cl-Cl$ می‌نویسیم:

$\Delta H(N-H)=\underbrace{\Delta H(H-F)}_{a}-۱۷۶=a-۱۷۶$ $\quad$ $\Delta H(N\equiv N)=\underbrace{\Delta H(Cl-Cl)}_{b}+۷۰۳=b+۷۰۳$

$\Delta H(Cl-F)=\underbrace{\Delta H(Cl-Cl)}_{b}+۱۱=b+۱۱$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت زیر است:



حال معادلهٔ ΔH واکنش را می‌نویسیم:

$\Delta H=[۶\Delta H(Cl-F)+۶\Delta H(N-H)]-[\Delta H(N\equiv N)+۶\Delta H(H-F)+\Delta H(Cl-Cl)]$

$-۷۲۵=[۶(b+۱۱)+۶(a-۱۷۶)]-[(b+۷۰۳)+۶(a)+۱(b)]\Rightarrow b=۲۴۲kJ.mol^{-۱}$

در نهایت آنتالپی پیوند $N\equiv N$ را محاسبه می‌کنیم:

$\Delta H(N\equiv N)=\Delta H(Cl-Cl)+۷۰۳=۲۴۲+۷۰۳=۹۴۵kJ.mol^{-۱}$

B ۱۲۶۸ ۴ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

② $H_۲S$ + ① $O_۲$ → ② S + ② $H_۲O$

حال با استفاده از جدول آنتالپی پیوند، ΔH واکنش را محاسبه می‌کنیم:

ΔH (واکنش)=[مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده]−[مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده] $\Rightarrow \Delta H=(۴\times۳۴۰)+(۴۹۵)-(۴\times۴۶۳)=۳kJ$

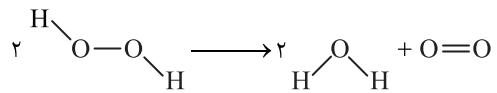
سپس گرمای مبادله شده به ازای تولید ۱۰۰۰g گوگرد را محاسبه می‌نماییم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,kJ=۱۰۰۰g\,S\times\frac{۱\,mol\,S}{۳۲g\,S}\times\frac{۳kJ}{۲mol\,S}=۴۶/۸۷۵kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم گوگرد تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{۱۰۰۰}{۲\times۳۲}=\frac{Q}{۳kJ}\Rightarrow Q=۴۶/۸۷۵kJ$$

B ۱۲۶۹ ۳ ابتدا معادلهٔ ساختاری واکنش را می‌نویسیم و ΔH واکنش را محاسبه می‌کنیم:



$\Delta H=[\cancel{۴\Delta H_{(O-H)}}+۲\Delta H_{(O-O)}]-[\cancel{۴\Delta H_{(O-H)}}+۲\Delta H_{(O=O)}]$

$=(۲\times۲۰۴)-(۴۹۸)=-۹۰kJ$

سپس گرمای مبادله شده با محیط را به دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

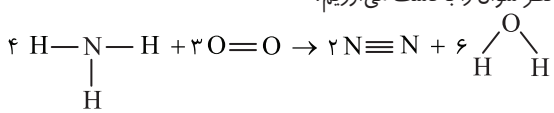
$$?\,kJ=۵/۶LO_۲\times\frac{۱\,mol\,O_۲}{۲۲/۴LO_۲}\times\frac{-۹۰kJ}{۱\,mol\,O_۲}=-۲۲/۵kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم }O_۲\text{ تولیدی}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{۵/۶}{۱\times۲۲/۴}=\frac{Q}{-۹۰kJ}\Rightarrow Q=-۲۲/۵kJ$$

C ۱۲۷۰ ۱ قسمت اول: ابتدا به کمک آنتالپی‌های پیوند، ΔH واکنشی که همهٔ مواد در آن به حالت گازی هستند را محاسبه می‌کنیم. سپس به کمک قانون هس، ΔH واکنش مورد نظر سؤال را به‌دست می‌آوریم:

مرحلهٔ (۱): $\quad ۴NH_۳(g)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲N_۲(g)+۶H_۲O(g)$



ΔH=[مجموع آنتالپی پیوندهای مواد فراورده]−[مجموع آنتالپی پیوندهای مواد واکنش‌دهنده]

$=[۱۲\Delta H(N-H)+۳\Delta H(O=O)]-[۲\Delta H(N\equiv N)+۱۲\Delta H(O-H)]=[(۱۲\times۳۹۰)+(۳\times۴۹۵)]-[(۲\times۹۴۰)+(۱۲\times۴۶۳)]=-۱۲۷۱kJ$

مرحلهٔ (۲): استفاده از قانون هس: طبق این قانون، واکنش اول بدون تغییر، واکنش دوم را معکوس و در عدد ۶ ضرب می‌کنیم.

I) $۴NH_۳(g)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲N_۲(g)+۶H_۲O(g)$ $\quad \Delta H=-۱۲۷۱kJ$

II) $H_۲O(l)\rightarrow H_۲O(g)$ $\quad \Delta H=+۴۴kJ$

واکنش نهایی: $۴NH_۳(g)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲N_۲(g)+۶H_۲O(l)$ $\quad \Delta H=-۱۲۷۱-۶(۴۴)=-۱۵۳۵kJ$

قسمت دوم: با توجه به معادلهٔ زیر، باید ببینیم ۱۵۳۵kJ، چند مول FeO را می‌تواند به Fe تبدیل کند: $FeO(s)+H_۲(g)\rightarrow Fe(s)+H_۲O(l)\ ,\ \Delta H=۲۵kJ$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,FeO=۱۵۳۵kJ\times\frac{۱\,mol\,FeO}{۲۵kJ}=۶۱/۴\,mol\,FeO$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول FeO}}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{x\,mol\,FeO}{۱}=\frac{۱۵۳۵}{۲۵}\Rightarrow x\,mol\,Fe=۶۱/۴mol\,FeO$$

B ۱۲۷۱ ۴ برای تبدیل ۱ گرم مولکول گازی هیدروژن به اتم‌های گازی هیدروژن مطابق معادلهٔ $H_2(g) \rightarrow 2H(g)$ به ۲۱۸kJ انرژی نیاز است. پس آنتالپی پیوند $(H-H)$ برابر است با:

$$\Delta H(H-H)=1\,mol\,H_2\times\frac{2g\,H_2}{1\,mol\,H_2}\times\frac{218kJ}{1g\,H_2}=436kJ$$

ساختار مواد موجود در معادلهٔ واکنش داده شده به‌صورت مقابل است:

$$H-H+Br-Br\rightarrow 2H-Br$$

$$\Delta H(\text{واکنش})=[\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}]$$

$$\Delta H(\text{واکنش})=[1\times\Delta H(H-H)+1\times\Delta H(Br-Br)]-[2\times\Delta H(H-Br)]\Rightarrow -99=[1\times436+1\times\Delta H(Br-Br)]-[2\times364]$$

$$\Rightarrow \Delta H(Br-Br)=193kJ.mol^{-1}$$

اکنون به کمک آنتالپی پیوند $(Br-Br)$، گرمای لازم برای تبدیل ۱ گرم $Br_2(g)$ به اتم‌های $Br(g)$ مطابق معادلهٔ $Br_2(g)\rightarrow 2Br(g)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ=1\,g\,Br_2\times\frac{1\,mol\,Br_2}{160g\,Br_2}\times\frac{193kJ}{1\,mol\,Br_2}\simeq 1/2kJ$$

B ۱۲۷۲ ۳ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش:

$$2H_2S(g)+3O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)+2SO_2(g)$$

ساختار مواد موجود در معادلهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2H-S-H+3O=O\rightarrow 2H-O-H+2O-S=O$$

ابتدا به کمک آنتالپی پیوندها، ΔH واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H(\text{واکنش})=[4\times\Delta H(S-H)+3\times\Delta H(O=O)]-[4\times\Delta H(O-H)+2\times\Delta H(S-O)+2\times\Delta H(S=O)]$$

$$=[4\times340+3\times495]-[4\times463+2\times412+2\times545]=-921\,kJ$$

سپس گرمای آزاد شده به ازای سوختن گاز H_2S که در شرایط STP، ۱۱/۲ لیتر حجم دارد را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ=11/2L\,H_2S\times\frac{1\,mol\,H_2S}{22/4L\,H_2S}\times\frac{921kJ}{2mol\,H_2S}=230/25kJ$$

اکنون جرمی از گاز Cl_2 که با ۲۳۰/۲۵kJ گرما به اتم‌های مجزا تبدیل می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Cl_2=230/25kJ\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{230/25kJ}\times\frac{71g\,Cl_2}{1\,mol\,Cl_2}=71g\,Cl_2$$

B ۱۲۷۳ ۴ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش:

$$CH_3OH(g)\rightarrow CO(g)+2H_2(g)\qquad \Delta H=?$$

ابتدا به کمک گرمای آزاد شده و حجم گاز هیدروژن تولیدی، آنتالپی واکنش را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم:

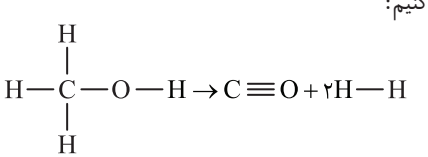
روش اول (کسر تبدیل):

$$\Delta H(\text{واکنش})=2mol\,H_2\times\frac{22/4L}{1\,mol\,H_2}\times\frac{90kJ}{28L}=144kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم } H_2}{\text{ضریب}\times 22/4}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{28}{2\times22/4}=\frac{90kJ}{\Delta H}\Rightarrow\Delta H=144kJ$$

اکنون رابطهٔ محاسبهٔ آنتالپی واکنش را به کمک آنتالپی پیوندها نوشته و آنتالپی پیوند $(C\equiv O)$ را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta H(\text{واکنش})=[3\times\Delta H(C-H)+1\times\Delta H(C-O)+1\times\Delta H(O-H)]-[1\times\Delta H(C\equiv O)+2\times\Delta H(H-H)]$$

$$144=[3\times415+1\times380+1\times463]-[1\times\Delta H(C\equiv O)+2\times436]\Rightarrow\Delta H(C\equiv O)=1072kJ.mol^{-1}$$

توضیح محاسبات

$$[3\times415+1\times380+1\times463]-[\Delta H(C\equiv O)+2\times436]=144\xrightarrow{\text{استفاده از رقم سمت راست}}[5+0+3]-[\Delta H(C\equiv O)+2]=4$$

$$\Rightarrow\Delta H(C\equiv O)=5+3-2-4=+2\ \text{یا}\ -8$$

رقم سمت راست $(+2)$ یا (-8) است. (پاسخ: $+1072$)

B ۱۲۷۴ ۱ با توجه به رابطهٔ میان ΔH واکنش و آنتالپی پیوند مواد شرکت‌کننده در واکنش، می‌توان نوشت:

$$\Delta H=[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}]$$

$$\Rightarrow -92=[\Delta H(N\equiv N)+3\Delta H(H-H)]-[6\overbrace{\Delta H(N-H)}^{390}]$$

$$\Rightarrow\Delta H(N\equiv N)+3\Delta H(H-H)=2248kJ$$

با توجه به اینکه در صورت سؤال، مجموع آنتالپی‌های پیوند در ۰/۲ مول N_2 و ۰/۶ مول H_2 خواسته شده است، طرفین رابطهٔ بالا را در ۰/۲ ضرب می‌کنیم:

$$0/2\Delta H(N\equiv N)+0/6\Delta H(H-H)=0/2\times2248=449/6kJ$$

B ۱۲۷۵ ۲ ابتدا گرمای حاصل از سوختن یک مول بنزن را محاسبه می‌کنیم:

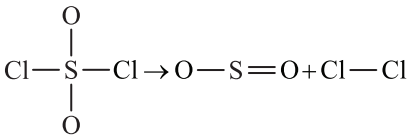
$$\text{گرمای سوختن یک مول بنزن}=1\,mol\times\frac{78g\,C_6H_6}{1\,mol}\times\frac{-41/75kJ}{1g}=-3256/5kJ/mol$$

باید توجه داشت که برای محاسبهٔ آنتالپی سوختن با کمک آنتالپی پیوند باید همهٔ گونه‌ها در حالت گازی شکل باشند. از آنجا که برای تبخیر یک مول بنزن، $30kJ$ انرژی لازم است، پس گرمای حاصل از سوختن یک مول بنزن برابر $-3286/5kJ-((-30)+(-3256/5))$ است. اکنون به کمک میانگین آنتالپی‌های پیوند، آنتالپی پیوند $(C=C)$ را به دست می‌آوریم:

$$C_6H_6(g)+\frac{15}{2}O_2(g)\rightarrow 6CO_2(g)+3H_2O(g)\qquad \Delta H=-3286/5kJ$$

$$-3286/5=[(6\times415)+3(C=C)+(3\times348)+(\frac{15}{2}\times495)]-[(12\times799)+(6\times463)]\Rightarrow 1833=3\Delta H(C=C)\Rightarrow \Delta H(C=C)=611\,kJ.mol^{-1}$$

C ۱۲۷۶ ۴ قسمت اول: ساختار مواد موجود در معادلهٔ واکنش به‌صورت زیر است:



$$\Delta H(\text{واکنش})=[2\times\Delta H(S-Cl)+2\times\Delta H(S-O)]$$
$$-[1\times\Delta H(S-O)+1\times\Delta H(S=O)+1\times\Delta H(Cl-Cl)]$$
$$=[2\times276+2\times412]-[1\times412+1\times545+1\times242]=177kJ$$

پس در این واکنش به ازای تولید یک مول گاز Cl_2 و یک مول گاز SO_2، $177kJ$ گرما مصرف می‌شود. اکنون به کمک گرمای مصرف شده و آنتالپی واکنش، حجم گاز تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\ \text{گاز}\ (SO_2,Cl_2)=265/5kJ\times\frac{2mol\ \text{گاز}\ (SO_2,Cl_2)}{177kJ}\times\frac{22/4L\ \text{گاز}\ (SO_2,Cl_2)}{1\,mol\ \text{گاز}\ (SO_2,Cl_2)}=67/2L\ \text{گاز}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم گازهای فراورده}}{\text{مجموع ضرایب گازهای فراورده}\times 22/4}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x\,L}{2\times22/4}=\frac{265/5kJ}{177kJ}\Rightarrow x=67/2L$$

قسمت دوم: معادلهٔ حذف SO_2 توسط آهک (CaO) به صورت مقابل است:

$$CaO(s)+SO_2(g)\rightarrow CaSO_3(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaO=67/2L\ \text{گاز}\times\frac{1\,mol\ \text{گاز}}{22/4L\ \text{گاز}}\times\frac{1\,mol\,SO_2}{2mol\ \text{گاز}}\times\frac{1\,mol\,CaO}{1\,mol\,SO_2}\times\frac{56g\,CaO}{1mol\,CaO}\times\frac{100}{75}=112g\,CaO$$

روش دوم (تناسب): نیمی از $67/2$ لیتر گاز تولیدی SO_2 است، پس حجم SO_2 تولیدی برابر $(\frac{67/2}{2})\ 33/6L$ می‌باشد.

$$\frac{\text{جرم CaO مصرفی}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم }SO_2\text{ مصرفی}}{\text{ضریب}\times22/4}\Rightarrow\frac{x\,g\,CaO\times\frac{75}{100}}{1\times56}=\frac{33/6}{1\times22/4}\Rightarrow x=112g\,CaO$$

C ۱۲۷۷ ۲ ابتدا گرمای آزاد شده در واکنش (۱) را به دست می‌آوریم؛ برای این کار لازم است با توجه به آنتالپی پیوندهای داده شده و معادلهٔ موازنه شدهٔ زیر، ΔH واکنش (۱) را محاسبه کنیم:

$$2C\equiv O+O=O\rightarrow 2O=C=O$$

$$\Delta H(\text{واکنش ۱})=[\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}]=(2\times1072+495)-(4\times800)=-561\,kJ$$

حال با استفاده از آنتالپی واکنش (۱) و جرم CO مصرفی، مقدار نظری گرمای آزاد شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ=14g\,CO\times\frac{1\,mol\,CO}{28g\,CO}\times\frac{561\,kJ}{2mol\,CO}=140/25kJ$$

در ادامه با استفاده از بازده درصدی واکنش، مقدار عملی گرمای آزاد شده را به دست می‌آوریم:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی گرما}}{\text{مقدار نظری گرما}}\times100\Rightarrow50=\frac{x}{140/25}\times100\Rightarrow x=\frac{50\times140/25}{100}=70/125kJ$$

بنابراین طبق گفتهٔ سؤال گرمای آزاد شده در واکنش (۲) نیز برابر $70/125kJ$ است؛ پس از موازنهٔ واکنش (۲) حجم گاز نیتروژن را به دست می‌آوریم:

$$2NH_3(g)+3Cl_2(g)\rightarrow N_2(g)+6HCl(g)$$

$$?\,L\,N_2=70/125kJ\times\frac{1\,mol\,N_2}{470kJ}\times\frac{22/4L\,N_2}{1\,mol\,N_2}\simeq3/34L\,N_2$$

C ۱۲۷۸ ۳ ابتدا ΔH واکنش را محاسبه می‌کنیم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2H_4(g)$$

$$\Delta H(\text{واکنش})=[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}]$$

$$\Delta H(\text{واکنش})=[\Delta H(N\equiv N)+2\Delta H(H-H)]-[\Delta H(N-N)+4\Delta H(N-H)]=[(941)+2(435)]-[(159)+4(389)]=96kJ$$

سپس به کمک جدول تغییر مول، مقدار N_2H_4 تولیدی که همان x مول در نظر گرفته شده را به دست می‌آوریم:

$$\text{مول اولیه مواد}=\frac{5}{6}\times\text{مجموع مول مواد موجود در ظرف}$$

$$\Rightarrow(4-x)+(8-2x)+x=\frac{5}{6}(4+8)\Rightarrow12-2x=10\Rightarrow x=1$$

	$N_2(g)$	+ $2H_2(g)$	→ $N_2H_4(g)$
مول اولیه	$112g=4mol$	$48/16\times10^{23}=8mol$	۰
مول نهایی	$4-x$	$8-2x$	x

گرمای آزاد شده به ازای تولید یک مول N_2H_4 برابر همان ΔH واکنش (۹۶kJ) می‌باشد و نسبت مول H_2 به N_2 برابر ۲ $(\frac{۶}{۳})$ است.

توضیح محاسبات $[۹۴۱+۲\times۴۳۵]-[۱۵۹+۴\times۳۸۹]=?\xrightarrow{\text{استفاده از رقم سمت راست}}[۱+۰]-[۹+۶]=۱-۵=-۴$ یا $+۶$

رقم سمت راست پاسخ $(+۶)$ یا (-۴) است. (پاسخ: ۹۶)

C ۱۲۷۹ **۱** ابتدا میانگین آنتالپی پیوندهای $(C-H)$ ، $(C-C)$ و $(O-H)$ را حساب می‌کنیم:

محاسبهٔ آنتالپی پیوند $C-H$: در یک مول متان، ۴ مول پیوند $C-H$ وجود دارد؛ بنابراین میانگین آنتالپی پیوند برابر است با:

$$\Delta H(C-H)=\frac{۱۶۴۰kJ}{۴}=۴۱۰kJ.mol^{-۱}$$

محاسبهٔ آنتالپی پیوند $C-C$: در یک مول اتان، یک مول پیوند $C-C$ و ۶ مول پیوند $C-H$ وجود دارد؛ پس میانگین آنتالپی پیوند $C-C$ برابر است با:

$$۶\Delta H(C-H)+\Delta H(C-C)=(۶\times۴۱۰)+\Delta H(C-C)=۲۸۱۰kJ\Rightarrow\Delta H(C-C)=۳۵۰kJ.mol^{-۱}$$

محاسبهٔ آنتالپی پیوند $O-H$: در یک مول آب، ۲ مول پیوند $O-H$ وجود دارد؛ از این‌رو میانگین آنتالپی پیوند $O-H$ برابر است با:

$$\Delta H(O-H)=\frac{۹۲۰kJ}{۲}=۴۶۰kJ.mol^{-۱}$$

سپس معادلهٔ واکنش سوختن پروپان را موازنه کرده و آنتالپی آن را محاسبه می‌کنیم: $CH_۳-CH_۲-CH_۳+۵O=O\Rightarrow ۳O=C=O+۴H-O-H$

$\Delta H_{\text{واکنش}}=$(مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها)$-$(مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها)

$$=[۸\Delta H(C-H)+۲\Delta H(C-C)+۵\Delta H(O=O)]-[۶\Delta H(C=O)+۸\Delta H(O-H)]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=(۸\times۴۱۰)+(۲\times۳۵۰)+(۵\times۴۹۵)-(۶\times۸۰۰)-(۸\times۴۶۰)=-۲۰۲۵kJ$$

حال گرمای حاصل از سوختن ۱۱ گرم پروپان را محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?kJ=۱۱g\,C_۳H_۸\times\frac{۱mol\,C_۳H_۸}{۴۴g\,C_۳H_۸}\times\frac{-۲۰۲۵kJ}{۱mol\,C_۳H_۸}=-۵۰۶/۲۵kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم پروپان مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{۱۱g}{۱\times۴۴}=\frac{Q}{-۲۰۲۵kJ}\Rightarrow Q=-۵۰۶/۲۵kJ$$

A ۱۲۸۰ **۲** گروه‌های عاملی ترکیب‌هایی هستند که در ساختار خود افزون بر اتم‌های هیدروژن، کربن و اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند.

A ۱۲۸۱ **۱** فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آرایش اتم‌های کربن و اکسیژن به‌صورت $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-)$، نشانهٔ گروه عاملی کربونیل است که به آلدهیدها و کتون‌ها خواص ویژه‌ای می‌بخشد. همچنین این آرایش از اتم‌ها می‌تواند بخشی از مولکول‌های آلی دیگر نیز باشد. عبارت (ب): در ساختار گروه عاملی اتری $(-O-)$، اتم اکسیژن به دو اتم کربن با پیوند یگانه متصل است. عبارت (پ): فرمول عمومی الکل‌ها و اترهای یک عاملی سیرشده با n اتم کربن به‌صورت $C_nH_{۲n+۲}O$ است. پس الکل‌ها و اترهای هم‌کربن فرمول مولکولی یکسان اما ساختار متفاوت دارند و ایزومر یکدیگرند. عبارت (ت): آلدهیدها و کتون‌های سیرشدهٔ زنجیری یک عاملی دارای فرمول عمومی یکسان $(C_nH_{۲n}O)$ و فرمول ساختاری متفاوت هستند، بنابراین می‌توان گفت آلدهیدها و کتون‌های سیرشدهٔ یک عاملی با تعداد اتم‌های کربن برابر، ایزومر یکدیگرند.

B ۱۲۸۲ **۲**

نکته‌ترکیب ترکیبات آلی راست‌زنجیر سیرشدهٔ تک‌عاملی:

گروه عاملی		ساختار	فرمول عمومی	نخستین عضو
اتر		$R'-O-R$	$C_nH_{۲n+۲}O$	دی‌متیل اتر $CH_۳OCH_۳$
الکل		$H-O-R$		متانول $CH_۳OH$
کربونیل	آلدهید	$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R$	$C_nH_{۲n}O$	فرمالدهید $HCOH$
	کتون	$R'-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R$		پروپانون یا استون $CH_۳COCH_۳$

بررسی موارد: مورد (الف): ساده‌ترین آلدهید، دارای فرمول مولکولی $CH_۲O$ است که فرمول ساختاری آن به‌صورت مقابل می‌باشد.

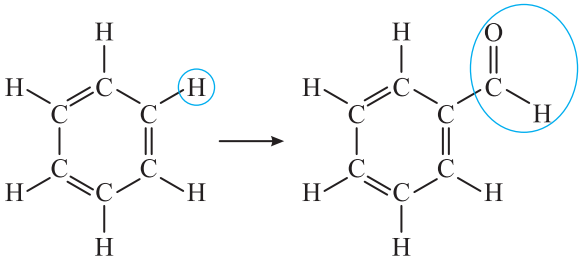
$$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$$

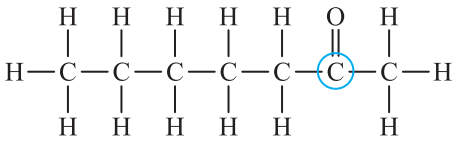
مورد (ب): ساده‌ترین الکل، دارای فرمول مولکولی $CH_۴O$ است و فرمول ساختاری آن به‌صورت زیر می‌باشد.

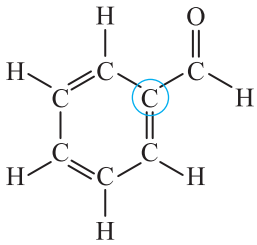
$$H-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-O-H$$

مورد (پ): ساده‌ترین کتون، دارای فرمول مولکولی $C_۳H_۶O$ است و فرمول ساختاری آن به‌صورت $CH_۳-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_۳$ می‌باشد. در هر مولکول از این کتون، ۶ اتم H و ۳ اتم C وجود دارد. مورد (ت): ساده‌ترین اتر، دارای فرمول مولکولی $C_۲H_۶O$ بوده و ۶ اتم هیدروژن دارد. مولکول بنزن $(C_۶H_۶)$ نیز در ساختار خود ۶ اتم هیدروژن دارد.

B ۱۲۸۳ ۲ ترکیب آلی موجود در میخک، ۲- هپتانون و ترکیب آلی موجود در بادام، بنزآلدهید می‌باشد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فرمول مولکولی ۲- هپتانون به‌صورت $C_7H_{14}O$ و فرمول مولکولی بنزآلدهید به‌صورت C_7H_6O است. گزینهٔ (۲): گروه عاملی موجود در میخک، کتونی و گروه عاملی موجود در بادام، آلدهیدی است که هر یک به ترکیب خود خواص ویژه‌ای بخشیده‌اند. گزینهٔ (۳): با جایگزینی یکی از اتم‌های هیدروژن بنزن (C_6H_6) با گروه عاملی آلدهیدی، بنزآلدهید به‌دست می‌آید. گزینهٔ (۴): مطابق ساختار ترکیب‌های آلی زیر، در هر ترکیب یک اتم کربن وجود دارد که به هیچ اتم هیدروژنی متصل نشده است.







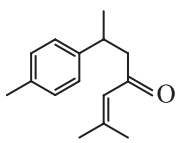
B ۱۲۸۴ ۳ به‌طور کلی ترکیب آلی سیرشدهٔ دارای اتم اکسیژن، می‌تواند از خانوادهٔ الکل‌ها یا اترها باشد؛ بنابراین عبارت داده شده در گزینهٔ (۳) به طور کلی برای شرط بیان شده در صورت سوال نادرست است. با این وجود حتی اگر آن شرط سیرشدگی را نادیده بگیریم، اگر اتم اکسیژن در یک ترکیب آلی، فقط به یک اتم کربن با **پیوند دوگانه** متصل باشد، ترکیب مورد نظر می‌تواند از خانوادهٔ آلدهیدها یا کتون‌ها باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اگر اتم اکسیژن با یک جفت الکترون پیوندی به یک اتم کربن متصل باشد، مولکول به یقین الکل است، چرا که اتم اکسیژن در اترها با دو جفت الکترون پیوندی به دو اتم کربن متصل است. گزینهٔ (۲): اگر اتم اکسیژن به اتم هیدروژن متصل باشد، مولکول به یقین الکل است، چرا که در اترها، اتم اکسیژن فقط به اتم کربن متصل است. گزینهٔ (۴): اگر اتم اکسیژن به دو اتم کربن متصل باشد، مولکول به یقین اتر است، چرا که در الکل‌ها، گروه هیدروکسیل وجود داشته که در آن اتم اکسیژن به اتم هیدروژن متصل است.

B ۱۲۸۵ ۳ ترکیب (III) در ساختار گشنیز وجود دارد و فرمول مولکولی آن به‌صورت $C_{10}H_{17}OH$ است و نسبت شمار اتم‌های هیدروژن به شمار اتم‌های کربن در این ترکیب برابر $1/8\left(\frac{18}{10}\right)$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ترکیب (I) در ساختار دارچین یافت می‌شود و فرمول مولکولی آن به‌صورت C_9H_8O است. گزینهٔ (۲): ترکیب (II) در ساختار زردچوبه وجود دارد. این ترکیب همانند ۲- هپتانون دارای یک گروه عاملی کتونی و فرمول مولکولی آن به‌صورت $C_{15}H_{20}O$ است. گزینهٔ (۴): طعم و بوی رازیانه به‌طور عمده وابسته به گروه عاملی اتری موجود در ترکیب (IV) است. فرمول مولکولی این ترکیب به‌صورت $C_{10}H_{12}O$ است و در هر واحد فرمولی آن ۲۳ (۱+۱۲+۱۰) اتم وجود دارد.

B ۱۲۸۶ ۳ هر دو ترکیب دارای فرمول مولکولی $C_8H_{18}O$ هستند، اما ساختار آن‌ها متفاوت است، پس این دو ترکیب، ایزومر ساختاری یکدیگر هستند. توجه کنید که نقطهٔ جوش ترکیب (I) به دلیل توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود، بیشتر از ترکیب (II) است.

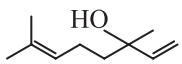
★ **نکته** نقطهٔ جوش الکل‌ها بیشتر از نقطهٔ جوش اترهای ایزومر است، زیرا الکل‌ها به دلیل داشتن اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن، می‌توانند با یکدیگر پیوند هیدروژنی برقرار کنند، اما مولکول اترها فاقد این توانایی بوده و نیروهای بین‌مولکولی در آن‌ها ضعیف می‌باشد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): یکی از ترکیب‌های آلی موجود در میخک، ۲- هپتانون می‌باشد که روی کربن شمارهٔ ۲ خود دارای یک گروه عاملی کتونی است. گزینهٔ (۲): یکی از ترکیب‌های آلی موجود در زردچوبه، دارای یک حلقهٔ بنزنی است و در ساختار آن یک گروه عاملی کتونی وجود دارد. گزینهٔ (۴): فرمول کلی الکل‌ها و اترهای تک‌عاملی و n کربنی که دارای گروه(های) R سیرشده و خطی هستند، به صورت $C_nH_{2n+2}O$ است.

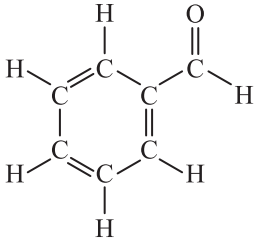


$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی}=\frac{(C\times4)+(H\times1)+(O\times2)}{2}=\frac{(n\times4)+((2n+2)\times1)+(1\times2)}{2}=\frac{4n+2n+4}{2}=3n+2$$

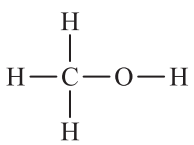
C ۱۲۸۷ ۲ عبارت‌های (الف) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ساختار ترکیب آلی موجود در گشنیز به‌صورت مقابل می‌باشد.



این ترکیب در ساختار خود فاقد حلقهٔ بنزنی است. عبارت (ب): بنزآلدهید در ساختار خود فاقد اتم هیدروژن متصل به یکی از اتم‌های O، F و N است، پس توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های خود را ندارد، در حالی‌که نخستین عضو خانوادهٔ الکل‌ها، متانول با ساختار (CH_3-OH) است که دارای گروه عاملی هیدروکسیل بوده و می‌تواند بین مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار نماید. عبارت (پ): فرمول مولکولی کتونی با ۳ اتم کربن به‌صورت C_3H_6O است و ساختار آن به‌صورت $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$ می‌باشد. از طرفی پروپن، دومین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها بوده و فرمول مولکولی آن به‌صورت C_3H_6 است. عبارت (ت): فرمول عمومی الکل‌ها و اترهای سیرشدهٔ تک عاملی زنجیری یکسان و به‌صورت $C_nH_{2n+2}O$ است، پس فرمول مولکولی دو ترکیب داده شده به‌صورت $C_4H_{10}O$ می‌باشد. عبارت (ث): در ساختار ترکیب آلی رازیانه، ۴ پیوند دوگانه وجود دارد و هر مول از این ترکیب با ۴ مول $Br_2(l)$ واکنش می‌دهد.



بنزآلدهید



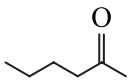
متانول

$$?\,g\,Br_2=0/75\,mol\,C_{10}H_{12}O\times\frac{4\,mol\ \text{پیوند دوگانه}}{1\,mol\,C_{10}H_{12}O}\times\frac{1\,mol\,Br_2}{1\,mol\ \text{پیوند دوگانه}}\times\frac{160\,g\,Br_2}{1\,mol\,Br_2}=480\,g\,Br_2$$

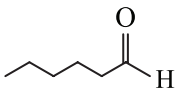
B ۱۲۸۸ ۲ ترکیب‌های نشان داده شده در موارد (ب) و (ت) ایزومر یکدیگر هستند. ایزومرها دارای فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوت هستند. **بررسی ترکیب‌ها:** ترکیب (الف): فرمول مولکولی ترکیب‌ها به‌صورت $C_9H_{18}O$ و $C_9H_{20}O$ می‌باشد. ترکیب (ب): فرمول مولکولی هر دو ترکیب به‌صورت $C_8H_{16}O$ است، اما ساختار آن‌ها با هم متفاوت است، پس این دو ترکیب ایزومر یکدیگرند. ترکیب (پ): فرمول مولکولی ترکیب‌ها به‌ترتیب به‌صورت C_8H_{18} و C_9H_{20} است. ترکیب (ت): فرمول مولکولی هر دو ترکیب به‌صورت C_6H_{12} است، اما ساختار آن‌ها با هم متفاوت است. پس این دو ترکیب ایزومر یکدیگرند.

* **توجه** سیکلوآلکان‌ها با آلکن‌های هم کربن ایزومر هستند و فرمول عمومی آن‌ها به‌صورت C_nH_{2n} است.

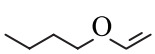
B ۱۲۸۹ ۳ موادی که فرمول مولکولی یکسانی دارند؛ اما ساختار آن‌ها متفاوت است، ایزومر (همپار) هستند. ترکیب مورد نظر الکلی سیرنشده و با فرمول مولکولی $C_6H_{11}OH$ است که در ساختار خود یک پیوند دوگانه دارد. ترکیبات آروماتیک به علت داشتن حلقهٔ بنزنی، حداقل ۳ پیوند دوگانه دارند و بر این اساس، اگر ترکیبی آروماتیک ۶ کربنه را در نظر بگیریم، قطعاً شمار هیدروژن کمتری نسبت به الکل داده شده دارد و فرمول مولکولی آن متفاوت است و نمی‌تواند با الکل داده شده ایزومر باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در کتون‌ها، یک اتم اکسیژن توسط یک پیوند دوگانه به یک اتم کربن متصل شده و این اتم کربن نیز از دو طرف به دو زنجیرهٔ هیدروکربنی متصل است. ۲-هگزانون یک کتون ۶ کربنه با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O$ است که به دلیل ساختار متفاوت با الکل داده شده ایزومر است.



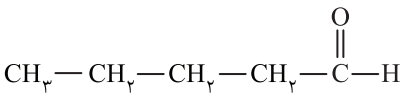
گزینهٔ (۲): هگزانال یک آلدهید ۶ کربنه با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O$ بوده که با ترکیب داده شده ایزومر است.

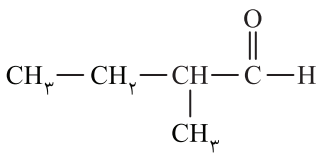


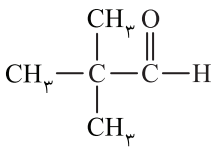
گزینهٔ (۴): ساختار زیر یک اتر با فرمول مولکولی $C_4H_9OC_2H_3$ را نشان می‌دهد که فرمول مولکولی آن با $C_6H_{11}OH$ مشابه است؛ اما به دلیل داشتن ساختار متفاوت، ایزومر آن بوده و خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارد.

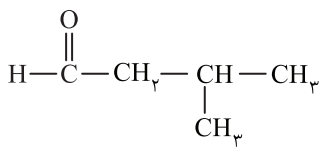


B ۱۲۹۰ ۳ ساختارهای آلدهیدی:

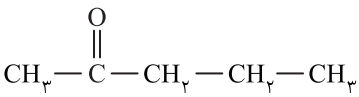


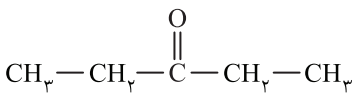


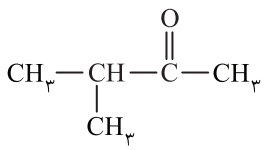




ساختار کتونی:

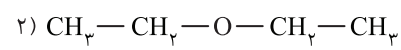


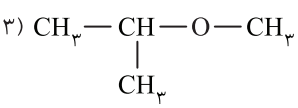




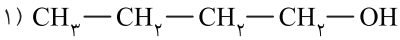
B ۱۲۹۱ ۳ ساختارهای اتری:

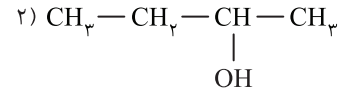
۱) 

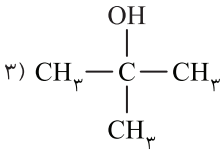
۲) 

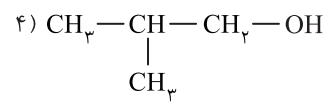
۳) 

ساختارهای الکلی:

۱) 

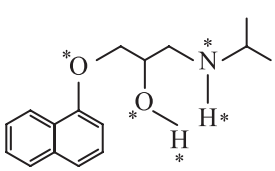
۲) 

۳) 

۴) 

نسبت خواسته شده برابر $\frac{۳}{۴}$ است.

B ۱۲۹۲ ۴ فقط عبارت چهارم نادرست است، پس نسبت مورد نظر برابر $۴\left(\frac{۴}{۱}\right)$ است. عبارت اول: فرمول مولکولی این ترکیب به‌صورت $C_{16}H_{21}O_2N$ است. این گزینه را به‌عنوان آخرین گزینه بررسی نمایید. عبارت دوم: این ترکیب در ساختار خود دارای گروه‌های عاملی اتری، الکلی و آمینی است. عبارت سوم: نفتالن همانند این ترکیب دارای ۲ حلقهٔ کربنی متصل به هم است. عبارت چهارم: مولکول‌های پروپرانولول از سمت اتم‌های اکسیژن و نیتروژن خود و از سمت اتم‌های هیدروژن متصل به این اتم‌ها می‌توانند با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.



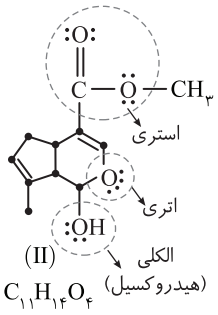
عبارت پنجم:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(C\times۴)+(H\times۱)+(O\times۲)+(N\times۳)}{۲} = \frac{(۱۶\times۴)+(۲۱\times۱)+(۲\times۲)+(۱\times۳)}{۲} = ۴۶$$

B ۱۲۹۳ ۳ فرمول شیمیایی ترکیب‌های (I) و (II) به ترتیب به صورت $C_{11}H_{17}OH$ و $C_{10}H_{18}O$ است. در ترکیب (I) فقط یک اتم کربن و در ترکیب (II)، دو اتم کربن وجود دارد که به هیچ اتم هیدروژنی متصل نشده‌اند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ترکیب (I) و (II) به ترتیب دارای ۱۳ و ۹ پیوند $C-C$ هستند. گزینهٔ (۲): ترکیب (I) در ساختار خود گروه عاملی هیدروکسیل دارد که توانایی تشکیل پیوند هیدروژن بین مولکول‌های این ترکیب را می‌دهد، از طرفی شمار اتم‌های کربن نیز در ترکیب (I) بیشتر است و این دو عامل سبب می‌شوند که ترکیب (I) نقطهٔ جوش بالاتری داشته باشد. گزینهٔ (۴): در هر دو ترکیب ۱۸ اتم هیدروژن وجود دارد.

B ۱۲۹۴ ۳ فرمول مولکولی هر دو ترکیب یکسان و به‌صورت $C_{11}H_{14}O_4$ است. نسبت جرم هیدروژن به جرم کربن در ترکیب (II) به تقریب ۰/۱۰۶ است:

$$\frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم کربن}}=\frac{14\times1}{11\times12}\simeq0/106$$



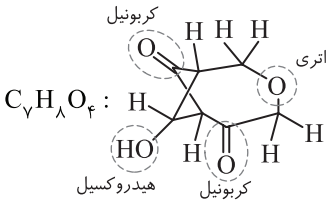
بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): ترکیب (II) گروه عاملی کتونی ندارد. این ترکیب دارای گروه‌های عاملی استری، اتری و الکلی است. گزینهٔ (۲): ترکیب (I) دارای ۲ پیوند دوگانه است، در حالی‌که ترکیب (II) دارای ۳ پیوند دوگانه است. گزینهٔ (۴): فرمول مولکولی هر دو ترکیب یکسان و فرمول ساختاری آن‌ها متفاوت است؛ بنابراین این دو ترکیب ایزومرند. در ایزومرها شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی روی اتم‌ها و همچنین تعداد پیوندهای کووالانسی برابر است.

نکته همان‌طور که می‌دانید، شمار و نوع اتم‌های سازندهٔ ایزومرهای یک ترکیب کاملاً یکسان است. از این‌رو تفاوت خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها به علت تفاوت در ساختار آن‌ها است. همچنین به علت یکسان نبودن موقعیت اتم‌ها در فضا و متفاوت بودن نوع پیوندهای اشتراکی در ایزومرهای یک ترکیب، محتوای انرژی آن‌ها نیز یکسان نیست. در جدول مقابل به چند نمونه از شباهت‌ها و تفاوت‌های ایزومرهای یک ترکیب اشاره شده است:

شباهت‌ها	تفاوت‌ها
نوع عنصرها	فرمول ساختاری
شمار اتم‌ها	خواص فیزیکی و شیمیایی
فرمول مولکولی	محتوای انرژی

C ۱۲۹۵ ۱ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): واکنش سوختن این ترکیب به صورت زیر می‌باشد:

$$C_7H_8O_4+7O_2\rightarrow7CO_2+4H_2O\ ,\ \text{مجموع ضرایب}=1+7+7+4=19$$



عبارت (ب):

$$\left.\begin{array}{l}\text{تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی}=\frac{(7\times4)+(8\times1)+(4\times2)}{2}=22\\ \text{تعداد الکترون‌های ناپیوندی}=4\times\ddot{O}=4\times4=16\end{array}\right\}\Rightarrow\frac{\text{الکترون ناپیوندی}}{\text{جفت‌الکترون پیوندی}}=\frac{16}{22}=\frac{8}{11}$$

عبارت (پ): ترکیب (A) یک ترکیب ۷ کربنه است که دارای دو گروه عاملی کربونیل $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-)$، یک گروه اتری $(-O-)$ و یک گروه عاملی هیدروکسیل $(-OH)$ است. عبارت (ت): مجموع آنتالپی پیوندها در یک مول A را برابر x kJ در نظر می‌گیریم:

$$3/12g\ C_7H_8O_4\times\frac{1mol\ C_7H_8O_4}{156g\ C_7H_8O_4}\times\frac{x\ kJ}{1mol\ C_7H_8O_4}=0/02x$$

$$\text{جرم مولی ترکیب A}:C_7H_8O_4=156g.mol^{-1}$$

برای رسیدن به پاسخ باید x را پیدا کنیم! برای تبدیل $C_7H_8O_4(g)$ به اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ آن در حالت گازی، باید محاسبه کنیم که چند کیلوژول انرژی برای شکستن تمامی پیوندهای ترکیب (A) نیاز داریم:

$$\text{مجموع آنتالپی پیوندهای کووالانسی A}=7\Delta H(C-C)+7\Delta H(C-H)+3\Delta H(C-O)+2\Delta H(C=O)+\Delta H(O-H)$$

$$=(7\times614)+(7\times415)+(3\times380)+(2\times745)+(1\times436)=10269kJ\Rightarrow0/02x\xrightarrow{x=10269}0/02\times10269=205/38kJ$$

C ۱۲۹۶ ۲ فرمول مولکولی بنزآلدهید و ترکیب داده شده به ترتیب به‌صورت C_7H_6O و $C_{10}H_{18}O$ است. معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن کامل این دو ترکیب به‌صورت مقابل است:

$$C_{10}H_{18}O+14O_2\rightarrow10CO_2+9H_2O\qquad C_7H_6O+8O_2\rightarrow7CO_2+3H_2O$$

اگر در این مخلوط، x مول بنزآلدهید و y مول $C_{10}H_{18}O$ وجود داشته باشد، در واکنش سوختن بنزآلدهید، 7x مول CO_2 و 3x مول H_2O و در واکنش سوختن $C_{10}H_{18}O$، 10y مول CO_2 و 9y مول H_2O تولید می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\left.\begin{array}{l}\text{مجموع مول } H_2O \text{ حاصل}=3x+9y=7/8\\ \text{مجموع مول } CO_2 \text{ حاصل}=7x+10y=9/4\end{array}\right\}\Rightarrow x=0/2,\ y=0/8$$

$$\text{درصد مولی بنزآلدهید}=\frac{\text{مقدار مول بنزآلدهید}}{\text{مقدار مول مخلوط}}\times100=\frac{0/2}{0/2+0/8}\times100=\%20$$

C ۱۲۹۷ ۱ فرمول مولکولی ۲- هپتانون به صورت $C_7H_{14}O$ و فرمول مولکولی ترکیب آلی موجود در رازیانه به صورت $C_{10}H_{12}O$ می‌باشد. معادلهٔ موازنه‌شدهٔ سوختن این دو ترکیب آلی به‌صورت مقابل می‌باشد:

$$2C_{10}H_{12}O+25O_2\rightarrow20CO_2+12H_2O\qquad C_7H_{14}O+10O_2\rightarrow7CO_2+7H_2O$$

فرض می‌کنیم که در این مخلوط، x مول $C_7H_{14}O$ و y مول $C_{10}H_{12}O$ وجود دارد. جرم این دو ترکیب برابر است با:

$$?\,g\ C_7H_{14}O=x\ mol\ C_7H_{14}O\times\frac{114g\ C_7H_{14}O}{1mol\ C_7H_{14}O}=114x\ g\ C_7H_{14}O\ ,\ ?\,g\ C_{10}H_{12}O=y\ mol\ C_{10}H_{12}O\times\frac{148g\ C_{10}H_{12}O}{1mol\ C_{10}H_{12}O}=148y\ g\ C_{10}H_{12}O$$

$$\text{جرم مخلوط اولیه}=102/5g\Rightarrow114x+148y=102/5\ (I)$$

با توجه به واکنش‌های سوختن، باید مقدار مول گاز کربن‌دی‌اکسید تولید شده را محاسبه کنیم:

$$?\,mol\,CO_2 = 15/2\,L\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L\,CO_2} = 6/75\,mol\,CO_2$$

$$\left.\begin{array}{l} ?\,mol\,CO_2 = x\,mol\,C_7H_{14}O \times \frac{7\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_7H_{14}O} = 7x\,mol\,CO_2 \\ ?\,mol\,CO_2 = y\,mol\,C_{10}H_{12}O \times \frac{20\,mol\,CO_2}{2\,mol\,C_{10}H_{12}O} = 10y\,mol\,CO_2 \end{array}\right\} \Rightarrow 7x+10y=6/75\,(II)$$

به کمک دستگاه دو معادله، دو مجهول مقادیر x و y را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} 114x+148y=10/5 \\ 7x+10y=6/75 \end{cases} \Rightarrow x=0/25\,,\ y=0/5$$

مقدار اکسیژن مورد نیاز برای سوزاندن این مخلوط برابر است با:

$$?\,g\,O_2 = 0/25\,mol\,C_7H_{14}O \times \frac{10\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_7H_{14}O} \times \frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 80\,g\,O_2$$

$$?\,g\,O_2 = 0/5\,mol\,C_{10}H_{12}O \times \frac{25\,mol\,O_2}{2\,mol\,C_{10}H_{12}O} \times \frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 200\,g\,O_2 \Rightarrow \text{مجموع جرم گاز اکسیژن مورد نیاز} = 200+80 = 280\,g$$

A ۱۲۹۸ **۳** در صورتی که تست را به‌درستی حل نکردید، درسنامه را با دقت مطالعه نمایید.

A ۱۲۹۹ **۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: مطابق جدول مقابل، ارزش سوختی کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها با هم برابر و کمتر از نصف ارزش سوختی چربی‌هاست. عبارت چهارم: ارزش سوختی معادل مقدار گرمای آزاد شده به ازای سوختن یک گرم از مادهٔ سوختنی است و برخلاف ΔH واکنش سوختن، در منابع علمی معتبر با علامت مثبت گزارش می‌شود. مثلاً ارزش سوختی یک گرم نان، برابر $11/5\,kJ$ است، یعنی در اثر سوختن یک گرم نان، ۱۱/۵ کیلوژول گرما آزاد می‌شود.

مادهٔ غذایی	کربوهیدرات	چربی	پروتئین
ارزش سوختی $(kJ.g^{-1})$	۱۷	۳۸	۱۷

A ۱۳۰۰ **۴** **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ارزش سوختی مواد غذایی، برابر انرژی حاصل از اکسایش یک گرم از مادهٔ غذایی است. معمولاً این انرژی برحسب کیلوژول (kJ) بیان می‌شود. پس یکای ارزش سوختی $kJ.g^{-1}$ است. گزینهٔ (۲): سوخت رایج یاخته‌ها در بدن گلوکز است اما این تنها منبع تأمین انرژی سلول‌ها نیست بلکه در شرایط خاص، بدن می‌تواند چربی‌ها، پروتئین‌ها و حتی اسیدهای نوکلئیک را بسوزاند و از انرژی آن‌ها استفاده کند. گزینهٔ (۳): قند خون همان گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ است که در ساختار آن، ۶ اتم C، ۶ اتم O و ۱۲ اتم H وجود دارد. گزینهٔ (۴): هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به‌طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می‌شود.

B ۱۳۰۱ **۳** ابتدا باید مقدار انرژی که از این مواد غذایی به بدن می‌رسد را به‌دست آوردیم (باید حواسمان باشد که در جدول، ارزش سوختی به ازای ۱۰۰ گرم از مواد داده شده است):

$$?\,J_{\text{نان}} = 146\,g_{\text{نان}} \times \frac{250\,kcal}{100\,g_{\text{نان}}} \times \frac{1000\,cal}{1\,kcal} \times \frac{4/2\,J}{1\,cal} = 1533\times10^3\,J \qquad ?\,J_{\text{تخم‌مرغ}} = 100\,g_{\text{تخم‌مرغ}} \times \frac{140\,kcal}{100\,g_{\text{تخم‌مرغ}}} \times \frac{1000\,cal}{1\,kcal} \times \frac{4/2\,J}{1\,cal} = 588\times10^3\,J$$

$$?\,J_{\text{سیب‌زمینی}} = 50\,g_{\text{سیب‌زمینی}} \times \frac{70\,kcal}{100\,g_{\text{سیب‌زمینی}}} \times \frac{1000\,cal}{1\,kcal} \times \frac{4/2\,J}{1\,cal} = 147\times10^3\,J \Rightarrow \text{مجموع انرژی مواد غذایی} = (588+1533+147)\times10^3 = 2268\times10^3\,J$$

سپس محاسبه می‌کنیم که این مقدار انرژی، انرژی لازم برای چند روز تپش قلب یک شخص را فراهم می‌کند:

$$?\,\text{روز} = 2268\times10^3\,J \times \frac{1\,\text{ضربان}}{1\,J} \times \frac{1\,\text{دقیقه}}{75\,\text{ضربان}} \times \frac{1\,\text{ساعت}}{60\,\text{دقیقه}} \times \frac{1\,\text{روز}}{24\,\text{ساعت}} = 21\,\text{روز}$$

B ۱۳۰۲ **۱** قسمت اول: محاسبهٔ ارزش سوختی:

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{(\text{جرم کربوهیدرات}\times17)+(\text{جرم پروتئین}\times17)+(\text{جرم چربی}\times38)}{\text{جرم نمونهٔ ماده}}$$

$$= \frac{[30\,g_{\text{مادهٔ غذایی}} \times \frac{60}{100})\times17]+[30\,g_{\text{مادهٔ غذایی}} \times \frac{20}{100})\times17]+(0\times38)}{30\,g} = \frac{40/8\,kJ}{30\,g} = 13/6\,kJ.g^{-1}$$

قسمت دوم: ابتدا انرژی وارد شده به بدن از طریق خوردن ۳۰ گرم از این مادهٔ غذایی را به‌دست می‌آوریم و سپس محاسبه می‌کنیم که با این مقدار انرژی چند دقیقه می‌توان پیاده‌روی کرد.

$$?\,kJ = [30\,g_{\text{مادهٔ غذایی}} \times \frac{60\,g_{\text{کربوهیدرات}}}{100\,g_{\text{مادهٔ غذایی}}} \times \frac{17\,kJ}{1\,g_{\text{کربوهیدرات}}}]+[30\,g_{\text{مادهٔ غذایی}} \times \frac{20\,g_{\text{پروتئین}}}{100\,g_{\text{مادهٔ غذایی}}} \times \frac{17\,kJ}{1\,g_{\text{پروتئین}}}] = 40/8\,kJ$$

$$?\,min = 40/8\,kJ \times \frac{1\,h}{800\,kJ} \times \frac{60\,min}{1\,h} = 3/6\,min$$

B ۱۳۰۳ **۴** ابتدا انرژی لازم برای ۱۰ دقیقه دویدن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ = 10\,min \times \frac{1\,h}{60\,min} \times \frac{207/0\,kJ}{1\,h} = 34/5\,kJ$$

سپس انرژی حاصل از مصرف مادهٔ غذایی را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ = [50\,g_{\text{ماده}} \times \frac{60\,g_{\text{کربوهیدرات}}}{100\,g_{\text{ماده}}} \times \frac{17\,kJ}{1\,g_{\text{کربوهیدرات}}}]+[50\,g_{\text{ماده}} \times \frac{10\,g_{\text{پروتئین}}}{100\,g_{\text{ماده}}} \times \frac{17\,kJ}{1\,g_{\text{پروتئین}}}]+[50\,g_{\text{ماده}} \times \frac{5\,g_{\text{چربی}}}{100\,g_{\text{ماده}}} \times \frac{38\,kJ}{1\,g_{\text{چربی}}}] = 69/0\,kJ$$

$$\text{درصد انرژی مصرفی مادهٔ غذایی} = \frac{34/5}{69/0}\times100 = \%50$$

B ۱۳۰۴ ۱ ابتدا مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای ۶۰/۱ کیلوگرم روغن زیتون را حساب می‌کنیم: $Q=mc\Delta\theta=۶۰/۱\times۱۰^{۳}\times۲\times۱۰=۱۲۰۲۰۰۰J=۱۲۰۲kJ$

انرژی حاصل از مصرف ۲۰۰ گرم تخم‌مرغ، به دلیل ۲۳ درصد مواد تولید کنندهٔ انرژی یعنی چربی، پروتئین و کربوهیدرات موجود در آن است؛ جرم این مواد برابر $(\frac{۲۳}{۱۰۰}\times۲۰۰g)$ ۴۶g است. چون درصد چربی و پروتئین یکسان است، پس جرم آن‌ها نیز برابر می‌باشد. جرم چربی، پروتئین و کربوهیدرات موجود را به ترتیب x، x و $(۴۶-۲x)$ گرم فرض می‌کنیم:

$$\text{مجموع انرژی حاصل از مصرف تخم‌مرغ}=((x)g\times۳۸kJ.g^{-۱})+((x)g\times۱۷kJ.g^{-۱})+((۴۶-۲x)g\times۱۷kJ.g^{-۱})=۱۲۰۲kJ\Rightarrow x=۲۰g$$

در این تخم مرغ ۲۰ گرم چربی، ۲۰ گرم پروتئین و ۶ گرم کربوهیدرات وجود دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم کربوهیدرات}}{\text{جرم چربی + جرم پروتئین}}=\frac{۶}{۲۰+۲۰}=۰/۱۵$$

C ۱۳۰۵ ۴ همهٔ موارد درست هستند. **بررسی موارد:** عبارت (الف): با توجه به درصد جرمی کربوهیدرات، چربی و پروتئین در این ماده، جرم هر کدام از این مواد را در ۱۰۰ گرم از این نمونه ماده به ترتیب برابر ۴۰g، ۳۵g و ۱۵g است.

$$\text{ارزش سوختی مادهٔ غذایی}=\frac{\text{مجموع انرژی حاصل از سوختن ماده}}{\text{جرم ماده}}=\frac{(۴۰\times۱۷)+(۳۵\times۳۸)+(۱۵\times۱۷)}{۱۰۰g}=۲۲/۶۵kJ.g^{-۱}$$

عبارت (ب): ابتدا به کمک ارزش سوختی که در قسمت قبل محاسبه شد، گرمای حاصل از سوختن ۲۰g ماده را محاسبه می‌کنیم: $Q=۲۰g\times۲۲/۶۵kJ.g^{-۱}=۴۵۳kJ$

اکنون محاسبه می‌کنیم که با ۴۵۳kJ گرما، چند مولکول $O_۲$ را می‌توان به اتم تبدیل کرد: $O_۲(g)\rightarrow ۲O(g)\,,\Delta H=۴۹۵kJ$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,molecule\,O_۲=۴۵۳kJ\times\frac{۱\,mol\,O_۲}{۴۹۵kJ}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲}=۵/۵۱\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,O_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{تعداد مولکول اکسیژن}}{\text{ضریب}\times N_A}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x}{۱\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}=\frac{۴۵۳}{۴۹۵}\Rightarrow x=۵/۵۱\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,O_۲$$

عبارت (پ): ابتدا گرمای حاصل از مصرف ۴۰ گرم از این ماده را به دست می‌آوریم: $Q=۴۰g\times۲۲/۶۵kJ.g^{-۱}=۹۰۶kJ$

حال مدت زمانی را که با مصرف این مقدار ماده می‌توان دوید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,min=۹۰۶kJ\times\frac{۱\,h}{۲۰۷kJ}\times\frac{۶۰\,min}{۱\,h}=۲۶۲/۶\,min$$

عبارت (ت): ابتدا انرژی حاصل از مصرف ۳۰ گرم مادهٔ مورد نظر را به‌دست می‌آوریم:

$$Q_{\text{چربی}}=۳۰g\,\text{ماده}\times\frac{۷۰g\,\text{چربی}}{۱۰۰g\,\text{ماده}}\times\frac{۳۸kJ}{۱g\,\text{چربی}}=۷۹۸kJ\,,\,Q_{\text{پروتئین}}=۳۰g\,\text{ماده}\times\frac{۲۰g\,\text{پروتئین}}{۱۰۰g\,\text{ماده}}\times\frac{۱۷kJ}{۱g\,\text{چربی}}=۱۰۲kJ\Rightarrow Q_{\text{کل}}=۷۹۸+۱۰۲=۹۰۰kJ$$

سپس گرمای حاصل از مصرف ۵۰ گرم مادهٔ صورت تست را به دست می‌آوریم: $Q'=۵۰g\times۲۲/۶۵kJ.g^{-۱}=۱۱۳۲/۵kJ$

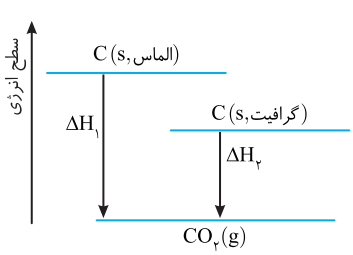
پس در صورت استفاده از ۳۰ گرم ماده، گرمای کمتری تأمین می‌شود.

B ۱۳۰۶ ۴ متان یکی از سوخت‌های فسیلی است که بخش عمدهٔ گاز شهری را تشکیل می‌دهد. این ماده در حضور اکسیژن کافی، به‌طور کامل می‌سوزد و افزون بر $CO_۲$ و $H_۲O$، مقدار زیادی انرژی تولید می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): شیمی‌دان‌ها آنتالپی سوختن یک ماده را هم‌ارز با آنتالپی واکنشی می‌دانند که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به‌طور کامل می‌سوزد. یکی از فراورده‌های سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق و فشار ۱atm، $H_۲O$ است که حالت مایع دارد. آنتالپی سوختن همواره عددی منفی و آنتالپی پیوند همواره عددی مثبت است. گزینهٔ (۳): هر چه جرم مولی یک هیدروکربن بیشتر باشد، آنتالپی سوختن آن بیشتر است. در آلکان‌ها با افزایش جرم مولی، آنتالپی سوختن افزایش و ارزش سوختی کاهش می‌یابد. در میان آلکان‌ها، متان $(CH_۴)$ بیشترین ارزش سوختی را دارد. آنتالپی سوختن اتان بیشتر از متان است، اما ارزش سوختی $(\frac{kJ}{g})$ متان بیشتر از اتان می‌باشد.

$$\text{آنتالپی سوختن متان}=-۸۹۰kJ.mol^{-۱}\Rightarrow\text{ارزش سوختی متان}=\frac{|-۸۹۰kJ.mol^{-۱}|}{۱۶g.mol^{-۱}}=۵۵/۶۲۵kJ.g^{-۱}$$

$$\text{آنتالپی سوختن اتان}=-۱۵۶۰kJ.mol^{-۱}\Rightarrow\text{ارزش سوختی اتان}=\frac{|-۱۵۶۰kJ.mol^{-۱}|}{۳۰g.mol^{-۱}}=۵۲kJ.g^{-۱}$$

B ۱۳۰۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سطح انرژی الماس بیشتر از گرافیت است، پس طی واکنش گرماده سوختن و تبدیل شدن به $CO_۲(g)$، تغییر سطح انرژی الماس بیشتر و در نتیجه مقدار آنتالپی سوختن آن منفی‌تر است. عبارت (ب): انرژی پتانسیل مادهٔ سوختنی طی واکنش سوختن، به دلیل ایجاد تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها کاهش می‌یابد و این تفاوت انرژی به‌صورت گرما آزاد می‌شود. توجه کنید که در واکنش‌های سوختن، بخشی (نه همه!) از انرژی پتانسیل مادهٔ سوختنی به‌صورت نور و گرما آزاد می‌شود. عبارت (پ): در دمای اتاق، آب حالت فیزیکی مایع دارد. عبارت (ت): دومین عضو خانوادهٔ الکل‌ها، اتانول $(C_۲H_۶O)$ است که جزء سوخت‌های سبز می‌باشد. سوخت‌های سبز در ساختار خود افزون بر هیدروژن و کربن، اکسیژن نیز دارند و از پسماندهای گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند.



B ۱۳۰۸ ۲ با افزایش جرم هیدروکربن، گرمای آزاد شده در اثر سوختن آن افزایش می‌یابد. ترکیب‌های داده شده در گزینه‌های (۱) تا (۴) به‌ترتیب جرمی برابر ۲۹، ۳۳، ۲۵/۲ و ۳۰ گرم دارند. پس مقایسهٔ گرمای حاصل از سوختن آن‌ها به‌صورت «۰/۳۵ مول پنتان > ۰/۵ مول بوتان > ۱ مول اتان > ۰/۷۵ مول پروپان» است.

B ۱۳۰۹ ۱ موارد (ب) و (ت) درست هستند.

★ **نکته** در مورد آنتالپی سوختن و ارزش سوختی هیدروکربن‌ها و الکل‌ها به موارد زیر توجه کنید:
الف) در هیدروکربن‌ها با افزایش جرم مولی، آنتالپی سوختن افزایش می‌یابد. ب) آنتالپی سوختن الکل‌های راست‌زنجیر و تک عاملی از آلکان‌ها و آلکن‌های هم کربن خود کمتر و از آلکین هم کربن خود بیشتر است. آلکین > الکل > آلکن > آلکان : مقایسهٔ آنتالپی سوختن (گونه‌های هم کربن)
پ) در هیدروکربن‌ها، با افزایش جرم مولی، ارزش سوختی کاهش می‌یابد. ت) در الکل‌ها با افزایش جرم مولی، آنتالپی سوختن افزایش می‌یابد. ث) ارزش سوختی آلکان‌ها از الکل‌های هم کربن آن‌ها بیشتر است.

بررسی موارد: مورد (الف): ارزش سوختی بوتان از پنتان بیشتر است. مورد (ب): مقایسهٔ آنتالپی سوختن اتان، اتن و اتین به‌صورت $C_2H_2 < C_2H_4 < C_2H_6$ است.
مورد (پ): مقایسهٔ آنتالپی سوختن اتان، متانول و اتانول به‌صورت «اتان > اتانول > متانول» است. مورد (ت): در بین الکل‌ها و آلکان‌های هم کربن، ارزش سوختی آلکان‌ها بیشتر است. پس ارزش سوختی اتان از اتانول بیشتر است. مورد (ث): آنتالپی سوختن الکل‌ها از آلکین‌ها (در صورت داشتن کربن برابر) بیشتر است، بنابراین آنتالپی سوختن اتانول بیشتر از اتین است.

B ۱۳۱۰ ۴ ارزش سوختی مقدار گرمای آزاد شده به ازای سوختن یک گرم از مادهٔ سوختنی است و با یکای $kJ.g^{-1}$ بیان می‌شود. با توجه به جرم مولی ترکیب‌های داده شده، ارزش سوختی آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{ارزش سوختی متانول} = 726\,kJ.mol^{-1} \times \frac{1\,mol\,CH_3OH}{32\,g\,CH_3OH} \simeq 22/7\,kJ.g^{-1}$$

$$\text{ارزش سوختی اتانول} = 1368\,kJ.mol^{-1} \times \frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{46\,g\,C_2H_5OH} \simeq 29/7\,kJ.g^{-1}$$

$$\text{ارزش سوختی پروپن} = 2058\,kJ.mol^{-1} \times \frac{1\,mol\,C_3H_6}{42\,g\,C_3H_6} = 49\,kJ.g^{-1}$$

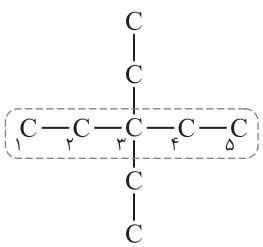
$$\text{ارزش سوختی اتان} = 1560\,kJ.mol^{-1} \times \frac{1\,mol\,C_2H_6}{30\,g\,C_2H_6} = 52\,kJ.g^{-1}$$

بنابراین ارزش سوختی اتان بیشتر از سه ترکیب دیگر است.

B ۱۳۱۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مقدار آنتالپی سوختن به ازای یک مول از مادهٔ سوختی تعریف می‌شود و مقدار مادهٔ آلی تأثیری در آن ندارد. در واقع آنتالپی سوختن به جرم و مقدار ماده بستگی ندارد. عبارت (ب): جرم مولی پروپین (C_3H_4) برابر ۴۰ گرم بر مول است، بنابراین ارزش سوختی آن برابر $48/45\,kJ.g^{-1}$ $\left(\frac{1938\,kJ.mol^{-1}}{40\,g.mol^{-1}}\right)$ است. عبارت (پ): مقایسهٔ ارزش سوختی آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌های هم کربن به‌صورت «آلکان > آلکن > آلکین» است. از طرفی ارزش سوختی در آلکان‌ها، با افزایش تعداد اتم‌های کربن، کاهش می‌یابد. پس بیشترین ارزش سوختی در میان آن‌ها متعلق به نخستین عضو این خانواده یعنی متان است. عبارت (ت): جرم مولی اوکتان (C_8H_{18}) کمتر از جرم مولی نونن (C_9H_{18}) است، پس مقدار (قدرمطلق) آنتالپی سوختن اوکتان کمتر از نونن می‌باشد. عبارت (ث): سوخت‌های سبز مثل اتانول ارزش سوختن پایین‌تری نسبت به هیدروکربن‌هایی مثل اتان، متان، اتن و... دارند.

B ۱۳۱۲ ۲ در میان هیدروکربن‌ها هر چه جرم مولی یک هیدروکربن بیشتر باشد، مقدار آنتالپی سوختن آن نیز بیشتر است. برای مقایسهٔ ارزش سوختی در آلکن‌ها، اولویت شمار اتم‌های کربن است؛ هر چه شمار اتم‌های کربن کمتر باشد، ارزش سوختی بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): معادلهٔ واکنش آنتالپی سوختن اتان به‌ازای یک مول نوشته می‌شود و در دما و فشار اتاق، حالت فیزیکی آب نیز باید مایع باشد. گزینهٔ (۳): گرمای واکنش سوختن یک مول الماس نسبت به گرمای واکنش سوختن یک مول گرافیت بیشتر است، یعنی الماس ناپایدارتر از گرافیت است. گزینهٔ (۴): در فرایند برگشت‌پذیر $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$، با افزایش دما، واکنش در جهت تولید NO_2 جابه‌جا می‌شود و واکنش گرماگیر است، بنابراین NO_2 پایداری کمتری دارد.

C ۱۳۱۳ ۳ موارد اول، دوم، سوم و پنجم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: به دلیل افزایش تعداد کربن‌های ترکیب ایجاد شده، گرانروی، نقطهٔ جوش و آنتالپی سوختن آن افزایش می‌یابد. مورد دوم: ترکیب حاصل به صورت مقابل است و نام آیوپاک آن «۳، ۳- دی‌اتیل پنتان» می‌باشد. مورد سوم: درصد جرمی اتم C را در (C_9H_{20}) و بنزن (C_6H_6) محاسبه می‌کنیم:



$$\%C(C_6H_6) = \frac{6\times12}{78}\times100 = \%92/3$$

$$\%C(C_9H_{20}) = \frac{9\times12}{128}\times100 = \%84/37$$

مورد چهارم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن متان و ترکیب ایجاد شده را می‌نویسیم و مقدار آب تولیدی را حساب می‌کنیم:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

$$?\,g\,H_2O = 1\,g\,CH_4 \times \frac{1\,mol\,CH_4}{16\,g\,CH_4} \times \frac{2\,mol\,H_2O}{1\,mol\,CH_4} = \frac{1}{8}\,mol\,H_2O$$

$$C_9H_{20} + 14O_2 \rightarrow 9CO_2 + 10H_2O$$

$$?\,g\,H_2O = 1\,g\,C_9H_{20} \times \frac{1\,mol\,C_9H_{20}}{128\,g\,C_9H_{20}} \times \frac{10\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_9H_{20}} = \frac{5}{64}\,mol\,H_2O$$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، میزان آب تولیدی کاهش می‌یابد. مورد پنجم: با افزایش تعداد اتم‌های کربن، مقدار آنتالپی سوختن نیز افزایش خواهد یافت و بنابراین اختلاف پایداری مواد واکنش دهنده و فراورده در واکنش سوختن کامل یک مول آن افزایش می‌یابد.

C ۱۳۱۴ ۴ ابتدا به کمک گرمای مصرف شده به ازای تولید ۲۵/۲ گرم Fe، گرمای لازم برای تجزیهٔ ۸۷ گرم Fe_3O_4 را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ = 87g\,Fe_3O_4 \times \frac{1mol\,Fe_3O_4}{232g\,Fe_3O_4} \times \frac{3mol\,Fe}{1mol\,Fe_3O_4} \times \frac{56g\,Fe}{1mol\,Fe} \times \frac{168kJ}{25/2g\,Fe} = 420kJ$$

این مقدار گرما از سوختن متان تأمین می‌شود. اکنون با توجه به آنتالپی سوختن متان، جرم مورد نیاز آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CH_4 = 420kJ \times \frac{1mol\,CH_4}{896kJ} \times \frac{16g\,CH_4}{1mol\,CH_4} = 7/5g\,CH_4$$

توضیح محاسبات پاسخ نزدیک به ۸ است. (پاسخ: ۷/۵)

$$\frac{420\times16}{896} = ? \xrightarrow[\text{به جای ۴۲۰ و ۸۹۶ اعداد ۴۵۰ و ۹۰۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{450\times16}{900} = 8$$

B ۱۳۱۵ ۳ ابتدا گرمای لازم برای تبخیر ۱۰۳۵ گرم اتانول را به‌دست می‌آوریم و سپس به کمک جرم و آنتالپی سوختن ترکیب آلی، جرم مولی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ = 1035g\,C_2H_6O \times \frac{1mol\,C_2H_6O}{46g\,C_2H_6O} \times \frac{38kJ}{1mol\,C_2H_6O} = 855kJ$$

$$\text{جرم مولی ترکیب} = \frac{18g}{855kJ} \times \frac{1900kJ}{1mol} = 40g.mol^{-1}$$

جرم مولی ترکیب مورد نظر برابر ۴۰ گرم بر مول است، پس این ترکیب می‌تواند C_3H_4 باشد.

B ۱۳۱۶ ۱ ابتدا گرمای لازم برای افزایش دمای نمونهٔ آمالگام به اندازهٔ $25^\circ C$ را به‌دست می‌آوریم و سپس به کمک آنتالپی سوختن اتان، جرم اتان مورد نیاز را محاسبه می‌کنیم.

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow Q_{\text{نقره}} = (2\times10^3 \times \frac{60}{100}) \times 0/24 \times 25 = 7200J\,,\; Q_{\text{جیوه}} = (2\times10^3 \times \frac{40}{100}) \times 0/14 \times 25 = 2800J$$

$$\Rightarrow Q_{\text{کل}} = Q_{\text{نقره}} + Q_{\text{جیوه}} = 7200 + 2800 = 10000J = 10kJ$$

$$?\,g\,C_2H_6 = 10kJ \times \frac{1mol\,C_2H_6}{1560kJ} \times \frac{30g\,C_2H_6}{1mol\,C_2H_6} \simeq 0/19g\,C_2H_6$$

C ۱۳۱۷ ۴ در این سؤال باید با استفاده از آنتالپی سوختن هیدروکربن‌های موجود در جدول، آنتالپی سوختن C_3H_8 و C_4H_8 را تعیین کنیم. به توضیحات زیر توجه کنید:

تفاوت CH_4، C_2H_6 و C_3H_8 در یک گروه CH_2 است. بنابراین اختلاف آنتالپی سوختن این ترکیب‌ها نیز تقریباً یکسان است.

$$\text{ترکیب: } CH_4 \xrightarrow{+CH_2} C_2H_6 \xrightarrow{+CH_2} C_3H_8$$

$$\text{آنتالپی سوختن: } -890kJ.mol^{-1} \xrightarrow{-670} -1560kJ.mol^{-1} \xrightarrow{-670} -2230kJ.mol^{-1}$$

بنابراین آنتالپی سوختن پروپان تقریباً برابر $-2230kJ.mol^{-1}$ است. تفاوت C_2H_4، C_3H_6 و C_4H_8 نیز در یک گروه CH_2 می‌باشد. مشابه محاسبات قبلی می‌توان نوشت:

$$\text{ترکیب: } C_2H_4 \xrightarrow{+CH_2} C_3H_6 \xrightarrow{+CH_2} C_4H_8$$

$$\text{آنتالپی سوختن: } -1410kJ.mol^{-1} \xrightarrow{-648} -2058kJ.mol^{-1} \xrightarrow{-648} -2706kJ.mol^{-1}$$

بنابراین آنتالپی سوختن ۱- بوتن تقریباً برابر $-2706kJ.mol^{-1}$ است. اختلاف خواسته شده برابر است با:

$$\text{اختلاف آنتالپی سوختن پروپان و ۱- بوتن} = -2230 - (-2706) = 476kJ$$

B ۱۳۱۸ ۲ ابتدا گرمای حاصل از سوختن ۰/۲۷ g اتان را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{Al} = m_{Al} \times c_{Al} \times \Delta\theta_{Al} = 780g \times 0/9 \times 20 = 14040J = 14/04kJ$$

سپس آنتالپی سوختن اتان را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,C_2H_6 = 0/27g\,C_2H_6 \times \frac{1mol\,C_2H_6}{30g\,C_2H_6} = 0/009mol\,C_2H_6$$

$$\text{آنتالپی سوختن اتان} = \frac{Q}{n} = \frac{14/04kJ}{0/009mol} = 1560\,kJ.mol^{-1}$$

می‌دانیم اختلاف آنتالپی سوختن آلکان‌های متوالی یکسان است؛ بنابراین با داشتن مقادیر آنتالپی سوختن متان و اتان، می‌توان آنتالپی سوختن (گرمای حاصل از سوختن یک مول) پروپان را نیز به‌دست آورد:

$$\begin{cases} \Delta H_{\text{متان}} = -890kJ.mol^{-1} \\ \Delta H_{\text{اتان}} = -1560kJ.mol^{-1} \end{cases} \Rightarrow \Delta H_{\text{اتان}} - \Delta H_{\text{متان}} = -1560 - (-890) = -670kJ \Rightarrow \Delta H_{\text{پروپان}} = -1560 - 670 = -2230kJ.mol^{-1}$$

B ۱۳۱۹ ۲ با توجه به جرم چربی، کربوهیدرات و پروتئین مصرفی، مقدار انرژی لازم برای هر دقیقه پیاده‌روی را حساب می‌کنیم:

$$\text{گرمای حاصل از چربی} = 5g \times 38kJ.g^{-1} = 190kJ\,,\; \text{گرمای حاصل از کربوهیدرات و پروتئین} = 15g \times 17kJ.g^{-1} = 255kJ \Rightarrow Q_{\text{کل}} = 190 + 255 = 445kJ$$

پس انرژی لازم برای هر دقیقه پیاده‌روی برابر ۴۴۵kJ است، از این‌رو در ۱۰ دقیقه پیاده‌روی ۴۴۵۰kJ گرما مصرف می‌شود:

$$Q = 10\,min \times 445kJ.\,min = 4450kJ$$

اکنون مقدار اتان مصرفی برای تولید این میزان انرژی را حساب می‌کنیم:

$$C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O\,,\; \Delta H = -1560kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_2H_6=4450\,kJ\times\frac{1\,mol\,C_2H_6}{1560\,kJ}\times\frac{30\,g\,C_2H_6}{1\,mol\,C_2H_6}=85/6\,g\,C_2H_6$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتان مصرفی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x}{1\times30}=\frac{4450}{1560}\Rightarrow x=85/6\,g\,C_2H_6$$

B ۱۳۲۰ ۲ قسمت اول: معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش‌ها:

$$C_4H_8(g)+6O_2(g)\rightarrow4CO_2(g)+4H_2O(l)\,,\;2CH_3OH(l)+3O_2(g)\rightarrow2CO_2(g)+4H_2O(l)$$

ابتدا گرمای آزاد شده به ازای مصرف $4/816\times10^{23}$ مولکول O_2 در واکنش اول و تولید ۱/۲ مول CO_2 و H_2O در واکنش دوم را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ=4/816\times10^{23}\,molecule\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{6/02\times10^{23}\,molecule\,O_2}\times\frac{1\,mol\,C_4H_8}{6\,mol\,O_2}\times\frac{2700\,kJ}{1\,mol\,C_4H_8}=360\,kJ$$

$$?\,kJ=1/2\,mol(CO_2\,,H_2O)\times\frac{2\,mol\,CH_3OH}{(2+4)\,mol\,(CO_2\,,H_2O)}\times\frac{730\,kJ}{1\,mol\,CH_3OH}=292\,kJ$$

اکنون اختلاف آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

اختلاف گرمای حاصل $=360-292=68\,kJ$

قسمت دوم:

$$?\,g\,C_4H_8=4/816\times10^{23}\,\text{مولکول}\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{6/02\times10^{23}\,\text{مولکول}\,O_2}\times\frac{1\,mol\,C_4H_8}{6\,mol\,O_2}\times\frac{56\,g\,C_4H_8}{1\,mol\,C_4H_8}=7/46\,g\,C_4H_8$$

$$?\,g\,CH_3OH=1/2\,mol(CO_2\,\text{و}\,H_2O)\times\frac{2\,mol\,CH_3OH}{(2+4)\,mol(CO_2\,,H_2O)}\times\frac{32\,g\,CH_3OH}{1\,mol\,CH_3OH}=12/8\,g\,CH_3OH$$

اختلاف جرم C_4H_8 و $CH_3OH=12/8-7/46=5/349$

C ۱۳۲۱ ۳ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش سوختن یک مول از اتان و اتین به‌صورت زیر است:

$$C_2H_2(g)+\frac{5}{2}O_2(g)\rightarrow2CO_2(g)+H_2O(g)\qquad C_2H_6(g)+\frac{7}{2}O_2(g)\rightarrow2CO_2(g)+3H_2O(g)$$

با توجه به ساختار مواد موجود در واکنش‌ها، اختلاف آنتالپی پیوندهای $(C-C)$ و $(C\equiv C)$ را به کمک میانگین آنتالپی پیوندهای داده شده، به‌دست می‌آوریم.

از آنجا که آنتالپی سوختن اتان منفی‌تر از اتین است، پس خواهیم داشت:

$$\Delta H(\text{سوختن اتان})-\Delta H(\text{سوختن اتین})=-188\,kJ.mol^{-1}$$

$$\Delta H(\text{واکنش})=[\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد فراورده}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش‌دهنده}]$$

$$\begin{aligned}-188=&\left[1\times\Delta H(C-C)+6\times\Delta H(C-H)+\frac{7}{2}\times\Delta H(O=O)\right]-\left[4\times\Delta H(C=O)+6\times\Delta H(O-H)\right]\\&-\left[1\times\Delta H(C\equiv C)+2\times\Delta H(C-H)+\frac{5}{2}\times\Delta H(O=O)\right]-\left[4\times\Delta H(C=O)+2\times\Delta H(O-H)\right]\end{aligned}$$

پیش از جای‌گذاری آنتالپی‌های پیوند، عبارت بالا را تا حد امکان ساده می‌کنیم:

$$-188=\Delta H(C-C)-\Delta H(C\equiv C)+4\times\Delta H(C-H)+\frac{2}{2}\times\Delta H(O=O)-4\times\Delta H(O-H)$$

$$-188=\Delta H(C-C)-\Delta H(C\equiv C)+4\times415+1\times495-4\times463\Rightarrow\Delta H(C\equiv C)-\Delta H(C-C)=491\,kJ.mol^{-1}$$

C ۱۳۲۲ ۱ با توجه به اطلاعات داده شده، می‌توان فرمول مولکولی این ترکیب را به دست آورد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=11/5g\times\frac{1\,mol}{(14n+18)g}\times\frac{1360\,kJ}{1\,mol}=340\,kJ\Rightarrow14n+18=46\Rightarrow\boxed{n=2}$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{11/5}{14n+18}=\frac{340}{1360}\Rightarrow14n+18=46\Rightarrow\boxed{n=2}$$

فرمول مولکولی این ترکیب C_2H_6O بوده و دارای یک ایزومر الکلی و یک ایزومر اتری است:

اتر: $H_3C-O-CH_3$ (دی‌متیل اتر) الکل: CH_3-CH_2-OH (اتانول)

C ۱۳۲۳ ۱ با توجه به اطلاعات سؤال، مول گاز O_2 مصرف شده در هر دو واکنش برابر است، پس اگر مول O_2 مصرفی در هر یک از واکنش‌ها را برابر a مول در نظر بگیریم، با توجه به ضرایب استوکیومتری مواد، مول C و H_2 مصرفی برحسب a به ترتیب برابر a و ۲a مول است. گرمای حاصل از هر یک از واکنش‌ها برابر است با:

$$\begin{cases}\text{I) } a\,mol\,C\times\dfrac{394\,kJ}{1\,mol\,C}=(394a)\,kJ\\ \text{II) } 2a\,mol\,H_2\times\dfrac{286\,kJ}{1\,mol\,H_2}=(572a)\,kJ\end{cases}\Rightarrow394a+572a=193/2\Rightarrow966a=193/2\Rightarrow a=0/2\,mol$$

پس مقدار مول اکسیژن مصرفی در هر واکنش برابر ۰/۲ مول است. با توجه به مقدار a، جرم کربن و H_2 مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} ?\,g\,C = X = 0/2\,mol\,C \times \frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C} = 2/4\,g\,C \\ ?\,g\,H_2 = Y = 0/4\,mol\,H_2 \times \frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2} = 0/8\,g\,H_2 \end{cases} \Rightarrow X+Y = 2/4+0/8 = 3/2$$

۱۳۲۴ **۱** با توجه به میانگین آنتالپی پیوند $C-H$، برای تبدیل یک مول CH_4 به اتم‌های گازی سازندهٔ آن $1683\,kJ$ $(4\times 420/75)$ گرما نیاز است، بنابراین داریم

$$3/2\,g\,CH_4 \times \frac{1\,mol\,CH_4}{16\,g\,CH_4} \times \frac{1683\,kJ}{1\,mol\,CH_4} = 336/6\,kJ$$

آنتالپی سوختن اتان و فنول را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta H_{\text{سوختن}}(\text{اتان}) = -(\text{جرم مولی} \times \text{ارزش سوختن}) = -(51\times 30) = -1530\,kJ.mol^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{سوختن}}(\text{فنول}) = 2\Delta H_{\text{سوختن}}(\text{اتان}) = 2\times(-1530) = -3060\,kJ.mol^{-1}$$

فرض می‌کنیم در مخلوط اولیه x مول اتان (C_2H_6) و y مول فنول (C_6H_6O) وجود دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{I)}\quad \text{جرم مخلوط} = 30x+94y = 10$$

$$\text{II)}\quad \text{گرمای سوختن فنول} + \text{گرمای سوختن اتان} = \text{گرمای آزاد شده از سوختن مخلوط} = -1530x-3060y = -336/6 \Rightarrow -x-2y = -0/22 \Rightarrow x = 0/22-2y$$

از روی رابطهٔ (I) و (II) مقدار x و y را به دست می‌آوریم:

$$30(0/22-2y)+94y = 10 \Rightarrow y = 0/1\,mol \text{ و } x = 0/02\,mol$$

در نهایت درصد جرمی اتان را در مخلوط اولیه حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی اتان} = \frac{\text{جرم اتان}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 \Rightarrow \frac{0/02\times 30}{10} \times 100 = 6\%$$

۱۳۲۵ **۳** فرمول مولکولی هیدروکربن مورد نظر را C_xH_y در نظر می‌گیریم، بنابراین $x+y=12$ و معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

$$C_xH_y + (x+\frac{y}{4})O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$$

ابتدا به کمک حجم گاز CO_2 و جرم آب تولیدی، مول C_xH_y مصرفی را به‌دست آورده و مساوی هم قرار می‌دهیم:

$$\left.\begin{aligned} ?\,mol\,C_xH_y &= 33/6\,L\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L} \times \frac{1\,mol\,C_xH_y}{x\,mol\,CO_2} = \frac{3}{2x}\,mol\,C_xH_y \\ ?\,mol\,C_xH_y &= 13/5\,g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O} \times \frac{1\,mol\,C_xH_y}{\frac{y}{2}\,mol\,H_2O} = \frac{3}{2y}\,mol\,C_xH_y \end{aligned}\right\} \frac{3}{2x} = \frac{3}{2y} \Rightarrow x = y \xrightarrow{x+y=12} x = y = 6$$

پس هیدروکربن مورد نظر C_6H_6 است و به ازای سوختن $0/25\,mol$ $(\frac{3}{2x} = \frac{3}{2y} = \frac{3}{2\times 6})$ از آن ۸۱۷ کیلوژول گرما تولید می‌شود. پس آنتالپی سوختن آن برابر است با:

$$\Delta H(\text{سوختن } C_6H_6) = \frac{817\,kJ}{0/25\,mol\,C_6H_6} = 3268\,kJ.mol^{-1}$$

۱۳۲۶ **۱** قسمت اول: فرض کنیم در مخلوط اولیه x گرم H_2 و y گرم CH_4 داریم و گرمای آزاد شده در اثر سوختن هر یک را محاسبه می‌کنیم:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \qquad ?\,kJ = x\,g\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2} \times \frac{570\,kJ}{1\,mol\,H_2} = 285x\,kJ$$

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad ?\,kJ = y\,g\,CH_4 \times \frac{1\,mol\,CH_4}{16\,g\,CH_4} \times \frac{890\,kJ}{1\,mol\,CH_4} = 55/625y\,kJ$$

اکنون با توجه به مجموع جرم هیدروژن و متان و مجموع گرمای آزاد شده در واکنش سوختن آن‌ها خواهیم داشت:

$$\begin{cases} x+y = 50\,g \\ 285x+55/625y = 5075 \end{cases} \Rightarrow y = 40,\ x = 10$$

بنابراین در این مخلوط ۴۰ گرم متان و ۱۰ گرم هیدروژن داریم و درصد جرمی گاز هیدروژن در مخلوط برابر ۲۰٪ است.

$$\text{درصد جرمی } H_2 = \frac{10\,g}{10\,g+40\,g} \times 100 = 20\%$$

قسمت دوم:

$$?\,g\,CH_4 = 507/3\,kJ \times \frac{1\,mol\,CH_4}{890\,kJ} \times \frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4} = 9/12\,g\,CH_4 \qquad ?\,kJ = 0/89\,mol\,H_2 \times \frac{570\,kJ}{1\,mol\,H_2} = 507/3\,kJ$$

۱۳۲۷ **۱** ابتدا تفاوت آنتالپی سوختن دو ترکیب را محاسبه می‌کنیم؛ به این منظور ابتدا تفاوت پیوندهای واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در دو واکنش را تعیین می‌کنیم.

معادلهٔ سوختن کامل بوتان و اتان به صورت مقابل است:

$$C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(g)$$

$$C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g)$$

تفاوت پیوندها در معادلهٔ دو واکنش:

$$2C-C + 4C-H + 3O=O \rightarrow 4C=O + 4O-H$$

سپس به کمک مقادیر آنتالپی‌های پیوند، ΔH واکنش فرضی بالا را محاسبه می‌کنیم:

ΔH واکنش = [مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها] − [مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها] $= [4(800)+4(463)] - [2(348)+4(414)+3(495)] = -1215\,kJ$

این مقدار تفاوت، مربوط به سوختن یک مول از هر کدام از ترکیبات است. برای محاسبهٔ تفاوت گرمای حاصل از سوختن ۰/۵ مول از هر کدام کافی است، عدد ۱۲۱۵− را نصف کنیم که در این صورت به عدد ۶۰۷/۵− می‌رسیم که در گزینهٔ (۱) آمده است.

$$?\,kJ = 0/5\,mol\ (\text{از هر ترکیب}) \times \frac{1215\,kJ}{1\,mol\ (\text{از هر ترکیب})} = 607/5\,kJ$$

B ۱۳۲۸ **۱** عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل صورت تست، گرماسنج لیوانی را نشان می‌دهد. گرماسنج لیوانی یک روش تجربی و عملی برای اندازه‌گیری ΔH یک واکنش است.

* **توجه** ترموشیمی برای محاسبهٔ ΔH واکنش‌ها دو روش پیشنهاد می‌کند: ۱- گرماسنجی که روش مستقیم اندازه‌گیری ΔH یک واکنش است. ۲- روش‌های غیرمستقیم تعیین ΔH (استفاده از قانون هس و میانگین آنتالپی پیوندها)

عبارت (ب): گرماسنج لیوانی، گرمای واکنش را در فشار ثابت تعیین می‌کند (نه در حجم ثابت) و در واقع گرمای اندازه‌گیری شده در این گرماسنج، هم‌ارز با آنتالپی واکنش (ΔH) می‌باشد. ($Q_p = \Delta H$ گرمای واکنش در فشار ثابت) عبارت (پ): با توجه به ثابت بودن فشار در گرماسنج لیوانی می‌توان نتیجه گرفت که این گرماسنج برای تعیین گرمای واکنش‌هایی که منجر به تولید فراورده‌های گازی می‌شوند، مناسب نیست. به‌طور کلی گرماسنج لیوانی برای تعیین ΔH فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است. عبارت (ت): اگر دو لیوان یکبار مصرف را درون هم قرار دهیم و درون آن مقدار معینی آب یا محلول ریخته و آن را به یک درپوش عایق که در آن دماسنج و میلهٔ همزن شیشه‌ای تعبیه شده مجهز کنیم، یک گرماسنج لیوانی ساخته‌ایم. عبارت (ث): دو لیوان یک‌بار مصرف و درپوش یونولیتی بخش عمده‌ای از گرما را در گرماسنج نگه می‌دارند و مانع از اتلاف آن می‌شوند.

B ۱۳۲۹ **۲** قسمت اول: در اثر انحلال $CaCl_2$ در آب، دمای آب افزایش یافته است. بنابراین انحلال این نمک در آب گرماده است $(\Delta H<0)$. ابتدا گرمای آزاد شده طی این انحلال را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = \underbrace{m.c.\Delta\theta}_{\text{محلول}} = (444+1216)\times 4\times 50 = 332\times 10^3\,J$$

اکنون گرمای آزاد شده به ازای انحلال یک مول $CaCl_2$ را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ = 1\,mol\,CaCl_2 \times \frac{111\,g\,CaCl_2}{1\,mol\,CaCl_2} \times \frac{332\times 10^3\,J}{444\,g\,CaCl_2} \times \frac{1\,kJ}{10^3\,J} = 83\,kJ$$

توضیح محاسبات

$$\frac{111\times 332\times 10^3}{444\times 10^3} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{111\times 332\times 10^3}{444\times 10^3} = \frac{332}{4} \xrightarrow{\text{تقسیم پلکانی}} \frac{300+32}{4} = 75+8 = 83$$

قسمت دوم: ارزش سوختی متان برابر $-890\,kJ.mol^{-1}$ است؛ یعنی در اثر سوختن یک مول متان (CH_4)، ۸۹۰ کیلوژول گرما آزاد می‌شود.

$$?\,g\,CH_4 = 83\,kJ \times \frac{1\,mol\,CH_4}{890\,kJ} \times \frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4} \simeq 1/5\,g\,CH_4$$

توضیح محاسبات پاسخ اندکی بزرگ‌تر از ۱/۴۴ است. (پاسخ: ۱/۵)

$$\frac{83\times 16}{890} = ? \xrightarrow[\text{به جای ۸۳ و ۸۹۰ اعداد ۸۱ و ۹۰۰ قرار گیرد}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{81\times 16}{900} = 1/44$$

B ۱۳۳۰ **۱** ابتدا گرمای حاصل از انحلال ۱۰۸ گرم NH_4Cl را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,J = 108\,g\,NH_4Cl \times \frac{1\,mol\,NH_4Cl}{54\,g\,NH_4Cl} \times \frac{15/3\,kJ}{1\,mol\,NH_4Cl} \times \frac{10^3\,J}{1\,kJ} = 30600\,J$$

این مقدار گرما سبب گرم شدن کل محتویات گرماسنج یعنی NH_4Cl و آب می‌شود، پس خواهیم داشت:

$$Q_{کل} = Q_{آب} + Q_{نمک} \Rightarrow 30600 = ((150\times 4/2)\times(\theta_2 - 25)) + (108\times 1/25\times(\theta_2-25)) \Rightarrow 765(\theta_2-25) = 30600 \Rightarrow \theta_2 - 25 = 40 \Rightarrow \theta_2 = 65^\circ C$$

B ۱۳۳۱ **۳** قسمت اول: ابتدا گرمای حاصل از انحلال ۶۳ گرم نمک KOH را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,J = 63\,g\,KOH \times \frac{1\,mol\,KOH}{56\,g\,KOH} \times \frac{56\,kJ}{1\,mol\,KOH} \times \frac{1000\,J}{1\,kJ} = 63000\,J$$

این مقدار گرما سبب افزایش دمای محلول به اندازهٔ $50^\circ C\,(73-23)$ می‌شود، پس خواهیم داشت:

جرم محلول = جرم آب + جرم نمک $= m+63$

$$Q = \underbrace{m.c.\Delta\theta}_{\text{محلول}} \Rightarrow 63000 = (63+m)\times 4/2\times 50 \Rightarrow m = 237\,g$$

قسمت دوم: سنگین‌ترین آلکان راست‌زنجیر که در دمای اتاق به صورت گاز است، بوتان (C_4H_{10}) می‌باشد:

$$2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(g)$$

$$?\,g\,C_4H_8 = 237\,g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O} \times \frac{2\,mol\,C_4H_{10}}{10\,mol\,H_2O} \times \frac{58\,g\,C_4H_{10}}{1\,mol\,C_4H_{10}} \simeq 153$$

B ۱۳۳۲ ۱ در اثر انحلال NH_4NO_3، دمای محلول کاهش یافته است، بنابراین انحلال این نمک در آب گرماگیر است $(\Delta H>0)$. ابتدا گرمای جذب شده طی این انحلال را به‌دست می‌آوریم:

$$?=50/4g\ NH_4NO_3\times\frac{1mol\ NH_4NO_3}{80g\ NH_4NO_3}\times\frac{26kJ}{1mol\ NH_4NO_3}\times\frac{1000J}{1kJ}=1638J$$

این گرما از محلول و اجزای سازندهٔ گرماسنج گرفته می‌شود، پس خواهیم داشت:

$$Q_{کل}=Q_{محلول}+Q_{گرماسنج}=(m_{محلول}.c_{محلول}.\Delta\theta)+(C_{گرماسنج}.\Delta\theta)$$

$$1638=[(199/6g\ آب+50/4g\ NH_4NO_3)\times4/2\times(21-8)]+[C_{گرماسنج}\times(21-8)]\Rightarrow C_{گرماسنج}=210J.^\circ C^{-1}$$

B ۱۳۳۳ ۲ فرض می‌کنیم در مخلوط اولیه m_1 گرم KOH و m_2 گرم NH_4NO_3 وجود دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$m_1g\ KOH\times\frac{1mol\ KOH}{56g\ KOH}\times\frac{-56kJ}{1mol\ KOH}=-m_1kJ$$

$$m_2g\ NH_4NO_3\times\frac{1mol\ NH_4NO_3}{80g\ NH_4NO_3}\times\frac{26kJ}{1mol\ NH_4NO_3}=0/325m_2\ kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم KOH}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{m_1}{1\times56}=\frac{Q_1}{-56}\Rightarrow Q_1=-m_1\ kJ$$

$$\frac{\text{جرم }NH_4NO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{m_2}{1\times80}=\frac{Q_2}{26}\Rightarrow Q_2=0/325m_2\ kJ$$

گرمای جذب شده توسط محلول برابر صفر است؛ بنابراین $Q_1+Q_2=0$ و خواهیم داشت:

$$\begin{cases}I)\ Q_1+Q_2=0\Rightarrow-m_1+0/325m_2=0\\ II)\ m_1+m_2=212g\end{cases}\xrightarrow{(I)\text{و}(II)}0/325m_2-(212-m_2)=0\Rightarrow m_2=160g$$

$$m_1=52g\Rightarrow m_2-m_1=160-52=108g$$

در نهایت شمار یون‌های آمونیم را به دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$160g\ NH_4NO_3\times\frac{1mol\ NH_4NO_3}{80g\ NH_4NO_3}\times\frac{1mol\ NH_4^+}{1mol\ NH_4NO_3}\times\frac{6/02\times10^{23}\ NH_4^+}{1mol\ NH_4^+}=1/204\times10^{24}\ NH_4^+$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }NH_4NO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{شمار }NH_4^+}{\text{ضریب}\times N_A}\Rightarrow\frac{160}{1\times80}=\frac{x}{1\times6/02\times10^{23}}\Rightarrow x=1/204\times10^{24}$$

B ۱۳۳۴ ۱ گرمای حاصل از واکنش برابر است با:

$$Q=m.c.\Delta\theta=((750\times1/2)+(250\times1/4))\times4/2\times(29-25)=21000J$$

روش اول (کسر تبدیل): با توجه به آنتالپی واکنش داده شده، مقدار مول $NaOH$ مصرفی برابر است با:

$$?\ mol\ NaOH=21000J\times\frac{1kJ}{1000J}\times\frac{2mol\ NaOH}{280kJ}=0/15mol\ NaOH$$

پس غلظت مولی محلول سدیم هیدروکسید برابر است با:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{0/15mol}{(750\times10^{-3})L}=0/2mol.L^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولار}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{(750\times10^{-3})\times x}{2}=\frac{21}{280}\Rightarrow x=0/2mol.L^{-1}$$

C ۱۳۳۵ ۲ ابتدا گرمایی که صرف افزایش دمای محلول شده است (مقدار عملی) را محاسبه می‌کنیم. دقت کنید که جرم نهایی محلول، برابر با مجموع جرم دو محلول اولیه است.

$$V_{محلول}=150mL\ Sr(OH)_2+250mL\ HBr=400mL\xrightarrow{d=\frac{m}{V}}m_{محلول}=400mL_{محلول}\times1\frac{g_{محلول}}{mL_{محلول}}=400g_{محلول}$$

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow Q=400\times4/2\times4/5=7560J=7/56kJ$$

حال مقدار نظری گرمای آزاد شده را به دست می‌آوریم:

$$?\ kJ=150mL\ Sr(OH)_{2\ محلول}\times\frac{1L_{محلول}}{1000mL_{محلول}}\times\frac{0/6mol\ Sr(OH)_2}{1L\ Sr(OH)_{2\ محلول}}=\frac{2mol\ OH^-}{1mol\ Sr(OH)_2}\times\frac{56kJ}{1mol\ OH^-}=10/08kJ$$

در نهایت می‌توان بازده درصدی را محاسبه کرد:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100=\frac{7/56}{10/08}\times100=\%75$$

★ **نکته** در تعیین گرمای واکنش بین اسیدها و بازها، آنچه که مهم است واکنش $H^+(aq)+OH^-(aq)\rightarrow H_2O(l)$ می‌باشد و سایر یون‌های موجود در واکنش (مثل Sr^{2+} یا Br^-) به اصطلاح تماشاچی هستند و تأثیری بر نتیجهٔ نهایی ندارند. لذا صرفاً با داشتن آنتالپی واکنش بین یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید می‌توان مسئله را حل کرد.

B ۱۳۳۶ ۴ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان به روش تجربی اندازه‌گیری کرد. گزینهٔ (۲): آزمایش‌ها نشان می‌دهند که تأمین شرایط بهینه برای تولید متان از واکنش گرافیت و گاز هیدروژن بسیار دشوار و پرهزینه است. به همین دلیل از روش‌های مستقیم و تجربی نمی‌توان برای تعیین ΔH این واکنش استفاده کرد. گزینهٔ (۳): روش‌های محاسباتی مانند قانون هس، از روش‌های محاسباتی (غیرتجربی) و دقیق تعیین ΔH واکنش‌ها هستند.

B ۱۳۳۷ ۴ همهٔ موارد جزء یافته‌های هنری هس هستند. نتایج پژوهش‌های هنری هس به این صورت است: ۱) گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می‌شود، وابسته نیست. به عبارت دیگر اگر چند مسیر مختلف برای انجام یک واکنش شیمیایی وجود داشته باشد، مقدار ΔH در همهٔ این روش‌ها یکسان است. ۲) استفاده از روش‌های غیرمستقیم برای تعیین ΔH یک واکنش در صورتی مجاز است که شرایط انجام همهٔ واکنش‌ها یکسان باشد. ۳) اگر معادلهٔ یک واکنش را بتوان از جمع معادلهٔ دو یا چند واکنش دیگر به‌دست آورد، ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش‌ها به‌دست می‌آید.

B ۱۳۳۸ ۲ از تجزیهٔ گیاهان به وسیلهٔ باکتری‌های بی‌هوازی در زیر آب، گاز متان تولید می‌شود. **بررسی گزینهٔ (۴):** برای تعیین ΔH این واکنش می‌توان براساس قانون هس از واکنش‌های دیگری بهره برد که ΔH آن‌ها از پیش تعیین شده است. به منظور تعیین ΔH واکنش تهیهٔ متان از عنصرهای سازنده‌اش می‌توان از واکنش سوختن گرافیت، گاز هیدروژن و گاز متان استفاده نمود؛ زیرا می‌توان با جمع کردن معادله‌های این واکنش‌ها (پس از اعمال تغییرات لازم) به واکنش تولید متان از عنصرهای سازنده‌اش رسید.

$$C(s)+O_2(g)\rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_1 \xrightarrow{\text{بدون تغییر}} C(s)+O_2(g)\rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H'_1=\Delta H_1$$

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(l) \quad \Delta H_2 \xrightarrow{\text{ضرب در ۲}} 2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(l) \quad \Delta H'_2=2\Delta H_2$$

$$CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(l) \quad \Delta H_3 \xrightarrow{\text{وارون}} CO_2(g)+2H_2O(l)\rightarrow CH_4(g)+2O_2(g) \quad \Delta H'_3=-\Delta H_3$$

$$C(s)+2H_2(g)\rightarrow CH_4(g) \quad \Delta H=\Delta H'_1+\Delta H'_2+\Delta H'_3$$

B ۱۳۳۹ ۲ عبارت‌های(الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هیدروژن پراکسید (H_2O_2) با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می‌رسد.

عبارت (ب): شیمی‌دان‌ها برای تبدیل گازهای NO و CO به گازهایی پایدارتر و با آلایندگی کمتر، واکنش $2CO(g)+2NO(g)\rightarrow 2CO_2(g)+N_2(g)$ را طراحی کرده‌اند که یکی از فراورده‌های آن (N_2) گاز دواتمی و فراوردهٔ دیگر آن (CO_2) یک گاز سه‌اتمی است. عبارت (پ): متان ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانوادهٔ آلکان‌هاست. این گاز نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شد؛ از این‌رو به گاز مرداب معروف است. عبارت (ت): واکنش تولید گاز CO از سوختن گرافیت یک واکنش یک مرحله‌ای است: $2C(s,\text{گرافیت})+O_2(g)\rightarrow 2CO(g)$

در حالی‌که تهیهٔ آمونیاک از عنصرهای سازنده‌اش به روش هابر یک فرایند دو مرحله‌ای است:

مرحلهٔ (۱): $N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2H_4(g)$

مرحلهٔ (۲): $N_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)$

عبارت (ث): اکسیدهای دواتمی کربن و نیتروژن، CO و NO هستند. این دو گاز جزو آلاینده‌هایی هستند که از اگزوز خودروها وارد هواکره می‌شوند.

B ۱۳۴۰ ۲ **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۳): هیدروژن پراکسید (H_2O_2) مطابق واکنش $2H_2O_2(l)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g)$ تجزیه می‌شود و آب و اکسیژن تولید می‌کند. مجموع ضرایب گونه‌ها در این واکنش برابر ۵ است و این واکنش گرماده است. گزینهٔ (۴): مطابق قانون هس، ΔH واکنش $H_2(g)+O_2(g)\rightarrow H_2O_2(l)$ را می‌توان به کمک ΔH واکنش‌های سوختن گاز هیدروژن و تجزیهٔ آب اکسیژنه به‌دست آورد.

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(l) \quad \Delta H_1 \xrightarrow{\text{بدون تغییر}} H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(l) \quad \Delta H'_1$$

$$2H_2O_2(l)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g) \quad \Delta H_2 \xrightarrow[\text{تقسیم بر ۲}]{\text{وارون و}} H_2O(l)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O_2(l) \quad \Delta H'_2$$

$$H_2(g)+O_2(g)\rightarrow H_2O_2(l) \quad \Delta H=\Delta H'_1+\Delta H'_2$$

B ۱۳۴۱ ۳ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به نمودار، واکنش تبدیل گاز کربن مونوکسید به کربن دی‌اکسید یک واکنش گرماده است $(\Delta H<0)$، پس سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فراورده است. عبارت (ب): واکنش سوختن کامل گرافیت فرایندی دو مرحله‌ای است:

$$\text{I) } C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CO(g) \quad \Delta H_1=?$$

$$\text{II) } CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_2=-283\,kJ$$

$$C(s)+O_2(g)\rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H=-393/5\,kJ$$

مطابق قانون هس خواهیم داشت: $\Delta H=\Delta H_1+\Delta H_2 \Rightarrow -393/5=\Delta H_1+(-283) \Rightarrow \Delta H_1=-110/5\,kJ$

اکنون با توجه به حجم گاز CO تولیدی، گرمای آزاد شده در واکنش (I) را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=13/44\,L\,CO\times\frac{1\,mol\,CO}{22/4\,L}\times\frac{110/5\,kJ}{1\,mol\,CO}=66/3\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم گاز CO}}{\text{ضریب}\times 22/4}=\frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{13/44\,L\,CO}{1\times 22/4}=\frac{x\,kJ}{110/5\,kJ} \Rightarrow x=66/3\,kJ$$

عبارت‌های (پ) و (ت): تهیهٔ آمونیاک از گازهای نیتروژن و هیدروژن یک واکنش دو مرحله‌ای است. واکنش $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)$ همانند هر دو مرحلهٔ واکنش سوختن کامل گرافیت، گرماده است.

C ۱۳۴۲ ۴ تهیهٔ آمونیاک به روش هابر یک فرایند دو مرحله‌ای است:

$$\text{I) } N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2H_4(g) \qquad \Delta H=?$$
$$\text{II) } N_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g) \qquad \Delta H_1=-183kJ$$
$$N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g) \qquad \Delta H_2=-92kJ$$

مطابق قانون هس برای آنتالپی واکنش‌ها خواهیم داشت:

$$\Delta H_2=\Delta H+\Delta H_1\Rightarrow -92=\Delta H+(-183)\Rightarrow \Delta H=+91\,kJ$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): سطح انرژی هیدرازین (N_2H_4) بیشتر از آمونیاک (NH_3) است، پس به جای گونهٔ (۱)، N_2H_4 و به جای گونهٔ (۲)، NH_3 قرار می‌گیرد. گزینهٔ (۲): مرحلهٔ اول این فرایند واکنش تولید هیدرازین از گازهای N_2 و H_2 و مرحلهٔ دوم آن، واکنش تولید آمونیاک از هیدرازین است:

$$\text{تفاوت}=|\Delta H|-|\Delta H_1|=|91|-|-183|=-92kJ$$

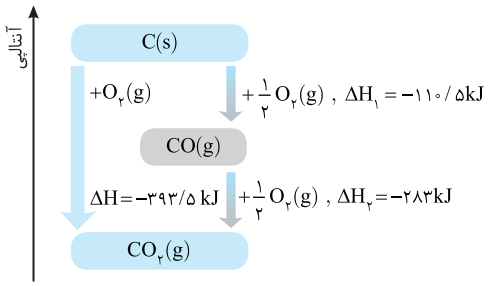
گزینهٔ (۳): در فرایند هابر، مرحلهٔ اول، گرماگیر $(\Delta H_1=+91\,kJ)$ و مرحلهٔ دوم، گرماده $(\Delta H_2=-183kJ)$ است. از آن‌جا که میزان گرمای آزاد شده در مرحلهٔ دوم بیشتر از گرمای مصرف شده در مرحلهٔ اول است، واکنش کلی، گرماده $(\Delta H=-92kJ)$ بوده و در آن گرما از سامانه به محیط پیرامون منتقل می‌شود. گزینهٔ (۴): با توجه به اینکه ΔH واکنش $N_2+2H_2\rightarrow N_2H_4$ برابر $+91\,kJ$ است، داریم:

$$?\,kJ=24g\,N_2H_4\times\frac{1\,mol\,N_2H_4}{32g\,N_2H_4}\times\frac{91\,kJ}{1\,mol\,N_2H_4}=68/25kJ$$

B ۱۳۴۳ ۳ در بین واکنش‌های داده شده، ΔH واکنش‌های زیر به روش تجربی قابل تعیین نیستند و باید به کمک قانون هس محاسبه شوند.

$$H_2(g)+O_2(g)\rightarrow H_2O_2(l),\quad C(s,\text{گرافیت})+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CO(g),\quad N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2H_4(g)$$

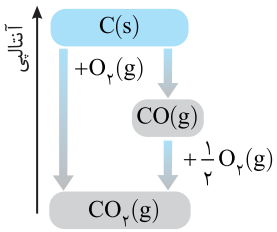
B ۱۳۴۴ ۱ فقط عبارت سوم نادرست است؛ پس نسبت شمار عبارت‌های نادرست به درست برابر $\frac{1}{3}$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت سوم: فراوردهٔ مرحلهٔ اول و دوم فرایند هابر، به‌ترتیب N_2H_4 و NH_3 هستند. N_2H_4 نسبت به NH_3 جرم و حجم بیشتری دارد و همچنین شمار پیوندهای $N-H$ در N_2H_4 بیشتر از NH_3 است، بنابراین احتمال تشکیل پیوند هیدروژنی در N_2H_4 بالاتر است و نقطهٔ جوش آن بیشتر می‌باشد. عبارت چهارم: با توجه به نمودار مقابل که مربوط به واکنش سوختن گرافیت است، اندازهٔ ΔH واکنش مرحلهٔ اول (تولید CO) کوچک‌تر از اندازهٔ ΔH واکنش مرحلهٔ دوم (تولید CO_2) است.



B ۱۳۴۵ ۲ از واکنش تجزیهٔ هیدروژن پراکسید، در شرایط مناسب آب و گاز اکسیژن تولید می‌شود:

$$2H_2O_2(l)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g)$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): آزمایش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که تأمین شرایط بهینه برای انجام واکنش گرافیت و هیدروژن و تولید متان، بسیار دشوار و پرهزینه است؛ به همین دلیل برای تعیین ΔH این واکنش می‌توان از روش هس استفاده کرد. گزینهٔ (۳): واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی‌درپی مطابق نمودار بالا دانست. گرماسنج لیوانی برای تعیین ΔH فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است. گزینهٔ (۴): واکنش میان دو آلایندهٔ CO و NO به صورت مقابل بوده و منجر به تولید گازهای کم‌ضررتر CO_2 و N_2 می‌شود:



$$2CO(g)+2NO(g)\rightarrow 2CO_2(g)+N_2(g)$$

B ۱۳۴۶ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): ارزش سوختی مقدار گرمای آزاد شده برحسب kJ به ازای یک گرم از هر ماده است نه یک مول از آن. عبارت (ب): در مقایسهٔ اندازهٔ آنتالپی سوختن ترکیبات آلی (هیدروکربن‌ها) به تعداد اتم‌های C توجه می‌کنیم. ترکیبی که اتم کربن بیشتری داشته باشد، آنتالپی سوختن بیشتری دارد، اما در مقایسهٔ آنتالپی سوختن آلکان‌ها و الکل‌های هم کربن، آنتالپی سوختن آلکان‌ها بیشتر است. مقایسهٔ اندازهٔ آنتالپی سوختن به صورت $C<B<A$ است. عبارت (پ): تفاوت اتان (C_2H_6) و پروپان (C_3H_8) در یک گروه CH_2 است. پس اختلاف آنتالپی سوختن آن‌ها به CH_2 مربوط می‌شود. $1560-2220=660kJ$، پس آنتالپی سوختن بوتان ۶۶۰ کیلوژول منفی‌تر از پروپان خواهد بود $(-2880kJ.mol^{-1})$.

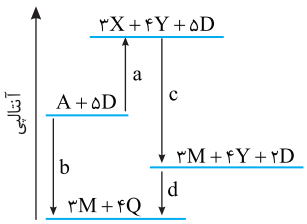
$$\text{ارزش سوختی بوتان}=1g\times\frac{1\,mol}{58g}\times\frac{2880kJ}{1\,mol}=49/66kJ.g^{-1}$$
$$\text{ارزش سوختی پروپان}=1g\times\frac{1\,mol}{44g}\times\frac{2220kJ}{1\,mol}=50/45kJ.g^{-1}$$

B ۱۳۴۷ ۴ نمودار مربوط به یک واکنش دو مرحله‌ای است. معادلهٔ هر مرحله و معادلهٔ واکنش کلی را می‌نویسیم.

$$\text{مرحلهٔ اول: } A_2(g)+2B_2(g)\rightarrow A_2B_4(g)$$
$$\text{مرحلهٔ دوم: } A_2B_4(g)+B_2(g)\rightarrow 2AB_3(g)$$
$$\text{واکنش کلی: } A_2(g)+3B_2(g)\rightarrow 2AB_3(g)$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به معادلهٔ مرحلهٔ اول و موازنهٔ آن، X که در نمودار نمایش داده شده، همان «$2B_2$» است. گزینهٔ (۲): با توجه به نمودار، آنتالپی یا همان محتوای انرژی A_2 از A_2B_4 کمتر و از AB_3 بیشتر است. گزینهٔ (۳): با توجه به نمودار و جهت فلش‌ها، واکنش تشکیل A_2B_4، یعنی واکنش مرحلهٔ (۱) گرماگیر $(\Delta H>0)$ و واکنش تشکیل AB_3، یعنی واکنش کلی، گرماده $(\Delta H<0)$ است. گزینهٔ (۴): با توجه به نمودار، سطح انرژی مولکول‌های A_2B_4 از AB_3 بالاتر است؛ از این رو مولکول A_2B_4 از AB_3 ناپایدارتر می‌باشد.

C ۱۳۴۸ ۴ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند.



با توجه به نمودار مقابل به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم: عبارت اول: واکنش کلی: $A+5D\rightarrow 3M+4Q$ است:

۱) $A+5D\rightarrow 3X+4Y+5D\ ,\ \Delta H_1=a$

۲) $3X+4Y+5D\rightarrow 3M+4Y+2D\ ,\ \Delta H_2=-c$

۳) $3M+4Y+2D\rightarrow 3M+4Q\ ,\ \Delta H_3=-d$

معادلهٔ هدف: $A+5D\rightarrow 3M+4Q\ ,\ \Delta H=a-c-d$

بنابراین ΔH واکنش کلی برابر $a-c-d$ است. عبارت دوم: دقت کنید که با توجه به نمودار، برای تهیهٔ Q از Y و D، انرژی آزاد می‌شود. عبارت سوم: واکنش تهیهٔ M از X و D همان واکنشی است که آنتالپی آن $-C$ است:

$3X+4Y+5D\rightarrow 3M+4Y+2D$

با ساده کردن طرفین واکنش به معادلهٔ اصلی می‌رسیم:

$3X+3D\rightarrow 3M \Rightarrow X+D\rightarrow M$

نسبت ضریب D به M برابر ۱ است. عبارت چهارم: با توجه به مرحلهٔ اول واکنش، از تجزیهٔ A، مادهٔ X و Y تولید می‌شود. سطح انرژی 4Y لزوماً از A بیشتر نیست.

B ۱۳۴۹ ۲ معادلهٔ واکنش هدف: $4NO_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2N_2O_5(s)\qquad \Delta H=?$

در معادلهٔ واکنش هدف، $N_2O_5(s)$ با ضریب ۲ در سمت راست قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (I) را معکوس می‌کنیم:

I) $4NO(g)+3O_2(g)\rightarrow 2N_2O_5(s)\qquad \Delta H'_1=-447kJ$

در معادلهٔ واکنش هدف، $NO_2(g)$ با ضریب ۴ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (II) را معکوس و در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:

II) $4NO_2(g)\rightarrow 4NO(g)+2O_2(g)\qquad \Delta H'_2=-2\times(-114)=+228kJ$

اکنون با جمع کردن واکنش‌های به‌دست آمده به واکنش هدف می‌رسیم:

I) $4NO(g)+3O_2(g)\rightarrow 2N_2O_5(s)\qquad \Delta H'_1=-447kJ$

II) $4NO_2(g)\rightarrow 4NO(g)+2O_2(g)\qquad \Delta H'_2=+228kJ$

واکنش هدف: $4NO_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2N_2O_5\qquad \Delta H=-447+228=-219kJ$

B ۱۳۵۰ ۴ معادلهٔ فرایند تبدیل $Cl^-(aq)$ به $\frac{1}{2}Cl_2$ به‌صورت $Cl^-(aq)\rightarrow\frac{1}{2}Cl_2(g)$ است. (در این معادله برای ساده‌تر شدن، از نوشتن الکترون‌ها صرف‌نظر شده است.) به منظور رسیدن به واکنش مورد نظر، واکنش اول را معکوس و در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم، واکنش دوم را در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم و واکنش سوم را نیز معکوس می‌کنیم:

I) $HCl(aq)\rightarrow\frac{1}{2}H_2(g)+\frac{1}{2}Cl_2(g)\ ,\ \Delta H=92/3kJ$

II) $\frac{1}{2}H_2(g)\rightarrow H^+(aq)\ ,\ \Delta H=0\ kJ$

III) $H^+(aq)+Cl^-(aq)\rightarrow HCl(aq)\ ,\ \Delta H=75/2kJ$

واکنش هدف $Cl^-(aq)\rightarrow\frac{1}{2}Cl_2(g)\ ,\ \Delta H_{هدف}=92/3+75/2=167/5kJ$

علامت مثبت ΔH، به معنای گرماگیر بودن این واکنش است.

* توجه از آنجایی که ΔH واکنش دوم برابر با صفر بود، بنابراین تأثیری در آنتالپی واکنش هدف نداشته و می‌توانستیم از آن صرف نظر کنیم.

B ۱۳۵۱ ۱ معادلهٔ واکنش هدف: $N_2(g)+4H_2(g)+Cl_2(g)\rightarrow 2NH_4Cl(s)\qquad \Delta H=?$

در معادلهٔ هدف، $N_2(g)$ با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (I) را بدون تغییر می‌نویسیم:

I) $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)\qquad \Delta H'_1=-92kJ$

در معادلهٔ واکنش هدف، $NH_4Cl(s)$ با ضریب ۲ در سمت راست قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (II) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:

II) $2NH_3(g)+2HCl(g)\rightarrow 2NH_4Cl(s)\qquad \Delta H'_2=2\times(-176)=-352kJ$

در معادلهٔ واکنش هدف، $Cl_2(g)$ با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (III) را بدون تغییر می‌نویسیم:

III) $H_2(g)+Cl_2(g)\rightarrow 2HCl(g)\qquad \Delta H'_3=-184kJ$

اکنون با جمع کردن واکنش‌های به‌دست آمده، به واکنش هدف می‌رسیم:

I) $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)\qquad \Delta H'_1=-92kJ$

II) $2NH_3(g)+2HCl(g)\rightarrow 2NH_4Cl(s)\qquad \Delta H'_2=-352kJ$

III) $H_2(g)+Cl_2(g)\rightarrow 2HCl(g)\qquad \Delta H'_3=-184kJ$

واکنش هدف: $N_2(g)+4H_2(g)+Cl_2(g)\rightarrow 2NH_4Cl(s)\qquad \Delta H=-92-352-184=-628kJ$

توضیح محاسبات

رقم آخر پاسخ برابر ۸ بوده و عدد پاسخ منفی است. (پاسخ: ۶۲۸−)

$-92-352-184=?\xrightarrow{\text{استفاده از رقم سمت راست}}-2-2-4=-8$

B ۱۳۵۲ ۴ به منظور رسیدن به واکنش هدف، واکنش اول را در $\frac{۳}{۲}$، واکنش دوم را در ۳ و واکنش سوم را در $\frac{۱}{۲}$ ضرب می‌کنیم:

$$I)\ ۳H_۲O(l)\rightarrow \frac{۳}{۲}O_۲(g)+۳H_۲(g) \quad ,\ \Delta H'=+۸۵۸kJ$$

$$II)\ ۳N_۲O(g)+۳H_۲(g)\rightarrow ۳N_۲(g)+۳H_۲O(l) \quad ,\ \Delta H'=-۱۱۰۱kJ$$

$$III)\ ۲NH_۳(g)+\frac{۳}{۲}O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۳H_۲O(l) \quad ,\ \Delta H'=-۷۶۵kJ$$

واکنش هدف: $۲NH_۳(g)+۳N_۲O(g)\rightarrow ۴N_۲(g)+۳H_۲O(l)$, $\Delta H_{هدف}=(۸۵۸)+(-۱۱۰۱)+(-۷۶۵)=-۱۰۰۸kJ$

B ۱۳۵۳ ۳ معادلهٔ واکنش هدف $\Delta H=?$ $C(s,\text{الماس})\rightarrow C(s,\text{گرافیت})$

برای رسیدن به واکنش هدف، معادلهٔ واکنش‌های (II) و (IV) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم و سپس واکنش‌ها را با هم جمع می‌نماییم.

$$I)\ C(s,\text{الماس})+O_۲(g)\rightarrow CO_۲(g) \quad \Delta H'_۱=-۳۹۵kJ$$

$$II)\ ۴CO_۲(g)\rightarrow ۴CO(g)+۲O_۲(g) \quad \Delta H'_۲=۲\times(+۵۶۶)=+۱۱۳۲kJ$$

$$III)\ C(s,\text{گرافیت})+O_۲(g)\rightarrow CO_۲(g) \quad \Delta H'_۳=-۳۹۳/۵kJ$$

$$IV)\ ۴CO(g)\rightarrow ۲C(s,\text{گرافیت})+۲CO_۲(g) \quad \Delta H'_۴=۲\times(-۱۷۲/۵)=-۳۴۵kJ$$

واکنش هدف: $C(s,\text{الماس})\rightarrow C(s,\text{گرافیت})$ $\Delta H=-۳۹۵+۱۱۳۲-۳۹۳/۵-۳۴۵=-۱/۵kJ$

B ۱۳۵۴ ۳ با استفاده از قانون هس، معادلهٔ هر یک از واکنش‌های داده شده را به گونه‌ای تغییر می‌دهیم که در پایان با جمع معادلهٔ واکنش‌ها، به معادلهٔ واکنش با ΔH مجهول (واکنش هدف) برسیم.

با توجه به $N_۲$ در واکنش هدف، ضرایب معادلهٔ واکنش اول را در $\frac{۱}{۴}$ ضرب می‌کنیم. $\Delta H'_۱=-۱۰۰۰\times(\frac{۱}{۴})=-۲۵۰kJ$

برای حذف $N_۲O$، معادلهٔ واکنش دوم را باید وارون کرده و ضرایب را در $\frac{۳}{۴}$ ضرب کنیم. $\Delta H'_۲=+۳۲۰(\frac{۳}{۴})=۲۴۰kJ$

با توجه به این‌که در واکنش هدف یک مول $N_۲H_۴$ وجود دارد و در واکنش دوم نیز $\frac{۳}{۴}$ مول $N_۲H_۴$ در سمت واکنش‌دهنده ایجاد شده است، پس معادلهٔ واکنش سوم را وارون کرده و ضرایب را در $\frac{۱}{۸}$ ضرب می‌کنیم. $\Delta H'_۳=+۲۸۸\times(\frac{۱}{۸})=۳۶kJ$

برای حذف $H_۲$، ضرایب معادلهٔ چهارم را در $\frac{۹}{۸}$ ضرب می‌کنیم. $\Delta H'_۴=-۵۶۰(\frac{۹}{۸})=-۶۳۰kJ$

و در پایان ΔH هدف برابر با جمع جبری ΔH واکنش‌ها است: $\Delta H_{هدف}=\Delta H'_۱+\Delta H'_۲+\Delta H'_۳+\Delta H'_۴=(-۲۵۰)+(۲۴۰)+(۳۶)+(-۶۳۰)=-۶۰۴kJ$

B ۱۳۵۵ ۲ ابتدا آنتالپی واکنش مقابل را به کمک واکنش‌های کمکی محاسبه می‌کنیم: $P_۴(s)+۴SO_۲(g)+۱۰Cl_۲(g)\rightarrow ۴SOCl_۲(l)+۴POCl_۳(l)$, $\Delta H=?\,kJ$

به این منظور، واکنش اول را معکوس کرده و در ۴ ضرب، واکنش دوم را بدون تغییر، واکنش سوم در ۲ ضرب و واکنش چهارم را معکوس و در ۲ ضرب می‌کنیم:

$$I)\ ۴SO_۲(g)+۸HCl(g)\rightarrow ۴SOCl_۲(l)+۴H_۲O(l) \quad \Delta H'_۱=-۴\Delta H_۱=-۴۴kJ$$

$$II)\ P_۴(s)+۶Cl_۲(g)\rightarrow ۴PCl_۳(g) \quad \Delta H'_۲=\Delta H_۲=-۱۲۲۴kJ$$

$$III)\ ۴PCl_۳(g)+۲O_۲(g)\rightarrow ۴POCl_۳(l) \quad \Delta H'_۳=۲\Delta H_۳=-۱۳۰۰kJ$$

$$IV)\ ۴Cl_۲(g)+۴H_۲O(l)\rightarrow ۸HCl(g)+۲O_۲(g) \quad \Delta H'_۴=-۲\Delta H_۴=+۴۰۴kJ$$

واکنش هدف: $P_۴(s)+۴SO_۲(g)+۱۰Cl_۲(g)\rightarrow ۴SOCl_۲(l)+۴POCl_۳(l)$ $\Delta H_{هدف}=-۲۱۶۴kJ$

سپس گرمای حاصل از تشکیل ۰/۱ مول $POCl_۳$ را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=۰/۱\,mol\,POCl_۳\times\frac{۲۱۶۴kJ}{۴mol\,POCl_۳}=۵۴/۱kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } POCl_۳ \text{ تولیدی}}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{۰/۱}{۴}=\frac{Q}{۲۱۶۴kJ}\Rightarrow Q=۵۴/۱kJ$$

C ۱۳۵۶ ۳ اگر واکنش اول را در $\frac{۱}{۲}$ ضرب کنیم، سپس واکنش دوم را معکوس نموده و در $\frac{۱}{۲}$ ضرب کنیم و با واکنش سوم جمع کنیم، به واکنش مورد نظر (هدف) می‌رسیم:

$$H_۲(g)+\frac{۱}{۲}O_۲(g)\rightarrow H_۲O(l) \quad \Delta H^{\circ\prime}=\frac{۱}{۲}\times(-۵۷۲kJ)=-۲۸۶kJ$$

$$H_۲O_۲(aq)\rightarrow H_۲O(l)+\frac{۱}{۲}O_۲(g) \quad \Delta H^{\circ\prime}=-\frac{۱}{۲}\times(۱۹۰kJ)=-۹۵kJ$$

$$C_۶H_۶O_۲(aq)\rightarrow C_۶H_۴O_۲(aq)+H_۲(g) \quad \Delta H^{\circ\prime}=+۱۱۶kJ$$

واکنش هدف: $C_۶H_۶O_۲(aq)+H_۲O_۲(aq)\rightarrow C_۶H_۴O_۲(aq)+۲H_۲O(l)$ $\Delta H^{\circ}_{هدف}=(-۲۸۶)+(-۹۵)+۱۱۶\Rightarrow\Delta H^{\circ}_{هدف}=-۲۶۵kJ$

حال گرمای حاصل از مصرف ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۲/۵ مولار هیدروژن پراکسید را محاسبه کنیم:

$$\text{گرمای آزاد شده} = 100\text{mL } H_2O_2 \text{ محلول} \times \frac{1\text{L } H_2O_2 \text{ محلول}}{1000\text{mL } H_2O_2 \text{ محلول}} \times \frac{2/5\text{mol } H_2O_2}{1\text{L } H_2O_2 \text{ محلول}} \times \frac{265\text{kJ}}{1\text{mol } H_2O_2} = 66/25\text{kJ}$$

اکنون محاسبه می‌کنیم که با ۶۶/۲۵kJ گرما، چند گرم کربن دی‌اکسید جامد را می‌توان به گاز تبدیل کرد:

$$?\,g\,CO_2 = 66/25\text{kJ} \times \frac{1\text{mol } CO_2(s)}{50\text{kJ}} \times \frac{44\text{g } CO_2}{1\text{mol } CO_2(g)} = 58/3\text{g } CO_2$$

B ۱۳۵۷ ۱ معادلهٔ واکنش هدف:

$$C_3H_6(g) + H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g)$$

معادلهٔ واکنش‌های سوختن ترکیب‌های داده شده به‌صورت مقابل است:

$$I)\ C_3H_6(g) + \frac{9}{2}O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 3H_2O(g) \qquad \Delta H_1 = -2058\text{kJ}$$

$$II)\ H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_2 = -242\text{kJ}$$

$$III)\ C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g) \qquad \Delta H_3 = -2220\text{kJ}$$

واکنش (۱): در واکنش هدف، C_3H_6 و H_2 در سمت چپ با ضریب یک قرار گرفته‌اند، پس واکنش‌های (I) و (II) را تغییر نمی‌دهیم. واکنش (۳): در واکنش هدف، C_3H_8 با ضریب یک در سمت راست قرار گرفته، پس واکنش (III) را معکوس می‌کنیم.

$$I)\ C_3H_6(g) + \frac{9}{2}O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 3H_2O(g) \qquad \Delta H'_1 = -2058\text{kJ}$$

$$II)\ H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H'_2 = -242\text{kJ}$$

$$III)\ 3CO_2(g) + 4H_2O(g) \rightarrow C_3H_8(g) + 5O_2(g) \qquad \Delta H'_3 = +2220\text{kJ}$$

$$\text{واکنش هدف: } C_3H_6(g) + H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g) \qquad \Delta H = -2058 - 242 + 2220 = -80\text{kJ}$$

★ **نکته** در واکنش‌هایی که واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها قابلیت سوختن را داشته باشند، می‌توانیم از رابطهٔ زیر برای محاسبهٔ ΔH واکنش استفاده کنیم.

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\text{مجموع آنتالپی سوختن فراورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی سوختن واکنش‌دهنده‌ها}]$$

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\Delta H_{\text{سوختن}}(C_3H_6) + \Delta H_{\text{سوختن}}(H_2)] - [\Delta H_{\text{سوختن}}(C_3H_8)] = [(-2058) + (-242)] - [(-2220)] = -80\text{kJ}$$

B ۱۳۵۸ ۴ ابتدا آنتالپی واکنش هدف را محاسبه می‌کنیم:

$$CF_4(g) \rightarrow C(s) + 2F_2(g) \qquad \Delta H = ?$$

در معادلهٔ واکنش هدف، $CF_4(g)$ با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (I) را معکوس و در عدد $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم:

$$I)\ CF_4(g) + 2HF(g) \rightarrow \frac{1}{2}C_2H_4(g) + 3F_2(g) \qquad \Delta H'_1 = \frac{-1}{2} \times (-2486) = +1243\text{kJ}$$

در معادلهٔ واکنش هدف، $C(s)$ با ضریب ۱ در سمت راست قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (II) را معکوس و در عدد $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم:

$$II)\ \frac{1}{2}C_2H_4(g) \rightarrow C(s) + H_2(g) \qquad \Delta H'_2 = -\frac{1}{2} \times (+52) = -26\text{kJ}$$

با توجه به تغییرات انجام شده، ۲ مول $HF(g)$ در طرف واکنش‌دهنده‌ها وجود دارد که در واکنش هدف موجود نیست، پس نیاز به ۲ مول $HF(g)$ در فراورده‌ها داریم که به این منظور واکنش (III) را بدون تغییر می‌نویسیم:

$$III)\ H_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2HF(g) \qquad \Delta H'_3 = -537\text{kJ}$$

اکنون با جمع کردن واکنش‌های به‌دست آمده، به واکنش هدف می‌رسیم:

$$I)\ CF_4(g) + 2HF(g) \rightarrow \frac{1}{2}C_2H_4(g) + 3F_2(g) \qquad \Delta H'_1 = +1243\text{kJ}$$

$$II)\ \frac{1}{2}C_2H_4(g) \rightarrow C(s) + H_2(g) \qquad \Delta H'_2 = -26\text{kJ}$$

$$III)\ H_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2HF(g) \qquad \Delta H'_3 = -537\text{kJ}$$

$$\text{واکنش هدف: } CF_4(g) \rightarrow C(s) + 2F_2(g) \qquad \Delta H = 1234 - 26 - 537 = 680\text{kJ}$$

سپس به کمک گرمای آزاد شده، درصد خلوص CF_4 را به‌دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,CF_4 \text{ خالص} = 816\text{kJ} \times \frac{1\text{mol } CF_4}{680\text{kJ}} \times \frac{88\text{g } CF_4}{1\text{mol } CF_4} = 105/6\text{g } CF_4 \text{ خالص}, \quad \text{درصد خلوص } CF_4 = \frac{\text{جرم } CF_4}{\text{جرم } CF_4 \text{ ناخالص}} \times 100 = \frac{105/6}{165} \times 100 = \%64$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CF_4 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{165 \times \frac{P}{100}}{1 \times 88} = \frac{816\text{kJ}}{680\text{kJ}} \Rightarrow P = \%64$$

B ۱۳۵۹ ۴ ابتدا آنتالپی واکنش هدف را محاسبه می‌کنیم: $N_2H_4(g)+O_2(g)\rightarrow N_2(g)+2H_2O(g)$ $\Delta H=?$

در معادلهٔ واکنش هدف، N_2H_4 با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (I) را معکوس می‌کنیم:

I) $N_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)$ $\Delta H'_1=-183kJ$

در معادلهٔ واکنش هدف، $O_2(g)$ با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (II) را بدون تغییر می‌نویسیم:

II) $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$ $\Delta H'_2=-486kJ$

در معادلهٔ واکنش هدف، $N_2(g)$ با ضریب ۱ در سمت راست قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (III) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:

III) $2NH_3(g)\rightarrow N_2(g)+3H_2(g)$ $\Delta H'_3=92kJ$

با جمع کردن واکنش‌های به‌دست آمده، به واکنش هدف می‌رسیم:

I) $N_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)$ $\Delta H'_1=-183kJ$

II) $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$ $\Delta H'_2=-486kJ$

III) $2NH_3(g)\rightarrow N_2(g)+3H_2(g)$ $\Delta H'_3=92kJ$

واکنش هدف: $N_2H_4(g)+O_2(g)\rightarrow N_2(g)+2H_2O(g)$ $\Delta H=-183-486+92=-577kJ$

قسمت اول: اکنون درصد خلوص N_2H_4 را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?g\ N_2H_4\ \text{خالص}=-115/4kJ\times\frac{1mol\ N_2H_4}{-577kJ}\times\frac{32g\ N_2H_4}{1mol\ N_2H_4}=6/4g\ N_2H_4\ \text{خالص}$$

$$N_2H_4\ \text{درصد خلوص}=\frac{N_2H_4\ \text{جرم خالص}}{N_2H_4\ \text{جرم ناخالص}}\times100=\frac{6/4g}{8g}\times100=\%80$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{N_2H_4\ \text{جرم ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{8\times\frac{P}{100}}{1\times32}=\frac{-115/4kJ}{-577kJ}\Rightarrow P=\%80$$

قسمت دوم: واکنش تولید N_2H_4 از گازهای H_2 و N_2 به‌صورت $N_2+2H_2\rightarrow N_2H_4$ است.

$$?L\ N_2=6/4g\ N_2H_4\ \text{خالص}\times\frac{1mol\ N_2H_4\ \text{خالص}}{32g\ N_2H_4\ \text{خالص}}\times\frac{1mol\ N_2}{1mol\ N_2H_4}\times\frac{28g\ N_2}{1mol\ N_2}\times\frac{1L\ N_2}{1/4g\ N_2}=4L\ N_2$$

B ۱۳۶۰ ۲ معادلهٔ واکنش هدف: $C_6H_6O_2(aq)+H_2O_2(aq)\rightarrow C_6H_4O_2(aq)+2H_2O(l)\ ,\ \Delta H=?$

۱) $C_6H_6O_2(aq)$ فقط در واکنش (I) وجود دارد، پس واکنش (I) را تغییر نمی‌دهیم. ۲) $H_2O_2(aq)$ فقط در واکنش (II) وجود دارد، پس واکنش (II) را در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم. ۳) با توجه به تغییرات صورت گرفته، به منظور حذف $H_2(g)$ به وجود آمده در واکنش (I)، واکنش (III) را معکوس و در عدد $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم.

I) $C_6H_6O_2(aq)\rightarrow C_6H_4O_2(aq)+H_2(g)$ $\Delta H'_1=177kJ$

II) $H_2O_2(aq)\rightarrow H_2O(l)+\frac{1}{2}O_2(g)$ $\Delta H'_2=-95kJ$

III) $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(l)$ $\Delta H'_3=-286kJ$

واکنش هدف: $C_6H_6O_2(aq)+H_2O_2(aq)\rightarrow C_6H_4O_2(aq)+2H_2O(l)$ $\Delta H=177-95-286=-204kJ$

اکنون گرمای آزاد شده به ازای مصرف ۱/۷ گرم H_2O_2 را به‌دست می‌آوریم:

$$?kJ=1/7g\ H_2O_2\times\frac{1mol\ H_2O_2}{34g\ H_2O_2}\times\frac{-204kJ}{1mol\ H_2O_2}=-10/2kJ$$

اکنون محاسبه می‌کنیم که این مقدار گرما دمای چند گرم هلیم را به اندازهٔ $60^\circ C$ افزایش می‌دهد.

$$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow10/2\times10^3=m\times5/1\times60\Rightarrow m\simeq33/3g$$

B ۱۳۶۱ ۳ ابتدا باید گرمای واکنش $2N_2O_5(g)\rightarrow4NO_2(g)+O_2(g)$ را به دست آوریم:

$$\frac{\text{واکنش }\Delta H}{5\times22/4L\ gas}=\frac{275kJ}{28/0L\ gas}\Rightarrow\Delta H_{\text{واکنش}}=+110kJ$$

باید به کمک واکنش‌های داده شده، ΔH واکنش را به دست آوریم. واکنش (I) را در ۲ ضرب می‌کنیم. واکنش (II) را معکوس کرده و در ۲ ضرب می‌کنیم و واکنش (III) را معکوس می‌کنیم:

I) $2N_2(g)+2O_2(g)\rightarrow4NO(g)$ $\Delta H'_1=2x$

II) $4NO(g)+2O_2(g)\rightarrow4NO_2(g)$ $\Delta H'_2=-228kJ$

III) $2N_2O_5(g)\rightarrow2N_2(g)+5O_2(g)$ $\Delta H'_3=-22kJ$

$2N_2O_5(g)\rightarrow O_2(g)+4NO_2(g)$ $\Delta H_{\text{کل}}=-250+2x=+110\Rightarrow x=180kJ$

$N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g)\ ,\ \Delta H=+180kJ$

$2NO(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO_2(g)$

$?\,g\,NO_2=13/5kJ\times\frac{2mol\,NO}{180kJ}\times\frac{2mol\,NO_2}{2mol\,NO}\times\frac{46g\,NO_2}{1mol\,NO_2}=6/9NO_2$

B ۱۳۶۲ ۱ معادلهٔ واکنش کلی انجام شده و نوع پیوندهای مواد شرکت‌کننده در واکنش به‌صورت مقابل است: $2C\equiv O+2N=O\rightarrow N\equiv N+2O=C=O$

به کمک آنتالپی‌های پیوند داده شده، می‌توانیم آنتالپی این واکنش را حساب کنیم:

$\Delta H=$(مجموع آنتالپی پیوند مواد فراورده)−(مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش‌دهنده)

$\Delta H=[2\Delta H(C\equiv O)+2\Delta H(N=O)]-[\Delta H(N\equiv N)+4\Delta H(C=O)]$

$\Delta H=[2(1070)+2(607)]-[945+4(800)]=3354-4145=-791\,kJ$

* توجه احتمالاً در این تست، طراح در نظر داشته که به کمک آنتالپی‌های پیوند داده شده، ابتدا آنتالپی واکنش‌های کمکی را محاسبه کرده و سپس به کمک قانون هس، به آنتالپی واکنش کلی برسیم ولی در این سؤال بدون نیاز به واکنش‌های (۱) و (۲) و تنها با توجه به آنتالپی پیوندهای مواد شرکت‌کننده در واکنش اصلی، می‌توان به پاسخ مسئله رسید.

C ۱۳۶۳ ۳ معادلهٔ واکنش هدف: $C(s,\text{گرافیت})+H_2O(g)\rightarrow CO(g)+H_2(g)\qquad \Delta H=?$

ابتدا به کمک آنتالپی‌های سوختن داده شده، آنتالپی واکنش هدف را محاسبه می‌کنیم:

$I)\ C(s,\text{گرافیت})+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)\qquad \Delta H_1=-394kJ$

$II)\ CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CO_2(g)\qquad \Delta H_2=-283kJ$

$III)\ H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(g)\qquad \Delta H'_3=-286kJ$

در معادلهٔ واکنش هدف، $C(s,\text{گرافیت})$ با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (I) بدون تغییر می‌ماند. در معادلهٔ واکنش هدف، $CO(g)$ با ضریب ۱ در سمت راست قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (II) را معکوس می‌کنیم. در معادلهٔ واکنش هدف، $H_2O(g)$ با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (III) را معکوس می‌کنیم.

$I)\ C(s,\text{گرافیت})+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)\qquad \Delta H'_1=-394kJ$

$II)\ CO_2(g)\rightarrow CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\qquad \Delta H'_2=+283kJ$

$III)\ H_2O(g)\rightarrow H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\qquad \Delta H'_3=+286kJ$

واکنش هدف: $C(s,\text{گرافیت})+H_2O(g)\rightarrow CO(g)+H_2(g)\qquad \Delta H=-394+283+286=175kJ$

اکنون با توجه به گرمای مبادله شده در واکنش ۸ گرم گرافیت، بازده درصدی واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$?\,kJ(\text{نظری})=8g\,C\times\frac{1mol\,C}{12g\,C}\times\frac{175kJ}{1mol\,C}\simeq 116/7kJ$

$\text{بازده درصدی}=\frac{Q_{\text{عملی}}}{Q_{\text{نظری}}}\times 100=\frac{35kJ}{116/7kJ}\times 100\simeq \%30$

روش اول (کسر تبدیل):

$\frac{\text{جرم گرافیت}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{8\times\frac{R}{100}}{1\times 12}=\frac{35}{175}\Rightarrow R=\%30$

روش دوم (تناسب):

$\frac{12\times35\times100}{8\times175}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{\overset{3}{\cancel{12}}\times35\times\overset{10}{\cancel{100}}}{\underset{2}{\cancel{8}}\times\underset{5}{\cancel{175}}}=\frac{3\times10}{2\times5}=30$

توضیح محاسبات

B ۱۳۶۴ ۱ ابتدا دو واکنش مورد نظر را با یکدیگر جمع می‌کنیم تا به واکنش کلی برسیم:

$I)\ 2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$

$II)\ CO_2(g)+2H_2O(g)\rightarrow CH_4(g)+2O_2(g)$

واکنش کلی: $2H_2(g)+CO_2(g)\rightarrow CH_4(g)+O_2(g)\ ,\ \Delta H=?$

فرمول ساختاری مواد شرکت‌کننده در واکنش به صورت زیر است:

$2(H-H)+O=C=O\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H+O=O$

سپس ΔH این واکنش را به کمک آنتالپی پیوندها به‌دست می‌آوریم:

$\Delta H=$[مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها]−[مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها]

$\Delta H=[2(\Delta H_{H-H})+2(\Delta H_{C=O})]-[4(\Delta H_{C-H})+1(\Delta H_{O=O})]=[2(435)+2(790)]-[4(414)+1(494)]=2450-2150=+300kJ$

B ۱۳۶۵ ۴ پس از جمع معادلهٔ همهٔ واکنش‌های داده شده، به واکنش کلی انجام شده می‌رسیم که معادلهٔ آن به‌صورت زیر است:

$2NO(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2(g)+2H_2O(g)$

اکنون به کمک آنتالپی پیوندهای داده شده، ΔH واکنش کلی را محاسبه می‌کنیم:

$\Delta H_{\text{واکنش}}=$[مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده]−[مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش دهنده]

$\Delta H_{\text{واکنش}}=[2\Delta H(N=O)+2\Delta H(H-H)]-[\Delta H(N\equiv N)+4\Delta H(O-H)]=[(2\times607)+(2\times436)]-[944+(4\times463)]=-710kJ$

B ۱۳۶۶ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های اول و چهارم: با توجه به اینکه واکنش $2A(s)+D_2O_3(s)\rightarrow\dots$ برخلاف واکنش $2D(s)+A_2O_3(s)\rightarrow\dots$ گرماده بوده و به‌صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود، واکنش‌پذیری عنصر A بیشتر از عنصر D است؛ بنابراین عنصر A آسان‌تر از عنصر D اکسید می‌شود. عبارت دوم: با توجه به نمودار، گرمای حاصل از اکسایش کامل $A(s)$ و تولید $D(s)$ معادل گرمای حاصل از سه مرحله است که هر سه گرماده هستند؛ بنابراین:

$$-971=(-852)+2\Delta H_{\text{انجماد}}(D)+(-91)\Rightarrow 2\Delta H_{\text{انجماد}}(D)=-28kJ\Rightarrow \Delta H_{\text{انجماد}}(D)=-14kJ$$

از آنجا که آنتالپی انجماد یک ماده قرینهٔ آنتالپی ذوب آن است؛ پس آنتالپی ذوب D برابر $14kJ.mol^{-1}$ است. عبارت سوم: واکنش مورد نظر این عبارت، $2D(s)+A_2O_3(s)\rightarrow D_2O_3(s)+2A(s)$ است. با توجه به نمودار، ΔH این واکنش برابر $+971\,kJ$ می‌باشد؛ بنابراین:

$$?\,kJ=1\,mol\,A\times\frac{971\,kJ}{2\,mol\,A}=485/5kJ$$

به این ترتیب، با صرف $485/5kJ$ انرژی، می‌توان یک مول A را از اکسید آن در واکنش با D تهیه کرد.

C ۱۳۶۷ ۱ همهٔ موارد درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: با توجه به مرحلهٔ سوم واکنش: $3CO_2(g)+4H_2(g)+2O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(l)$، با حذف $3CO_2(g)$ از دو طرف معادله، به واکنش $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(l)$ با آنتالپی $-1143kJ$ می‌رسیم؛ بنابراین آنتالپی واکنش برابر $\left(\frac{-1143}{2}\right)-571/5kJ$ است. مورد دوم: با توجه به مرحلهٔ اول واکنش:

$$C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow 3C(s,\text{گرافیت})+4H_2(g)+5O_2(g)$$

با حذف $5O_2(g)$ از دو طرف معادله، به واکنش $C_3H_8(g)\rightarrow 3C(s,\text{گرافیت})+4H_2(g)$ با آنتالپی $+103kJ$ می‌رسیم؛ بنابراین واکنش تولید $C_3H_8(g)$ به صورت مقابل است:

$$3C(s,\text{گرافیت})+4H_2(g)\rightarrow C_3H_8(g)\quad,\quad \Delta H=-103kJ$$

حال مقدار گرمای تولیدی را به ازای تولید ۰/۵ مول $C_3H_8(g)$ حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=0/5mol\,C_3H_8(g)\times\frac{103kJ}{1\,mol\,C_3H_8(g)}=51/5kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول پروپان}}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{0/5mol}{1}=\frac{Q}{-103kJ}\Rightarrow Q=-51/5kJ$$

مورد سوم: واکنش کلی به صورت: $C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(l)$ بوده و آنتالپی آن با توجه به نمودار برابر است با:

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=+103-1181-1143=-2221\,kJ$$

$$\text{ارزش سوختی}=\frac{\Delta H_{\text{واکنش}}}{\text{جرم مولی مادهٔ سوختی}}=\frac{2221\,kJ.mol^{-1}}{44g.mol^{-1}}\simeq 50/48kJ.g^{-1}$$

مورد چهارم: با توجه به مرحلهٔ دوم واکنش:

$$3C(s,\text{گرافیت})+4H_2(g)+5O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)+4H_2(g)+2O_2(g)$$

با حذف $4H_2(g)$ و $2O_2(g)$ از دو طرف معادله، به واکنش $3C(s,\text{گرافیت})+3O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)$ با آنتالپی $-1181\,kJ$ می‌رسیم. حال مقدار گرمای تولیدی را به ازای مصرف ۱۸ گرم گرافیت محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=18g\,C\times\frac{1\,mol\,C}{12g\,C}\times\frac{1181\,kJ}{3mol\,C}=590/5kJ$$

روش دوم (تناسب):

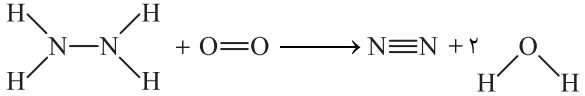
$$\frac{\text{جرم گرافیت}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{18g}{3\times 12g.mol^{-1}}=\frac{Q}{-1181\,kJ}\Rightarrow Q=-590/5kJ$$

C ۱۳۶۸ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن هیدرازین به صورت مقابل است:

$$N_2H_4(l)+O_2(g)\rightarrow N_2(g)+2H_2O(l)$$

زمانی می‌توانیم از آنتالپی پیوندها استفاده کنیم که همهٔ مواد در حالت فیزیکی گاز باشند. بنابراین باید آنتالپی واکنش $N_2H_4(g)+O_2(g)\rightarrow N_2(g)+2H_2O(g)$ را به‌دست آوریم.

$$N_2H_4(l)+O_2(g)\rightarrow N_2(g)+2H_2O(l)\quad,\quad \Delta H=-612kJ$$
$$N_2H_4(g)\rightarrow N_2H_4(l)\quad,\quad \Delta H=-\Delta H(\text{تبخیر هیدرازین})=-45kJ$$
$$2H_2O(l)\rightarrow 2H_2O(g)\quad,\quad \Delta H=2\times\Delta H(\text{تبخیر آب})=82kJ$$
$$N_2H_4(g)+O_2(g)\rightarrow N_2(g)+2H_2O(g)\quad,\quad \Delta H_{\text{واکنش}}=-612-45+82=-575kJ$$



$$\Delta H=\left(\begin{matrix}\text{مجموع آنتالپی پیوند}\\ \text{واکنش‌دهنده‌ها}\end{matrix}\right)-\left(\begin{matrix}\text{مجموع آنتالپی پیوند}\\ \text{فراورده‌ها}\end{matrix}\right)\qquad \Delta H=[\Delta H(N-N)+4\Delta H(N-H)+\Delta H(O=O)]-[\Delta H(N\equiv N)+4\Delta H(H-O)]$$
$$\Rightarrow -575=[163+4x+495]-[945+4(463)]\Rightarrow x=391\,kJ.mol^{-1}$$

۱۳۶۹ ۴ قسمت اول: ابتدا آنتالپی سوختن یک مول CO، H_2 و CH_3OH را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ=1\,mol\,CO\times\frac{28\,g\,CO}{1\,mol\,CO}\times\frac{-10\,kJ}{1\,g\,CO}=-280\,kJ$$

$$?\,kJ=1\,mol\,H_2\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}\times\frac{-121\,kJ}{1\,g\,H_2}=-242\,kJ$$

$$?\,kJ=1\,mol\,CH_3OH\times\frac{32\,g\,CH_3OH}{1\,mol\,CH_3OH}\times\frac{-22/5\,kJ}{1\,g\,CH_3OH}=-720\,kJ$$

معادلهٔ واکنش‌های کمکی:

$$1)\ CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CO_2(g),\ \Delta H'_1=-280\,kJ \qquad 2)\ H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(g),\ \Delta H_2=-242\,kJ$$

$$3)\ CH_3OH(g)+\frac{3}{2}O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g),\ \Delta H'_3=-720\,kJ$$

روش اول (قانون هس): ۱) CO در واکنش اول سمت چپ وجود دارد، پس این واکنش بدون تغییر خواهد ماند. ۲) H_2 در واکنش دوم سمت چپ وجود دارد، پس این واکنش را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. ۳) CH_3OH در واکنش سوم در سمت راست وجود دارد، پس این واکنش را معکوس می‌کنیم.

$$1)\ CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H'_1=-280\,kJ$$

$$2)\ 2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g) \qquad \Delta H'_2=-484\,kJ$$

$$3)\ CO_2(g)+2H_2O(g)\rightarrow CH_3OH(g)+\frac{3}{2}O_2(g) \qquad \Delta H'_3=+720\,kJ$$

$$\text{واکنش هدف: } CO(g)+2H_2(g)\rightarrow CH_3OH(g) \qquad \Delta H=-280-484+720=-44\,kJ$$

روش دوم: با استفاده از نکتهٔ بیان شده در پاسخ سؤال قبل، می‌توانیم ΔH واکنش مورد نظر را به سادگی تعیین کنیم:

$$\Delta H(\text{واکنش})=[\Delta H_{\text{سوختن}}(CO(g))+2\Delta H_{\text{سوختن}}(H_2(g))]-[\Delta H_{\text{سوختن}}(CH_3OH(g))]=[(-280)+2\times(-242)]-[(-720)]=-44\,kJ$$

قسمت دوم:

$$?\,g\,C_2H_5OH=4/8\,g\,CH_3OH\times\frac{1\,mol\,CH_3OH}{32\,g\,CH_3OH}\times\frac{44\,kJ}{1\,mol\,CH_3OH}\times\frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{38\,kJ}\times\frac{46\,g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH}\simeq 8\,g\,C_2H_5OH$$

۱۳۷۰ ۴ معادلهٔ واکنش هدف: $2P(s)+2SO_2(g)+5Cl_2(g)\rightarrow 2SOCl_2(l)+2POCl_3(l)$ $\quad \Delta H=?$

۱) در واکنش هدف، $SOCl_2(l)$ با ضریب ۲ در سمت راست قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (I) را معکوس و در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. ۲) در واکنش هدف، $POCl_3(l)$ با ضریب ۲ در سمت راست قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (II) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. ۳) در واکنش هدف، $P(s)$ با ضریب ۲ در سمت چپ قرار دارد، پس معادلهٔ واکنش (III) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. ۴) با توجه به تغییرات انجام شده، ۳ مول Cl_2 در سمت چپ واکنش‌ها وجود دارد که در واکنش هدف برابر ۵ مول است، پس به ۲ مول Cl_2 در سمت چپ نیاز داریم، بدین منظور معادلهٔ واکنش (IV) را معکوس می‌کنیم.

$$I)\ 2SO_2(g)+4HCl(g)\rightarrow 2SOCl_2(l)+2H_2O(l) \qquad \Delta H'_1=-2\times(+10/3)=-20/6\,kJ$$

$$II)\ 2PCl_3(l)+O_2(g)\rightarrow 2POCl_3(l) \qquad \Delta H'_2=2\times(-325)=-650\,kJ$$

$$III)\ 2P(s)+3Cl_2(g)\rightarrow 2PCl_3(l) \qquad \Delta H'_3=2\times(-306/7)=-613/4\,kJ$$

$$IV)\ 2Cl_2(g)+2H_2O(l)\rightarrow 4HCl(g)+O_2(g) \qquad \Delta H'_4=+202\,kJ$$

$$\text{واکنش هدف: } 2P(s)+2SO_2(g)+5Cl_2(g)\rightarrow 2SOCl_2(l)+2POCl_3(l) \qquad \Delta H=-20/6-650-613/4+202=-1082\,kJ$$

به ازای تولید ۱۰۸۲kJ گرما در این واکنش، ۲ مول P مصرف و ۲ مول $SOCl_2$ تولید می‌شود.

$$?\,g\,P=2mol\,P\times\frac{31\,g\,P}{1\,mol\,P}=62\,g\,P$$

$$?\,g\,SOCl_2=2mol\,SOCl_2\times\frac{119\,g\,SOCl_2}{1\,mol\,SOCl_2}=238\,g\,SOCl_2$$

$$\text{اختلاف جرم}=238-62=176\,g$$

$$?\,g\ \text{اختلاف جرم}=54/1\,kJ\times\frac{176\,g}{1082\,kJ}=8/8\,g\ \text{اختلاف جرم}$$

۱۳۷۱ ۴ ابتدا ΔH واکنش اول را محاسبه می‌کنیم: (دقت کنید که چون گرما از محیط گرفته شده، $\Delta H>0$ است.)

$$?\,kJ=1\,mol\,O_2\times\frac{6/02\times10^{23}\,molecule\,O_2}{1\,mol\,O_2}\times\frac{6/72\,kJ}{2/408\times10^{22}\,molecule\,O_2}=168\,kJ$$

حال باید ΔH واکنش $F_2(g)+ClF(g)\rightarrow ClF_3(g)$ را به کمک واکنش‌های داده شده به دست آوریم. واکنش اول را تقسیم بر ۲، واکنش دوم را تقسیم بر ۲ و واکنش سوم را معکوس و تقسیم بر ۲ می‌کنیم.

$$\frac{1}{2}O_2(g)+ClF(g)\rightarrow\frac{1}{2}Cl_2O(g)+\frac{1}{2}OF_2(g) \quad , \quad \Delta H'_1=+84kJ$$

$$\frac{1}{2}O_2(g)+F_2(g)\rightarrow OF_2(g) \quad , \quad \Delta H'_2=\frac{x}{2}kJ$$

$$\frac{1}{2}Cl_2O(g)+\frac{3}{2}OF_2(g)\rightarrow ClF_3(g)+O_2(g) \quad , \quad \Delta H'_3=-197kJ$$

$$F_2(g)+ClF(g)\rightarrow ClF_3(g) \quad , \quad \Delta H_T=\frac{x}{2}-113kJ$$

به کمک گرمای آزاد شده در واکنش $F_2+ClF\rightarrow ClF_3$ در ازای مصرف ۱/۹ گرم F_2، دمای ۲/۵kg نیکل به اندازهٔ $6^\circ C$ افزایش یافته است. بنابراین:

$$Q=mc\Delta\theta=2/5\times10^3\times6\times0/45=6750J=6/75kJ \qquad ?kJ=1mol\,F_2\times\frac{38g\,F_2}{1mol\,F_2}\times\frac{6/75kJ}{1/9g\,F_2}=135kJ$$

ΔH واکنش $F_2+ClF\rightarrow ClF_3$ برابر $-135kJ$ است. به کمک این عدد می‌توانیم ΔH واکنش $O_2(g)+2F_2(g)\rightarrow 2OF_2(g)$ را محاسبه کنیم:

$$-135=\frac{x}{2}-113\Rightarrow x=-44kJ\Rightarrow\Delta H_{\text{واکنش}}=-44kJ$$

به کمک رابطهٔ محاسبهٔ انرژی پیوند، داریم:

$$\Delta H=(\text{مجموع آنتالپی پیوند در مواد فراورده‌ها})-(\text{مجموع آنتالپی پیوند در مواد واکنش‌دهنده‌ها})$$

$$|\Delta H(O=O)+2\Delta H(F-F)|-|4\Delta H(O-F)|=-44\Rightarrow 494+2(155)-4\Delta H(O-F)=-44\Rightarrow\Delta H(O-F)=212kJ.mol^{-1}$$

C ۱۳۷۲ ۱ برای محاسبهٔ ΔH واکنش هدف، واکنش‌های اول و دوم را معکوس کرده و واکنش سوم را هم در ۲ ضرب می‌کنیم. واکنش‌های چهارم و پنجم را بدون تغییر می‌نویسیم:

$$I)\ N_2O_3(g)\rightarrow NO(g)+NO_2(g) \qquad \Delta H'_I=-(-40kJ)=+40kJ$$

$$II)\ N_2O_5(g)\rightarrow NO(g)+NO_2(g)+O_2(g) \qquad \Delta H'_{II}=-(-112kJ)=+112kJ$$

$$III)\ 4NO_2(g)\rightarrow 2N_2O_4(g) \qquad \Delta H'_{III}=2(-57)=-114kJ$$

$$IV)\ 2NO(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO_2(g) \qquad \Delta H'_{IV}=-114kJ$$

$$V)\ N_2O_5(s)\rightarrow N_2O_5(g) \qquad \Delta H'_V=+54kJ$$

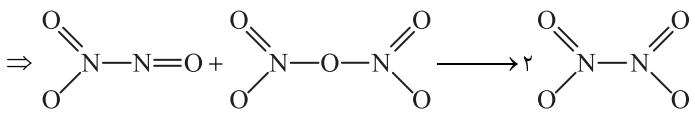
واکنش هدف: $N_2O_3(g)+N_2O_5(s)\rightarrow 2N_2O_4(g)$ $\quad \Delta H_{\text{هدف}}=-\Delta H_1-\Delta H_2+2\Delta H_3+\Delta H_4+\Delta H_5$

$$\Rightarrow\Delta H_{\text{هدف}}=-(-40)-(-112)+2(-57)+(-114)+(54)=-22kJ$$

برای محاسبهٔ بخش دوم سؤال، نخست باید آنتالپی پیوند $N-N$ را به دست آوریم که در ساختار اجزای واکنش هدف وجود دارد. نکته‌ای که باید به آن توجه کنیم این است که ΔH فعلی واکنش هدف مربوط به وضعیتی است که حالت یکی از اجزای آن $(N_2O_5(s))$ به صورت جامد است در حالی که برای محاسبهٔ آنتالپی واکنش با استفاده از آنتالپی پیوند، باید تمامی اجزای واکنش به حالت گازی باشند. بنابراین باید استفاده از واکنش پنجم که مربوط به واکنش فرازش N_2O_5 است. همهٔ اجزا را به حالت گازی ببریم:

$$N_2O_3(g)+N_2O_5(s)\rightarrow 2N_2O_4(g) \ , \ \Delta H=-22kJ \qquad N_2O_5(s)\rightarrow N_2O_5(g) \ , \ \Delta H=+54kJ$$

در اینجا واکنش دوم را معکوس می‌کنیم و با واکنش اول جمع می‌بندیم: $N_2O_3+N_2O_5(g)\rightarrow 2N_2O_4 \ , \ \Delta H'_{\text{هدف}}=\Delta H'_1-\Delta H'_2=(-22)-(54)=-76kJ$

$\Rightarrow$ 

$$\Delta H(\text{واکنش})=(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها})-(\text{مجموع آنتالپی پیوندهای واکنش‌دهنده‌ها})$$

$$[(2N=O+N-N+N-O)+(2N=O+4N-O)]-2\times[2N=O+2N-O+N-N]$$

$$\Rightarrow\Delta H(\text{واکنش})=(N-O)-(N-N)=-76\Rightarrow 140-(N-N)=-76\Rightarrow\Delta H(N-N)=216kJ$$

با توجه به محاسبات انجام شده، انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند $N-N$ به اتم‌های گازی برابر ۲۱۶ کیلوژول است.

$$?molCH_4=2/408\times10^{24}(N-N)\times\frac{1mol}{6/02}\times\frac{216kJ}{1mol(N-N)}\times\frac{1gCH_4}{54kJ}\times\frac{1molCH_4}{16gCH_4}=1molCH_4$$

A ۱۳۷۳ ۲ خشک کردن میوه‌ها، تهیهٔ ترشی و نمک سود کردن از جمله روش‌های قدیمی برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی است که در حال حاضر نیز از برخی از آن‌ها استفاده می‌شود.

A ۱۳۷۴ ۳ گرد تهیه شده از مغز آفتابگردان، پسته و ... به دلیل سطح تماس بیشتر با عوامل اکسنده، زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود.

A ۱۳۷۵ ۳ مورد دوم، سوم، چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی مورد اول:** در محیط خشک امکان رشد و تکثیر میکروب‌ها وجود ندارد. این در حالی است که رشد میکروب‌ها در محیط‌های گرم بیشتر می‌شود.

A ۱۳۷۶ ۳ آهنگ واکنش معیاری برای زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره‌ای از زمان رخ می‌دهد. هر چه گسترهٔ زمانی انجام آن کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام واکنش تندتر است و واکنش سریع‌تر انجام می‌شود. شیمی‌دان‌ها، آهنگ واکنش را در گسترهٔ معینی از زمان با نام سرعت واکنش بیان می‌کنند. توجه کنید که گسترهٔ زمانی انجام واکنش‌ها از چند صدم ثانیه تا چند سده را در برمی‌گیرد.

A ۱۳۷۷ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سینتیک شیمیایی، شاخه‌ای از شیمی است که به بررسی شرایط و چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی، آهنگ تغییر شیمیایی واکنش‌ها (سرعت) و عوامل مؤثر بر آن می‌پردازد. عبارت (ب): واکنش‌های انفجار، تشکیل رسوب سفید رنگ $AgCl$، زنگ زدن اشیای آهنی و زرد و پوسیده شدن کاغذ (تجزیهٔ سلولز) به‌ترتیب جزء واکنش‌های بسیار سریع، سریع، کند و بسیار کند هستند. عبارت (پ): افزودن محلول سدیم کلرید، به محلول نقره نیترات باعث تشکیل سریع رسوب سفید رنگ نقره کلرید می‌شود. عبارت (ت): اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می‌زنند. زنگار تولید شده در این واکنش، ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد.

B ۱۳۷۸ ۳ شکل سؤال، انفجار را نشان می‌دهد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): انفجار یک واکنش شیمیایی بسیار سریع است. گزینهٔ (۲): انفجار یک واکنش گرماده است که در آن مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود. به همین دلیل سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بسیار بیشتر از فراورده‌هاست. گزینهٔ (۳): در واکنش انفجار، از مقدار کمی مادهٔ منفجرشونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود. گزینهٔ (۴): همهٔ واکنش‌هایی که در آن‌ها در کسری از ثانیه، گرمای زیادی آزاد می‌شود، جزء واکنش‌های انفجاری هستند، برای نمونه اکسایش چربی کوهان شتر، علی‌رغم تولید گرمای زیاد، به کندی انجام می‌شود و طبیعی است که جزء واکنش‌های انفجاری نیست. 😊

B ۱۳۷۹ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شکل (I)، انفجار را نشان می‌دهد. در این واکنش از مقدار کمی مادهٔ منفجرشونده، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود. گزینهٔ (۲): شکل (II)، تولید سریع رسوب نقره کلرید را در اثر افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات نشان می‌دهد. رسوب نقره کلرید $(AgCl)$ سفید رنگ و در هر واحد فرمولی آن شمار آنیون‌ها (Cl^-) با شمار کاتیون‌ها (Ag^+) مساوی و برابر یک است. گزینهٔ (۳): شکل (III)، زنگ زدن اشیای آهنی را نشان می‌دهد که در هوای مرطوب به کندی به انجام می‌رسد. گزینهٔ (۴): شکل (IV)، تجزیهٔ سلولز کاغذ (نه اکسایش!) را نشان می‌دهد که بسیار کند رخ می‌دهد.

B ۱۳۸۰ ۳ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): تراشه‌های چوب نسبت به تکه‌های چوب سطح تماس بیشتری با اکسیژن دارند و سریع‌تر می‌سوزند. عبارت (ب): غلظت اکسیژن در یک ارلن پر از اکسیژن بیشتر از هوا است، پس الیاف آهن داغ و سرخ شده در ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد اما در هوا نمی‌سوزد. عبارت (پ): واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه سریع‌تر است، زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش وجود دارد. پس عامل مؤثر بر سرعت این واکنش، کاتالیزگر است. عبارت (ت): واکنش‌پذیری (فعالیت شیمیایی) پتاسیم بیشتر از سدیم است. به همین دلیل سرعت واکنش پتاسیم با گاز کلر بیشتر است و در آن نور و گرما با شدت بیشتری آزاد می‌شود. پس عامل مؤثر بر اختلاف سرعت این دو واکنش، تفاوت ماهیت واکنش‌دهنده‌هاست.

B ۱۳۸۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هر دو واکنش به بررسی اثر سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها می‌پردازد. شکل (I) نشان می‌دهد که پاشیدن گرد آهن بر روی شعله، به دلیل افزایش سطح تماس، باعث سوختن آن می‌شود. قاووت، گرد تهیه شده از مغز آفتاب‌گردان، پسته و ... است که به دلیل سطح تماس بیشتر با اکسیژن، زودتر از مغزهای تشکیل‌دهنده‌اش فاسد می‌شود. عبارت (ب): هر دو واکنش به بررسی اثر دما می‌پردازد. شکل (II) نشان می‌دهد که با افزایش دما سرعت واکنش پتاسیم پرمنگنات با اسید آلی افزایش می‌یابد و محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود. برای نگهداری طولانی‌مدت فراورده‌های گوشتی و پروتئینی، آن‌ها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند تا سرعت فاسد شدن را به حداقل برسانند. عبارت (پ): شکل (III)، به بررسی اثر غلظت و واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه، به بررسی اثر کاتالیزگرها می‌پردازد. عبارت (ت): هر دو واکنش به بررسی اثر کاتالیزگر می‌پردازد. شکل (IV) نشان می‌دهد که افزودن دو قطره از محلول KI، سرعت واکنش تجزیهٔ محلول هیدروژن پراکسید را به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد. در واقع یون ید در این واکنش نقش کاتالیزگر را دارد. برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می‌شوند، زیرا فاقد آنزیمی هستند که آن‌ها را کامل و سریع هضم کند.

* **توجه** آنزیم‌ها، کاتالیزگرهای زیستی هستند که به‌صورت اختصاصی باعث افزایش سرعت واکنش‌ها می‌شوند.

عبارت (ث): هر دو مورد به بررسی اثر غلظت می‌پردازند. علت استفادهٔ بیماران تنفسی از کپسول، بیشتر بودن غلظت گاز اکسیژن در هوای کپسول است.

B ۱۳۸۲ ۴ موارد اول، دوم و چهارم سبب کاهش زمان لازم برای پرتاب شدن در قوطی می‌شود. با خرد کردن قرص جوشان به علت افزایش سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها، با افزایش دمای آب به علت افزایش جنبش و تعداد برخوردهای مؤثر ذره‌های واکنش‌دهنده‌ها و با اضافه کردن مقدار بیشتری قرص‌جوشان به ظرف، سرعت واکنش افزایش یافته و گاز حاصل از واکنش در مدت زمان کمتری تولید می‌شود، پس درب قوطی زودتر پرتاب می‌شود. با انتقال واکنش به یک ظرف بزرگ‌تر، گازهای تولیدی در واکنش در فضای بیشتری پخش می‌شوند، پس فشار داخل ظرف دیرتر به فشار لازم برای پرتاب کردن درب قوطی می‌رسد و با اضافه کردن آب به ظرف و زمان پرتاب شدن در قوطی تغییر چندانی نمی‌کند.

B ۱۳۸۳ ۲

★ **نکته** **برای حل این تست به این سه نکته توجه کنید:** ۱- افزایش دمای واکنش‌دهنده‌ها، سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود. ۲- افزایش سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها با یک‌دیگر، سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود. ۳- افزایش مقدار واکنش‌دهندهٔ جامد یا مایع خالص، تأثیری بر سرعت واکنش ندارد.

عبارت‌های اول و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به یکسان بودن مقدار و حالت هر دو قرص جوشان و بیشتر بودن دما در آزمایش (۳) نسبت به آزمایش (۱)، سرعت واکنش در آزمایش (۳) از آزمایش (۱) بیشتر است. عبارت دوم: در آزمایش (۲)، حالت قرص به‌صورت پودر است و به علت افزایش سطح تماس، سرعت واکنش در آزمایش (۲) بیشتر از آزمایش (۱) است. حواستان باشد که افزایش مقدار واکنش‌دهندهٔ جامد، تأثیر چندانی بر سرعت واکنش ندارد. عبارت سوم: هر چه دما و سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها بیشتر باشد، سرعت واکنش بیشتر خواهد بود. آزمایش (۴) نسبت به آزمایش‌های (۱) و (۲) در دمای بالاتری انجام می‌شود و نسبت به آزمایش‌های (۱) و (۳)، واکنش‌دهنده‌ها در آن سطح تماس بیشتری دارند. عبارت چهارم: مقدار نهایی فراورده به سرعت واکنش بستگی نداشته و به مقدار واکنش‌دهنده‌ها وابسته است، در نتیجه حجم گاز جمع‌آوری شده در آزمایش (۲) و (۴) یکسان و کمتر از آزمایش‌های (۱) و (۳) است.

B ۱۳۸۴ ۴ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): هر دو فلز قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد به شدت واکنش می‌دهند. گزینهٔ (۲): بیمارانی که مشکلات تنفسی دارند، در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند، زیرا غلظت اکسیژن در کپسول گاز اکسیژن، بسیار بیشتر از غلظت اکسیژن در هوا می‌باشد و به همین دلیل میزان اکسیژن بیشتری به بیمار می‌رسد و سرعت واکنش اکسیژن با گلبول‌های قرمز افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۳): محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند.

* **توجه** فرمول شیمیایی پتاسیم پرمنگنات به‌صورت $(KMnO_4)$ بوده و از دو یون (MnO_4^-, K^+) تشکیل شده و دارای بلورهای بنفش‌رنگ است، در حالی که فرمول شیمیایی پتاسیم منگنات به‌صورت (K_2MnO_4) است و از دو یون (MnO_4^{2-}, K^+) تشکیل شده و دارای بلورهای سبزرنگ می‌باشد.

B ۱۳۸۵ ۲ شکل سمت راست مربوط به فلز پتاسیم و شکل سمت چپ مربوط به فلز سدیم است. فلز پتاسیم در گروه ۱ و تناوب ۴ جدول دوره‌ای و پایین‌تر از فلز سدیم قرار دارد. در یک گروه از بالا به پایین شعاع اتمی و خصلت فلزی افزایش می‌یابد، پس واکنش‌پذیری فلز پتاسیم بیشتر از فلز سدیم است و در شرایط یکسان، واکنش فلز پتاسیم با آب سرد شدت بیشتری دارد و نور و گرمای بیشتری آزاد می‌کند. **بررسی گزینهٔ (۴):** کاتالیزگر واکنش تجزیهٔ هیدروژن پراکسید، ترکیب یونی پتاسیم یدید (KI) است، از آنجا که این ترکیب یونی، متشکل از دو عنصر است یک ترکیب یونی دوتایی بوده و آرایش الکترونی آنیون آن مشابه زنون است.

B ۱۳۸۶ ۴ همهٔ عبارت‌ها همانند جملهٔ داده شده نادرست هستند. در فرایند تهیهٔ آمونیاک از گازهای N_2 و H_2، از فلز آهن $(_{26}Fe)$ به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود.

$$_{26}Fe:[_{18}Ar]\underbrace{3d^6 4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع n و l الکترون‌های ظرفیت} = 6(\underbrace{3}_{3d}+\underbrace{2}_{4s})+2(\underbrace{4}_{4s}+\underbrace{0}_{4s})=38$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): الیاف آهن به دلیل غلظت کم اکسیژن در هوا نمی‌سوزد. عبارت (ب): با افزایش غلظت اسید، سرعت واکنش افزایش می‌یابد، اما تأثیری در ΔH واکنش ندارد.

* **توجه** افزایش غلظت $HCl(aq)$ از دو طریق می‌تواند اعمال شود:

• **کاهش حجم آب ظرف:** در این حالت ΔH واکنش هیچ تغییری نمی‌کند چرا که مول HCl و Ca مصرفی ثابت است و فقط سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها افزایش می‌یابد.

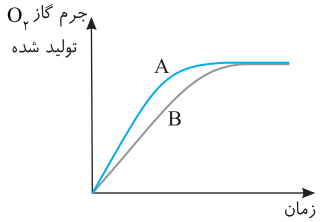
• **افزایش مول** HCl: در این حالت بسته به مقدار Ca، ΔH می‌تواند افزایش یابد. یعنی اگر به مقدار کافی Ca در ظرف موجود باشد، HCl اضافه شده به ظرف با آن واکنش می‌دهد و به دلیل افزایش مقدار مصرفی واکنش‌دهنده‌ها، مقدار ΔH افزایش می‌یابد. اما اگر Ca کافی برای واکنش با HCl اضافه شده به ظرف موجود نباشد چون مقدار Ca و HCl مصرفی تغییری نمی‌کند، ΔH واکنش ثابت می‌ماند.

عبارت (پ): با کم کردن حجم ظرف (افزایش فشار)، مولکول‌های گازی در فضای کمتری پخش شده و غلظت گاز افزایش می‌یابد. در نتیجه سرعت واکنش افزایش پیدا می‌کند.

عبارت (ت): واکنش $Fe(s)+2H^+(aq)\rightarrow Fe^{2+}(aq)+H_2(g)$ فاقد واکنش‌دهندهٔ گازی است، پس تغییر فشار (تغییر حجم) تأثیری بر سرعت آن ندارد در حالی‌که افزودن آب به ظرف باعث کاهش غلظت $H^+(aq)$ شده و سرعت واکنش کاهش می‌یابد.

B ۱۳۸۷ ۱ معادلهٔ واکنش تجزیهٔ آب اکسیژنه به‌صورت مقابل است: $2H_2O_2(aq)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g) \qquad \Delta H=?$

واکنش A در حضور کاتالیزگر مناسب این واکنش به انجام می‌رسد، پس سرعت واکنش انجام شده در ظرف A بیشتر از واکنش انجام شده در ظرف B است، زیرا در واکنش انجام شده در ظرف A، سرعت تولید $H_2O(l)$ و $O_2(g)$ و سرعت مصرف $H_2O_2(aq)$ بیشتر از واکنش انجام شده در ظرف B است. اما از آنجا که جرم H_2O_2 مصرفی در هر دو واکنش با هم برابر است، در نهایت مقدار فراوردهٔ تولیدی و مقدار گرمای آزاد شده در دو واکنش با هم برابر خواهد بود. به عبارت دیگر اگر در واکنش A، x مول O_2 و y kJ گرما تولید شود، در واکنش B نیز همین مقدار O_2 و گرما، اما در طی زمان بیشتری تولید می‌شود.



بررسی نمودارها: نمودار (الف): مطابق نمودار، آهنگ تولید گرما در واکنش انجام شده در ظرف A بیشتر از واکنش انجام شده در ظرف B است، اما مقدار گرمای آزاد شده در دو واکنش در نهایت با هم برابر است. نمودار (ب): آهنگ تولید گاز O_2 در واکنش ظرف A بیشتر از ظرف B است، اما جرم گاز اکسیژن تولیدی در دو واکنش در نهایت باید با هم برابر باشد، پس نمودار صحیح به‌صورت مقابل است. نمودار (پ): مطابق نمودار، جرم‌های برابر آب اکسیژنه در واکنش انجام شده در ظرف‌های A و B در نهایت به اتمام می‌رسند، اما آهنگ مصرف در واکنش ظرف A بیشتر است و H_2O_2 در زمان کمتری مصرف می‌شود.

B ۱۳۸۸ ۱ موارد (ب)، (پ) و (ت) سبب افزایش سرعت و شیب نمودار می‌شوند؛ در حالی‌که مورد (ث) سبب کاهش سرعت و کم شدن شیب نمودار می‌شود. عواملی مانند دما، غلظت و نوع مواد واکنش دهنده، کاتالیزگر و سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها سرعت واکنش را تغییر می‌دهند. با افزایش سرعت واکنش، شیب نمودار تولید گاز H_2 بیشتر شده و با کاهش سرعت واکنش، شیب نمودار تولید گاز H_2 کاهش خواهد یافت. **بررسی موارد:** مورد (الف): چون در سمت واکنش‌دهنده‌ها، ماده‌ای با حالت گازی وجود ندارد، افزایش حجم ظرف واکنش، تأثیری بر سرعت واکنش ندارد. مورد (ب): با استفاده از پودر روی به جای یک قطعه روی، سبب افزایش سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها شده و سرعت واکنش افزایش می‌یابد. مورد (پ): با افزایش دما، سرعت واکنش‌ها افزایش می‌یابد. مورد (ت): با افزایش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. مورد (ث): با کاهش دمای واکنش، سرعت آن کاهش می‌یابد.

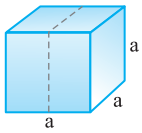
B ۱۳۸۹ ۴ با توجه به نمودار مول - زمان، شیب منحنی B بیشتر از A و آن هم بیشتر از C است، یعنی تغییر تعداد مول یکسان در منحنی B در زمان کمتری از منحنی A و آن هم در زمان کمتری از منحنی C رخ می‌دهد. به عبارت دیگر آهنگ و سرعت واکنش B بیشتر از A و آن هم بیشتر از C است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): سدیم خصلت فلزی و واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به لیتیم دارد و سرعت واکنش آن با آب سرد بیشتر از سرعت واکنش لیتیم با آب سرد است. گزینهٔ (۲): محلول پتاسیم یدید، کاتالیزگر واکنش تجزیهٔ H_2O_2 است، پس با افزودن آن به محلول، سرعت واکنش افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۳): دماهای $35^\circ C$، $38^\circ C$ و $30^\circ C$ می‌توانند به‌ترتیب مربوط به نمودارهای A، B و C باشند. گزینهٔ (۴): با توجه به اینکه مقایسهٔ واکنش‌پذیری F_2، Cl_2 و Br_2 به‌صورت $F_2>Cl_2>Br_2$ است، نمودارهای B، A و C را می‌توان به واکنش سدیم با F_2، Cl_2 و Br_2 نسبت داد. دقت کنید که در هر سه واکنش مقدار مول نهایی فراورده‌ها یکسان است.

B ۱۳۹۰ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: کاتالیزگر فقط سرعت واکنش را افزایش داده و مقدار فراورده‌ها را تغییر نمی‌دهد؛ بنابراین نمودار از C به B تغییر می‌یابد. عبارت دوم: واکنش‌پذیری و جرم مولی کلسیم از منیزیم بیشتر است؛ بنابراین مقدار کمتری گاز اما با سرعت بیشتر تولید خواهد شد. عبارت سوم: ابتدا غلظت محلول هیدروکلریک اسید حاصل را به دست می‌آوریم:

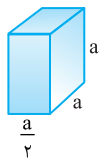
$$\text{غلظت مولی}=\frac{(0/5L\times 1\,mol.L^{-1})+(1L\times 0/25 mol.L^{-1})}{0/5L+1L}=\frac{0/75}{1/5}=0/5 mol.L^{-1}$$

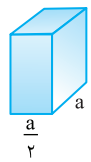
غلظت محلول اسید کمتر شده؛ بنابراین سرعت واکنش کم می‌شود و منحنی به صورت D خواهد شد. عبارت چهارم: با استفاده از پودر منیزیم، سطح تماس بیشتر شده و سرعت واکنش نیز افزایش می‌یابد.

B ۱۳۹۱ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): چون در سمت واکنش‌دهنده‌ها، ماده‌ای به حالت گازی وجود ندارد، تغییر حجم ظرف تأثیری در سرعت واکنش ندارد. گزینهٔ (۲): اگر اندازهٔ هر ضلع این قطعه آهن را a در نظر بگیریم، خواهیم داشت:



$\Rightarrow S_1 = 6(a\times a) = 6a^2$



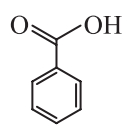


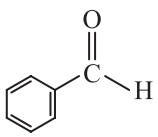
$\Rightarrow S_2 = 2[2(a\times a)+4(a\times\frac{a}{2})] = 2[2a^2+2a^2] = 8a^2$

سرعت واکنش متناسب با سطح تماس افزایش می‌یابد؛ بنابراین سرعت واکنش $1/33$ $(\frac{8a^2}{6a^2})$ برابر می‌شود. گزینهٔ (۳): از آنجا که واکنش‌پذیری فلز آلومینیم از آهن بیشتر است، در نتیجه سرعت واکنش فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات بیشتر از آهن است. گزینهٔ (۴): افزایش دمای محلول و استفاده از محلول غلیظ‌تر مس (II) سولفات، هر دو سبب افزایش سرعت واکنش می‌شوند.

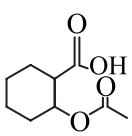
B ۱۳۹۲ ۲ کربوکسیلیک اسیدها گروهی از ترکیب‌های آلی هستند که در ساختار آن‌ها گروه‌های عاملی کربوکسیل $(-COOH)$ وجود دارد. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): نگهدارنده‌ها سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد مادهٔ غذایی می‌شود را کاهش می‌دهند. (نه اینکه آن را به صفر برسانند!) گزینهٔ (۳): در ساختار هر عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدها، یک یا چند گروه عاملی کربوکسیل $(-COOH)$ وجود دارد. گزینهٔ (۴): آشناترین عضو این خانواده، اتانوئیک (استیک) اسید با فرمول مولکولی CH_3COOH است.

B ۱۳۹۳ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. کربوکسیلیک اسید موجود در تمشک و توت‌فرنگی، بنزوئیک اسید با فرمول مولکولی $(C_7H_6O_2)$ و فرمول ساختاری مقابل است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): افزودنی‌ها مواد شیمیایی نگهدارنده، رنگ‌دهنده، طعم‌دهنده و ... هستند که به‌صورت هدفمند به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند. برای نمونه، نگهدارنده‌ها سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد مواد غذایی می‌شود را کاهش می‌دهند. یکی از این مواد بنزوئیک اسید است. عبارت (پ): بنزآلدهید با فرمول مولکولی (C_7H_6O) و فرمول ساختاری مقابل، تنها یک اکسیژن کمتر از بنزوئیک اسید دارد و اختلاف جرم مولی آن‌ها برابر جرم مولی اتم اکسیژن $(16g.mol^{-1})$ است. عبارت (ت): بنزوئیک اسید در ساختار خود دارای حلقهٔ بنزنی بوده و یک ترکیب آروماتیک است. این ترکیب به دلیل دارا بودن اتم هیدروژن متصل به اکسیژن (در ساختار گروه کربوکسیل) قادر است با مولکول‌های آب، پیوند هیدروژنی برقرار نماید. عبارت (ث): بنزوئیک اسید $(C_7H_6O_2)$ همانند اتانول (C_2H_6O) دارای ۶ اتم هیدروژن و همانند ۲-هپتانون $(C_7H_{14}O)$ دارای ۷ اتم کربن است.



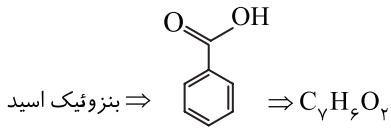


B ۱۳۹۴ ۱ فرمول مولکولی این ترکیب $C_9H_8O_4$ است و هیدروکربن سیرشده زنجیری هم کربن آن، آلکانی ۹ کربنی با فرمول C_9H_{20} است. تفاوت شمار اتم‌های هیدروژن این دو ترکیب برابر ۱۲ می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): اگر به جای حلقهٔ آروماتیک این ترکیب، حلقهٔ سیکلوهگزان قرار دهیم، ترکیب مقابل با فرمول مولکولی $C_9H_{14}O_4$ حاصل می‌شود که شمار اتم‌های هیدروژن آن ۶ عدد بیشتر از ترکیب اولیه یعنی $C_9H_8O_4$ است.



* **توجه** دقت داشته باشید که برای بررسی درستی این عبارت، نیازی به رسم ساختار نیست، زیرا می‌دانید که سیکلوهگزان نسبت به بنزن، ۶ اتم هیدروژن بیشتر دارد، پس با جایگزین کردن آن در مولکول، شمار اتم‌های هیدروژن ۶ واحد افزایش می‌یابد.

گزینهٔ (۳): بنزوئیک اسید یک حلقهٔ بنزن است که یکی از اتم‌های هیدروژن آن با یک گروه عاملی کربوکسیل جایگزین شده است:

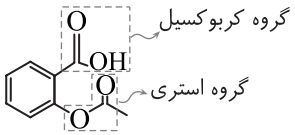


جرم مولی $\Rightarrow$ $=7(12)+6(1)+2(16)=122g.mol^{-1}$

جرم مولی ترکیب مورد نظر یعنی $C_9H_8O_4$ برابر است با:

جرم مولی $C_9H_8O_4$ $=9(12)+8(1)+4(16)=180g.mol^{-1}$

در نتیجه تفاوت جرم مولی این دو ترکیب برابر $58g$ $(180-122)$ است. گزینهٔ (۴): همان‌طور که در ساختار این ترکیب نشان دادیم، این ترکیب دارای یک گروه عاملی کربوکسیل و یک گروه عاملی استری است.



B ۱۳۹۵ ۲ فرمول شیمیایی بنزوئیک اسید به صورت $C_7H_6O_2$ است. ابتدا گرمای حاصل از سوختن $0/61g$ بنزوئیک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = 0/61\,g\,C_7H_6O_2 \times \frac{1\,mol\,C_7H_6O_2}{122g\,C_7H_6O_2} \times \frac{3/22\times10^3\,kJ}{1\,mol\,C_7H_6O_2} \times \frac{10^3\,J}{1\,kJ} = 1610\,J$$

سپس ظرفیت گرمایی گرماسنج را محاسبه می‌کنیم: $C_{\text{گرماسنج}} = 416J.^\circ C^{-1}$ $\Rightarrow Q_{\text{کل}} = \underbrace{mc\Delta\theta}_{\text{آب}} + C_{\text{گرماسنج}}\Delta\theta \Rightarrow 1610 = (1000\times4/184\times2/5) + (C_{\text{گرماسنج}}\times3/5)$

C ۱۳۹۶ ۱ فقط مورد چهارم درست است. با توجه به اینکه نمودار صعودی بوده و حجم را برحسب زمان نشان می‌دهد، پس این نمودار مربوط به حجم CO_2 تولیدی در واکنش است.

بررسی عبارت‌ها: مورد اول: افزودن مواد جامد و مایع خالص که غلظت آن‌ها ثابت است، اثری بر سرعت واکنش ندارد و چون در سمت واکنش‌دهنده‌ها مادهٔ گازی وجود ندارد، تغییر فشار تأثیری در زمان اتمام این واکنش نخواهد داشت. اما دقت کنید که با نصف شدن فشار، حجم CO_2 دو برابر می‌شود و نمودار از A به D تغییر می‌کند.

مورد دوم: از آنجا که از اسید غلیظ‌تر استفاده شده، باید شیب نمودار تولید گاز CO_2 افزایش یابد و همچنین چون مقدار مول اسید تغییری نکرده و در هر دو حالت ۰/۰۲ مول می‌باشد، بنابراین حجم گاز تولیدی هم تغییری نمی‌کند. در نمودار C هیچ کدام از این دو مورد نسبت به نمودار A رعایت نشده است. مورد سوم: چون غلظت اسید کمتر شده باید شیب نمودار تولید گاز کاهش یابد و همچنین چون مقدار مول اسید افزایش یافته است.

$$M_{\text{ثانویه}} = \frac{M_1V_1+M_2V_2}{V_1+V_2} = \frac{(0/1\times0/2+0/1\times0/2)}{0/1+0/2} \simeq 0/133\ mol.L^{-1}$$

مقدار مول اسید ۲ برابر شده، پس حجم گاز تولیدی هم باید ۲ برابر شود، که در نمودار C حجم گاز CO_2 تولیدی در انتهای واکنش نسبت به نمودار A ۱/۵ برابر شده است.

اسید $=\circ/۱\,L\times\circ/۲mol.L^{-۱}=\circ/\circ۲mol$,اسید B در حالت مول اسید $=\circ/۳\,L\times\circ/۱۳۳\,mol.L^{-۱}=\circ/\circ۴mol$ مول اسید در حالت A

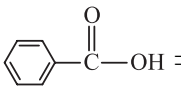
مورد چهارم: چون غلظت اسید بیشتر شده است، شیب نمودار تولید گاز نیز افزایش می‌یابد و همچنین چون مقدار مول اسید دو برابر شده، مقدار حجم گاز تولیدی نیز دو برابر می‌شود. در نمودار D، هر دو این ویژگی‌ها نسبت به نمودار A رعایت شده است.

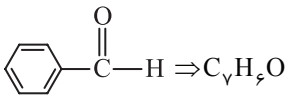
$$M_{\text{ثانویه}}=\frac{M_۱V_۱+M_۲V_۲}{V_۱+V۲}=\frac{(\circ/۲\times\circ/۱+\circ/۴\times\circ/\circ۵)}{\circ/۱۵}=\circ/۲۶\ mol.L^{-۱}$$

C ۱۳۹۷ ۱ ابتدا از چگالی اکسیژن (O_2) حجم مولی گازها در شرایط آزمایش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{چگالی گاز}=\frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow ۱/۶g.L^{-۱}=\frac{۳۲g.mol^{-۱}}{(V)L.mol^{-۱}}\Rightarrow V=۲\circ L.mol^{-۱}$$

فرمول ساختاری و مولکولی بنزآلدهید و بنزوئیک اسید به صورت زیر است:

بنزوئیک اسید:  $\Rightarrow C_۷H_۶O_۲$

بنزآلدهید:  $\Rightarrow C_۷H_۶O$

ابتدا مقدار مول بنزآلدهید را x و مقدار مول بنزوئیک اسید را y فرض کرده و خواهیم داشت:

$$\underbrace{C_۷H_۶O_۲}_{(y)\,mol}+\frac{۱۵}{۲}O_۲\rightarrow \underbrace{۷CO_۲}_{(۷y)\,mol}+\underbrace{۳H_۲O}_{(۳y)\,mol}$$

$$\underbrace{C_۷H_۶O}_{(x)\,mol}+۸O_۲\rightarrow \underbrace{۷CO_۲}_{(۷x)\,mol}+\underbrace{۳H_۲O}_{(۳x)\,mol}$$

سپس از حجم کربن دی‌اکسید تولیدی داریم:

$$?\,L\,CO_۲=(۷x+۷y)\,mol\,CO_۲\times\frac{۲\circ L\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=۲۱\circ L\,CO_۲\Rightarrow x+y=۱/۵mol\quad (I)$$

حال با توجه به جرم مخلوط اولیه، خواهیم داشت:

$$?\,g\,\text{مخلوط}=[x\,mol\,C_۷H_۶O\times\frac{۱۰۶g\,C_۷H_۶O}{۱\,mol\,C_۷H_۶O}]+[y\,mol\,C_۷H_۶O_۲\times\frac{۱۲۲g\,C_۷H_۶O_۲}{۱\,mol\,C_۷H_۶O_۲}]=۱۰۶x+۱۲۲y=۱۶۷\quad (II)$$

اکنون با حل دستگاه دو معادله - دو مجهول، مقدار x و y را به دست می‌آوریم:

$$x+y=۱/۵\,,۱۰۶x+۱۲۲y=۱۶۷\Rightarrow x=۱\,,\,y=\circ/۵$$

قسمت اول: در ادامه درصد جرمی بنزوئیک اسید در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی بنزوئیک اسید}=\frac{\circ/۵mol\,C_۷H_۶O_۲\times\frac{۱۲۲g\,C_۷H_۶O_۲}{۱\,mol\,C_۷H_۶O_۲}}{۱۶۷g}\times۱\circ\circ=\frac{۶۱}{۱۶۷}\times۱\circ\circ=٪۳۶/۵$$

قسمت دوم: برای حل قسمت دوم تست، ابتدا مقدار آب تولیدی در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مول تولیدی آب}=۳x+۳y=۳(۱+\circ/۵)=۴/۵mol\,H_۲O$$

$$?\,mL\,H_۲O=۴/۵mol\,H_۲O\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱\,mol\,H_۲O}\times\frac{۱\,mL\,H_۲O}{۱g\,H_۲O}=۸۱\,mL\,H_۲O$$

سپس حجم محلول اولیه که قرار است غلظت آن ٪۶۷ کاهش یابد را محاسبه می‌کنیم:

$$M_۲=M_۱-\circ/۶۷M_۱=\circ/۳۳M_۱$$

$$M_۱V_۱+M_۲V_۲\Rightarrow M_۱\times V_۱=\circ/۳۳M_۱\times(V_۱+۸۱\,mL)\Rightarrow ۲V_۱=۸۱\,mL\Rightarrow V_۱=۴\circ/۵mL$$

A ۱۳۹۸ ۳

نکته ترکیبی ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی:

- **ترمودینامیک شیمیایی (گرماشیمی):** شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می‌پردازد.
- **سینتیک شیمیایی:** شاخه‌ای از علم شیمی که به بررسی سرعت واکنش‌های شیمیایی، عوامل مؤثر بر سرعت و نحوهٔ انجام آن‌ها می‌پردازد.

موارد چهارم و پنجم توسط علم سینتیک بررسی نمی‌شود. شیمی‌دان‌ها از یک سو در پی یافتن راه‌هایی برای کاهش سرعت یا توقف واکنش‌های ناخواسته‌اند و از سوی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فراورده‌های گوناگونی با صرفهٔ اقتصادی تولید کنند. برای دستیابی به چنین اهدافی باید دربارهٔ شرایط و چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آن‌ها آگاهی داشته باشند. سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از شیمی است که این آگاهی را در اختیار ما می‌گذارد.

* **توجه** ترموشیمی شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارند، می‌پردازد.

B ۱۳۹۹ ۲ معادلهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$Zn(s)+CuSO_۴(aq)\rightarrow ZnSO_۴(aq)+Cu(s)$$

بررسی گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۴): با توجه به معادلهٔ واکنش، یون $SO_۴^{۲-}$ در دو طرف معادلهٔ واکنش بدون تغییر وجود دارد و نقش یون ناظر را دارد. با حذف این یون از دو طرف معادلهٔ واکنش داریم:

$$\overset{۲e^-}{Zn(s)}+Cu^{۲+}(aq)\rightarrow Zn^{۲+}(aq)+Cu(s)$$

در واقع با انتقال الکترون از اتم‌های فلز روی به یون‌های $Cu^{۲+}$ درون محلول، اتم‌های روی به‌صورت یون‌های $Zn^{۲+}(aq)$ وارد محلول می‌شوند و از جرم فلز روی کاسته می‌شود. از طرفی یون‌های $Cu^{۲+}$ درون محلول، به شکل اتم‌های $Cu(s)$ روی تیغه یا کف ظرف رسوب می‌کنند و غلظت یون‌های $Cu^{۲+}$ رفته‌رفته کمتر می‌شود.

* **توجه** رنگ آبی محلول به دلیل حضور یون‌های $Cu^{۲+}$ است که به تدریج و با مصرف این یون‌ها، از شدت رنگ آبی محلول کاسته شده و به دلیل تولید محلول بی‌رنگ $ZnSO_۴$، محلول مدام کم‌رنگ‌تر شده و در پایان واکنش بی‌رنگ می‌شود.

گزینهٔ (۲): مطابق معادلهٔ واکنش، به ازای مصرف یک مول واکنش‌دهندهٔ جامد $(Zn(s))$، یک مول فراوردهٔ جامد $(Cu(s))$ تولید می‌شود. بنابراین با توجه به بیشتر بودن جرم مولی فلز روی نسبت به مس، با گذشت زمان، جرم مواد جامد موجود در ظرف کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۳): با توجه به معادلهٔ واکنش، فلز روی فعال‌تر از فلز مس است و به همین دلیل جایگزین یون‌های مس در محلول مس (II) سولفات می‌شود.

B ۱۴۰۰ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها، در این واکنش طی مدت زمانی مشخص به ازای تولید ۳ مول D، ۲ مول C تولید می‌شود، پس سرعت متوسط تولید مادهٔ D، ۱/۵ برابر سرعت متوسط تولید مادهٔ C است.

★ **نکته** نسبت سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد در یک واکنش برابر با نسبت ضرایب استوکیومتری آن‌ها است؛ یعنی:

$$aA+bB\rightarrow cC+dD \Rightarrow \frac{\bar{R}(A)}{\bar{R}(B)}=\frac{a}{b},\frac{\bar{R}(A)}{\bar{R}(C)}=\frac{a}{c},\frac{\bar{R}(D)}{\bar{R}(B)}=\frac{d}{b},\dots$$

عبارت (ب): فراورده‌های این واکنش شامل $CaCl_2(aq)$، $CO_2(g)$ و $H_2O(l)$ می‌باشند. عبارت (پ): از آنجا که با گذشت زمان، سرعت انجام واکنش کاهش می‌یابد، در بازه‌های زمانی یکسان، سرعت متوسط بازهٔ زمانی اول از سرعت متوسط بازهٔ زمانی دوم بزرگ‌تر و سرعت متوسط در بازهٔ زمانی دوم از سرعت متوسط در بازهٔ زمانی سوم بیشتر است و ... . به‌طور مثال در واکنش $A\rightarrow 2B$، سرعت واکنش در دقیقهٔ اول بیشتر از دقیقهٔ دوم، در دقیقهٔ دوم بیشتر از دقیقهٔ سوم، ... و در دقیقهٔ پنجم بیشتر از دقیقهٔ ششم است، اما توجه کنید که نسبت خطی بین آن‌ها برقرار نیست. در صورتی که سؤال چنین اطلاعاتی را از شما بخواهد باید جدول یا نمودار ارائه دهد تا بتوانید با انجام محاسبات به آن برسید. عبارت (ت): در این واکنش ضریب استوکیومتری $HCl(aq)$ برابر ۲ و ضریب استوکیومتری $CO_2(g)$ برابر یک است، پس سرعت متوسط مصرف HCl، ۲ برابر سرعت متوسط تولید CO_2 می‌باشد.

B ۱۴۰۱ ۴ در واکنش‌های شیمیایی با گذشت زمان، سرعت تولید فراورده‌ها کاهش می‌یابد.

* **توجه** سرعت تولید فراورده در یک واکنش، تابع سرعت مصرف واکنش‌دهنده است. هنگامی که با پیشرفت تدریجی یک واکنش، غلظت واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد، سرعت واکنش و در نتیجه سرعت تولید فراورده به مرور زمان کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌ها در آن برابر ۶ است.

$$CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$$

گزینهٔ (۲): با گذشت زمان به دلیل خروج گاز CO_2 از ظرف واکنش، از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود. گزینهٔ (۳): در این واکنش نمودار مول - زمان برای هر سه فراورده از هر لحاظ یکسان است؛ زیرا ضرایب استوکیومتری آن‌ها با هم برابر است، اما HCl، واکنش‌دهنده و دارای ضریب ۲ می‌باشد، پس نمودار مول - زمان آن با فراورده‌ها کاملاً متفاوت است.

B ۱۴۰۲ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

$$CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$$

در این واکنش فراوردهٔ نامحلول در آب تولید نمی‌شود. توجه کنید که انحلال‌پذیری CO_2 در آب در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس، بیشتر از ۱g در ۱۰۰ گرم آب است، پس CO_2 ترکیبی محلول در آب به حساب می‌آید. عبارت (ب): سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش، با ضرایب استوکیومتری آن‌ها متناسب است، به‌طوری که هر چه ضریب استوکیومتری ماده‌ای کوچک‌تر باشد، سرعت متوسط تولید یا مصرف آن کمتر است. برای مثال در واکنش $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)$ مقایسهٔ سرعت متوسط به‌صورت $\bar{R}(H_2)>\bar{R}(NH_3)>\bar{R}(N_2)$ است. عبارت (پ): واکنش میان یک قطعه فلز روی و محلول دارای یون مس (II) تا جایی پیش می‌رود که تقریباً همهٔ یون‌های Cu^{2+} به اتم‌های مس تبدیل شوند یا اینکه همهٔ فلز روی به یون Zn^{2+} تبدیل شود و فلز روی به اتمام برسد. عبارت (ت): از آنجا که سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست، رابطهٔ گفته شده تنها در صورت برابر بودن مجموع ضرایب استوکیومتری دو طرف معادلهٔ واکنش برقرار است. عبارت (ث): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $2NH_3+2CH_4+3O_2\rightarrow 2HCN+6H_2O$ است، بنابراین سرعت متوسط تولید H_2O، ۳ برابر سرعت متوسط مصرف CH_4 و NH_3 است.

B ۱۴۰۳ ۱ با توجه به جدول صورت تست، غلظت گونهٔ A در حال افزایش و غلظت گونه‌های B و C در حال کاهش است، پس A فراورده و B و C واکنش‌دهنده هستند. می‌دانیم که ضرایب استوکیومتری گونه‌ها، نسبت تغییر غلظت گونه‌ها را نشان می‌دهد، از این‌رو برای پیدا کردن این ضرایب در یک بازهٔ زمانی مشخص، برای مثال بین ۵ تا ۱۰ ثانیه، تغییرات غلظت هر ماده را محاسبه می‌کنیم و سپس به کوچک‌ترین مقدار تقسیم می‌کنیم.

$$\Delta[A]=[A]_2-[A]_1=3/7-1=2/7M \Rightarrow A \text{ ضریب مادهٔ }: \frac{2/7}{0/9}=3$$

$$\Delta[B]=[B]_2-[B]_1=2/8-3/7=-0/9M \Rightarrow B \text{ ضریب مادهٔ }: \frac{-0/9}{0/9}=-1 \quad , \quad \Delta[C]=[C]_2-[C]_1=3/8-5/6=-1/8M \Rightarrow C \text{ ضریب مادهٔ }: \frac{-1/8}{0/9}=-2$$

بنابراین معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت $B+2C\rightarrow 3A$ است. با توجه به اعداد جدول داریم:

$$t=15 \text{ تا } t=10 \text{ در } A \text{ تغییرات مول }=5/8-3/7=2/1, t=15 \text{ تا } t=10 \text{ در } B \text{ تغییرات مول }=b-2/8 \Rightarrow |b-2/8|=\frac{2/1}{3}=0/7 \Rightarrow b=2/1$$

$$t=20 \text{ تا } t=15 \text{ در } B \text{ تغییرات مول }=1/7-2/1=-0/4, t=20 \text{ تا } t=15 \text{ در } C \text{ تغییرات مول }=c-2/4 \Rightarrow \frac{|c-2/4|}{2}=|-0/4| \Rightarrow c=1/6$$

$$t=20 \text{ تا } t=15 \text{ در } A \text{ تغییرات مول }=a-5/8, t=20 \text{ تا } t=15 \text{ در } B \text{ تغییرات مول }=1/7-2/1=-0/4 \Rightarrow \frac{|a-5/8|}{3}=|-0/4| \Rightarrow a=7$$

اکنون مجموع a، b و c را محاسبه می‌کنیم:

$$a+b+c=2/1+1/6+7=10/7$$

B ۱۴۰۴ ۱ با توجه به زمان‌سنج موجود در شکل سؤال، واکنش طی مدت ۵ دقیقه به انجام رسیده است. سرعت متوسط مصرف رنگ غذا در این واکنش برابر $۳/۹۶\,g.min^{-۱}$ می‌باشد، یعنی به‌طور متوسط به ازای سپری شدن هر دقیقه از واکنش، ۳/۹۶ گرم رنگ غذا مصرف می‌شود. بنابراین طی مدت ۵ دقیقه، مقدار $۱۹/۸ (۵\times ۳/۹۶)$ گرم از این ماده به مصرف می‌رسد. اکنون به کمک جرم مولی، مقدار مول مصرفی این ماده را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol = ۱۹/۸\,g \text{ رنگ غذا} \times \frac{۱\,mol \text{ رنگ غذا}}{۷۹۲\,g \text{ رنگ غذا}} = ۰/۰۲۵\,mol$$

B ۱۴۰۵ ۲ کاهش جرم مخلوط واکنش، ناشی از خروج گاز $CO_۲$ تولیدی از ظرف واکنش است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۳): کاهش جرم مخلوط واکنش در بازهٔ ۱۰ تا ۳۰ ثانیه برابر $۰/۶۶g\ (۶۵/۳۲-۶۴/۶۶)$ است، پس مقدار B برابر $۱/۳۲g\ (۰/۶۶+۰/۶۶)$ خواهد بود که معادل $۰/۰۳\ (\frac{۱/۳۲}{۴۴})$ مول از آن است. از طرفی جرم کل $CO_۲$ تولیدی تا ثانیهٔ ۴۰ برابر $۱/۴۳g\ (۴۴\times ۳/۲۵\times ۱۰^{-۲})$ است، پس جرم $CO_۲$ تولیدی در بازهٔ ۳۰ تا ۴۰ ثانیه برابر $۰/۱۱g\ (۱/۴۳-۱/۳۲)$ است و A برابر $۶۴/۵۵g\ (۶۴/۶۶-۰/۱۱)$ خواهد بود. تا ثانیهٔ ۵۰، جرم مخلوط واکنش کاهش می‌یابد، اما بعد از ثانیهٔ ۵۰ (در بازهٔ ۵۰ تا ۶۰ ثانیه)، جرم مخلوط واکنش ثابت مانده است. پس واکنشی در این بازهٔ زمانی رخ نداده و واکنش در همان ثانیهٔ ۵۰ به اتمام رسیده است. گزینهٔ (۲): از ابتدای واکنش تا پایان آن، یعنی ثانیهٔ ۵۰، جرم گاز $CO_۲$ تولید شده برابر $۱/۴۸g\ (۶۵/۹۸-۶۴/۵۰)$ است. پس سرعت متوسط تولید $CO_۲$ در این بازهٔ زمانی برابر است با:

$$?\,\Delta n(CO_۲) = ۱/۴۸\,g\,CO_۲ \times \frac{۱\,mol\,CO_۲}{۴۴\,g\,CO_۲} \simeq ۰/۰۳۴\,mol\,CO_۲ \quad , \quad \bar{R}(CO_۲) = \frac{\Delta n(CO_۲)}{\Delta t} = \frac{۰/۰۳۴\,mol}{\frac{۵۰}{۶۰}\,min} = \frac{۰/۰۳۴\times ۶۰}{۵۰} \simeq ۴\times ۱۰^{-۲}\,mol.min^{-۱}$$

گزینهٔ (۴): با توجه به معادلهٔ واکنش، ضریب سه مادهٔ فراورده که طی واکنش تولید می‌شوند یکسان است؛ پس سرعت متوسط تولید سه ماده یکسان می‌باشد:

$$\bar{R}(CaCl_۲) = \bar{R}(H_۲O) = \bar{R}(CO_۲)$$

با توجه به محاسبهٔ سرعت تولید $CO_۲$ در عبارت (پ)، خواهیم داشت:

$$\bar{R}(CaCl_۲) = \bar{R}(H_۲O) = \bar{R}(CO_۲) = ۴\times ۱۰^{-۲}\,\frac{mol}{min} \times \frac{۱\,min}{۶۰s} \simeq ۶/۷\times ۱۰^{-۴}\,mol.s^{-۱}$$

C ۱۴۰۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): واکنش زنگ آهن با هیدروکلریک اسید به صورت زیر است:

$$Fe_۲O_۳(s) + HCl(aq) \rightarrow ۲FeCl_۳(aq) + ۳H_۲O(l)$$

نمک تولید شده در این واکنش $FeCl_۳$ است و کاتیون سازندهٔ آن $Fe^{۳+}$ می‌باشد.

$$_{۲۶}Fe: [Ar]\,۳d^۶۴s^۲ \xrightarrow{-۳e^-} Fe^{۳+}: [Ar]\,\underbrace{۳d^۵}_{\text{زیر لایهٔ نیمه‌پر}}$$

عبارت (ب): ششمین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، $C_۷H_{۱۲}$ و ششمین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها $C_۶H_{۱۴}$ است. شمار پیوندهای کووالانسی در آلکین‌ها از رابطهٔ $۳n-۱$ و در آلکان‌ها از رابطهٔ $۳n+۱$ به‌دست می‌آید. ۱=اختلاف ⇒ ۱۹=۳(۶)+۱=شمار پیوندهای کووالانسی $C_۶H_{۱۴}$ ، ۲۰=۳(۷)−۱=شمار پیوندهای کووالانسی $C_۷H_{۱۲}$

عبارت (پ): اگر سرعت متوسط مصرف $SF_۴$ را برابر $x\,\frac{mol}{L.min}$ در نظر بگیریم، سرعت متوسط تولید HF برابر $۴x\,\frac{mol}{L.min}$ است.

$$\bar{R}(SF_۴) = x\,\frac{mol}{L.min} \times ۱۶L \times \frac{۱\,min}{۶۰s} = \frac{۴}{۱۵}\,x\,mol.s^{-۱}$$

پس نسبت سرعت متوسط دو ماده برابر است با:

$$\frac{\bar{R}(HF)}{\bar{R}(SF_۴)} = \frac{۴x\,\frac{mol}{L.min}}{\frac{۴}{۱۵}\,x\,\frac{mol}{s}} = ۱۵$$

عبارت (ت): $_{۳۲}Ge$ یک شبه‌فلز و یک عنصر نیمه‌رسانا است. همان‌طور که می‌دانید، پیشرفت صنعت الکترونیک مبتنی بر نیم‌رساناهاست.

C ۱۴۰۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل مربوط به واکنش میان پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی است که این واکنش در دمای اتاق به کندی انجام می‌شود، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود. عبارت (ب): واکنش میان گازهای CO و NO به‌صورت $۲CO(g) + ۲NO(g) \rightarrow ۲CO_۲(g) + N_۲(g)$ است. واکنش‌پذیرترین گاز موجود در هواکره، گاز اکسیژن است که جزء فراورده‌های این واکنش نمی‌باشد.

عبارت (پ): قند موجود در جوانهٔ گندم، مالتوز است.

$$\left.\begin{array}{l} C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱} \Rightarrow \text{مجموع شمار اتم‌ها: ۴۵} \\ C_۷H_۶O_۲ \Rightarrow \text{مجموع شمار اتم‌ها: ۱۵} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{۴۵}{۱۵} = ۳$$

فرمول مولکولی مالتوز: $C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$
فرمول مولکولی بنزوئیک اسید: $C_۷H_۶O_۲$

عبارت (ت): در فرایند گرماگیر، گرما از محیط به سامانه منتقل می‌شود. انحلال کلسیم کلرید در آب و تولید آمونیاک از هیدرازین گرماده بوده و فرایند فتوسنتز و تولید $NO_۲$ از $N_۲O_۴$ گرماگیر هستند. (دو فرایند گرماگیر) عبارت (ث): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $۳H_۲S + ۲HNO_۳ \rightarrow ۳S + ۲NO + ۴H_۲O$ است.

با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش می‌توان گفت:

$$\bar{R}(HNO_۳) + \bar{R}(NO) = \bar{R}(H_۲O)$$

B ۱۴۰۸ ۳ با توجه به نمودار، واکنش در ثانیهٔ ۳۰۰ به پایان رسیده است:

$$\bar{R}(\text{رنگ غذا}) = \frac{-\Delta n(\text{رنگ غذا})}{\Delta t} = \frac{۰/۰۵\,mol}{۳۰۰s \times \frac{۱\,min}{۶۰s}} = ۰/۰۱\,mol.\,min^{-۱}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه تعداد مول رنگ غذا در حال کاهش است، شیب نمودار (مول - زمان) برای آن منفی است. گزینهٔ (۲): طی واکنش، تعداد مول رنگ غذا، در حال کاهش است و به همین دلیل از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. گزینهٔ (۴): در واکنش‌های شیمیایی، معمولاً با گذشت زمان، سرعت متوسط تولید و مصرف مواد کاهش می‌یابد. با توجه به نمودار داده شده، با گذشت زمان، اندازهٔ شیب نمودار کم می‌شود؛ پس با گذشت زمان، سرعت متوسط مصرف رنگ غذا کاهش می‌یابد.

B ۱۴۰۹ ۳ همهٔ نمودارها به جز نمودار (ت) را می‌توان به واکنش مورد نظر نسبت داد. در یک واکنش، تغییرات مول مواد متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست و مقدار مول واکنش‌دهنده‌ها کاهش و مقدار مول فراورده‌ها افزایش می‌یابد. ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم: $2Al_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow 4Al(s)+3CO_2(g)$

بررسی نمودارها: نمودار (الف): تغییرات مول مواد به‌ترتیب برابر با (-2)، (-3)، $(+4)$ و $(+3)$ است که متناسب با ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های واکنش می‌باشند، ولی مقدار مول هیچ‌کدام از واکنش‌دهنده‌ها صفر نمی‌شود. نمودار (ب): تغییرات مول مواد به‌ترتیب برابر با $(-1/6)$، $(-2/4)$، $(+3/2)$ و $(+2/4)$ است. این اعداد متناسب با ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های واکنش از مضرب $(0/8)$ هستند.

$$\frac{-1/6}{0/8}=-2 \qquad \frac{-2/4}{0/8}=-3 \qquad \frac{+3/2}{0/8}=+4 \qquad \frac{+2/4}{0/8}=+3$$

نمودار (پ): تغییرات مول مواد به‌ترتیب برابر با $(-2/4)$، $(-3/6)$، $(+4/8)$ و $(+3/6)$ است. این اعداد متناسب با ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های واکنش از مضرب $(1/2)$ هستند.

$$\frac{-2/4}{1/2}=-2 \qquad \frac{-3/6}{1/2}=-3 \qquad \frac{+4/8}{1/2}=4 \qquad \frac{+3/6}{1/2}=+3$$

نمودار (ت): تغییرات مول مواد به‌ترتیب برابر با $(-1/5)$، (-2)، $(+1/5)$ و $(+2)$ است. این اعداد متناسب با ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های واکنش از مضرب $(0/5)$ هستند، اما متناسب با ضرایب استوکیومتری واکنش نیستند.

$$\frac{+2}{0/5}=+4 \qquad \frac{+1/5}{0/5}=+3 \qquad \frac{-2}{-0/5}=-4 \qquad \frac{-1/5}{0/5}=-3$$

در واقع معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش مربوط به این نمودار به‌صورت $3A+4B\rightarrow 3C+4D$ است.

B ۱۴۱۰ ۴ با توجه به نمودار درمی‌یابیم که متعلق به واکنشی با یک واکنش‌دهنده و دو فراورده است. برای یافتن معادلهٔ واکنش باید تغییرات مول مواد شرکت‌کننده در واکنش را نسبت به یکدیگر محاسبه کنیم تا از این طریق به ضریب استوکیومتری ترکیب در معادلهٔ واکنش موازنه‌شدهٔ آن برسیم. دقیقهٔ ۶ را ملاک محاسبات خود قرار می‌دهیم: (تغییرات مول هر گونه را بر کوچک‌ترین آن‌ها تقسیم می‌کنیم و در صورت لزوم در عددی ضرب می‌کنیم تا غیرکسری شود.)

تغییرات مول فراورده‌ها: $2/4-0=2/4$, $1/6-0=1/6$ تغییرات مول واکنش‌دهنده $=1/2-2/8=-1/6$

فراوردهٔ دوم $=\frac{2/4}{1/6}=\frac{3}{2}$ فراوردهٔ اول $=\frac{1/6}{1/6}=1$ واکنش‌دهنده $=\frac{1/6}{1/6}=1$

اکنون اعداد به‌دست آمده را در ۲ ضرب می‌کنیم تا ضرایب صحیح گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش به‌دست آید.

فراوردهٔ دوم $=3$ فراوردهٔ اول $=2$ واکنش‌دهنده $=2$

در نتیجه معادلهٔ واکنش را می‌توان به‌صورت $2A\rightarrow 2B+3C$ نمایش داد که فقط واکنش $2NaN_3(s)\rightarrow 2Na(s)+3N_2(g)$ متناسب با آن است.

C ۱۴۱۱ ۳ نمودار مول - زمان A و B، نزولی و C و D، صعودی است؛ بنابراین A و B واکنش‌دهنده و C و D فراورده هستند. تغییرات مول هر ماده را حساب کرده و معادلهٔ واکنش را می‌نویسیم:

$|\Delta n_A|=|0/05-0/25|=0/2mol$ $|\Delta n_B|=|0/1-0/35|=0/25mol$

$|\Delta n_C|=|0/35-0/15|=0/2mol$ $|\Delta n_D|=|0/3-0|=0/3mol$

بنابراین معادله موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $0/2A+0/25B\rightarrow 0/2C+0/3D \xrightarrow{\times 20} 4A(g)+5B(g)\rightarrow 4C(g)+6D(g)$

بررسی همهٔ گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش برابر ۱۹ است و در رابطه با سرعت واکنش داریم:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}}=-\frac{\Delta[A]}{4\Delta t}=-\frac{\Delta[B]}{5\Delta t}=\frac{\Delta[C]}{4\Delta t} \text{ و } \bar{R}=\frac{\Delta n_D}{6\Delta t}$$

دقت کنید که حالت فیزیکی D مایع بوده و غلظت آن ثابت است و نمی‌توان سرعت واکنش را از روی تغییرات غلظت آن حساب کرد. گزینهٔ (۲): سرعت متوسط هر ماده از تغییرات مقدار آن بر زمان به دست می‌آید؛ بنابراین $\bar{R}_B=-\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$ درست است. ضریب C از D کوچک‌تر بوده و شیب نمودار آن نیز کمتر است؛ اما در پایان واکنش شیب هر دو یکی و برابر صفر می‌شود. گزینهٔ (۳): رابطهٔ داده شده درست بوده و معادل سرعت متوسط واکنش است. ابتدا جرم مولی C را با توجه به قانون پایستگی جرم به دست می‌آوریم: $4m_A+5m_B=4m_C+6m_D \Rightarrow 4(17)+5(32)=4m_C+6(18) \Rightarrow m_C=30g.mol^{-1}$

حال مقدار مصرفی B را محاسبه می‌کنیم: $12g\,C\times\frac{1mol\,C}{30g\,C}\times\frac{5mol\,B}{4mol\,C}=0/5mol\,B$

گزینهٔ (۴): ضریب استوکیومتری A و C برابر است؛ بنابراین اندازهٔ تغییرات غلظت آن‌ها نیز برابر است. در این واکنش به ازای مصرف ۹ مول گاز، ۴ مول گاز C تولید می‌شود؛ بنابراین فشار گازها در حال کاهش است.

B ۱۴۱۲ ۴ فقط نمودار (پ) را می‌توان به این واکنش نسبت داد. در نمودار (پ)، اگر تعداد مول H_2 را برابر با ۳ و تعداد مول O_2 را برابر با یک در نظر بگیریم، با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری H_2 با H_2O برابر است، باید تعداد مول H_2 مصرفی برابر با تعداد مول H_2O تولید شده باشد. یعنی اگر ۲ مول H_2 مصرف شده است، ۲ مول H_2O تولید شده باشد. در نمودار (الف)، مقدار مول هیچ‌کدام از واکنش‌دهنده‌ها صفر نشده است در نمودار (ب)، مقدار مول H_2 سه برابر مقدار مول O_2 است، ولی تغییرات تعداد مول H_2 دو برابر O_2 نیست. و در نمودار (ت)، مقدار مول H_2 سه برابر مقدار مول O_2 نیست و تغییرات تعداد مول H_2 نیز دو برابر O_2 نمی‌باشد.

B ۱۴۱۳ ۲ معادلهٔ موازنه شده این واکنش به‌صورت $Zn(s)+CuSO_4(aq)\rightarrow ZnSO_4(aq)+Cu(s)$ است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه ضرایب استوکیومتری Cu و Zn با هم برابر است، سرعت متوسط مصرف روی در ۵ دقیقهٔ ابتدایی واکنش برابر با سرعت متوسط تولید مس در ۵ دقیقه ابتدایی واکنش است. گزینهٔ (۲): هر چه واکنش به پایان خود نزدیک‌تر می‌شود، از سرعت متوسط تولید و مصرف مواد در آن کاسته می‌شود. بنابراین سرعت بی‌رنگ شدن محلول در ۳ دقیقهٔ اول ($t=0$ تا $t=3min$) بیشتر از ۳ دقیقهٔ دوم ($t=3min$ تا $t=6min$) است.

گزینهٔ (۳): هر چه واکنش به انتهای خود نزدیک می‌شود، از سرعت آن کاسته می‌شود، بنابراین تغییرات غلظت $CuSO_4$ در ۲ دقیقهٔ اول بیشتر از تغییرات غلظت $CuSO_4$ در دقایق ۲ تا ۴ است. گزینهٔ (۴): بین مقدار کاهش جرم فلز روی در دقایق ۴ و ۸، یک رابطهٔ خطی برقرار نیست. تنها می‌توانیم بگوییم: مقدار کاهش جرم فلز روی در دقیقهٔ هشتم < مقدار کاهش جرم فلز روی در دقیقهٔ چهارم

B ۱۴۱۴ ۱ برای رسیدن به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش از روی نمودار، باید تغییرات مول مواد و نسبت آن‌ها به یکدیگر را محاسبه کنیم. توجه کنید که ضریب استوکیومتری مواد در معادلهٔ یک واکنش متناسب با تغییرات مول مواد است. در معادلهٔ واکنش، همهٔ ضرایب باید صحیح باشند. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): تغییرات مول فراورده: $۳-۰=۳,۱-۰=۱$ تغییرات مول واکنش‌دهنده $=۰-۴=-۴$

معادلهٔ واکنش را می‌توان به‌صورت $۴A\rightarrow B+۳C$ نمایش داد. در این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها با هم برابر است، بنابراین مجموع سرعت متوسط مصرف واکنش‌دهنده‌ها برابر با مجموع سرعت متوسط تولید فراورده‌هاست.

گزینهٔ (۲): تغییرات مول فراورده: $۶-۰=۶,۲-۰=۲$ تغییرات مول واکنش‌دهنده: $۰-۶=-۶,۰-۲/۵=-۲/۵$

معادلهٔ واکنش را می‌توان به‌صورت $۶A+۲/۵B\rightarrow ۶C+۲D$ نمایش داد که برای رسیدن به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ آن باید ضرایب را در (۲) ضرب کنیم.

$$۱۲A+۵B\rightarrow ۱۲C+۴D$$

مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها با مجموع ضرایب فراورده‌ها برابر نیست.

گزینهٔ (۳): تغییرات مول فراورده: $۳-۰=۳$ تغییرات مول واکنش‌دهنده: $۱-۵=-۴,۰-۴=-۴$

معادلهٔ واکنش را می‌توان به‌صورت $۴A+۴B\rightarrow ۳C$ نشان داد. مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها با مجموع ضرایب فراورده‌ها برابر نیست.

گزینهٔ (۴): تغییرات مول فراورده: $۳-۰=+۳,۵-۰=+۵$ تغییرات مول واکنش‌دهنده: $۳-۷=-۴,۰-۳=-۳$

معادلهٔ واکنش را می‌توان به‌صورت $۳A+۴B\rightarrow ۳C+۵D$ نشان داد. مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها با مجموع ضرایب فراورده‌ها برابر نیست.

B ۱۴۱۵ ۱ همهٔ موارد به جز مورد (ب) نادرست‌اند. **بررسی موارد:** مورد (الف):

$$P=\frac{-\Delta n(A)}{\Delta t}=\frac{-(X+Y)}{۲۰}\Rightarrow Z+T>P$$

مورد (ب):

$$T=\frac{-\Delta n(A)}{\Delta t}=\frac{-Y}{۱۰}\qquad Z=\frac{-\Delta n(A)}{\Delta t}=\frac{-X}{۱۰}$$

با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری A دو برابر ضریب استوکیومتری B است، پس $(-Y)$ دو برابر (W) است، از طرفی سرعت واکنش در ۱۰ دقیقهٔ اول بیشتر از ۱۰ دقیقهٔ دوم است (یعنی $-X$ بزرگ‌تر از $-Y$)، مقدار $(-X)$ بزرگ‌تر از $(۲W)$ می‌باشد.

* **توجه** دقت کنید که A واکنش‌دهنده و B فراورده است، بنابراین $\Delta n(A)$ یک عدد منفی و $\Delta n(B)$ یک عدد مثبت است، به همین علت از $(-X)$ و $(-Y)$ استفاده کردیم تا دو عدد مثبت را با هم مقایسه کنیم.

مورد (پ): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری A دو برابر ضریب استوکیومتری B است، $Y=-۲W$ می‌باشد. (علامت منفی به این خاطر است که Y منفی می‌باشد.)

مورد (ت): سرعت واکنش همواره مقدار مثبتی دارد، بنابراین $P>۰$ است.

C ۱۴۱۶ ۴ توجه داشته باشید که در هر جدول، در یک بازهٔ زمانی، تغییر مول هر گونه باید متناسب با گونهٔ دیگر باشد و با نزدیک شدن به انتهای واکنش باید سرعت متوسط و تغییرات مول کاهش یابد. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): تغییرات مول B در $t=۱$ تا $t=۲$: $۴/۴-۳=۱/۴\Rightarrow \bar{R}(A)=۲\bar{R}(B)$ تغییرات مول A در $t=۱$ تا $t=۲$: $۲/۲-۵=-۲/۸, t=۲$

تغییرات مول B در $t=۲$ تا $t=۳$: $۵/۶-۴/۴=۱/۲\Rightarrow \bar{R}(A)=\bar{R}(B)$ تغییرات مول A در $t=۲$ تا $t=۳$: $۱-۲/۲=-۱/۲, t=۳$

با توجه به عدم تناسب رابطهٔ بین سرعت متوسط دو ماده در بازهٔ زمانی $t=۱$ تا $t=۲$ و $t=۲$ تا $t=۳$، اطلاعات این گزینه درست نمی‌باشد. گزینهٔ (۲): از آنجا که هر چه واکنش به انتهای خود نزدیک می‌شود، سرعتش کمتر می‌شود، ممکن نیست تغییرات مول بین دقایق ۱ و ۲ از تغییرات مول بین دقایق ۲ و ۳ کمتر باشد.

تغییر مول مادهٔ A بین دقایق ۲ و ۳: $۱/۵۵-۲=-۰/۴۵$ تغییر مول مادهٔ A بین دقایق ۱ و ۲: $۲-۲/۴=-۰/۴$

گزینهٔ (۳): مانند گزینهٔ قبل، این گزینه هم نادرست است. تغییر مول مادهٔ A بین دقایق ۲ و ۳: $۱/۲-۳=-۱/۸$ تغییر مول مادهٔ A بین دقایق ۱ و ۲: $۱/۸-۰/۸=۱,۳$

گزینهٔ (۴): اطلاعات موجود در جدول گزینهٔ (۴)، ایرادی ندارد و پاسخ صحیح این گزینه است.

C ۱۴۱۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) برای تکمیل این جمله مناسب هستند. **بررسی موارد:**

عبارت (الف): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ به‌صورت $N_۲+۳H_۲\rightarrow ۲NH_۳$ است.

$$\frac{\bar{R}(H_۲)}{۳}=\frac{\bar{R}(NH_۳)}{۲}\xrightarrow{(\times ۳)}\bar{R}(H_۲)=۱/۵\bar{R}(NH_۳)$$

عبارت (ب): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $۲H_۲S+۳O_۲\rightarrow ۲H_۲O+۲SO_۲$ است. با توجه به برابری ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها، شیب نمودار مول - زمان برای هر دو فراورده یکسان است. عبارت (پ): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $۴C_۳H_۵(NO_۳)_۳\rightarrow ۱۲CO_۲+۱۰H_۲O+۶N_۲+O_۲$ است. با توجه به اینکه بیشترین ضریب استوکیومتری بین فراورده‌ها متعلق به $CO_۲$ است، بیشترین سرعت متوسط تولید هم در بین فراورده‌ها متعلق به $CO_۲$ است. عبارت (ت): معادلهٔ موازنه شده این واکنش به‌صورت $۶Na+Fe_۲O_۳\rightarrow ۲Fe+۳Na_۲O$ است. با توجه به ضرایب استوکیومتری ترکیب‌ها، قدرمطلق شیب نمودار مول - زمان برای $Na(s)$، $۳\left(\frac{۶}{۲}\right)$ برابر شیب نمودار مول - زمان برای $Fe(s)$ است. عبارت (ث): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش سوختن نفتالن به‌صورت $(C_{۱۰}H_۸+۱۲O_۲\rightarrow ۱۰CO_۲+۴H_۲O)$ است.

با توجه به ضرایب استوکیومتری، می‌توان گفت:

$$\bar{R}(O_۲)=۱/۲\bar{R}(CO_۲)$$

B ۱۴۱۸ ۳ کاتالیزگر باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود، اما بر مقدار نهایی فراورده‌ها تأثیر ندارد، بنابراین نمودار B باید نسبت به نمودار A شیب بیشتری داشته باشد، اما تعداد مول فراورده‌ها در هر دو نمودار A و B یکسان است (رد گزینه‌های (۲) و (۴)). اگر دمای محیطی که واکنش در آن به انجام می‌رسد کاهش یابد، شیب نمودار و سرعت واکنش کاهش می‌یابد، اما مقدار نهایی فراورده‌ها دستخوش تغییر نمی‌شود (رد گزینهٔ (۱)). بنابراین هر سه نمودار باید در یک نقطه به پایان برسند و مقایسهٔ شیب آن‌ها به‌صورت $(C<A<B)$ باشد.

B ۱۴۱۹ **۱** با توجه به اطلاعات جدول، تعداد مول A در حال کاهش و تعداد مول B و C در حال افزایش است، بنابراین A واکنش‌دهنده و B و C فراورده است.

برای محاسبهٔ X، باید رابطهٔ بین تغییرات مول A و B را محاسبه کنیم:

$$\left.\begin{array}{l}\text{تغییرات مول A در } t=5 \text{ تا } t=10 : 6-9=-3\\ \text{تغییرات مول B در } t=5 \text{ تا } t=10 : X-2\end{array}\right\}\Rightarrow 3=4(X-2)\Rightarrow X=2/75$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{تغییرات مول A در } t=5 \text{ تا } t=15 : 5-9=-4\\ \text{تغییرات مول B در } t=5 \text{ تا } t=15 : 3-2=+1\end{array}\right\}\Rightarrow -\Delta n(A)=4\Delta n(B),$$

برای محاسبهٔ Y باید رابطهٔ بین تغییرات مول A و C را محاسبه کنیم:

$$\left.\begin{array}{l}\text{تغییرات مول A در } t=5 \text{ تا } t=15 : 5-9=-4\\ \text{تغییرات مول C در } t=5 \text{ تا } t=15 : Y-6\end{array}\right\}\Rightarrow -3(-4)=4(Y-6)\Rightarrow Y=9$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{تغییرات مول A در } t=5 \text{ تا } t=10 : 6-9=-3\\ \text{تغییرات مول C در } t=5 \text{ تا } t=10 : 8/25-6=2/25\end{array}\right\}\Rightarrow -3\Delta n(A)=4\Delta n(C),$$

اکنون مجموع X و Y را به‌دست می‌آوریم:

$$X+Y=9+2/75=11/75$$

C ۱۴۲۰ **۲** معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $B_2O_3+3C+3Cl_2\rightarrow 2BCl_3+3CO$ است. شیب نمودار مول - زمان برای CO، ۱/۵ برابر BCl_3 است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱):

$$\frac{-\Delta n(C)}{3\Delta t}=\frac{\Delta n(BCl_3)}{2\Delta t}\xrightarrow{(\times 6)}\frac{-2\Delta n(C)}{\Delta t}=\frac{3\Delta n(BCl_3)}{\Delta t}$$

گزینهٔ (۳): این نمودار مربوط به دو واکنش‌دهنده و یک فراورده است.

$$\text{تغییرات مول دو واکنش‌دهنده}\begin{cases}3/2-4=-0/8\xrightarrow{\div 0/8}\text{ضریب}=1\\ 1/6-4=-2/4\xrightarrow{\div 0/8}\text{ضریب}=3\end{cases}$$

$$\text{ضریب}=2\xrightarrow{\div 0/8}\text{تغییرات مول فراورده}=1/6-0=1/6$$

ضریب‌های (۱)، (۳) و (۲) را می‌توان به‌ترتیب به (B_2O_3)، $(Cl_2$ یا $C)$ و (BCl_3) نسبت داد. گزینهٔ (۴): با توجه به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش، روابط زیر برقرار است:

$$\bar{R}(CO)=3\bar{R}(B_2O_3)\quad \bar{R}(C)=3\bar{R}(B_2O_3)\quad \bar{R}(BCl_3)=2\bar{R}(B_2O_3)\quad \bar{R}(Cl_2)=3\bar{R}(B_2O_3)$$

$$\begin{cases}\bar{R}(BCl_3)+\bar{R}(Cl_2)+\bar{R}(B_2O_3)=6\bar{R}(B_2O_3)\\ \bar{R}(CO)+\bar{R}(C)=6\bar{R}(B_2O_3)\end{cases}\Rightarrow \bar{R}(CO)+\bar{R}(C)=\bar{R}(BCl_3)+\bar{R}(Cl_2)+\bar{R}(B_2O_3)$$

C ۱۴۲۱ **۱** عبارت دوم درست و سایر عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول:

$$\Delta n(CO_2)=1/1\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44g}=0/025\,mol\,CO_2\qquad \Delta t=20s\Rightarrow\bar{R}(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t}=\frac{0/025mol}{20s}=1/25\times10^{-3}\,mol.s^{-1}$$

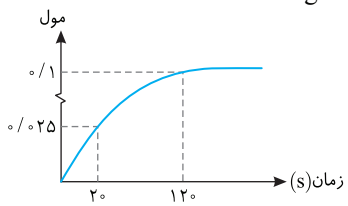
عبارت دوم: در این واکنش تا ثانیهٔ ۲۰، ۱/۱ گرم گاز CO_2 تولید می‌شود. جرم کلسیم کربنات مصرفی تا ثانیهٔ ۲۰ را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,CaCO_3=1/1\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44g\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{100g\,CaCO_3}{1\,mol\,CaCO_3}=2/5g\,CaCO_3$$

بنابراین در این بازهٔ زمانی، تنها ۲/۵ گرم از ۱۰ گرم کلسیم کربنات اولیه مصرف می‌شود و میزان پیشرفت واکنش برابر ٪۲۵ $(\frac{2/5}{10}\times100)$ است. عبارت سوم: پس از اتمام واکنش مقدار $H_2O(l)$ تولیدی برابر است با:

$$?\,mol\,H_2O=10g\,CaCO_3\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{100g\,CaCO_3}\times\frac{1\,mol\,H_2O}{1\,mol\,CaCO_3}=0/1\,mol\,H_2O$$

بنابراین نمودار صحیح مول - زمان برای H_2O تولیدی به‌صورت مقابل است:



عبارت چهارم: با کاهش دمای محلول، به دلیل کاهش جنبش ذره‌های واکنش‌دهنده‌ها و کاهش تعداد برخوردهای مؤثر بین آن‌ها، سرعت واکنش کاهش می‌یابد. همچنین با افزودن آب به محلول واکنش، غلظت $HCl(aq)$ کاهش می‌یابد و در نتیجه سرعت واکنش کاهش خواهد یافت.

C ۱۴۲۲ **۲** موارد دوم و سوم درست هستند. برای تعیین ضرایب اجزای واکنش فرضی: $aA+cC+dD$ می‌توان تغییرات غلظت مواد در بازهٔ زمانی ۲ - ۰ دقیقه را بررسی کرد:

$$\frac{-\Delta[A]}{a\Delta t}=\frac{\Delta[B]}{b\Delta t}=\frac{-\Delta[C]}{c\Delta t}=\frac{\Delta[D]}{d\Delta t}\Rightarrow\frac{0/8}{a}=\frac{0/4}{b}=\frac{0/12}{c}=\frac{0/16}{d}\Rightarrow\frac{a}{2}=\frac{c}{3}=\frac{d}{4}=\frac{b}{1}$$

با توجه به نسبت‌های به‌دست آمده بین ضرایب اجزاء می‌توان $b=1$ فرض کرد و به این ترتیب معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به شکل $2A+3C\rightarrow B+4D$ خواهد بود.

بررسی موارد: مورد اول: کل زمان انجام واکنش، برابر ۶ دقیقه است.

$$\begin{cases}R_{C[4-6]}=\frac{-\Delta[C]}{\Delta t}=\frac{-(0/03-0/09)}{2}=0/03\,mol.L^{-1}.S^{-1}\\ R_{B[0-6]}=\frac{-\Delta[C]}{\Delta t}=\frac{-(0/03-0/3)}{3\times6}=0/015\,mol.L^{-1}.S^{-1}\end{cases}\Rightarrow\frac{R_{C[4-6]}}{R_{B[0-6]}}=\frac{0/03}{0/015}=2$$

مورد دوم: مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها برابر است. مورد سوم: برای محاسبهٔ بازده درصدی می‌توان غلظت اولیه و تغییرات غلظت A را به ترتیب به عنوان مقدار نظری و مقدار عملی در نظر گرفت. دقت کنید که واکنش در $t=6$ متوقف شده است.

$$\begin{cases}\text{مقدار نظری}=0/2\,molA\\ \text{مقدار عملی}=0/2-0/02=0/18\,molA\end{cases}\Rightarrow\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100=\frac{0/18}{0/2}\times100=\%90$$

مورد چهارم: در این آزمایش، غلظت اولیهٔ D برابر ۰/۱ است که در نمودار لحاظ نشده است.

B ۱۴۲۳ ۱ فقط مورد چهارم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ریزمغذی‌ها ترکیب‌های آلی سیرنشده هستند. عبارت دوم: برخی از ریزمغذی‌ها به‌عنوان بازدارنده از انجام واکنش‌های نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال‌ها جلوگیری می‌کنند. عبارت سوم: در ساختار رادیکال‌ها، الکترون‌ها هم به صورت تک و هم به صورت جفت شده هستند و از قاعدهٔ هشتایی پیروی نمی‌کنند.

* **توجه** همهٔ گونه‌هایی که در ساختار آن‌ها مجموع شمار الکترون‌های ظرفیتی فرد باشد، رادیکال هستند.

عبارت پنجم: خوراکی‌های محتوی بازدارنده‌ها دارای رادیکال‌های پرانرژی نیستند، بلکه رادیکال‌های پرانرژی را به دام می‌اندازند.

B ۱۴۲۴ ۴ ترکیب نشان داده شده لیکوپن است. فرمول مولکولی این ترکیب به‌صورت $C_{۴۰}H_{۵۶}$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هندوانه و گوجه‌فرنگی محتوی لیکوپن بوده که فعالیت رادیکال‌ها را کاهش می‌دهد. گزینهٔ (۲): این ترکیب ۱۳ پیوند $(C=C)$ دارد. هر پیوند $(C=C)$ در اثر جذب یک مولکول هیدروژن می‌شکند و به پیوندهای یگانه تبدیل می‌شود، بنابراین این مولکول در اثر جذب ۱۳ مولکول $H_۲$ به یک ترکیب سیرشده تبدیل می‌شود. گزینهٔ (۳): تعداد شاخه‌های فرعی متیل در این ترکیب برابر با ۸ و در ترکیب «۳، ۳، ۴، ۴- تترا متیل هگزان» برابر با ۴ است.

B ۱۴۲۵ ۲ موارد (ب) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیوارهٔ مویرگ‌ها رسوب می‌کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ‌ها و سکته می‌شود. هر مولکول کلسترول دارای یک پیوند دوگانه بوده و سیرنشده است. عبارت (ب): رادیکال، گونه‌ای فعال و ناپایدار است که در ساختار خود، الکترون جفت نشده ندارد، در واقع محتوی اتم‌هایی است که از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی نمی‌کند. بدیهی است که رادیکال‌ها واکنش‌پذیری بالایی دارند. عبارت (پ): لیکوپن نوعی بازدارنده است که در هندوانه و گوجه‌فرنگی وجود دارد و سبب می‌شود که رادیکال‌ها به دام بیفتند تا با کاهش مقدار آن‌ها از سرعت واکنش‌های ناخواسته کاسته شود. هر مولکول لیکوپن دارای ۱۳ پیوند دوگانه بوده و سیرنشده می‌باشد. عبارت (ت): محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود. عبارت (ث): سوخت سبز، سوختی است که در ساختار خود افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به‌دست می‌آید. این مواد زیست تخریب‌پذیرند. از این‌رو به وسیلهٔ جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شوند. اتانول و روغن‌های گیاهی نمونه‌هایی از این نوع سوخت‌ها هستند.

A ۱۴۲۶ ۴ سرعت متوسط تولید یا مصرف دو یا چند ماده برابر با نسبت ضریب استوکیومتری آن‌ها است و اگر ضریب استوکیومتری آن‌ها برابر باشد، سرعت متوسط آن‌ها نیز برابر خواهد بود، اما الزاماً برابر با سرعت متوسط واکنش نیست.

A ۱۴۲۷ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرمول مولکولی مالتوز به‌صورت $C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$ است. در این ترکیب شمار اتم‌های کربن یک عدد بیشتر از شمار اتم‌های اکسیژن است. عبارت (پ): معادلهٔ واکنش مالتوز با آب به‌صورت $C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}(aq)+H_۲O(l)\rightarrow ۲C_۶H_{۱۲}O_۶(aq)$ است. در این واکنش گلوکز تولید می‌شود که به قند خون معروف است. عبارت (ت): فرمول شیمیایی مالتوز و گلوکز به‌ترتیب $C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$ و $C_۶H_{۱۲}O_۶$ است.

۲۲ : تعداد اتم‌های هیدروژن در مالتوز ، ۲(۱۲)=۲۴ : دو برابر تعداد اتم‌های هیدروژن در گلوکز $۲۴-۲۲=۲\Rightarrow$

A ۱۴۲۸ ۱ قسمت اول: می‌دانیم که سرعت تولید یا مصرف مواد (یا تغییر غلظت) در یک واکنش موازنه شده، با ضریب استوکیومتری آن‌ها رابطهٔ مستقیم دارد؛ بنابراین باتوجه به تغییر غلظت بیشتر مادهٔ A در یک بازهٔ زمانی، می‌توان نتیجه گرفت که ضریب استوکیومتری A از D بزرگ‌تر است. قسمت دوم: با توجه به اینکه سرعت متوسط واکنش، از سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده بر ضریب استوکیومتری آن بدست می‌آید؛ بنابراین می‌توان گفت که هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده در واکنش کوچک‌تر باشد، سرعت متوسط تغییر غلظت آن ماده به سرعت واکنش نزدیک‌تر است. از آنجا که سرعت متوسط تغییر غلظت مادهٔ X به سرعت واکنش در بازهٔ زمانی معین نزدیک‌ترین است، پس کوچک‌ترین ضریب برای مادهٔ X است. به این ترتیب، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین ضریب استوکیومتری به ترتیب مربوط به مواد A و X است.

B ۱۴۲۹ ۱ با توجه به نمودار می‌توان نتیجه گرفت که معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت زیر است.

$$Ba_۳N_۲(s)+۶H_۲O(l)\rightarrow ۲NH_۳(g)+۳Ba(OH)_۲(aq)$$

از آنجا که ضریب استوکیومتری $H_۲O(l)$ سه برابر ضریب استوکیومتری $NH_۳$ است، اندازهٔ شیب نمودار مول - زمان برای $H_۲O(l)$، ۳ برابر شیب نمودار مول - زمان برای $NH_۳(g)$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری $Ba(OH)_۲$، سه برابر ضریب استوکیومتری $Ba_۳N_۲$ است، سرعت متوسط تولید $Ba(OH)_۲$ نیز سه برابر سرعت متوسط مصرف $Ba_۳N_۲$ است. گزینهٔ (۳): $H_۲O$ در این واکنش حالت مایع دارد، بنابراین غلظت آن ثابت است و نمودار غلظت - زمان برای آن به‌صورت یک خط راست است که شیب آن برابر با صفر می‌باشد. گزینهٔ (۴): در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها برابر با ۷ و مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها برابر ۵ است.

B ۱۴۳۰ ۳ فقط عبارت (ب) درست است. واکنش تولید آمونیاک در فرایند هابر به‌صورت $۳H_۲(g)+N_۲(g)\rightarrow ۲NH_۳(g)$ است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): $\bar{R}(NH_۳)=\frac{\Delta n}{\Delta t.V}=\frac{۴\times ۱۰^{-۲}}{۰/۵}=۸\times ۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}\,,\,R(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(NH_۳)}{۲}=\frac{۸\times ۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}}{۲}=۴\times ۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}$

عبارت (ب): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری $N_۲$ برابر با یک است، سرعت متوسط مصرف آن برابر با سرعت واکنش است.

عبارت (پ): $\frac{\bar{R}(N_۲)}{۱}=\frac{\bar{R}(H_۲)}{۳}=\frac{\bar{R}(NH_۳)}{۲}\xrightarrow{\times ۶}۶\bar{R}(N_۲)=۲\bar{R}(H_۲)=۳\bar{R}(NH_۳)$

عبارت (ت): $R(\text{واکنش})=\frac{-\Delta n(H_۲)}{۳\Delta t}=\frac{-\Delta n(N_۲)}{\Delta t}=\frac{\Delta n(NH_۳)}{۲\Delta t}$

B ۱۴۳۱ ۴ ابتدا عبارت را تقسیم بر ۴ می‌کنیم تا ضرایب صورت کسرها ساده شود.

$$\frac{-۲\Delta[A]}{\Delta t}=\frac{-۴\Delta[B]}{۵\Delta t}=\frac{۴\Delta[C]}{\Delta t}=\frac{۴\Delta[D]}{۳\Delta t}\xrightarrow{\text{تقسیم بر ۴}}\frac{-\Delta[A]}{۲\Delta t}=\frac{-\Delta[B]}{۵\Delta t}=\frac{\Delta[C]}{\Delta t}=\frac{\Delta[D]}{۳\Delta t}$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش می‌تواند $۲A+۵B\rightarrow C+۳D$ یا $C+۳D\rightarrow ۲A+۵B$ باشد. از آنجا که در صورت سؤال گفته شده فشار مخلوط گازی افزایش می‌یابد، باید تعداد مول فراورده‌ها بیشتر باشد. بنابراین معادلهٔ صحیح به‌صورت $C+۳D\rightarrow ۲A+۵B$ است.

B ۱۴۳۲ ۲

★ **نکته** سرعت متوسط تولید و یا مصرف مواد شرکت کننده در یک واکنش متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌ها است و در نتیجه در واکنش موازنه شدهٔ فرضی: $aA+bB\rightarrow cC+dD$، در یک بازهٔ زمانی معین، رابطهٔ زیر میان سرعت متوسط مصرف و یا تولید مواد شرکت کننده و سرعت متوسط واکنش برقرار است:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}}=\frac{\bar{R}_A}{a}=\frac{\bar{R}_B}{b}=\frac{\bar{R}_C}{c}=\frac{\bar{R}_D}{d}$$

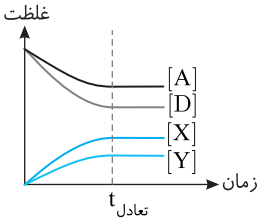
در واکنش ذکر شده، می‌توان رابطهٔ زیر را میان سرعت متوسط مواد A و D نوشت:

$$\begin{cases}\dfrac{\bar{R}_{(A)}}{a}=\dfrac{\bar{R}_{(D)}}{d}\Rightarrow\dfrac{\frac{|\Delta n_A|}{\Delta t}}{a}=\dfrac{\frac{|\Delta n_D|}{\Delta t}}{d}\Rightarrow\dfrac{\frac{|\Delta m_A|}{M_A}}{a\,\Delta t}=\dfrac{\frac{|\Delta m_D|}{M_D}}{d\,\Delta t}\quad(1)\\ \dfrac{|\Delta m_A|}{\Delta t}=۳\dfrac{\Delta m_D}{\Delta t},\quad M_D=\frac{۱}{۳}M_A\quad(۲)\end{cases}\xrightarrow{(۱)\text{ و }(۲)}\dfrac{\frac{۳|\Delta m_D|}{M_A}}{a\,\Delta t}=\dfrac{\frac{|\Delta m_D|}{\frac{۱}{۳}M_A}}{d\,\Delta t}\Rightarrow a=d$$

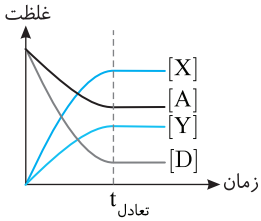
در نتیجه ضریب استوکیومتری دو مادهٔ A و D در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش برابر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به این‌که ضریب استوکیومتری دو مادهٔ A و D برابر است، تغییر شمار مول‌های آن‌ها در واحد زمان نیز با یکدیگر برابر است. گزینهٔ (۳): با توجه به اطلاعات داده شده نمی‌توان ضریب استوکیومتری مادهٔ D را تعیین کرد و در نتیجه نمی‌توان رابطهٔ میان سرعت متوسط واکنش و سرعت متوسط مادهٔ D را تعیین کرد. گزینهٔ (۴): در صورت سؤال اطلاعاتی راجع به این‌که A و D واکنش‌دهنده و یا فراورده هستند، داده نشده است.

B ۱۴۳۳ ۴ برای واکنش تعادلی $A(g)+۲D(g)\rightleftharpoons ۲X(g)+Y(g)$، با توجه به مقدار عددی ثابت تعادل، دو نوع نمودار غلظت - زمان می‌توان رسم کرد:

الف) اگر K کوچک باشد ب) اگر K بزرگ باشد.



(الف)



(ب)

با توجه به نمودار (ب) که در آن A و X یکدیگر را قطع کرده‌اند، غلظت نهایی (تعادلی) گونهٔ X قطعاً از غلظت نهایی A بیشتر خواهد بود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در لحظهٔ تعادل و پس از آن، شیب نمودار همهٔ گونه‌ها یکسان و برابر صفر است. گزینهٔ (۲): در هیچ‌کدام از دو حالتی که رسم شد، نمودارهای A و D یکدیگر را قطع نمی‌کنند. گزینهٔ (۳): با توجه به یکسان بودن ضرایب D و X در معادلهٔ واکنش، قبل از رسیدن به تعادل، نمودار D که یک واکنش‌دهنده است، نزولی بوده و شیب آن قرینهٔ شیب نمودار X است.

B ۱۴۳۴ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): از آنجایی که E فراورده و M واکنش‌دهنده است؛ بنابراین شیب نمودار «مول - زمان» E مثبت (یعنی تعداد مول آن در حال افزایش است) و شیب نمودار «مول- زمان» M منفی (یعنی تعداد مول‌های آن در حال کاهش است.) است؛ بنابراین نسبت شیب نمودار E به M برابر $-\frac{۴}{۳}$ خواهد بود. گزینهٔ (۲): در واکنش‌های شیمیایی با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد؛ بنابراین سرعت واکنش مورد نظر در ۳۰ ثانیهٔ دوم، قطعاً کمتر از ۳۰ ثانیهٔ اول خواهد بود و مدت زمان انجام واکنش قطعاً بیش از ۶۰ ثانیه خواهد بود. گزینهٔ (۳): مقدار واکنش‌دهندهٔ اولیه (A) در هر دو واکنش یکسان است، بنابراین تغیرات سرعت دو مادهٔ X و Y را بررسی می‌کنیم:

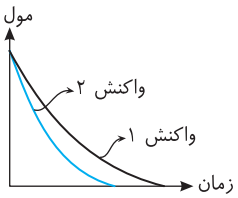
در واکنش (۱) در عدم حضور کاتالیزگر:
$$\frac{\bar{R}_{(A)}}{۱}=\frac{\bar{R}_{(X)}}{۱}\xrightarrow{\text{مقدار اولیهٔ A}=a}\bar{R}_{(X)}=\frac{a}{\Delta t}$$

در واکنش (۱) در حضور کاتالیزگر:
$$\bar{R}_{(X)}=۲(\frac{a}{\Delta t})\Rightarrow\Delta\bar{R}_{(X)}=\frac{۲a}{\Delta t}-\frac{a}{\Delta t}=\frac{a}{\Delta t}$$

در واکنش (۲) در عدم حضور کاتالیزگر:
$$\frac{\bar{R}_{(A)}}{۲}=\frac{\bar{R}_{(Y)}}{۳}\Rightarrow\bar{R}_{(Y)}=\frac{۳}{۲}\bar{R}_{(A)}\xrightarrow{\text{مقدار اولیه A}=a}\bar{R}_{(Y)}=\frac{۱/۵a}{\Delta t}$$

در واکنش (۲) در حضور کاتالیزگر:
$$\bar{R}_{(Y)}=۲(\frac{۱/۵a}{\Delta t})\Rightarrow\Delta\bar{R}_{(Y)}=\frac{۳a}{\Delta t}-\frac{۱/۵a}{\Delta t}=\frac{۱/۵a}{\Delta t}$$

بنابراین با استفاده از کاتالیزگر، تغییرات سرعت Y از X بیشتر خواهد بود. به عبارت دیگر، در واکنش‌های شیمیایی، هر چه ضریب استوکیومتری ماده‌ای بزرگ‌تر باشد، اندازهٔ شیب نمودار «مول- زمان» آن نیز بیشتر خواهد بود. با توجه به متن عبارت، در صورت استفاده از کاتالیزگر، سرعت واکنش‌ها دو برابر می‌شود، پس شیب نمودار «مول- زمان»، مادهٔ Y بیشتر از مادهٔ X تغییر می‌کند. گزینهٔ (۴): از آنجایی که نسبت ضریب استوکیومتری A به E در هر دو واکنش برابر $\frac{۱}{۲}$ است، پس نسبت تغییر مولی این دو ماده در هر دو واکنش یکسان است. با توجه به اینکه مقدار اولیهٔ A در هر دو واکنش یکسان بوده و ضریب استوکیومتری A در واکنش دوم بیشتر است؛ بنابراین شیب نمودار «مول- زمان» مادهٔ A در واکنش دوم دو برابر واکنش اول خواهد بود و این دو نمودار در هیچ نقطه‌ای یک‌دیگر را قطع نمی‌کنند.



B ۱۴۳۵ ۱ عبارت‌های (الف)، (ت) و (ث) درست هستند.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): جرم گاز اکسیژن در ثانیهٔ ۲۰، برابر با ۳۵/۲g است:

$$?\,g\,O_۲=۳۵/۲\,g\,O_۲\times\frac{۱\,mol\,O_۲}{۳۲\,g\,O_۲}=۱/۱\,mol\,O_۲$$

عبارت (ب): برای محاسبهٔ غلظت NO در ثانیهٔ ۱۵، از تغییرات جرم $NO_۲$ استفاده می‌کنیم:

$$\Delta m=۴۱/۴-۶۴/۴=-۲۳g\,NO_۲$$

$$-\Delta[NO_۲]=\Delta[NO]\Rightarrow\frac{-(-۲۳g\,NO_۲\times\frac{۱\,mol\,NO_۲}{۴۶g\,NO_۲})}{۴L}=\frac{\Delta n(NO)}{۴L}\Rightarrow\Delta n(NO)=۰/۵mol$$

$$۰/۵=(x-۴۲g\,NO)\times\frac{۱\,mol\,NO}{۳۰g\,NO}\Rightarrow x=۵۷g$$

غلظت NO در ثانیهٔ ۱۵ برابر است با:

$$t=15s\Rightarrow[NO]=\frac{\text{جرم NO}}{\text{حجم}\times\text{جرم مولی NO}}=\frac{57g}{30g.mol^{-1}\times4L}=0/475mol.L^{-1}$$

عبارت (پ):

$$\bar{R}(NO_2)=-\frac{(\text{جرم }NO_2\text{ در }t=25)-(\text{جرم }NO_2\text{ در }t=5)}{\text{زمان}\times\text{حجم}\times\text{جرم مولی}}=\frac{-(18/4-92)}{46\times4\times20}=0/02mol.L^{-1}.s^{-1}$$

عبارت (ت):

$$\bar{R}(NO)=\frac{(\text{جرم NO در }t=30)-(\text{جرم NO در }t=5)}{\text{زمان}\times\text{حجم}\times\text{جرم مولی}}=\frac{75-24}{30\times4\times25}=1/7\times10^{-2}mol.L^{-1}.s^{-1}$$

عبارت (ث): ابتدا باید جرم گاز اکسیژن را در ثانیهٔ ۲۵ به‌دست آوریم:

$$\frac{\Delta n(NO)(t=20\text{ تا }t=25)}{\Delta n(O_2)(t=20\text{ تا }t=25)}=2\Rightarrow\frac{\frac{(72-66)g\ NO}{30}}{\frac{(x-35/2)g\ O_2}{32}}=2\Rightarrow x=38/4g\ O_2$$

اکسید قهوه‌ای نیتروژن، NO_2 است.

$$?L\ NO_2=38/4g\ O_2\times\frac{1mol\ O_2}{32g\ O_2}\times\frac{2mol\ NO_2}{1mol\ O_2}\times\frac{22/4L\ NO_2}{1mol\ NO_2}=53/76L\ NO_2$$

B ۱۴۳۶ ۲ قسمت اول: در غیاب کاتالیزگر در هر ۳۰ دقیقه، ۱۰ درصد مقدار اولیهٔ AB_2 مصرف می‌شود؛ بنابراین پس از ۱۵۰ دقیقه $(5\times30\ min)$، ۵۰ درصد مقدار اولیهٔ AB_2 مصرف می‌شود. اما در مجاورت کاتالیزگر، در هر ۵ دقیقه، ۱۰ درصد مقدار اولیهٔ AB_2 مصرف می‌شود؛ بنابراین در حضور کاتالیزگر، پس از ۲۵ دقیقه $(5\times5\ min)$، ۵۰ درصد مقدار اولیهٔ AB_2 مصرف می‌شود. پس اختلاف زمان این دو روند برابر $(150-25)125\ min$ است. قسمت دوم: همان‌طور که می‌دانید، کاتالیزگرها سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهند و سبب می‌شوند یک فرایند، در زمان کوتاه‌تری انجام شود. در این مسئله نیز زمان انجام یک فرایند از $150\ min$ به $25\ min$ رسیده است، یعنی کاتالیزگر زمان فرایند را $\frac{1}{6}$ کرده و در واقع سرعت فرایند را ۶ برابر کرده است.

B ۱۴۳۷ ۱ موارد (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به صورت زیر است:

$$CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$$

بررسی موارد: عبارت (الف): چون ضریب استوکیومتری $CaCO_3(s)$ برابر یک است، پس سرعت متوسط مصرف آن برابر با سرعت متوسط واکنش است. اما چون حالت فیزیکی کلسیم کربنات جامد بوده، سرعت متوسط مصرف آن را نمی‌توان با یکای $mol.L^{-1}.s^{-1}$ بیان کرد. عبارت (ب): با افزایش دما، سرعت متوسط واکنش و سرعت خروج گاز افزایش می‌یابد. اما با افزایش حجم محلول اسید با آب مقطر، غلظت محلول کاهش یافته و سرعت تولید و خروج گاز کاهش می‌یابد. عبارت (پ): سرعت واکنش در لحظه‌های ابتدایی واکنش به دلیل غلظت بالای واکنش دهنده‌ها، بیشتر بوده و به مرور کاهش می‌یابد؛ بنابراین در لحظات ابتدایی، گاز بیشتری تولید شده و تغییر جرم بیشتری رخ می‌دهد. عبارت (ت): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری H_2O برابر ۱ است، پس سرعت واکنش با سرعت متوسط تولید H_2O برابر است:

$$\Delta n(H_2O)=10/8H_2O\times\frac{1mol\ H_2O}{18g\ H_2O}=0/6mol\ H_2O \qquad \bar{R}(\text{واکنش})=\bar{R}(H_2O)=\frac{\Delta n(H_2O)}{\Delta t}=\frac{0/6mol}{1/5\ min}=0/4mol.\ min^{-1}$$

B ۱۴۳۸ ۱ با توجه به معادلهٔ واکنش، ضریب A در معادله برابر ۱ است، پس سرعت مصرف A با سرعت واکنش برابر است. با توجه به اینکه طی افزایش دما، سرعت واکنش از ۰/۴ به ۳/۲ افزایش یافته و ۸ برابر $(\frac{3/2}{0/4})$ شده است، پس می‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش سه مرتبه دو برابر شده است و اگر برای هر مرتبه دو برابر شدن سرعت، دما $10^\circ C$ افزایش یافته باشد، به این ترتیب در این فرایند، دما $30^\circ C$ افزایش یافته است. پس خواهیم داشت:

$$\frac{3/2mol.L^{-1}.s^{-1}}{0/4mol.L^{-1}.s^{-1}}=2^n\Rightarrow n=3\Rightarrow3=\frac{\Delta\theta}{10^\circ C}\Rightarrow\Delta\theta=30^\circ C$$

$$n=\frac{\Delta\theta}{10^\circ C}\text{ (تعداد ۲ برابر شدن سرعت)},\ \frac{\text{سرعت ثانویهٔ واکنش}}{\text{سرعت اولیهٔ واکنش}}=2^n$$

C ۱۴۳۹ ۲ موارد (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. برای حل تست ابتدا باید معادلهٔ داده شده را موازنه کنیم. به این منظور ابتدا تا آنجا که امکان دارد با روش وارسی پیش می‌رویم و هرجا به بن‌بست خوردیم با روش جبری ادامه می‌دهیم. به این منظور ابتدا اتم‌های Mn و سپس بار الکتریکی را موازنه می‌کنیم:

$$1MnO_4^-(aq)+\cdots H_2C_2O_4(aq)+3H^+(aq)\rightarrow1Mn^{2+}(aq)+\cdots CO_2(g)+\cdots H_2O(l)$$

در ادامه ضریب‌های مجهول را به روش جبری به‌دست می‌آوریم:

$$1MnO_4^-(aq)+aH_2C_2O_4(aq)+3H^+(aq)\rightarrow1Mn^{2+}(aq)+bCO_2(g)+cH_2O(l)$$

$$\begin{cases}H:2a+3=2c\\C:2a=b\\O:4+4a=2b+c\end{cases}\Rightarrow a=2/5,\ b=5,\ c=4$$

مقادیر a، b و c را در معادله قرار داده و ضرایب را دو برابر می‌کنیم:

$$2MnO_4^-(aq)+5H_2C_2O_4(aq)+6H^+(aq)\rightarrow2Mn^{2+}(aq)+10CO_2(g)+8H_2O(l)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): چون ضریب استوکیومتری گاز CO_2، دو برابر اگزالیک اسید است، بنابراین سرعت تولید آن دو برابر سرعت مصرف اگزالیک اسید خواهد بود. عبارت‌های (ب) و (پ): محلول بنفش رنگ حاوی یون پرمنگنات با یک اسید آلی (مثل اگزالیک اسید) در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد و محلول (حاوی یون Mn^{2+}) به آهستگی بی‌رنگ می‌شود. عبارت (ت): سرعت متوسط تولید و مصرف هر ماده با هر حالت فیزیکی را می‌توان با یکای $mol.s^{-1}$ تعیین کرد؛ بنابراین سرعت متوسط واکنش را براساس هر یک از مواد شرکت کننده می‌توان با یکای $mol.s^{-1}$ بیان نمود. عبارت (ث): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌های باردار $(MnO_4^-,\ H^+\text{ و }Mn^{2+})$ برابر ۱۰ است.

C ۱۴۴۰ ۱ فقط عبارت سوم نادرست است. سرعت متوسط واکنش برابر با سرعت متوسط مصرف Fe_2O_3 یا سرعت متوسط تولید Al_2O_3 است. در بازهٔ زمانی $t=0s$ تا $t=25s$، $512/5kJ$ گرما در واکنش آزاد شده است: (مبنای محاسبه‌ها را سرعت متوسط تولید Al_2O_3 قرار می‌دهیم.)

$$?\,mol\,Al_2O_3=512/5kJ\times\frac{1\,mol\,Al_2O_3}{820kJ}=0/625mol\,Al_2O_3 \qquad \bar{R}(\text{واکنش})=\bar{R}(Al_2O_3)=\frac{\Delta n(Al_2O_3)}{\Delta t}=\frac{0/625mol}{25s\times\frac{1min}{60s}}=1/5mol.min^{-1}$$

سرعت متوسط واکنش در بازهٔ زمانی $t=0s$ تا $t=25s$ برابر با $1/5mol.min^{-1}$ است. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت اول:

$$?\,kJ=1g\,Al\times\frac{1mol\,Al}{27g\,Al}\times\frac{820kJ}{2mol\,Al}\simeq 15/2kJ$$

عبارت دوم: به ازای مصرف یک مول Fe_2O_3 در واکنش، در عمل $738kJ$ و از نظر تئوری $820kJ$ گرما آزاد می‌شود.

$$\text{بازده درصدی واکنش}=\frac{\text{مقدار عملی گرمای آزاد شده}}{\text{مقدار نظری گرمای آزاد شده}}\times 100=\frac{738}{820}\times 100=\%90$$

عبارت چهارم: با توجه به نمودار، پس از گذشت ۶۰ ثانیه از آغاز واکنش، $640kJ$ گرما تولید می‌شود.

$$Q=m.c.\Delta\theta\Rightarrow 640\times10^3\,J=m_{Au}\times 62/5\times 0/128\Rightarrow m_{Au}=80000g=80kg$$

A ۱۴۴۱ ۲ چهرهٔ آشکار ردپای غذا نشان می‌دهد که سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود.

A ۱۴۴۲ ۴ سهم تولید گاز کربن دی‌اکسید در ردپای غذا به مراتب بیشتر از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و ... است.

A ۱۴۴۳ ۲ آمارها نشان می‌دهد که به ازای هر هفت نفر در جهان، یک نفر گرسنه است که این مورد مربوط به چهرهٔ آشکار ردپای غذا است.

A ۱۴۴۴ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود، به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود. عبارت (ب): هدر رفتن منابع اقتصادی مربوط به چهرهٔ آشکار ردپای غذاست. عبارت (پ): براساس الگوی مصرف کنونی در سال ۲۰۴۰ مساحت زمین مورد نیاز برای تأمین غذای همهٔ مردم جهان، ۲ برابر مساحت فعلی کرهٔ زمین است.

B ۱۴۴۵ ۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش: $4KNO_3(s)\rightarrow 2K_2O(s)+5O_2(g)+2N_2(g)$

ابتدا باید تعداد مول گاز اکسیژن تولید شده را محاسبه کنیم:

$$?\,mol\,O_2=20/16LO_2\times\frac{1mol\,O_2}{22/4L\,O_2}=0/9mol\,O_2$$

قسمت اول:

$$\Delta[N_2]=\frac{\Delta n(N_2)}{V(\text{ظرف})}=\frac{(0/36-0)mol}{4L}=0/09mol.L^{-1} \qquad ?\,mol\,N_2=0/9mol\,O_2\times\frac{2mol\,N_2}{5mol\,O_2}=0/36mol\,N_2$$

$$\bar{R}(N_2)=\frac{\Delta[N_2]}{\Delta t}=\frac{0/09mol.L^{-1}}{36s}=2/5\times10^{-3}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

قسمت دوم:

$$R(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(O_2)}{\text{ضریب استوکیومتری }O_2}=\frac{\Delta n(O_2)}{5\times\Delta t}=\frac{0/9mol}{5\times(36s\times\frac{1min}{60s})}=0/3mol.min^{-1}$$

B ۱۴۴۶ ۴ ابتدا با استفاده از تغییرات تعداد مولکول‌های N_2O_5 در ۶ دقیقهٔ نخست این واکنش، به حجم گاز اکسیژن تولید شده در شرایط STP می‌رسیم:

$$\text{تغییرات تعداد مولکول‌های }N_2O_5=9/03\times10^{23}-5/418\times10^{23}=3/612\times10^{23}\,molecule\,N_2O_5$$

$$\text{حجم گاز }O_2\text{ تولیدی}=\Delta V(O_2)=3/612\times10^{23}\,molecule\,N_2O_5\times\frac{1mol\,N_2O_5}{6/02\times10^{23}\,molecule\,N_2O_5}\times\frac{1mol\,O_2}{2mol\,N_2O_5}\times\frac{22/4L\,O_2}{1mol\,O_2}=6/72L\,O_2$$

توضیح محاسبات

$$\frac{3/612\times10^{23}\times22/4}{2\times6/02\times10^{23}}=?\xrightarrow[\text{به جای }3/612\text{ و }6/02\text{ اعداد }3/6\text{ و }6\text{ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}}\frac{\overset{0/3}{3/6}\times10^{23}\times22/4}{2\times6\times10^{23}}=0/3\times22/4=6/72$$

اکنون سرعت متوسط تولید گاز O_2 را برحسب $L.min^{-1}$ محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(O_2)=\frac{\Delta V}{\Delta t}=\frac{6/72L}{6\,min}=1/12\,L.min^{-1}$$

B ۱۴۴۷ ۲ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به صورت $3NaBH_4+4BF_3\rightarrow 3NaBF_4+2B_2H_6$ است. ابتدا مقدار مول B_2H_6 تولید شده در بازهٔ زمانی $75s$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,B_2H_6=95g\,NaBH_4\times\frac{1mol\,NaBH_4}{38g\,NaBH_4}\times\frac{2mol\,B_2H_6}{3mol\,NaBH_4}=\frac{5}{3}\,mol\,B_2H_6$$

$$?\,min=75s\times\frac{1min}{60s}=\frac{5}{4}\,min \qquad \bar{R}(B_2H_6)=\frac{\Delta n}{\Delta t.V}\Rightarrow 0/8=\frac{\frac{5}{3}}{\frac{5}{4}\times V}\Rightarrow V=\frac{5}{3}L\simeq 1/67L$$

B ۱۴۴۸ ۳ معادلهٔ موازنه شده این واکنش به‌صورت $2Na(s)+2H_2O(l)\rightarrow 2NaOH(aq)+H_2(g)$ است. ابتدا باید سرعت متوسط مصرف سدیم را محاسبه کرده و از طریق آن به سرعت متوسط مصرف H_2O برسیم:

$$\bar{R}(Na)=\frac{-\Delta n(Na)}{\Delta t}=\frac{-(2/3-3/2)}{72s}=\frac{1}{80}mol.s^{-1} \quad , \quad \text{تعداد مول سدیم باقی‌مانده}=52/9g\,Na\times\frac{1mol\,Na}{23g\,Na}=2/3mol\,Na$$

با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری Na و H_2O با هم برابر است، سرعت متوسط مصرف H_2O برابر با $\frac{1}{80}mol.s^{-1}$ می‌باشد. $\Delta t=2\times60+24=144s$

اکنون مقدار مول و جرم آب مصرفی در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(H_2O)=\frac{-\Delta n(H_2O)}{\Delta t}\Rightarrow\frac{1}{80}=\frac{-\Delta n(H_2O)}{144s}\Rightarrow\Delta n(H_2O)=-1/8mol$$

$$\text{جرم آب مصرفی}=1/8mol\,H_2O\times\frac{18g\,H_2O}{1mol\,H_2O}=32/4g\,H_2O$$

B ۱۴۴۹ ۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $2NaClO_3(s)\rightarrow 2NaCl(s)+3O_2(g)$ است. کاهش جرم مواد جامد موجود در ظرف، مربوط به خروج گاز اکسیژن از ظرف واکنش است. ابتدا باید سرعت متوسط تولید O_2 در این واکنش را محاسبه کنیم:

$$\frac{\bar{R}(O_2)}{3}=\frac{\bar{R}(NaClO_3)}{2}\Rightarrow\bar{R}(O_2)=\frac{3}{2}\times0/18=0/27mol.s^{-1}$$

اکنون جرم گاز اکسیژن تولید شده و کاهش جرم مواد جامد موجود در ظرف واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{کاهش جرم مواد جامد}=\text{جرم }O_2\text{ تولید شده}\Rightarrow5s\times\frac{0/27\,mol\,O_2}{1s}\times\frac{32g\,O_2}{1mol\,O_2}=43/2g\,O_2$$

* **توجه** جرم سدیم کلرات که در صورت تست داده شده هیچ تأثیری در روند محاسبات این سؤال ندارد.

B ۱۴۵۰ ۴ ابتدا تغییرات مول $Al_2(SO_4)_3$ را در مدت زمان ۱۰s پس از آغاز واکنش محاسبه کرده و از طریق آن به تغییرات مول SO_3 در این بازهٔ زمانی می‌رسیم:

$$\text{تعداد مول مصرفی }Al_2(SO_4)_3=\text{تعداد مول اولیه}-\text{تعداد مول باقی‌مانده}=3/25-1/95=1/3mol$$

$$\text{تعداد مول }SO_3\text{ تولید شده}=1/3mol\,Al_2(SO_4)_3\times\frac{3mol\,SO_3}{1mol\,Al_2(SO_4)_3}=3/9mol\,SO_3$$

سپس سرعت متوسط تولید SO_3 را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(SO_3)=\frac{\Delta n(SO_3)}{\Delta t}=\frac{3/9mol}{10s}=0/39mol.s^{-1}$$

واکنش زمانی به پایان می‌رسد که همهٔ $Al_2(SO_4)_3$ باقی‌مانده، مصرف شود. پس:

$$\bar{R}(Al_2(SO_4)_3)=\frac{\bar{R}(SO_3)}{3}=0/13mol.s^{-1} \quad , \quad \bar{R}(Al_2(SO_4)_3)=\frac{-\Delta n}{\Delta t}\Rightarrow0/13=\frac{-(0-1/95)}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=15s$$

B ۱۴۵۱ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است:

$$C_2H_5OH(l)+3O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(l) \qquad CaCO_3(s)\xrightarrow{\Delta}CaO(s)+CO_2(g)$$

ابتدا از جرم اتانول، مقدار مول CO_2 تولیدی در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,CO_2=920g\,C_2H_5OH\times\frac{1mol\,C_2H_5OH}{46g\,C_2H_5OH}\times\frac{2mol\,CO_2}{1mol\,C_2H_5OH}=40mol\,CO_2$$

قسمت اول: محاسبهٔ سرعت واکنش تجزیهٔ کلسیم کربنات:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\bar{R}(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t}=\frac{40mol}{2h}=20mol.h^{-1}$$

قسمت دوم: محاسبه جرم کلسیم کربنات مصرف شده:

$$?\,g\,CaCO_3=40mol\,CO_2\times\frac{1mol\,CaCO_3}{1mol\,CO_2}\times\frac{100g\,CaCO_3}{1mol\,CaCO_3}=4000g\,CaCO_3$$

B ۱۴۵۲ ۴ دو دقیقه سوم، بازهٔ زمانی $t=4\,min$ تا $t=6\,min$ را شامل می‌شود.

$$R(\text{واکنش})(t=4\text{ تا }t=6)=\frac{\bar{R}(H_2O)}{4}=\frac{[H_2O]_{t=6}-[H_2O]_{t=4}}{\Delta t\times4}=\frac{4/6-4}{2\times4}=0/075mol.L^{-1}.min^{-1}$$

چهار دقیقهٔ دوم، بازهٔ زمانی $t=4\,min$ تا $t=8\,min$ را شامل می‌شود. با توجه به اینکه سرعت واکنش در این بازهٔ زمانی برحسب $mol.s^{-1}$ خواسته شده، باید مول H_2O را در دقایق ۴ و ۸ به‌دست آوریم.

$$?\,mol\,H_2O_{(t=4\,min)}=M.V=4\times1/5=6\,,\,?\,mol\,H_2O_{(t=8\,min)}=M.V=4/8\times1/5=7/2\Rightarrow\Delta n(H_2O)_{(t=4\text{ تا }t=8)}=7/2-6=1/2mol$$

$$R(\text{واکنش})(t=4\text{ تا }t=8)=\frac{\bar{R}(H_2O)}{4}=\frac{\Delta n(H_2O)}{4\times\Delta t}=\frac{1/2mol}{4\times(4\,min\times\frac{60s}{1min})}=1/25\times10^{-3}mol.s^{-1}$$

B ۱۴۵۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $Fe_2O_3(s)+3CO(g)\rightarrow 2Fe(s)+3CO_2(g)$

اختلاف حجم گاز تولیدی از ابتدا تا ثانیهٔ دوم و از ابتدا تا ثانیهٔ چهارم در واقع همان حجم گاز تولیدی در دو ثانیهٔ دوم این واکنش است:

$\Delta V(CO_2(g))=7/5L-1/25L=6/25L$

قسمت اول: جرم گاز CO_2 تولیدی در دو ثانیهٔ دوم واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_2=6/25L\,CO_2\times\frac{1mol\,CO_2}{25L\,CO_2}\times\frac{44g\,CO_2}{1mol\,CO_2}=11g\,CO_2$$

حال سرعت متوسط تولید گاز CO_2 را برحسب $g.s^{-1}$ به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(CO_2)=\frac{\Delta m(CO_2)}{\Delta t}=\frac{11g}{2s}=5/5g.s^{-1}$$

قسمت دوم: سرعت متوسط واکنش برحسب $L.min^{-1}$ برابر است با:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(CO_2)}{\text{ضریب }CO_2}=\frac{\Delta V(CO_2)}{\Delta t\times\text{ضریب }CO_2}=\frac{6/25L}{\frac{2}{60}min\times 3}=62/5L.min^{-1}$$

B ۱۴۵۴ ۲ معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است: $Zn(s)+CuSO_4(aq)\rightarrow ZnSO_4(aq)+Cu(s)$

قسمت اول: با توجه به معادلهٔ واکنش، به ازای مصرف یک مول فلز روی $(65g)$، یک مول از یون‌های Cu^{2+} به اتم‌های مس تبدیل می‌شود که ۶۴ گرم جرم دارد و روی تیغهٔ روی قرار می‌گیرد؛ بنابراین طی این فرایند جرم تیغه یک گرم کاهش می‌یابد. اکنون با توجه به این توضیحات داده شده، تغییرات جرم تیغه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ \text{اختلاف جرم}=200mL\,CuSO_4\ \text{محلول}\times\frac{1L\,CuSO_4\ \text{محلول}}{1000mL}\times\frac{1/25mol\,CuSO_4}{1L\,CuSO_4\ \text{محلول}}\times\frac{1g\ \text{اختلاف جرم}}{1mol\,CuSO_4}=0/25g\ \text{اختلاف جرم}$$

قسمت دوم: با توجه به یکسان بودن ضرایب Zn و $CuSO_4$ داریم:

$$\bar{R}(Zn)=\bar{R}(CuSO_4)=\frac{-[CuSO_4]}{\Delta t}=\frac{-\Delta(-1/25)}{50}=0/025mol.L^{-1}.min^{-1}$$

متأسفانه طراح کنکور به این نکته توجه نکرده که سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد جامد و مایع خالص را نمی‌توان برحسب $mol.L^{-1}.min^{-1}$ بیان نمود؛ زیرا در دمای ثابت، غلظت این مواد به مقدار آن‌ها وابسته نیست.

B ۱۴۵۵ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $Al_2(SO_4)_3(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+3SO_3(g)$

ابتدا از روی سرعت متوسط تولید SO_3، مقدار گاز SO_3 تولیدی را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_{SO_3}=\frac{\Delta n}{\Delta t}\Rightarrow 0/01mol.s^{-1}=\frac{\Delta n}{2/5\,min\times\frac{60s}{1min}}\Rightarrow\Delta n=1/5mol$$

حال مقدار گاز SO_3 نظری را به دست می‌آوریم:

$$228g\,Al_2(SO_4)_3\times\frac{1mol\,Al_2(SO_4)_3}{342g\,Al_2(SO_4)_3}\times\frac{3mol\,SO_3}{1mol\,Al_2(SO_4)_3}=2mol$$

در نهایت بازدهٔ درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times 100\Rightarrow\frac{1/5}{2}\times 100=\%75$$

B ۱۴۵۶ ۲ **قسمت اول:** ابتدا باید محاسبه کنیم که به ازای مصرف چند مول گاز کلر در این واکنش، ۴۶۰/۸kJ گرما آزاد می‌شود:

$$?\,mol\,Cl_2=460/8kJ\ \text{گرما}\times\frac{6mol\,Cl_2}{1280kJ\ \text{گرما}}=2/16mol\,Cl_2$$

سپس مدت زمان را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(Cl_2)=\frac{-\Delta n(Cl_2)}{\Delta t\times V}\Rightarrow 0/25=\frac{-(0-2/16)}{\Delta t\times 4/8}\Rightarrow\Delta t=1/8\,min\Rightarrow\Delta t=1/8\,min\times\frac{60s}{1min}=108s$$

قسمت دوم:

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow 460/8=m(kg)\times 4/2\times 50\Rightarrow m\simeq 2/2kg$$

B ۱۴۵۷ ۴ با توجه به این‌که دما و فشار ثابت است، ارتفاع پیستون متناسب با مقدار مول گاز می‌باشد. جدول تغییرات مول را برای این واکنش رسم می‌کنیم:

مجموع مول گازها	مول OF_2	مول O_2	مول F_2	ارتفاع پیستون (cm)
15	0	5	10	50
15−x	2x	5−x	10−2x	46
15−y	2y	5−y	10−2y	38

حال با توجه به جدول، مقدار x و y را به دست می‌آوریم:

$$y:\frac{15-y}{15}=\frac{38}{50}\Rightarrow 150-10y=114\Rightarrow y=3/6mol$$

$$x:\frac{15-x}{15}=\frac{46}{50}\Rightarrow 150-10x=138\Rightarrow x=1/2mol$$

مقدار مول OF_2 تولید شده در بین این دو لحظه را حساب می‌کنیم:

$$\text{مول }OF_2\text{ تولید شده}=2y-2x=2(3/6-1/2)=4/8mol$$

حال با توجه به سرعت متوسط تولید OF_2، زمان لازم برای تولید ۴/۸ مول از آن را حساب می‌کنیم:

$$\bar{R}_{OF_2}=\frac{\Delta n}{\Delta t}\Rightarrow 2mol.min^{-1}=\frac{4/8}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=2/4\,min\times\frac{60s}{1min}=144s$$

B ۱۴۵۸ ۲ با توجه به ضرایب استوکیومتری، سرعت متوسط تولید Cl_2 با سرعت متوسط مصرف PCl_5 برابر است. ابتدا باید محاسبه کنیم که در مدت زمان ۵۰ ثانیه، چند مول PCl_5 در واکنش مصرف شده است:

$$\bar{R}(Cl_2)=\bar{R}(PCl_5)=0/12\,mol.L^{-1}.min^{-1}\Rightarrow \Delta n(PCl_5)=\bar{R}(PCl_5)\times V\times \Delta t=0/12\times 6\times\frac{5}{6}=0/6\,mol$$

برای محاسبهٔ مقدار مول اولیهٔ PCl_5، باید تعداد مول PCl_5 باقی‌مانده در ظرف را محاسبه کنیم:

$$\text{مقدار مول باقی‌مانده } PCl_5=500/4\,g\,PCl_5\times\frac{1\,mol\,PCl_5}{208/5\,g\,PCl_5}=2/4\,mol\,PCl_5\Rightarrow \text{مقدار مول اولیهٔ } PCl_5=0/6+2/4=3\,mol$$

$$\text{درصد } PCl_5 \text{ تجزیه شده}=\frac{\text{مول } PCl_5 \text{ تجزیه شده}}{\text{مول } PCl_5 \text{ اولیه}}\times 100=\frac{0/6}{3}\times 100=\%20$$

C ۱۴۵۹ ۲ ابتدا جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

درصد حجمی گازها در دما و فشار مشخص با درصد مولی آن‌ها برابر است.

$$CH_4(g)+2H_2S(g)\rightarrow CS_2(g)+4H_2(g)$$

مول اولیه	۰/۲mol	۰/۴mol	۰	۰
تغییرات	$-x$	$-2x$	$+x$	$+4x$
مول تعادلی	$0/2-x$	$0/4-2x$	$+x$	$+4x$

$$\text{درصد حجمی هیدروژن}=\frac{\text{تعداد مول هیدروژن}}{\text{تعداد کل مول}}\times 100=\frac{4x}{(0/2-x)+(0/4-2x)+x+4x}\times 100=50\Rightarrow 8x=0/6+2x\Rightarrow x=0/1\,mol$$

اکنون سرعت واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}}=\bar{R}(CH_4)=\frac{|\Delta n(CH_4)|}{V\times\Delta t}=\frac{0/1\,mol}{1/25L\times(30s\times\frac{1\,min}{60s})}=0/16\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

B ۱۴۶۰ ۳ ابتدا باید تعداد مول اولیه CH_3OH را محاسبه کنیم. با توجه به معادلهٔ واکنش، R (واکنش) برابر با $\bar{R}(CH_3OH)$ است، پس داریم:

$$\text{تعداد مول تجزیه شدهٔ } CH_3OH \text{ پس از گذشت ۵ ثانیه}=5\times\bar{R}(CH_3OH)=5\times 2/4=12\,mol$$

$$\text{تعداد مول اولیهٔ } CH_3OH=\text{تعداد مول تجزیه شدهٔ } CH_3OH+\text{تعداد مول باقی‌ماندهٔ } CH_3OH=12+5/2=17/2\,mol$$

$$\text{تعداد مول } CH_3OH \text{ در ثانیهٔ } t=3s=17/2-3(2/4)=10\,mol$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش، $\bar{R}(H_2)=2R$ (واکنش) است.

$$\bar{R}(H_2)=2\times 2/4=4/8\,mol.s^{-1}$$

$$\text{تعداد مول } H_2 \text{ در ثانیهٔ } t=6s=\bar{R}(H_2)\times\Delta t=4/8\times 6=28/8\,mol$$

اکنون اطلاعات خواسته شده در صورت تست را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{اختلاف مقدار مول } H_2 \text{ و } CH_3OH=28/8-10=18/8\,mol$$

C ۱۴۶۱ ۴ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$A_2(g)+3X_2(g)\rightarrow 2AX_3(g)$$

براساس واکنش موازنه‌شده داریم:

براساس ضرایب مواد در معادلهٔ واکنش، اگر فرض کنیم تا لحظهٔ موردنظر به اندازهٔ x مول از واکنش‌دهندهٔ A_2 مصرف شود، پس $3x$ مول هم از مقدار ابتدایی (۲/۴ مول) مادهٔ $X_2(g)$ مصرف می‌شود و $2x$ مول مادهٔ $AX_3(g)$ نیز تولید می‌شود. پس داریم:

$$A_2(g)+3X_2(g)\rightarrow 2AX_3(g)$$

ابتدا	۰/۸	۲/۴	۰
تغییرات	$-x$	$-3x$	$+2x$
مول نهایی	$0/8-x$	$2/4-3x$	$2x$

$$\text{مول گاز } AX_3+\text{مول گاز } A_2=\text{مول گاز } X_2\xrightarrow{\text{حجم یکسان است}}\text{غلظت گاز } AX_3+\text{غلظت گاز } A_2=\text{غلظت گاز } X_2$$

$$\Rightarrow \underbrace{2/4-3x}_{\text{مول } X_2}=\underbrace{0/8-x}_{\text{مول } A_2}+\underbrace{2x}_{\text{مول } AX_3}\Rightarrow x=0/4\,mol$$

بنابراین در این مدت از شروع واکنش، ۰/۴ مول از گاز A_2 که نیمی از آن است مصرف شده، به این ترتیب، با فرض انجام واکنش با سرعت ثابت، مدت زمان لازم برای مصرف ۰/۴ مول A_2 برابر ۵ دقیقه است. مجموع مول‌های گازی موجود در ظرف، پس از ۵ دقیقه برابر است با:

$$\left.\begin{array}{l} n_{A_2}=0/8-x=0/8-0/4=0/4\,mol \\ n_{X_2}=2/4-3x=2/4-3(0/4)=1/2\,mol \\ n_{AX_2}=2x=2(0/4)=0/8\,mol \end{array}\right\}\Rightarrow \text{کل مول گازی}=n_{A_2}+n_{X_2}+n_{AX_2}=0/4+1/2+0/8=2/4\,mol$$

B ۱۴۶۲ ۱ با توجه به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش، $\bar{R}(H_2O)=2\bar{R}(H_2SO_4)$ است، در نتیجه داریم:

$$\bar{R}(H_2SO_4)=\frac{1}{2}\times 0/25=0/125\,mol.min^{-1}\Rightarrow 0/125=\frac{\Delta n(H_2SO_4)}{\Delta t}=\frac{\Delta n(H_2SO_4)}{5/9-2/3}\Rightarrow \Delta n(H_2SO_4)=0/45\,mol$$

$$\Delta[H_2SO_4]=\frac{\Delta n(H_2SO_4)}{V}\Rightarrow 3/2-2/7=\frac{0/45}{V}\Rightarrow V=0/9\,L$$

برای پیدا کردن غلظت اولیهٔ H_2SO_4، باید مول اولیهٔ این ترکیب را به‌دست آوریم.

$$\text{مول اولیهٔ } H_2SO_4 = (\text{مول } H_2SO_4 \text{ در } t=2/3\ \text{min}) + (\text{تغییرات مول } H_2SO_4 \text{ از آغاز تا } t=2/3)$$

$$\text{مول } H_2SO_4 \text{ در } t=2/3\ \text{min} = [H_2SO_4]_{t=2/3\ \text{min}} \times V = 3/2 \times 0/9 = 2/88\ \text{mol}$$

$$\text{تغییرات مول } H_2SO_4 \text{ از آغاز تا } t=2/3\ \text{min} = 25/92\ \text{g } H_2O \times \frac{1\ \text{mol } H_2O}{18\ \text{g } H_2O} \times \frac{1\ \text{mol } H_2SO_4}{2\ \text{mol } H_2O} = 0/72\ \text{mol } H_2SO_4$$

$$\text{غلظت اولیهٔ } H_2SO_4 = \frac{\text{n اولیه}}{V} = \frac{2/88+0/72}{0/9} = 4\ \text{mol.L}^{-1}$$

B ۱۴۶۳ ۱ با توجه به رابطهٔ داده شده، نتیجه می‌گیریم که Fe_3O_4 و CO واکنش‌دهنده و Fe و CO_2 فراورده هستند و معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $Fe_3O_4(s)+4CO(g) \rightarrow 3Fe(s)+4CO_2(g)$ است، Fe_3O_4 واکنش‌دهندهٔ جامد و CO_2 فراوردهٔ گازی است.

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(Fe_3O_4) = 1/8\ \text{mol.min}^{-1} \qquad \text{مقدار مول } Fe_3O_4 \text{ مصرفی} = \bar{R}(Fe_3O_4) \times \Delta t = 1/8 \times (40\text{s} \times \frac{1\ \text{min}}{60\text{s}}) = 1/2\ \text{mol}$$

$$\text{جرم } Fe_3O_4 \text{ مصرفی} = 1/2\ \text{mol } Fe_3O_4 \times \frac{232\ \text{g } Fe_3O_4}{1\ \text{mol } Fe_3O_4} = 278/4\ \text{g } Fe_3O_4$$

$$\bar{R}(CO_2) = 4R(\text{واکنش}) = 1/8\ \text{mol.min}^{-1} \times 4 = 7/2\ \text{mol.min}^{-1} \Rightarrow \text{مقدار مول } CO_2 \text{ تولیدی} = \bar{R}(CO_2) \times \Delta t = 7/2 \times (40\text{s} \times \frac{1\ \text{min}}{60\text{s}}) = 4/8\ \text{mol}$$

$$\text{تعداد مولکول‌های } CO_2 \text{ تولیدی} = 4/8\ \text{mol } CO_2 \times \frac{6\times10^{23}\ \text{molecule } CO_2}{1\ \text{mol } CO_2} = 28/8\times10^{23}\ \text{molecule } CO_2$$

B ۱۴۶۴ ۴ جدول تغییرات مول واکنش را رسم می‌کنیم:

ماده	CH_4	H_2O	CO	$3H_2$
شمار مول‌ها در ابتدای واکنش	۱	۱	۰	۰
شمار مول‌ها در ثانیهٔ ۱۰۰ واکنش	۱−x	۱−x	x	۳x

در ثانیه ۱۰۰ واکنش، مجموع جرم فراورده‌ها به ۶/۸ گرم می‌رسد؛ بنابراین داریم:

$$\text{مجموع جرم فراورده‌ها} = \text{جرم CO} + \text{جرم } H_2 = (x\times28)+(3x\times2) = 34x = 6/8\text{g} \Rightarrow x = 0/2\ \text{mol}$$

سرعت متوسط تولید H_2 را به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_{H_2} = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{\frac{0/6-0}{1/6}\ \text{mol.L}^{-1}}{\frac{100}{60}\ \text{min}} = 0/225\ \text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

۰/۲ مول از هر واکنش‌دهنده در مدت ۱۰۰ ثانیه مصرف شده است، اگر واکنش با همین سرعت پیش برود، مابقی هر واکنش‌دهنده که برابر ۰/۸ مول است، ۴۰۰ ثانیه مصرف می‌شود؛ اما چون سرعت واکنش نصف شده است، ۰/۸ مول از هر واکنش‌دهنده در ۸۰۰ ثانیه مصرف خواهد شد.

بنابراین زمان کل انجام واکنش برابر است با:

$$100+800 = 900\text{s} \times \frac{1\ \text{min}}{60\text{s}} = 15\ \text{min}$$

B ۱۴۶۵ ۳ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به صورت مقابل است:

$$2KNO_3 \rightarrow 2KNO_2 + O_2$$

ابتدا باید محاسبه کنیم که در ۲۴ ثانیهٔ نخست، چند لیتر گاز اکسیژن در این واکنش تولید شده است:

$$\bar{R}(O_2) = \frac{\Delta V(O_2)}{\Delta t} \Rightarrow \Delta V(O_2) = \bar{R}(O_2) \times \Delta t = 12/5\ \text{L.min}^{-1} \times (24\text{s} \times \frac{1\ \text{min}}{60\text{s}}) = 5\ \text{L } O_2$$

سپس به کمک محاسبات استوکیومتری و به وسیلهٔ جرم KNO_3، چگالی گاز اکسیژن را تعیین می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ \text{g } O_2 = 40/4\ \text{g } KNO_3 \times \frac{1\ \text{mol } KNO_3}{101\ \text{g } KNO_3} \times \frac{1\ \text{mol } O_2}{2\ \text{mol } KNO_3} \times \frac{32\ \text{g } O_2}{1\ \text{mol } O_2} = 6/4\ \text{g } O_2$$

$$\text{چگالی } O_2 = \frac{\text{جرم } O_2}{\text{حجم } O_2} = \frac{6/4\text{g}}{5\text{L}} = 1/28\ \text{g.L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } KNO_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{چگالی } O_2 \times \text{حجم } O_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{40/4}{101\times2} = \frac{\text{چگالی } O_2 \times 5}{32\times1} \Rightarrow \text{چگالی } O_2 = 1/28\ \text{g.L}^{-1}$$

$$?\ \text{kJ} = 42\text{s} \times \frac{40/4\ \text{g } KNO_3}{24\text{s}} \times \frac{1\ \text{mol } KNO_3}{101\ \text{g } KNO_3} \times \frac{1\ \text{mol } O_2}{2\ \text{mol } KNO_3} \times \frac{1\ \text{mol(O=O)}}{1\ \text{mol } O_2} \times \frac{496\text{kJ}}{1\ \text{mol(O=O)}} = 173/6\text{kJ}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{42\times40/4\times496}{24\times101\times2} = ? \xrightarrow[\text{به جای ۴۹۶ عدد ۵۰۰ قرار گیرد.}]{\text{ساده کردن}} \frac{42\times40/4\times500}{24\times101\times2} = \frac{42\times2\times500}{24\times10} = \frac{7\times2\times500}{4\times10} = \frac{7\times250}{10} = 7\times25 = 175$$

(۲ روی ۴۰/۴ و ۵۰۰، ۱۰ روی ۱۰۱ و ۲، ۷ روی ۴۲، ۲۵۰ روی ۲ و ۴، ۲۵ روی ۲۵۰ و ۱۰)

پاسخ کمی کوچک‌تر از ۱۷۵ است. (پاسخ: ۱۷۳/۶)

B ۱۴۶۶ ۲ با توجه به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش‌ها داریم:

$$\text{واکنش (I)}: \frac{\bar{R}(H_2)}{3}=\frac{\bar{R}(NH_3)}{2}\Rightarrow \bar{R}(NH_3)=\frac{2}{3}\bar{R}(H_2) \qquad \text{واکنش (II)}: \frac{\bar{R}(O_2)}{1}=\frac{\bar{R}(SO_3)}{2}\Rightarrow \bar{R}(SO_3)=2\bar{R}(O_2)$$

با توجه به اینکه بازهٔ زمانی یکسان است، $\frac{\bar{R}(NH_3)}{\bar{R}(SO_3)}$ برابر با نسبت تعداد مول‌های این دو ترکیب می‌شود.

$$\frac{\bar{R}(NH_3)}{\bar{R}(SO_3)}=\frac{\frac{-\Delta n(NH_3)}{\Delta t}}{\frac{-\Delta n(SO_3)}{\Delta t}}=\frac{\Delta n(NH_3)}{\Delta n(SO_3)}=\frac{\frac{2}{3}\bar{R}(H_2)}{2\bar{R}(O_2)}=\frac{1}{3}\frac{\bar{R}(H_2)}{\bar{R}(O_2)}=\frac{1}{3}\times 4=\frac{4}{3} \quad \text{(نسبت تعداد مول دو ترکیب)}$$

$$\frac{\text{جرم گاز آمونیاک مصرف شده}}{\text{جرم گاز } SO_3 \text{ مصرف شده}}=\frac{\Delta n(NH_3)\times NH_3 \text{ جرم مولی}}{\Delta n(SO_3)\times SO_3 \text{ جرم مولی}}=\frac{4}{3}\times\frac{17}{80}=\frac{17}{60}$$

B ۱۴۶۷ ۳ ابتدا مقدار مول اولیهٔ $CaCO_3$ را محاسبه می‌کنیم:

زمان (دقیقه)	۰	۲	۴	۶
مول	x	$\frac{x}{3}$	$\frac{x}{9}$	$\frac{x}{27}$

$$\text{مقدار باقی‌مانده} = \text{مقدار اولیه}\times K^n \Rightarrow 2=\text{مقدار اولیه}\times(\frac{1}{3})^3 \Rightarrow \text{مقدار اولیه}=54\,mol$$

سپس سرعت متوسط مصرف $CaCO_3$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(CaCO_3)=-\frac{\Delta n(CaCO_3)}{\Delta t}=-\frac{(2-54)mol}{6\,min}\simeq 8/67\,mol.\,min^{-1}$$

B ۱۴۶۸ ۳ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به صورت $4KNO_3\rightarrow 2K_2O+5O_2+2N_2$ است. ابتدا باید به کمک حجم گاز آزاد شده در شرایط STP، تعداد مول KNO_3 مصرفی را حساب کنیم.

$$\text{مقدار مول } KNO_3 \text{ مصرفی}=78/4\,L\,gas\times\frac{1\,mol\,gas}{22/4\,L\,gas}\times\frac{4\,mol\,KNO_3}{7\,mol\,gas}=2\,mol\,KNO_3$$

سپس مقدار مول اولیه KNO_3 و جرم آن را محاسبه می‌کنیم: KNO_3 مول اولیهٔ KNO_3 = مول باقی‌ماندهٔ KNO_3 + مول مصرف شدهٔ KNO_3 $=2+0/5=2/5\,mol$

$$KNO_3 \text{ جرم اولیهٔ } =2/5\,mol\,KNO_3\times\frac{101\,g\,KNO_3}{1\,mol\,KNO_3}=252/5\,g\,KNO_3$$

برای محاسبه سرعت واکنش برحسب $mol.L^{-1}.min^{-1}$ باید از حجم گازهای تولید شده استفاده کنیم. با توجه به اینکه مجموع ضرایب استوکیومتری گازهای تولید شده در این واکنش برابر با ۷ است، ابتدا مقدار مول گاز تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مقدار مول گاز تولید شده}=78/4\,L\,gas\times\frac{1\,mol\,gas}{22/4\,L\,gas}=3/5\,mol\,gas$$

سپس سرعت واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$R(\text{واکنش})=\frac{\Delta n(gas)}{V\times\Delta t\times \text{مجموع ضرایب}}=\frac{3/5\,mol}{2/5\,L\times(48\,s\times\frac{1\,min}{60\,s})\times 7}=0/25\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

* **توجه** دقت کنید که برای KNO_3 نمی‌توان از یکای $mol.L^{-1}.min^{-1}$ استفاده کرد، چون در دمای ثابت، غلظت KNO_3 به مقدار آن بستگی ندارد و ثابت است.

B ۱۴۶۹ ۱ هر گوی را هم‌ارز با m مول از آن ماده در نظر می‌گیریم. سرعت متوسط مصرف A در بازهٔ زمانی $t=0\,min$ تا $t=15\,min$:

$$\bar{R}(A)=\frac{-\Delta n}{\Delta t\times V}=\frac{-(9-15)\times m}{3/2\times 15}=(\frac{m}{8})\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

سرعت متوسط تولید B در بازهٔ زمانی $t=15\,min$ تا $t=40\,min$:

$$\bar{R}(B)=\frac{\Delta n}{\Delta t\times V}=\frac{(3-2)\times m}{3/2\times 25}=(\frac{m}{80})\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{m}{8}-\frac{m}{80}=45\times 10^{-3}\Rightarrow m=0/4\,mol$$

B ۱۴۷۰ ۲ در این واکنش، مقداری از اتم‌های مس وارد واکنش شده و به یون‌های Cu^{2+} تبدیل می‌شود و مقداری هم فلز نقره روی تیغه رسوب می‌کند. در نتیجه:

جرم نقرهٔ تولید شده + جرم مس مصرف شده − جرم اولیهٔ تیغه = جرم نهایی تیغه

هر قسمت را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(Ag)=1/25\,mol.\,min^{-1}\Rightarrow \text{مقدار مول } Ag \text{ تولیدی}=\bar{R}(Ag)\times\Delta t=1/25\,mol.\,min^{-1}\times 2\,min=2/5\,mol\,Ag$$

$$\text{جرم نقرهٔ تولید شده}=2/5\,mol\,Ag\times\frac{108\,g\,Ag}{1\,mol\,Ag}=270\,g\,Ag$$

$$\bar{R}(Ag)=2\bar{R}(Cu)\Rightarrow\bar{R}(Cu)=\frac{1/25}{2}\,mol.\,min^{-1}\Rightarrow \text{مقدار مول } Cu \text{ مصرفی}=\bar{R}(Cu)\times\Delta t=\frac{1/25}{2}\,mol.\,min^{-1}\times 2\,min=1/25\,mol\,Cu$$

$$\text{جرم اولیهٔ تیغه}=71\,g \Rightarrow \text{جرم اولیهٔ تیغه}=270+80-\text{جرم مس مصرف شده}=261$$

$$\text{جرم مس مصرف شده}=1/25\,mol\,Cu\times\frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu}=80\,g\,Cu$$

C ۱۴۷۱ ۳ ابتدا باید مقدار مول N_2O_5 وارد شده به سیلندر را محاسبه کنیم:

$$?\,mol\,N_2O_5 = 172/8\,g\,N_2O_5 \times \frac{1\,mol\,N_2O_5}{108\,g\,N_2O_5} = 1/6\,mol\,N_2O_5$$

سپس جدول تغییر مول مواد شرکت‌کننده در واکنش را رسم می‌کنیم:

$$2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$$

مول اولیه	1/6	0	0
تغییرات مول	$-2x$	$+4x$	$+x$
مول نهایی	$1/6-2x$	$4x$	x

با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$$\left.\begin{array}{l} \text{مجموع مول گاز تولید شده} = 4x+x=5x \\ \text{مول } N_2O_5 \text{ باقی‌مانده} = 1/6-2x \end{array}\right\} \Rightarrow 1/5 = \frac{5x}{1/6-2x} \Rightarrow x = 0/3$$

با توجه به جدول، ۱/۲ مول NO_2 در مدت زمان ۰/۸ دقیقه تولید شده است:

$$\text{مقدار مول } NO_2 \text{ تولیدی} = 4x = 4\times 0/3 = 1/2\,mol$$

$$\Delta t = 0/8\,min \times \frac{60\,s}{1\,min} = 48\,s \quad , \quad \bar{R}(NO_2) = \frac{\Delta n(NO_2)}{\Delta t} = \frac{(1/2-0)mol}{48\,s} = 2/5\times 10^{-2}\,mol.s^{-1}$$

C ۱۴۷۲ ۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش سوختن آلکان‌ها به‌صورت مقابل است:

$$C_nH_{2n+2}(g) + \left(\frac{3n+1}{2}\right)O_2(g) \rightarrow nCO_2(g) + (n+1)H_2O(g)$$

ابتدا باید تعداد مول $O_2(g)$ مصرف شده در این بازهٔ زمانی را به‌دست آوریم:

$$\text{تعداد مول } O_2 \text{ مصرفی} = \bar{R}(O_2)\times\Delta t = 2/4\times\left(8s\times\frac{1\,min}{60\,s}\right) = 0/32\,mol$$

سپس با یکی از روش‌های زیر، n را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$0/32\,mol\,O_2 \times \frac{n\,mol\,CO_2}{\left(\frac{3n+1}{2}\right)mol\,O_2} \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = 8/8\,g\,CO_2 \Rightarrow \frac{2n}{3n+1} = \frac{5}{8} \Rightarrow n = 5$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } CO_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0/32}{\left(\frac{3n+1}{2}\right)} = \frac{8/8}{44\times n} \Rightarrow n = 5$$

آلکان مورد نظر ۵ اتم کربن دارد. فرمول محاسبهٔ تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان‌ها به‌صورت $(3n+1)$ است. $\text{تعداد پیوندهای اشتراکی} = 3n+1 = 3(5)+1 = 16$

در دمای اتاق، آلکان‌های دارای ۱ تا ۴ اتم کربن به صورت گاز هستند و آلکان‌های ۵ کربنی و به بالا حالت مایع و جامد دارند.

B ۱۴۷۳ ۳ ضریب استوکیومتری هر ماده در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، متناسب با تغییرات مول آن در یک بازهٔ زمانی معین است. به طور مثال در بازهٔ زمانی ۱۰۰ - ۰ ثانیه، شمار ذره‌های A، ۲ واحد کاهش، ذره‌های B، ۴ واحد کاهش و ذره‌های C، ۴ واحد افزایش یافته‌اند؛ بنابراین ضرایب B و C برابر و دو برابر ضریب A هستند:

$$A + 2B \rightarrow 2C$$

بنابراین مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش برابر ۵ است. در لحظهٔ $t=0$ در ظرف واکنش ۱۲ ذره وجود داشته که طبق گفتهٔ سؤال، معادل با ۱/۲ مول است؛ بنابراین هر ذره معادل با ۰/۱ مول است. همچنین با توجه به شکل‌ها از لحظهٔ $t=200s$ به بعد، شمار ذرات ثابت باقی مانده است و این نشان می‌دهد که واکنش در $t=200s$ به پایان رسیده است؛ بنابراین داریم:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \bar{R}_A = -\frac{\Delta n_A}{\Delta t \times V} \Rightarrow -\frac{(1-4)\times 0/1\,mol}{\frac{200}{60}\,min \times V} = 0/03\,mol.L^{-1}.min^{-1} \Rightarrow V = 3L$$

B ۱۴۷۴ ۴ با افزایش حجم ظرف، غلظت مواد شرکت‌کننده و سرعت واکنش کاهش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:

$$A_2 + 2X_2 \rightarrow 2AX_2$$

$$\bar{R}_{(\text{واکنش})} = \frac{\bar{R}_{(A_2)}}{1} = \frac{-\Delta n_{A_2}}{V.\Delta t} = \frac{-0/05\,mol}{2L\times(30-20)s} = 2/5\times 10^{-3}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

گزینهٔ (۲): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۵ است. گزینهٔ (۳):

$$\bar{R}_{(\text{واکنش})} = \bar{R}_{(A_2)} \Rightarrow \frac{\bar{R}_{(\text{واکنش})(10-20)}}{\bar{R}_{(\text{واکنش})(20-30)}} = \frac{\bar{R}_{(A_2)(10-20)}}{\bar{R}_{(A_2)(20-30)}} = \frac{\left(\frac{-\Delta n_A}{\Delta t}\right)_{(10-20)}}{\left(\frac{-\Delta n_A}{\Delta t}\right)_{(20-30)}} = \frac{\frac{2\times 0/05}{10}}{\frac{1\times 0/05}{10}} = 2$$

C ۱۴۷۵ ۱ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. معادلهٔ واکنش نشان داده شده در شکل به‌صورت زیر است:

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: رنگ محلول مس (II) سولفات، به دلیل وجود یون‌های Cu^{2+} در آن آبی‌رنگ است و با گذشت زمان و مصرف شدن یون‌های Cu^{2+}، رنگ آبی محلول کم‌رنگ‌تر می‌شود. عبارت دوم: در این واکنش، کاتیون‌های Cu^{2+} با دریافت الکترون تبدیل به اتم فلزی Cu می‌شوند؛ به‌عبارت دیگر فلز مس از یون‌های Cu^{2+} آزاد می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$?\,g\,Cu = 0/3\,mol\,CuSO_4 \times \frac{1\,mol\,Cu^{2+}}{1\,mol\,CuSO_4} \times \frac{1\,mol\,Cu}{1\,mol\,Cu^{2+}} \times \frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu} = 19/2\,g\,Cu$$

عبارت سوم: با توجه به شکل داده شده، در مدت زمان ۲ ساعت (یعنی ۱۲۰ دقیقه) محلول بی‌رنگ شده و واکنش به اتمام رسیده است، پس سرعت واکنش برابر است با: (حواستان باشد که سرعت واکنش با سرعت متوسط مواد شرکت‌کننده که ضریب استوکیومتری آن‌ها برابر یک است، مساوی می‌باشد.)

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\bar{R}(CuSO_4)=-\frac{\Delta n(CuSO_4)}{\Delta t}=-\frac{-0/3\ mol}{120\ min}=2/5\times10^{-3}\ mol.min^{-1}$$

عبارت چهارم: با توجه به اینکه در ظرف این واکنش، گونه‌های اکسنده (Cu^{2+}) و کاهنده (Zn) در یک مکان و در تماس مستقیم با یکدیگر هستند، این مجموعه نمی‌تواند یک نیم‌سلول باشد و یا یک سلول گالوانی باشد. عبارت پنجم: با توجه به برابر بودن ضرایب استوکیومتری گونهٔ کاهنده (اتم‌های Zn) و گونهٔ اکسنده (یون‌های Cu^{2+})، سرعت مصرف یون‌های فلزی با سرعت مصرف اتم‌های فلزی برابر است.

۱۴۷۶ ۴ قسمت اول: معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش $2C+2H_2O\rightarrow CH_4+CO_2$ است. فرض کنیم که x مول CH_4 در این واکنش تولید شده است. در این صورت با توجه به ضرایب استوکیومتری، $2x$ مول کربن در این واکنش مصرف شده است و تعداد مول کربن باقی‌مانده برابر با $5-2x$ می‌شود.

$$\text{جرم } CH_4 \text{ تولیدی}=x\ mol\ CH_4\times\frac{16g\ CH_4}{1\ mol\ CH_4}=16x\ g\ CH_4 \qquad \text{جرم } C \text{ باقی‌مانده}=(5-2x)mol\ C\times\frac{12g\ C}{1\ mol\ C}=60-24x\ g\ C$$

$$\text{جرم متان تولید شده} - \text{جرم کربن باقی‌مانده}=40g\Rightarrow(60-24x)-16x=40\Rightarrow x=0/5$$

مقدار مول متان تولید شده در این واکنش برابر با ۰/۵ است. اکنون به کمک آن سرعت متوسط مصرف H_2O را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مقدار مول } H_2O \text{ مصرفی}=0/5mol\ CH_4\times\frac{2mol\ H_2O}{1\ mol\ CH_4}=1\ mol\ H_2O$$

$$\Delta t(min)=96s\times\frac{1\ min}{60s}=1/6\ min \quad , \quad \bar{R}(H_2O)=\frac{-\Delta n(H_2O)}{\Delta t.V}=\frac{-(0-1)\ mol}{1/6\ min\times1/25L}=0/5mol.min^{-1}.L^{-1}$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش سوختن کامل متان به‌صورت مقابل است. $CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)$

$$?\ L\ O_2=0/5mol\ CH_4\times\frac{2mol\ O_2}{1\ mol\ CH_4}\times\frac{22/4L\ O_2}{1\ mol\ O_2}=22/4L\ O_2$$

۱۴۷۷ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ این دو واکنش به‌صورت زیر است:

$$I)\ Al_2(SO_4)_3(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+3SO_3(g) \qquad II)\ 2Al(s)+Fe_2O_3(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+2Fe(l)$$

با توجه به عبارت‌ها، بهتر است ابتدا سرعت متوسط تولید Al_2O_3 را در دو واکنش برحسب مول بر دقیقه محاسبه کنیم: $\Delta t=180s=3\ min$

$$\text{در واکنش (I)}:\bar{R}(Al_2O_3)=\frac{\Delta n(Al_2O_3)}{\Delta t}=\frac{3/2mol}{3\ min}=\frac{3/2}{3}\ mol.min^{-1}$$

با توجه به اینکه سرعت متوسط تولید Al_2O_3 در واکنش (II) سه برابر واکنش (I) است؛ خواهیم داشت:

$$\text{در واکنش (II)}:\bar{R}(Al_2O_3)=3\times\frac{3/2}{3}=3/2\ mol.min^{-1}$$

سپس به بررسی هر کدام از عبارت‌ها می‌پردازیم: عبارت اول: با توجه به یکسان بودن ضرایب Al_2O_3 و Fe_2O_3 در واکنش (II)، در این واکنش، سرعت متوسط مصرف Fe_2O_3 با سرعت متوسط تولید Al_2O_3 برابر است: $\bar{R}(Fe_2O_3)=\bar{R}(Al_2O_3)=3/2mol.min^{-1}$

$$?\ mol\ Fe_2O_3=1/5\ min\times\frac{3/2mol\ Fe_2O_3}{1\ min}=4/8\ mol\ Fe_2O_3$$

عبارت دوم: سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده متناسب با ضریب استوکیومتری آن ماده در واکنش شیمیایی است؛ بنابراین:

$$\text{در واکنش (I)}:\frac{\bar{R}(SO_3)}{\bar{R}(Al_2O_3)}=\frac{3}{1}\Rightarrow\bar{R}(SO_3)=3\bar{R}(Al_2O_3)=3\times\frac{3/2}{3}=3/2mol.min^{-1}$$

عبارت سوم: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش (I)، به ازای تولید ۳/۲ مول Al_2O_3، مقدار ۳/۲ مول $Al_2(SO_4)_3$ مصرف شده است. از آنجا که ۰/۸ مول $Al_2(SO_4)_3$ هم‌چنان به‌صورت واکنش نداده باقی‌مانده است، پس مقدار اولیهٔ $Al_2(SO_4)_3$ برابر $4\ mol\ (3/2+0/8)$ است. اکنون جرم این ماده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ g\ Al_2(SO_4)_3=4mol\ Al_2(SO_4)_3\times\frac{342g\ Al_2(SO_4)_3}{1\ mol\ Al_2(SO_4)_3}=1368g=1/368kg\ Al_2(SO_4)_3$$

عبارت چهارم:

$$\text{در واکنش (II)}:\bar{R}(Al)=2\times\bar{R}(Al_2O_3)=2\times3/2=6/4\ mol.min^{-1}$$

$$\text{در واکنش (I)}:\bar{R}(Al_2(SO_4)_3)=\bar{R}(Al_2O_3)=\frac{3/2}{3}\ mol.min^{-1}\Rightarrow\frac{\text{سرعت متوسط Al در واکنش (II)}}{\text{سرعت متوسط } Al_2(SO_4)_3 \text{ در واکنش (I)}}=\frac{6/4}{\frac{3/2}{3}}=6$$

B ۱۴۷۸ **۳** مقدار مول مواد شرکت‌کننده در این واکنش به صورت زیر است:

با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$$

مول اولیه	۲	۰	۰
تغییر مول	$-2x$	$+4x$	$+x$
مول در ۲۰ ثانیه	$2-2x$	$4x$	x

قسمت اول:

$$4x=2 \Rightarrow x=0/5\,mol$$

با استفاده از سرعت تشکیل گاز O_2، می‌توان حجم ظرف واکنش را به دست آورد:

$$\bar{R}(O_2)=\frac{\Delta n(O_2)}{V.\Delta t} \Rightarrow 0/6=\frac{0/5\,mol}{V\times\frac{20}{60}\,min} \Rightarrow V=2/5\,L$$

قسمت دوم:

$$\text{مجموع شمار مول‌های گازی}=(2-2x)+4x+x=2+3x=2+3(0/5)=3/5\,mol$$

$$t=20\,s \text{ مجموع غلظت مولی گازها در}=\frac{\text{مجموع شمار مول‌ها}}{V(L)}=\frac{3/5\,mol}{2/5\,L}=1/4\,mol.L^{-1}$$

C ۱۴۷۹ **۱** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت زیر است:

$$8NH_3+3Cl_2 \rightarrow 6NH_4Cl+N_2$$

$$NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow 6NH_4Cl + N_2$$

مول اولیه	۳۰	۱۰	۰	۰
تغییرات مول	$-8x$	$-3x$	$+6x$	$+x$
مول نهایی $(t=20\,s)$	$30-8x$	$10-3x$	$6x$	x

ابتدا تغییرات مول مواد شرکت‌کننده در واکنش تا ثانیهٔ ۲۰ را حساب کرده و مقدار مول هر یک از شرکت‌کننده‌ها را برحسب x به‌دست می‌آوریم:

در پایان ثانیهٔ ۲۰، مقدار مول گاز کلر، دو برابر مقدار مول گاز نیتروژن است، بنابراین:

$$\frac{\text{مول } Cl_2}{\text{مول } N_2}=\frac{10-3x}{x}=2 \Rightarrow x=2$$

$$NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow 6NH_4Cl + N_2$$

مول اولیه	۳۰	۱۰	۰	۰
تغییرات مول	$-8y$	$-3y$	$+6y$	$+y$
مول نهایی $(t=30\,s)$	$30-8y$	$10-3y$	$6y$	y

حال تغییرات مول مواد شرکت‌کننده در واکنش تا ثانیهٔ ۳۰ را حساب کرده و مقدار مول هر یک از شرکت‌کننده‌ها را برحسب y به‌دست می‌آوریم:

در پایان ثانیهٔ ۳۰، مقدار مول گاز آمونیاک، چهار برابر مقدار مول گاز کلر است؛ بنابراین:

$$\frac{\text{مول } NH_3}{\text{مول } Cl_2}=\frac{30-8y}{10-3y}=4 \Rightarrow y=2/5$$

مقدار مول NH_4Cl در ثانیهٔ ۲۰ برابر $6x=6\times2=12\,mol$ و مقدار مول آن در ثانیهٔ ۳۰ برابر $6y=6\times2/5=15\,mol$ است، پس سرعت متوسط تولید آن در ثانیهٔ سوم (یعنی ۲۰s تا ۳۰s) برابر است با:

$$\bar{R}(NH_4Cl)=\frac{\Delta n(NH_4Cl)}{\Delta t}=\frac{3\,mol}{\frac{10}{60}\,min}=18\,mol.\,min^{-1} \qquad \Delta n(NH_4Cl)=15-12=3\,mol \qquad \Delta t=30-20=10\,s=\frac{10}{60}\,min$$

C ۱۴۸۰ **۱** قسمت اول: ابتدا باید تعداد مول NH_3 مصرفی را محاسبه کنیم تا به حجم مولی گازها در شرایط این واکنش برسیم:

$$R(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(NH_3)}{2} \Rightarrow \bar{R}(NH_3)=2\times R(\text{واکنش})=2\times1/8\,mol.\,min^{-1}=3/6\,mol.\,min^{-1}$$

$$\text{تعداد مول } NH_3 \text{ مصرفی}=\bar{R}(NH_3)\times\Delta t=3/6\times(40\,s\times\frac{1\,min}{60\,s})=2/4\,mol\,NH_3 \text{ ، حجم مولی گازها در واکنش}=\frac{\text{حجم } NH_3}{\text{مول } NH_3}=\frac{38/4\,L}{2/4\,mol}=16\,L.mol^{-1}$$

سپس به کمک رابطهٔ $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ فشاری که در آن واکنش انجام می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1\times22/4}{273}=\frac{P_2\times16}{(39+273)} \Rightarrow P=1/6\,atm$$

قسمت دوم: باید تعداد مول فراورده‌ها را محاسبه کنیم:

$$?\,mol(H_2,N_2H_4)=5/184\times10^{24}\,atom\,H\times\frac{1\,mol\,atom\,H}{6\times10^{23}\,atom\,H}\times\frac{1\,mol(H_2,N_2H_4)}{6\,mol\,atom\,H}=1/44\,mol(H_2,N_2H_4)$$

$$\bar{R}=\frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 1/8=\frac{1/44}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t=0/8\,min=48\,s$$

C ۱۴۸۱ **۴** همهٔ موارد درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $MnO_2(s)+4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq)+Cl_2(g)+2H_2O(l)$

بررسی موارد: مورد اول: از آنجا که واکنش به طور کامل انجام می‌شود، پس تمام MnO_2 و HCl موجود مصرف می‌شود؛ بنابراین ابتدا جرم HCl موجود در محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,HCl=17/4\,g\,MnO_2\times\frac{1\,mol\,MnO_2}{87\,g\,MnO_2}\times\frac{4\,mol\,HCl}{1\,mol\,MnO_2}\times\frac{36/5\,g\,HCl}{1\,mol\,HCl}=29/2\,g\,HCl$$

سپس غلظت آن را برحسب $g.mL^{-1}$ به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت اسید}=\frac{m(HCl)}{V_{\text{محلول}}}=\frac{29/2\,g}{400\,mL}=0/073\,g.mL^{-1}$$

مورد دوم: ابتدا حجم Cl_2 تولیدی را برحسب لیتر به دست می‌آوریم: $?\,L\,Cl_2 = ۱۷/۴\,g\,MnO_2 \times \frac{۱\,mol\,MnO_2}{۸۷\,g\,MnO_2} \times \frac{۱\,mol\,Cl_2}{۱\,mol\,MnO_2} \times \frac{۲۲/۴\,L\,Cl_2}{۱\,mol\,Cl_2} = ۴/۴۸\,L\,Cl_2$

سپس سرعت متوسط تولید Cl_2 را محاسبه می‌کنیم: $\bar{R}(Cl_2) = \frac{\Delta n(Cl_2)}{\Delta t} = \frac{۴/۴۸\,L}{۳\,min} \simeq ۱/۴۹\,L.min^{-۱}$

مورد سوم: سرعت متوسط تولید یا مصرف هر ماده از رابطهٔ $\bar{R}(\text{ماده}) = \frac{|\Delta n|}{\Delta t}$ محاسبه می‌شود و می‌دانیم که تغییرات مول هر ماده با ضریب استوکیومتری آن ماده در واکنش، رابطهٔ مستقیم دارد؛ بنابراین:

$$\frac{\bar{R}(MnO_2)}{\bar{R}(H_2O)} = \frac{\frac{|\Delta n(MnO_2)|}{\Delta t(MnO_2)}}{\frac{|\Delta n(H_2O)|}{\Delta t(H_2O)}} = \frac{|\Delta n(MnO_2)|}{|\Delta n(H_2O)|} \times \frac{\Delta t(H_2O)}{\Delta t(MnO_2)} = \frac{\text{ضریب استوکیومتری } MnO_2}{\text{ضریب استوکیومتری } H_2O} \times \frac{\Delta t(H_2O)}{\Delta t(MnO_2)} = \frac{۱}{۲} \times \frac{۶۰\,s}{۱\,min} = ۳۰$$

مورد چهارم: مطابق مورد اول با انجام واکنش به طور کامل، ۲۹/۲ گرم HCl مصرف می‌شود؛ بنابراین در ۱/۵ دقیقهٔ اول، با مصرف ۶۰٪ از MnO_2 ، ۶۰٪ از جرم HCl نهایی تولید می‌شود:

$$\text{جرم } HCl \text{ تولیدی ۱/۵ دقیقهٔ نخست} = ۲۹/۲\,g\,HCl \times \frac{۱\,mol\,HCl}{۳۶/۵\,g\,HCl} \times \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۰/۴۸\,mol\,HCl$$

پس سرعت متوسط مصرف HCl در ۱/۵ دقیقهٔ نخست برابر است با: $\bar{R}(Cl_2) = \frac{\Delta n(HCl)}{\Delta t} = \frac{۰/۴۸\,mol}{۱/۵\,min} = ۰/۳۲\,mol.min^{-۱}$

C ۱۴۸۲ ۱ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم: $۲N_2O_5 \rightarrow ۴NO_2(g) + O_2(g)$

مقدار گازهای موجود در ظرف برحسب مول بعد از گذشت دو دقیقه برابر است با: $۷۸/۴\,L\,gas \times \frac{۱\,mol\,gas}{۲۲/۴\,L\,gas} = ۳/۵\,mol\,gas$

با توجه به ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها، اگر x مول اکسیژن تولید شود، ۴x مول گاز NO_2 تولید می‌شود. مقدار مول گاز N_2O_5 باقی‌مانده در ظرف پس از ۲ دقیقه را برابر y در نظر می‌گیریم و خواهیم داشت:

$$\text{مجموع مول گازها در دقیقهٔ ۲} = y + ۴x + x = ۳/۵ \Rightarrow y + ۵x = ۳/۵ \quad (I)$$

اکنون جرم هر یک از گازهای موجود در ظرف بعد از دو دقیقه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم گاز } N_2O_5 : y\,mol\,N_2O_5 \times \frac{۱۰۸\,g\,N_2O_5}{۱\,mol\,N_2O_5} = ۱۸۰y\,g\,N_2O_5$$

$$\text{جرم گاز } NO_2 : ۴x\,mol\,NO_2 \times \frac{۴۶\,g\,NO_2}{۱\,mol\,NO_2} = ۱۸۴x\,g\,NO_2 \qquad \text{جرم گاز } O_2 : x\,mol\,O_2 \times \frac{۳۲\,g\,O_2}{۱\,mol\,O_2} = ۳۲x\,g\,O_2$$

از آنجایی که نصف جرم مواد موجود در ظرف متعلق به فراورده‌ها است. در نتیجه جرم واکنش‌دهنده و مجموع جرم فراورده‌ها با هم برابر است:

$$۱۰۸y = ۱۸۴x + ۳۲x \Rightarrow ۱۰۸y = ۲۱۶x \Rightarrow y = ۲x \quad (II)$$

با توجه به رابطهٔ (I) و (II) داریم: $y + ۵x = ۳/۵ ,\ y = ۲x \Rightarrow ۲x + ۵x = ۳/۵ \Rightarrow x = ۰/۵$

پس مقدار گاز اکسیژن بعد از دو دقیقه برابر ۰/۵ مول است. از آنجایی که ضریب استوکیومتری گاز اکسیژن در واکنش برابر ۱ می‌باشد، سرعت واکنش با سرعت متوسط تولید O_2 برابر است:

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(O_2) = \frac{۰/۵\,mol}{۲\,min} = ۰/۲۵\,mol.min^{-۱}$$

C ۱۴۸۳ ۱ فرض می‌کنیم که در ۱۲ ثانیهٔ اول این واکنش، x مول N_2O_5 مصرف شده است.

$$\bar{R}(t=۱۲s - t=۲۴s) = ۰/۴\bar{R}(t=۰ - t=۱۲s)$$

در نتیجه داریم:

$$\bar{R}(t=۲۴s - t=۳۶s) = ۰/۴\bar{R}(t=۱۲ - t=۲۴s)$$

$t=۰s$ تا $t=۱۲s$ مقدار مول N_2O_5 مصرف شده در $= x\,mol$

$t=۱۲s$ تا $t=۲۴s$ مقدار مول N_2O_5 مصرف شده در $= ۰/۴x\,mol$

$t=۲۴s$ تا $t=۳۶s$ مقدار مول N_2O_5 مصرف شده در $= ۰/۱۶x\,mol$

$t=۰s$ تا $t=۳۶s$ مقدار مول N_2O_5 مصرف شده در $= x + ۰/۴x + ۰/۱۶x = ۱/۵۶x\,mol$

تعداد مول N_2O_5 باقی‌مانده در ظرف در ثانیهٔ ۳۶ $= ۲۲/۸ - ۱/۵۶x$

تعداد مول فراورده‌های تولید شده در این واکنش برابر است با:

$$?\,mol\,NO_2 = ۱/۵۶x\,mol\,N_2O_5 \times \frac{۴\,mol\,NO_2}{۲\,mol\,N_2O_5} = ۳/۱۲x\,mol\,NO_2$$

$$?\,mol\,O_2 = ۱/۵۶x\,mol\,N_2O_5 \times \frac{۱\,mol\,O_2}{۲\,mol\,N_2O_5} = ۰/۷۸x\,mol\,O_2$$

پس مجموع تعداد مول فراورده‌های تولید شده، برابر است با: $mol\,O_2 + mol\,NO_2 = ۳/۱۲x + ۰/۷۸x = ۳/۹x\,mol$

$$\frac{\text{حجم فراورده‌های تولید شده}}{\text{حجم } N_2O_5 \text{ باقی‌مانده}} = ۱/۳ \Rightarrow \frac{۳/۹x}{۲۲/۸ - ۱/۵۶x} = ۱/۳ \Rightarrow x = ۵$$

تعداد مول N_2O_5 مصرف شده در بازهٔ زمانی $t=۰$ تا $t=۲۴s$ برابر است با: $x + ۰/۴x = ۱/۴x \xrightarrow{x=۵} \text{مول } N_2O_5 \text{ مصرفی} = ۱/۴ \times (۵) = ۷mol$

$$\bar{R}(\text{مصرف گرما}) = \frac{۳۷۸\,kJ}{۲۴s} = ۱۵/۷۵\,kJ.s^{-۱}$$

$$?\,kJ \text{ گرما} = ۷mol\,N_2O_5 \times \frac{۱۰۸\,kJ}{۲\,mol\,N_2O_5} = ۳۷۸\,kJ$$

C ۱۴۸۴ ۳ قسمت اول: معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$ است. برای حل این سؤال باید ۱) جرم NH_3 تجزیه شده و ۲) جرم اولیهٔ NH_3 را به‌دست آوریم. با توجه به قانون پایستگی جرم، جرم NH_3 تجزیه شده برابر با مجموع جرم N_2 و H_2 تولید شده و جرم اولیهٔ NH_3 برابر با مجموع جرم گازهای ظرف در پایان واکنش است.

$$\bar{R}(N_2)=\bar{R}(\text{واکنش})=2/5\times10^{-2} \Rightarrow \Delta n(N_2)=\bar{R}(N_2)\times V\times\Delta t=2/5\times10^{-2}\times4/8\times6=0/72\,mol$$

$$?\,g\,N_2=0/72\,mol\,N_2\times\frac{28\,g\,N_2}{1\,mol\,N_2}=20/16\,g\,N_2$$

$$\bar{R}(H_2)=3\bar{R}(\text{واکنش})=3\times2/5\times10^{-2}=7/5\times10^{-2}\,mol.min^{-1}.L^{-1} \Rightarrow \Delta n(H_2)=\bar{R}(H_2)\times V\times\Delta t=3\times2/5\times10^{-2}\times4/8\times6=2/16\,mol$$

$$?\,g\,H_2=2/16\,mol\,H_2\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=4/32\,g\,H_2$$

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{جرم } NH_3 \text{ تجزیه شده}}{\text{جرم اولیهٔ } NH_3}\times100=\frac{4/32+20/16}{32/64}\times100=\%75$$

قسمت دوم: فرض می‌کنیم که در این واکنش x مول N_2 و 3x مول H_2 تولید و 2x مول NH_3 مصرف می‌شود.

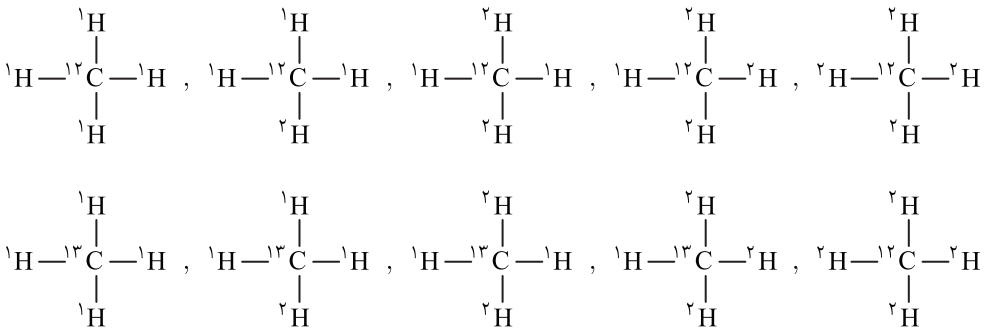
$$?\,g\,N_2=x\,mol\,N_2\times\frac{28\,g\,N_2}{1\,mol\,N_2}=28x\,g\,N_2 \qquad ?\,g\,H_2=3x\,mol\,H_2\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=6x\,g\,H_2$$

$$?\,g\,NH_3=\text{مقدار اولیه}-\text{مقدار } NH_3 \text{ مصرف‌شده}=32/64-(2x\times17)=32/64-34x\,g\,NH_3$$

$$\text{درصد جرمی } NH_3=\frac{32/64-34x}{(32/64-34x)+28x+6x}\times100=33/3 \Rightarrow x=0/64$$

بنابراین در اثر تجزیهٔ $1/28\,mol$ $(2\times0/64)$ مول NH_3 به این درصد از NH_3 در مخلوط واکنش می‌رسیم.

C ۱۴۸۵ ۴ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): فرمول مولکولی متان، CH_4 بوده و ۱۰ نوع مولکول با ایزوتوپ‌های پایدار هیدروژن (^1H و ^2H) و ایزوتوپ‌های کربن (^{12}C، ^{13}C و ^{14}C) می‌توان ساخت:



از این ۱۰ نوع مولکول، ۲ مولکول $^{12}C^1H_2^2H_2$ و $^{13}C^1H_3^2H$ دارای جرم ۱۸amu هستند که ۲۰٪ مولکول‌ها را تشکیل می‌دهند. پرسش (ب): مقدار مول متان (CH_4) را x و مقدار مول پروپن (C_3H_6) را y فرض می‌کنیم:

$$\text{جرم مخلوط}=[x\,mol\,CH_4\times\frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}]+[y\,mol\,C_3H_6\times\frac{42\,g\,C_3H_6}{1\,mol\,C_3H_6}]=38\,g \Rightarrow 16x+42y=36 \quad (I)$$

$$?\,atom\,H=[(x\,mol\,CH_4\times\frac{4\,mol\,H}{1\,mol\,CH_4})+(y\,mol\,C_3H_6\times\frac{6\,mol\,H}{1\,mol\,C_3H_6})]\times\frac{6/02\times10^{23}\,atom\,H}{1\,mol\,H}=3/62\times10^{24}\,atom\,H \Rightarrow 4x+6y=6 \quad (II)$$

اکنون با حل دستگاه دو معادله ـ دو مجهول مقابل، x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$16x+42y=38,\ 4x+6y=6 \Rightarrow x=\frac{1}{3},\ y=\frac{7}{9}$$

درصد جرمی متان در مخلوط برابر است با:

$$\%CH_4=\frac{5/3}{38\,g}\times100\simeq\%14/03 \qquad ?\,g\,CH_4=\frac{1}{3}\,mol\,CH_4\times\frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}\simeq5/3\,g\,CH_4$$

پرسش (پ): با توجه به سرعت تولید گرما در بازه‌های دو دقیقه‌ای از ابتدا تا انتهای واکنش، مقدار کل گرمای تولیدی که معادل مقدار نظری گرماست را حساب می‌کنیم:

$$?\,kJ\,(\text{مقدار عملی})=(101/4\,kJ.min^{-1}\times2\,min)+(78\,kJ.min^{-1}\times2\,min)+(62/4\,kJ.min^{-1}\times2\,min)+(54/6\,kJ.min^{-1}\times2\,min)$$

$$=592/8\,kJ(\text{مقدار عملی})$$

حال مقدار گرمای حاصل از سوختن گاز اتان را به دست می‌آوریم که همان مقدار نظری است:

$$?\,kJ(\text{مقدار نظری})=15\,g\,C_2H\times\frac{1\,mol\,C_2H_6}{30\,g\,C_2H}\times\frac{1560\,kJ}{1\,mol\,C_2H_6}=780\,kJ(\text{مقدار نظری})$$

اکنون بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100=\frac{592/8\,kJ}{780\,kJ}\times100=\%76$$

C ۱۴۸۶ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:

$$4NH_3(g)+5O_2(g)\rightarrow 4NO(g)+6H_2O(g)$$

با توجه به اینکه واکنش در ظرف سربسته انجام شده است. می‌توان گفت که قانون گازها دربارهٔ آن برقرار است در نتیجه:

$$\frac{P_2}{P_1}=\frac{n_2}{n_1}\xrightarrow{P_2=\frac{100+8}{100}P_1}\frac{n_2}{n_1}=1/08\xrightarrow{n_1=2+2/5=4/5mol}n_2=4/86mol$$

دقت کنید که منظور از n، مجموع مول‌های تمام اجزای گازی است. حال با توجه به جدول تغییرات مول مواد داریم:

$$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$$

مول اولیه	۲	۲/۵	۰	۰
تغییرات مول	$-4x$	$-5x$	$+4x$	$+6x$
مول نهایی	$2-4x$	$2/5-5x$	$4x$	$6x$

با توجه به اینکه تمامی اجزای واکنش به حالت گازی هستند. مقدار n_2، برابر مجموع مول نهایی هر چهار ماده است، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$(2-4x)+(2/5-5x)+4x+6x=4/86\Rightarrow 4/5+x=4/86\Rightarrow x=0/36$$

در ادامه سرعت متوسط مصرف O_2 و تولید H_2O را برحسب $g.min^{-1}$ محاسبه کرده و تفاوت آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(O_2)=\frac{32\times(5\times 0/36)}{18}=3/2g.min^{-1},\ \bar{R}(H_2O)=\frac{18\times(6\times 0/36)}{18}=2/16g.min^{-1}\Rightarrow \bar{R}(O_2)-\bar{R}(H_2O)=3/2-2/16=1/04g.min$$

برای محاسبهٔ قسمت دوم می‌توان مقادیر نظری و عملی یکی از اجزا مثل آب را بررسی کرد: H_2O (نظری)

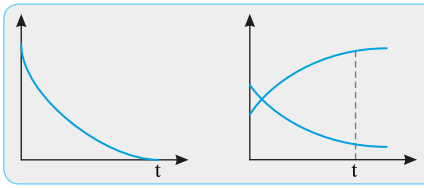
$$H_2O\ (\text{مقدار نظری})=2mol\ NH_3\times\frac{6mol\ H_2O}{4mol\ NH_3}=3mol\ H_2O$$

$$H\ (\text{مقدار عملی})=6x=6\times 0/36=2/16mol$$

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times 100\ \frac{2/16}{3}\times 100=\%72$$

B ۱۴۸۷ ۱

نکته‌ترکیبی به‌طور کلی، یک واکنش شیمیایی زمانی به پایان می‌رسد که مقدار مول یا غلظت یکی از واکنش‌دهنده‌ها به صفر برسد یا مقدار مول یا غلظت یا حجم یک شرکت‌کننده در واکنش ثابت بماند و تغییر نکند و نمودار آن به صورت خط افقی در آید.



معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $2B_2O_3+3C+6Cl_2\rightarrow 4BCl_3+3CO_2$ است. این نمودار مربوط به یکی از واکنش‌دهنده‌هاست. سرعت متوسط مصرف این ماده را در بازهٔ زمانی $t=5$ تا $t=12$ محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(x)=\frac{-\Delta n(x)}{\Delta t}=\frac{-(1/4-2/1)}{12-5}=0/1\ mol.min^{-1}\quad,\quad\frac{0/1}{0/033}\simeq 3$$

$$R(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(x)}{\text{ضریب استوکیومتری}}\Rightarrow 0/033=\frac{0/1}{\text{ضریب استوکیومتری}}\Rightarrow \text{ضریب استوکیومتری}=3$$

سرعت متوسط مصرف این ترکیب، ۳ برابر سرعت واکنش است، بنابراین این نمودار مربوط به یک واکنش‌دهنده با ضریب استوکیومتری ۳ است که $C(s)$ می‌باشد.

B ۱۴۸۸ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. نمودار a مربوط به مالتوز و نمودار b مربوط به گلوکز است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف):

$$\bar{R}(\text{گلوکز})=\frac{\Delta[C_6H_{12}O_6]}{\Delta t}=\frac{(0/03-0)mol.L^{-1}}{7\ min\times\frac{60s}{1min}}\simeq 7\times 10^{-5}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

عبارت (ب): با دقت به نمودار a درمی‌یابیم که غلظت مالتوز از ۰/۱ مولار در ابتدای واکنش به ۰/۰۸ مولار می‌رسد. در نتیجه:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار واکنش‌دهندهٔ مصرفی}}{\text{مقدار واکنش‌دهندهٔ اولیه}}\times 100=\frac{0/02}{0/1}\times 100=\%20$$

عبارت (پ): در سه دقیقهٔ ابتدایی واکنش، ۰/۰۱ مولار از غلظت مالتوز کم می‌شود و غلظت مولی آن به ۰/۰۹ مولار می‌رسد.

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 0/09=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{5}\Rightarrow \text{مول حل‌شونده (مالتوز)}=0/45mol$$

$$?g\ C_{12}H_{22}O_{11}=0/45mol\ C_{12}H_{22}O_{11}\times\frac{342g\ C_{12}H_{22}O_{11}}{1mol\ C_{12}H_{22}O_{11}}=153/9g\ C_{12}H_{22}O_{11}$$

عبارت (ت): با توجه به نمودار، غلظت گلوکز به $0/04mol.L^{-1}$ می‌رسد.

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 0/04=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{7/5}\Rightarrow \text{مول حل‌شونده (گلوکز)}=0/3mol$$

معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز به‌صورت $C_6H_{12}O_6\rightarrow 2CO_2+2C_2H_5OH$ است.

$$?L\ CO_2=0/3mol\ C_6H_{12}O_6\times\frac{2mol\ CO_2}{1mol\ C_6H_{12}O_6}\times\frac{22/4L\ CO_2}{1mol\ CO_2}=13/44L\ CO_2$$

B ۱۴۸۹ ۴ معادله موازنه‌شدهٔ واکنش سوختن اتانول به‌صورت $C_2H_5OH(l)+3O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(l)$ است. ابتدا سرعت متوسط تولید CO_2 در بازهٔ زمانی $t=3s$ تا $t=7s$ را به کمک نمودار محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(O_2)=\frac{-\Delta[O_2]}{\Delta t}=\frac{-(2/9-5/3)}{7-3}=0/6\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}(O_2)}{3}=\frac{\bar{R}(CO_2)}{2}\Rightarrow\bar{R}(CO_2)=\frac{2}{3}\times\bar{R}(O_2)=\frac{2}{3}\times 0/6\,mol.L^{-1}.s^{-1}=0/4\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

سپس سرعت متوسط مصرف O_2 در بازهٔ زمانی $t=5s$ تا $t=7s$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(O_2)=\frac{-\Delta[O_2]}{\Delta t}=\frac{-(2/9-3/9)}{7-5}=0/5\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

اکنون نسبت خواسته شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{نسبت نهایی}=\frac{0/4}{0/5}=0/8$$

B ۱۴۹۰ ۳ با توجه به نمودار داده شده ۰/۵ مول از واکنش‌دهندهٔ NaN_3 مصرف شده است. بنابراین تغییرات مول N_2 برابر است با:

$$\Delta n(N_2)=0/5\,mol\,NaN_3\times\frac{3\,mol\,N_2}{2\,mol\,NaN_3}=0/75\,mol\,N_2$$

اکنون سرعت تولید N_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(N_2)=\frac{\Delta n(N_2)}{V\times\Delta t}\Rightarrow 15=\frac{0/75\,mol}{V(L)\times 0/005\,min}\Rightarrow V=10\,L$$

$$\Delta t(min)=0/30\,s\times\frac{1\,min}{60\,s}=0/005\,min$$

B ۱۴۹۱ ۲ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $4NH_3(g)+3O_2(g)\rightarrow 2N_2(g)+6H_2O(g)$ است. ابتدا باید تعداد مول NH_3 مصرف شده را با کمک سرعت متوسط واکنش محاسبه کنیم:

$$\bar{R}(NH_3)=4R(\text{واکنش})=4\times 1/25\times 10^{-2}=5\times 10^{-2}\,mol.\,min^{-1}$$

$$\Delta n(NH_3)=\bar{R}(NH_3)\times\Delta t=5\times 10^{-2}\times(48\,s\times\frac{1\,min}{60\,s})=0/04\,mol\,NH_3$$

سپس حجم NH_3 مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{حجم }NH_3\text{ مصرفی در شرایط واکنش}=4\times 10^{-2}\,mol\,NH_3\times\frac{22/4\,L\,NH_3}{1\,mol\,NH_3}\times\frac{1000\,mL\,NH_3}{1\,L\,NH_3}=896\,mL$$

$$\text{حجم }NH_3\text{ مصرفی در شرایط واکنش}=V_{t=0\,s}-V_{t=48\,s}\Rightarrow 896=2020-V_{t=48\,s}\Rightarrow V_{t=48\,s}=1124\,mL$$

B ۱۴۹۲ ۱ پایان واکنش لحظه‌ای است که مقدار $KClO_3$ به صفر برسد، بنابراین خواهیم داشت:

$$\bar{R}(KClO_3)=\frac{|\Delta n(KClO_3)|}{\Delta t}\Rightarrow 0/1\,mol.s^{-1}=\frac{(0-1)\,mol}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=10\,s$$

در مدت ۱۰ ثانیه از واکنش، یک مول $KClO_3$ به‌طور کامل تجزیه شده است. اکنون غلظت مولار O_2 تولیدی را در انتهای واکنش (یعنی در ثانیهٔ ۱۰) به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,O_2=1\,mol\,KClO_3\times\frac{3\,mol\,O_2}{2\,mol\,KClO_3}=1/5\,mol\,O_2\Rightarrow[O_2]_{t=10\,s}=\frac{n}{V}=\frac{1/5\,mol}{5\,L}=0/3\,mol.L^{-1}$$

در مدت ۱۰ ثانیه، غلظت O_2 از صفر به $0/3\,mol.L^{-1}$ رسیده است؛ بنابراین نمودار گزینهٔ (۱) درست است.

C ۱۴۹۳ ۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش:

$$Al_2(SO_4)_3(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+3SO_3(g)$$

$$\text{مول }SO_3\text{ تولیدی}=50400\,mL\,SO_3\times\frac{1\,mol\,SO_3}{22400\,mL\,SO_3}=2/25\,mol\,SO_3$$

$$\bar{R}(SO_3)=\frac{\Delta n(SO_3)}{\Delta t}=\frac{(2/25-0)\,mol}{30\,s}=7/5\times 10^{-2}\,mol.s^{-1}$$

$$R(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(SO_3)}{3}=\frac{7/5\times 10^{-2}\,mol.s^{-1}}{3}=2/5\times 10^{-2}\,mol.s^{-1}$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری حجم گاز SO_3 را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mL\,SO_3(\text{مقدار نظری})=427/5\,g\,Al_2(SO_4)_3\times\frac{1\,mol\,Al_2(SO_4)_3}{342\,g\,Al_2(SO_4)_3}\times\frac{3\,mol\,SO_3}{1\,mol\,Al_2(SO_4)_3}\times\frac{22400\,mL\,SO_3}{1\,mol\,SO_3}=84000\,mL\,SO_3$$

سپس بازده درصدی واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{بازده درصدی واکنش}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times 100=\frac{50400\,mL}{84000\,mL}\times 100=\%60$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }Al_2(SO_4)_3\text{ ناخالص}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{میلی‌لیتر }SO_3\,(STP)}{\text{ضریب}\times 22400}\Rightarrow\frac{427/5\times\frac{R}{100}}{1\times 342}=\frac{50400}{3\times 22400}\Rightarrow R=\%60$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۵۰۴۰۰\times۳۴۲\times۱۰۰}{۲۲۴۰۰\times۴۲۷/۵\times۳}=?\xrightarrow[\text{به جای ۵۰۴۰۰، ۳۴۲ و ۴۲۷/۵ اعداد ۵۰۰۰۰، ۳۵۰ و ۴۲۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}}\frac{\overset{۵}{\cancel{۵۰۰۰}}\times\cancel{۳۵۰}\times\cancel{۱۰۰}}{\underset{۳۲۰}{\cancel{۲۲۴۰۰}}\times\cancel{۴۲۰}\times۳}=\frac{\overset{۵۰۰۰}{\cancel{۵۰۰۰}}\times۵\times\cancel{۱۰۰}}{\underset{۳۲}{\cancel{۳۲۰}}\times\underset{۴/۲}{\cancel{۴۲۰}}\times۳}=\frac{۵۰۰۰\times۵}{۳۲\times۴/۲\times۳}=\frac{۲۵۰۰۰}{۴۰۳/۲}=۶۲$$

پاسخ نزدیک به ۶۲ است. (پاسخ: ۶۰)

B ۱۴۹۴ ۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $۲Li_۲O_۲(aq)+۲CO_۲(g)\rightarrow ۲Li_۲CO_۳(aq)+O_۲(g)$ است. باید محاسبه کنیم در چه غلظتی از محلول $Li_۲O_۲$، ۶ لیتر گاز اکسیژن با چگالی $۱/۴۴g.L^{-۱}$ تولید می‌شود.

$$\Delta n(Li_۲O_۲)=۶L\,O_۲\times\frac{۱/۴۴g\,O_۲}{۱L\,O_۲}\times\frac{۱mol\,O_۲}{۳۲g\,O_۲}\times\frac{۲mol\,Li_۲O_۲}{۱mol\,O_۲}=۰/۵۴mol\,Li_۲O_۲$$

$$\Delta M=\frac{\Delta n}{V}=\frac{۰/۵۴}{۰/۹}=۰/۶mol.L^{-۱}$$

در ثانیهٔ ۱۱ غلظت $Li_۲O_۲$ برابر با $۰/۹mol.L^{-۱}$ است.

غلظت ثانویهٔ $Li_۲O_۲=۱/۵-۰/۶=۰/۹mol.L^{-۱}$

سرعت متوسط تولید $Li_۲CO_۳$ از ثانیهٔ ۱۱ تا ۲۹ برابر است با:

$$\bar{R}(Li_۲CO_۳)=\bar{R}(Li_۲O_۲)=-\frac{\Delta[Li_۲O_۲]}{\Delta t}=-\frac{(۰/۳-۰/۹)mol.L^{-۱}}{(۲۹-۱۱)s}=۰/۰۳mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

B ۱۴۹۵ ۱ ابتدا باید جرم گاز $N_۲$ تولید شده پس از گذشت ۴۰ ثانیه از آغاز واکنش را محاسبه کنیم:

$$?\,g\,N_۲=۳/۱۲g\,NaN_۳\times\frac{۱mol\,NaN_۳}{۶۵g\,NaN_۳}\times\frac{۳mol\,N_۲}{۲mol\,NaN_۳}\times\frac{۲۸g\,N_۲}{۱mol\,N_۲}=۲/۰۱۶g\,N_۲$$

پس از گذشت ۴۰ ثانیه، ۱۶۰۰ میلی‌لیتر $N_۲$ تولید شده است، به این ترتیب چگالی گاز $N_۲$ در شرایط آزمایش برابر است با: $d=\frac{\text{جرم } N_۲}{\text{حجم } N_۲}=\frac{۲/۰۱۶g}{۱/۶L}=۱/۲۶g.L^{-۱}$

اکنون سرعت واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مول } N_۲ \text{ تولیدی تا ثانیهٔ ۴۰}=۱۶۰۰\times۱۰^{-۳}L\,N_۲\times\frac{۱/۲۶g\,N_۲}{۱L\,N_۲}\times\frac{۱mol\,N_۲}{۲۸g\,N_۲}=۰/۰۷۲mol\,N_۲$$

$$\bar{R}(N_۲)=\frac{\Delta n(N_۲)}{\Delta t}=\frac{۰/۰۷۲mol}{۴۰s\times\frac{۱min}{۶۰s}}=۰/۱۰۸mol.\,min^{-۱}$$

$$R(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(N_۲)}{۳}=\frac{۰/۱۰۸mol.\,min^{-۱}}{۳}=۰/۰۳۶mol.\,min^{-۱}$$

B ۱۴۹۶ ۱ ابتدا تعداد مول HCl را مشخص می‌کنیم:

$$?\,mol\,HCl=۱۰۰mL\,\text{محلول HCl}\times\frac{۰/۰۶mol\,HCl}{۱۰۰۰mL\,\text{محلول HCl}}=۶\times۱۰^{-۳}mol\,HCl$$

هنگامی که نصف HCl مصرف شود، واکنش به میزان ۵۰ درصد پیشرفت کرده است. اکنون باید محاسبه کنیم که اگر نصف مقدار اولیهٔ HCl، یعنی $(\frac{۶\times۱۰^{-۳}}{۲})\,۳\times۱۰^{-۳}\,mol$ مصرف شود، چه حجمی از $H_۲$ تولید می‌شود.

$$?\,cm^۳H_۲=۳\times۱۰^{-۳}mol\,HCl\times\frac{۱mol\,H_۲}{۲mol\,HCl}\times\frac{۲۰L\,H_۲}{۱mol\,H_۲}\times\frac{۱۰^۳cm^۳H_۲}{۱L\,H_۲}=۳۰cm^۳\,H_۲$$

با توجه به نمودار داده شده در سؤال، پس از گذشت ۱۰ دقیقه از آغاز واکنش، حجم گاز $H_۲$ تولید شده به $۳۰cm^۳$ می‌رسد. در نتیجه، مدت زمان لازم را باید ۶۰۰ ثانیه در نظر بگیریم:

$$V_{\text{استوانه}}=\pi r^۲h\Rightarrow۳۰=۳\times(۱)^۲\times h\Rightarrow h=۱۰cm$$

سرعت متوسط جابه‌جایی پیستون:

$$\text{سرعت حرکت پیستون}=\frac{\Delta h}{\Delta t}=\frac{۱۰cm}{۱۰min}=۱cm.\,min^{-۱}$$

B ۱۴۹۷ ۱ معادلهٔ گرما شیمیایی واکنش به صورت مقابل است:

$$N_۲(g)+۳H_۲(g)\rightarrow ۲NH_۳(g)+۹۲kJ$$

قسمت اول: طبق نمودار، تا ثانیهٔ پنجم، ۲۳ کیلوژول گرما تولید شده ، با توجه به این مقدار گرما، جرم آمونیاک تولیدی در این بازهٔ زمانی را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NH_۳=۲۳kJ\times\frac{۲mol\,NH_۳}{۹۲kJ}\times\frac{۱۷g\,NH_۳}{۱mol\,NH_۳}=۸/۵g\,NH_۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{Q}{\Delta H}=\frac{\text{جرم آمونیاک}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲۳kJ}{۹۲kJ}=\frac{x}{۲\times۱۷g.mol^{-۱}}\Rightarrow x=۸/۵g$$

قسمت دوم: در بازهٔ ۵ تا ۲۰ ثانیه، $۴۱/۴kJ\,(۶۴/۴-۲۳)$ گرما تولید شده است، با توجه به آن مقدار گاز $N_۲$ مصرف شده در این بازه را حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,N_۲=۴۱/۴kJ\times\frac{۱mol\,N_۲}{۹۲kJ}=۰/۴۵mol\,N_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{Q}{\Delta H}=\frac{\text{مول مصرفی } N_2}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{41/4kJ}{92kJ}=\frac{y}{1}\Rightarrow y=0/45mol$$

چون ضریب استوکیومتری N_2 برابر یک است، پس سرعت واکنش با سرعت مصرف N_2 برابر است:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\bar{R}(N_2)=\frac{|\Delta n(N_2)|}{\Delta t}=\frac{0/45mol}{\frac{15}{60}min}=1/8mol.min^{-1}$$

B ۱۴۹۸ ۴ ابتدا باید غلظت مادهٔ A را در ثانیه‌های صفر، ۱۳ و ۲۰ به‌دست آوریم:

در ثانیهٔ ۱۳: $\log[A]=0/48\Rightarrow[A]=10^{0/48}\simeq 3mol.L^{-1}$

در ثانیهٔ صفر: $\log[A]=0/85\Rightarrow[A]=10^{0/85}\simeq 7mol.L^{-1}$

در ثانیهٔ ۲۰: $\log[A]=0/3\Rightarrow[A]=10^{0/3}\simeq 2mol.L^{-1}$

سپس سرعت متوسط واکنش را در ۲۰ ثانیهٔ آغازی واکنش محاسبه می‌کنیم:

$$\text{سرعت واکنش در بازهٔ زمانی صفر تا ۲۰ ثانیه}=\frac{\bar{R}(A)}{2}=\frac{|\Delta[A]|}{\Delta t\times 2}=\frac{|2-7|}{20\times 2}=\frac{1}{8}mol.L^{-1}.s^{-1}$$

در ادامه سرعت متوسط مصرف A را در بازهٔ زمانی ۱۳ تا ۲۰ ثانیه محاسبه می‌کنیم:

$$\text{سرعت‌متوسط مصرف A در بازهٔ زمانی ۱۳ تا ۲۰ ثانیه}=\frac{|\Delta[A]|}{\Delta t}=\frac{|2-3|}{20-13}=\frac{1}{7}mol.L^{-1}.s^{-1}$$

اکنون نسبت خواسته شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{سرعت واکنش در بازهٔ زمانی صفر تا ۲۰ ثانیه}}{\text{سرعت‌متوسط مصرف A در بازهٔ زمانی ۱۳ تا ۲۰ ثانیه}}=\frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{7}}=\frac{7}{8}=0/875$$

B ۱۴۹۹ ۳ ابتدا غلظت گاز A را در لحظات مختلف به دست می‌آوریم:

$$t=0s:[A]=10^{0/85}=7mol.L^{-1},\quad t=10s:[A]=10^{0/6}=4mol.L^{-1},\quad t=20s:[A]=10^{0/3}=2mol.L^{-1}$$

$$\Delta[A]=|2-7|=5mol.L^{-1}\Rightarrow|\Delta n_A|=5\times 2=10mol$$

سرعت متوسط مصرف A را در ۲۰ ثانیهٔ نخست به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_A=\frac{|\Delta n|}{\Delta t}=\frac{10mol}{\frac{20}{60}min}=30mol.min^{-1}$$

در ۲۰ ثانیهٔ نخست، سرعت مصرف B، ۳ برابر سرعت مصرف A است؛ بنابراین ضریب استوکیومتری آن نیز ۳ برابر است.

حال سرعت متوسط مصرف A را در بازهٔ ۲۰ - ۱۰ ثانیه حساب می‌کنیم:

$$\bar{R}_A=\frac{|\Delta n|}{\Delta t}=\frac{4mol}{\frac{10}{60}min}=24mol.min^{-1}$$

$$\Delta[A]=|2-4|=2mol.L^{-1}\Rightarrow|\Delta n_A|=2\times 2=4mol$$

در این بازهٔ زمانی، سرعت تولید C، دو برابر مصرف A است؛ پس ضریب استوکیومتری آن نیز ۲ برابر است. با توجه به توضیحات داده شده، معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش می‌تواند به صورت $A(g)+3B(g)\rightarrow 2C(g)$ باشد که مجموع ضرایب مواد در آن برابر ۶ است.

B ۱۵۰۰ ۲ جرم کاسته شده از مواد جامد موجود در ظرف، برابر با جرم گازهای تولید شده در واکنش است؛ به عبارت دیگر، جرم کاسته شده از مواد جامد موجود در ظرف برابر مجموع جرم CO_2 و H_2O است که برابر ۲۱/۷ گرم می‌باشد.

* توجه در محاسبات، چون ضرایب استوکیومتری H_2O و CO_2 هر دو برابر یک است، مجموعهٔ H_2O و CO_2 را یک واحد گازی در نظر گرفته که جرم مولی آن برابر با مجموع جرم مولی CO_2 و H_2O و ضریب استوکیومتری آن برابر با یک است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,Na_2CO_3=21/7g\,(H_2O,CO_2)\times\frac{1mol\,(H_2O,CO_2)}{62g\,(H_2O,CO_2)}\times\frac{1mol\,Na_2CO_3}{1mol\,(H_2O,CO_2)}=0/35mol\,Na_2CO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مجموع جرم مواد گازی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول } Na_2CO_3}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{21/7}{62\times 1}=\frac{x}{1}\Rightarrow x=0/35mol$$

با توجه به نمودار، پس از گذشت ۱۵ ثانیه از آغاز واکنش، ۰/۳۵ مول Na_2CO_3 تولید شده است.

$$\text{مول } CO_2 \text{ تولیدی تا ثانیهٔ ۱۵}=0/35mol\,Na_2CO_3\times\frac{1mol\,CO_2}{1mol\,Na_2CO_3}=0/35mol\,CO_2$$

$$\bar{R}(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t}=\frac{(0/35-0)mol}{15s\times\frac{1min}{60s}}=1/4mol.min^{-1}$$

B ۱۵۰۱ **۱** فقط مورد دوم برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب است. در هر گزینه، سرعت متوسط مصرف گوگرد دی‌اکسید را در بازهٔ زمانی گفته شده، محاسبه می‌کنیم و به کمک ضرایب استوکیومتری واکنش، به سرعت متوسط تولید یا مصرف مادهٔ مورد نظر می‌رسیم. معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت زیر است.

$$2H_2S(g)+3O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)+2SO_2(g)$$

بررسی موارد:

مورد اول: $\bar{R}(SO_2)=\frac{\Delta n(SO_2)}{\Delta t\times V}=\frac{2/7-0}{4\times 2/5}=0/27 mol.L^{-1}.min^{-1}$ ، $\frac{\bar{R}(SO_2)}{2}=\frac{\bar{R}(H_2S)}{2}\Rightarrow \bar{R}(H_2S)=\bar{R}(SO_2)=0/27 mol.L^{-1}.min^{-1}$

مورددوم: $\bar{R}(SO_2)=\frac{\Delta n(SO_2)}{\Delta t\times V}=\frac{3/3-0}{4\times 4}\simeq 0/2 mol.L^{-1}.min^{-1}$ ، $\frac{\bar{R}(SO_2)}{2}=\frac{\bar{R}(O_2)}{3}\Rightarrow \bar{R}(O_2)=\frac{3}{2}\bar{R}(SO_2)=\frac{3}{2}\times 0/2\simeq 0/3 mol.L^{-1}.min^{-1}$

مورد سوم: $\bar{R}(SO_2)=\frac{\Delta n(SO_2)}{\Delta t\times V}=\frac{2/7-1/8}{1\times 4}=0/225 mol.L^{-1}.min^{-1}$

مورد چهارم: $\bar{R}(SO_2)=\frac{\Delta n(SO_2)}{\Delta t\times V}=\frac{3/3-2/7}{1/5\times 4}=0/1 mol.L^{-1}.min^{-1}$ ، $\frac{\bar{R}(H_2O)}{2}=\frac{\bar{R}(SO_2)}{2}\Rightarrow \bar{R}(H_2O)=\bar{R}(SO_2)=0/1 mol.L^{-1}.min^{-1}$

B ۱۵۰۲ **۴** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی همهٔ عبارت‌ها:** عبارت (الف): ضریب CO_2 در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش برابر یک است؛ بنابراین سرعت متوسط واکنش با سرعت متوسط تولید CO_2 برابر است.

$$\begin{cases}(0-20)\text{ تولید شده در ۲۰ ثانیهٔ اول } CO_2\text{ جرم}=100-96/48=3/52g\\(40-60)\text{ تولید شده در ۲۰ ثانیهٔ سوم } CO_2\text{ جرم}=94/28-92/96=1/32g\end{cases}\Rightarrow \frac{\bar{R}_{(40-60)}}{\bar{R}_{(0-20)}}=\frac{\frac{\Delta m}{\Delta t}}{\frac{\Delta m'}{\Delta t'}}=\frac{\frac{1/32}{20}}{\frac{3/52}{20}}=0/375$$

عبارت (ب): در بازهٔ ۴۰ - ۰ ثانیه، $5/72\,(94/28-100)$ گرم CO_2 تولید شده است؛ بنابراین داریم:

$$\bar{R}_{CO_2}=\frac{\Delta n}{\Delta t}=\frac{5/72g\,CO_2\times\frac{1mol\,CO_2}{44g\,CO_2}}{\frac{40}{60}min}=0/195 mol.min^{-1}\qquad \bar{R}_{HCl}=2\times\bar{R}_{CO_2}=2\times 0/195=0/39 mol.min^{-1}$$

عبارت (پ): در بازهٔ زمانی ۸۰ - ۶۰ ثانیه، جرم مخلوط به اندازهٔ ۰/۴۴ گرم کاهش یافته است. اگر جرم مخلوط در ثانیهٔ ۱۰۰ برابر ۹۲/۰۵ گرم باشد، مقدار کاهش جرم در بازهٔ ۱۰۰ -۸۰ برابر ۰/۴۷ گرم خواهد بود که با این واقعیت که با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد، همخوانی ندارد. عبارت (ت): با پیشرفت واکنش مقدار HCl کاهش می‌یابد؛ از این‌رو غلظت HCl و سرعت واکنش نیز کاهش خواهد یافت. دقت کنید که کلسیم کربنات $(CaCO_3)$ یک مادهٔ جامد است و با گذشت زمان غلظت آن تغییری نمی‌کند.

B ۱۵۰۳ **۴** ابتدا باید به کمک نمودار، جرم H_2 تولید شده در ۳۰ ثانیهٔ اول را محاسبه کنیم. با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری H_2 سه برابر ضریب استوکیومتری N_2 است، داریم:

$$t=30s\text{ تا }t=0\text{ در بازهٔ }\Rightarrow\Delta n(H_2)=3\Delta n(N_2)=3\times(3/6-0)=10/8 mol$$

$$H_2\text{ تولید شده جرم }=10/8 mol\,H_2\times\frac{2g\,H_2}{1mol\,H_2}=21/6g\,H_2$$

جرم NH_3 باقی‌مانده تا ثانیهٔ ۴۰ برابر است با:

$$\frac{\text{جرم }H_2\text{ تولید شده در ۳۰ ثانیهٔ نخست}}{\text{جرم }NH_3\text{ باقی‌مانده در ثانیهٔ ۴۰}}=3/6\Rightarrow\frac{21/6}{\text{جرم }NH_3\text{ باقی‌مانده در ثانیهٔ ۴۰}}=3/6\Rightarrow NH_3\text{ جرم باقی‌مانده تا ثانیهٔ ۴۰ }=6g$$

به کمک نمودار، جرم NH_3 مصرفی را در ۴۰ ثانیهٔ اول محاسبه می‌کنیم. با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری NH_3 دو برابر ضریب استوکیومتری N_2 است، داریم:

$$t=40\text{ تا }t=0\text{ در بازهٔ }\Rightarrow\Delta n(NH_3)=2\Delta n(N_2)=2\times(4/4-0)=8/8 mol$$

$$NH_3\text{ مصرف شده جرم }=8/8 mol\,NH_3\times\frac{17g\,NH_3}{1mol\,NH_3}=149/6g\,NH_3$$

$$NH_3\text{ جرم اولیهٔ }=NH_3\text{ جرم باقی‌ماندهٔ }+NH_3\text{ جرم مصرف شده }=149/6+6=155/6g\,NH_3$$

C ۱۵۰۴ **۱** مقدار مول SO_2 در ثانیهٔ ۱۰ برابر با ۲/۸ مول است. باید تغییرات مول SO_2 در بازهٔ زمانی $t=0$ تا $t=10s$ را محاسبه کنیم:

$$\bar{R}(SO_2)=2\times R(\text{واکنش})=2\times 1/2=2/4 mol.L^{-1}.min^{-1}\qquad \Delta n(SO_2)=\bar{R}(SO_2)\times V\times\Delta t=2/4\times 7\times(10s\times\frac{1min}{60s})=2/8 mol$$

$$SO_2\text{ مول اولیهٔ }=(\text{تعداد مول }SO_2\text{ باقی‌مانده تا ثانیهٔ ۱۰})+(\text{تعداد مول }SO_2\text{ مصرفی تا ثانیهٔ ۱۰})=2/8+2/8=5/6 mol$$

مقدار مول O_2 در ثانیهٔ ۲۰ برابر با ۱/۴۵ مول است. باید تغییرات مول O_2 در دو بازهٔ زمانی $t=0\,s$ تا $t=10\,s$ و $t=10\,s$ تا $t=20\,s$ را محاسبه کنیم:

$$\bar{R}(O_2)=R(\text{واکنش})$$

$$\text{در بازهٔ زمانی } t=0 \text{ تا } t=10 \Rightarrow \Delta n(O_2)=\bar{R}(O_2)\times V\times \Delta t=1/2\times 7\times(10\,s\times\frac{1\,min}{60\,s})=1/4\,mol$$

$$\text{در بازهٔ زمانی } t=10 \text{ تا } t=20 \Rightarrow \Delta n(O_2)=\bar{R}(O_2)\times V\times \Delta t=0/3\times 7\times(10\,s\times\frac{1\,min}{60\,s})=0/35\,mol$$

$$\text{مول اولیهٔ } O_2 = (\text{تعداد مول } O_2 \text{ باقی‌مانده در ثانیهٔ ۲۰})+(\text{تعداد مول } O_2 \text{ مصرفی در ۱۰ ثانیهٔ دوم})+(\text{تعداد مول } O_2 \text{ مصرفی در ۱۰ ثانیهٔ اول})$$

$$=1/4+0/35+1/45=3/2\,mol$$

اکنون نسبت مقدار مول اولیهٔ SO_2 به O_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول اولیهٔ } SO_2}{\text{مول اولیهٔ } O_2}=\frac{5/6}{3/2}=1/75$$

۱۵۰۵ C **۳** عبارت‌های اول، دوم و سوم نادرست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش مالتوز با آب به صورت زیر است:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(aq)+H_2O(l)\rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$$

بنابراین نمودارهای a و b به ترتیب مربوط به مالتوز و گلوکز است. **بررسی موارد:** مورد اول: با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری مالتوز برابر یک است، پس سرعت این واکنش برابر با سرعت متوسط مصرف مالتوز است:

$$\Delta t=10\,min=60\,s$$

$$\bar{R}_{\text{مالتوز}\,(0-10)}=\frac{|\Delta[\text{مالتوز}]|}{\Delta t}=\frac{|0/08-0/1|}{600}=3/33\times10^{-5}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{واکنش}\,(0-10)}=\bar{R}_{\text{مالتوز}\,(0-10)}$$

مورد دوم: ابتدا محاسبه می‌کنیم در اثر تولید ۰/۰۲ مول گلوکز، چند مول مالتوز مصرف می‌شود:

$$?\,C_{12}H_{22}O_{11}\text{ مصرفی}=0/02\,mol\,C_6H_{12}O_6\times\frac{1\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}}{2\,mol\,C_6H_{12}O_6}=0/01\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}\text{ مصرفی}$$

بنابراین ۰/۰۱ مول مالتوز مصرف می‌شود. با توجه به تعداد مول اولیهٔ مالتوز $(0/1\,mol)$، در لحظه‌ای که ۰/۰۲ مول گلوکز تولید شده است، تعداد مول مالتوز در محلول برابر ۰/۰۹ $(0/1-0/01)$ مول است. مورد سوم: با توجه به نمودار، سرعت واکنش در ۱۰ دقیقهٔ نخست برابر $2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$ است:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}}=\bar{R}_{\text{مالتوز}}=\frac{|\Delta[\text{مالتوز}]|}{\Delta t}=\frac{|0/08-0/1|}{10}=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

توجه کنید که سرعت متوسط واکنش با کاهش غلظت واکنش دهنده به مرور زمان کاهش می‌یابد؛ بنابراین سرعت واکنش در پنج دقیقهٔ چهارم می‌بایست کمتر از $2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$ باشد. مورد چهارم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $C_{12}H_{22}O_{11}(aq)+H_2O(l)\rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$

در این واکنش، ضریب استوکیومتری گلوکز، دو برابر مالتوز است.

۱۵۰۶ C **۳** معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $2CO+2NO\rightarrow 2CO_2+N_2$ است. مقدار مول N_2 و CO در لحظهٔ $t=40\,s$ با هم برابر می‌شود. فرض می‌کنیم که در این نقطه x مول N_2 تولید شده است. برای تولید x مول N_2 باید $2x$ مول CO مصرف شود، در نتیجه تعداد مول باقی‌مانده CO برابر با $4-2x$ می‌شود.

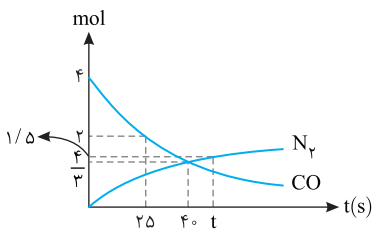
$$4-2x=x\Rightarrow 4=3x\Rightarrow x=\frac{4}{3}\simeq 1/33$$

با توجه به اینکه حجم N_2 به اندازهٔ ۱۱/۲ لیتر بیشتر از حجم CO است می‌توان گفت تعداد مول N_2، ۰/۵ مول بیشتر از تعداد مول CO است. فرض می‌کنیم که در این نقطه y مول N_2 تولید شده است:

$$y=\text{تعداد مول } N_2 \text{ تولید شده}\,,\ 4-2y=\text{تعداد مول } CO \text{ باقی‌مانده}\Rightarrow 4-2y+0/5=y\Rightarrow y=1/5$$

بنابراین با توجه به نمودار درمی‌یابیم که t عددی بزرگ‌تر از ۴۰ است. اکنون محاسبه می‌کنیم که چند ثانیه پس از ثانیهٔ ۴۰، مول N_2 به ۱/۵ می‌رسد:

$$R(\text{واکنش})=\bar{R}(N_2)=\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t}\Rightarrow 0/017=\frac{1/5-1/33}{t-40}\Rightarrow t=50\,s$$



۱۵۰۷ C **۲** نمودار به دلیل نزولی بودن، مربوط به واکنش دهنده، یعنی NH_3 است. ابتدا از هر یک از موارد a و b، اطلاعاتی در رابطه با واکنش به‌دست می‌آوریم:

a) منظور از ۵ ثانیهٔ سوم، بازهٔ ۱۰ تا ۱۵ ثانیه است، با توجه به مقدار سرعت متوسط هیدروژن در این بازهٔ زمانی، مقدار گاز H_2 تولیدی در این بازه را حساب می‌کنیم:

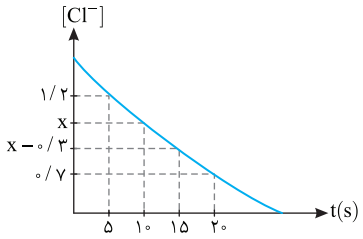
$$\bar{R}(H_2)=\frac{|\Delta n(H_2)|}{\Delta t\times V(\text{ظرف})}\Rightarrow 1/08=\frac{\Delta n(H_2)}{\frac{5}{60}\,min\times 5}\Rightarrow \Delta n(H_2)=0/45\,mol$$

در ادامه مقدار مول NH_3 مصرفی در این بازهٔ زمانی، یعنی $|\Delta n(NH_3)|$ را محاسبه می‌کنیم:

$$|\Delta n(NH_3)|=0/45\,mol\,H_2\times\frac{2\,mol\,NH_3}{3\,mol\,H_2}=0/3\,mol\,NH_3$$

b) چون سرعت واکنش را می‌توان از روی تغییرات هر یک از مواد شرکت‌کننده در واکنش به‌دست آورد، پس این نسبت داده شده برای سرعت واکنش و سرعت متوسط هر یک از مواد شرکت‌کننده از جمله NH_3 صادق است، اگر مقدار مول آمونیاک که در لحظهٔ $t=10s$ را برابر x فرض کنیم، با توجه به اطلاعات به دست آمده از مورد a داریم:

اکنون نسبت سرعت متوسط مصرف NH_3 در ۵ ثانیهٔ سوم به ۱۰ ثانیهٔ دوم را برابر ۱/۵ قرار می‌دهیم و x را به دست می‌آوریم:



$$\frac{\bar{R}\ NH_3(5-15)}{\bar{R}\ NH_3(10-20)}=1/5=\frac{\frac{-(x-0/3-1/2)}{10s}}{\frac{-(0/7-x)}{10s}}=\frac{1/5-x}{x-0/7}\Rightarrow x=1/02mol$$

در ادامه سرعت واکنش در ۳۰ ثانیهٔ انتهایی واکنش، یعنی بازهٔ ۴۰ - ۱۰ ثانیه را حساب می‌کنیم:

سرعت متوسط مصرف NH_3 در ۳۰ ثانیهٔ آخر واکنش:

$$\bar{R}(NH_3)=\frac{-\Delta n(NH_3)}{\Delta t\times V}=\frac{-(0-1/02mol)}{30s\times 5L}=0/0068mol.L^{-1}.s^{-1}$$

سرعت متوسط مصرف واکنش در ۳۰ ثانیهٔ آخر واکنش:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(NH_3)}{2}=\frac{0/0068}{2}=0/0034mol.L^{-1}.s^{-1}$$

C ۱۵۰۸ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$CaCl_2(aq)+2AgNO_3(aq)\rightarrow Ca(NO_3)_2(aq)+2AgCl(s)$$

در ثانیهٔ پنجم، غلظت یون کلرید محلول کلسیم کلرید به طور ناگهانی از ۰/۶ مولار به ۰/۵ مولار کاهش یافته است. این کاهش به دلیل اضافه شدن حجم محلول دوم به محلول اول می‌باشد. از آنجا که در ثانیهٔ ۵ ام هنوز واکنش آغاز نشده است. می‌توان نتیجه گرفت تعداد مول کلرید در ۵ ثانیهٔ اول آزمایش ثابت است. مقدار این یون در هر دو محلول از رابطهٔ $n=M\times V$ به دست می‌آید.

$$\text{حجم اولیه}\times\text{مولاریتهٔ اولیه}=\text{حجم ثانویه}\times\text{مولاریتهٔ ثانویه}\Rightarrow 0/6mol.L^{-1}\times 0/1L=0/5mol.L^{-1}\times V\Rightarrow V=0/12L$$

حجم اضافه شده به محلول اولیه برابر با حجم محلول نقره‌نیترات می‌باشد.

$$\text{حجم محلول نقره نیترات}=0/12L-0/1L=0/02L$$

مقدار $AgNO_3$ موجود در این محلول را می‌توانیم به کمک استوکیومتری به دست آوریم. می‌دانیم که غلظت یون کلرید در محلول جدید با انجام واکنش از ۰/۵ مولار به ۰/۲ مولار رسیده است. بنابراین ۰/۳ مولار از غلظت این یون کاسته شده است و در واکنش شرکت کرده است.

$$?\,mol\ Cl^-=0/3\frac{mol\ Cl^-}{L}\times 0/12L=0/036mol\ Cl^-$$

$$?\,mol\ AgNO_3=0/036mol\ Cl^-\times\frac{2mol\ AgNO_3}{2mol\ Cl^-}=0/036mol\ AgNO_3$$

$$\text{مولاریتهٔ نقره نیترات}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول}}=\frac{0/036}{0/02}=1/8mol.L^{-1}$$

پس از ۵ ثانیه از آغاز واکنش (ثانیهٔ ۵ تا ۱۰ آزمایش)، غلظت یون کلرید در محلول جدید از ۰/۵ به ۰/۴ مولار رسیده است. در واقع ۰/۱ مولار غلظت یون کلرید کاهش یافته است و در واکنش مصرف شده است، پس:

$$?\,mol\ Cl^-=0/1\frac{mol\ Cl^-}{L}\times 0/12L=0/012mol\ Cl^-$$

$$?\,g\ AgCl=0/012mol\ Cl^-\times\frac{2mol\ AgCl}{2mol\ Cl^-}\times\frac{143/5g\ AgCl}{1mol\ AgCl}=1/722g\ AgCl$$

$$R(AgCl)=\frac{m(AgCl)}{\Delta t(min)}=\frac{1/722}{\frac{5}{60}}\approx 20/6g.min^{-1}$$

B ۱۵۰۹ ۱

نکته ترکیبی در مسائلی که جدول مقادیر لحظه‌ای یک یا چند ماده از اجزای واکنش مورد بررسی قرار می‌گیرد، لحظهٔ پایان واکنش لحظه‌ای است که مقدار آن ماده (مواد) ثابت می‌ماند. مثلاً در جدول زیر، واکنش در لحظهٔ $t=50s$ متوقف شده است؛ زیرا بعد از آن جرم مخلوط ثابت مانده و دیگر تغییر نکرده است.

زمان (ثانیه)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۵/۹۸	۶۵/۳۲	۶۴/۸۸	۶۴/۶۶	۶۴/۵۵	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰

قسمت اول: با توجه به جدول داریم:

$$\bar{R}(SO_3)=\frac{\Delta[SO_3]}{\Delta t}=\frac{(8-0)mol.L^{-1}}{(\frac{25}{60})min}=19/2mol.L^{-1}.min^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(SO_3)}{\text{ضریب }SO_3}=\frac{19/2}{3}=6/4mol.L^{-1}.min^{-1}$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه در واکنش‌های شیمیایی، با گذشت زمان، سرعت کاهش می‌یابد، پس تغییرات مول SO_3 نیز در بازهٔ ۱۰ تا ۱۵ ثانیه باید بیش از این تغییر در بازهٔ ۱۵ تا ۲۰ ثانیه باشد؛ بنابراین:

$$x-5>7/5-x\Rightarrow 2x>7/5+5\Rightarrow 2x>12/5\Rightarrow x>6/25$$

پس x می‌تواند برابر ۶/۵ باشد.

B ۱۵۱۰ ۴ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2Mg+SiCl_4\rightarrow 2MgCl_2+Si$$

قسمت اول:

$$\bar{R}(Si)=\frac{\Delta n(Si)}{\Delta t}=\frac{A-0/85}{90-30}=1/5\times 10^{-2}\Rightarrow A=1/75mol$$

$$\bar{R}(Si)=\frac{\bar{R}(Mg)}{2}=1/5\times 10^{-2}mol.s^{-1}$$

قسمت دوم: در ۳۰ ثانیهٔ سوم، مقدار مول Si از ۱/۳۵ به ۱/۷۵ مول رسیده است. یعنی در این مدت $(۱/۷۵-۱/۳۵)=۰/۴\,mol$ سیلیسیم تولید شده است.

$$?\,atom\,Si=۰/۴\,mol\,Si\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,Si}{۱\,mol\,Si}=۲/۴۰۸\times۱۰^{۲۳}\,atom\,Si$$

B ۱۵۱۱ ۴ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش $۲KMnO_۴\rightarrow K_۲MnO_۴+MnO_۲+O_۲$ است. این واکنش در ثانیهٔ ۵۰ به پایان رسیده است (نه ثانیهٔ ۶۰!). در بازهٔ زمانی $t=۵۰$ تا $t=۶۰$ واکنش هیچ پیشرفتی نداشته، زیرا جرم مخلوط واکنش تغییری نکرده است. کاهش جرم مخلوط واکنش، مربوط به خروج گاز اکسیژن از ظرف واکنش است. به عبارت دیگر، کاهش جرم مخلوط واکنش در بازهٔ زمانی $t=۰$ تا $t=۵۰$، معادل جرم گاز اکسیژن تولید شده در این واکنش است.

جرم گاز اکسیژن تولید شده در واکنش $=۷۳/۹۸-۷۱/۱۸=۲/۸g$

$$\text{مقدار مول } KMnO_۴ \text{ مصرفی}=\Delta n(KMnO_۴)=۲/۸g\,O_۲\times\frac{۱\,mol\,O_۲}{۳۲g\,O_۲}\times\frac{۲mol\,KMnO_۴}{۱\,mol\,O_۲}=\frac{۷}{۴۰}\,mol\,KMnO_۴$$

$$\bar{R}(KMnO_۴)=\frac{-\Delta n(KMnO_۴)}{\Delta t}=\frac{-(-\frac{۷}{۴۰})}{۵۰s\times\frac{۱\,min}{۶۰s}}=۰/۲۱\,mol.\,min^{-۱}$$

B ۱۵۱۲ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $۴KNO_۳\xrightarrow{\theta>۵۰۰^\circ C}۲K_۲O(s)+۵O_۲(g)+۲N_۲(g)$

قسمت اول: از دقیقهٔ ۱۵ به بعد، حجم گاز $O_۲$ ثابت است؛ بنابراین واکنش پس از ۱۵ دقیقه تمام شده است و می‌دانیم که مقدار فراورده‌ها در شروع واکنش صفر می‌باشد:

$$\Delta V(O_۲)=۱۸-۰=۱۸L\,,\,\Delta t=۱۵\,min\Rightarrow\bar{R}(O_۲)=\frac{\Delta V(O_۲)}{\Delta t}=\frac{۱۸L}{۱۵\,min}=۱/۲L.\,min^{-۱}$$

قسمت دوم: اکنون سرعت واکنش را برحسب $mol.\,min^{-۱}$ حساب می‌کنیم:

$$\Delta n(O_۲)=۱۸L\,O_۲\times\frac{۱\,mol\,O_۲}{۲۲/۴L\,O_۲}\simeq۰/۸mol\,O_۲\quad,\quad\bar{R}_{\text{واکنش}}=\frac{\Delta n(O_۲)}{\Delta t\times\text{ضریب}}=\frac{۰/۸}{۱۵\times۵}\simeq۰/۰۱\,mol.\,min^{-۱}$$

B ۱۵۱۳ ۳ در جدول اول که در صورت تست آمده است، از کم کردن جرم مخلوط واکنش در هر زمان از جرم مخلوط واکنش در لحظهٔ صفر، به جرم $CO_۲$ تولید شده تا آن لحظه می‌رسیم:

زمان (ثانیه)	جرم مخلوط واکنش (گرم)	جرم کربن دی‌اکسید (گرم)
۰	۶۵/۹۸	۰
۱۰	۶۵/۳۲	۰/۶۶
۲۰	۶۴/۸۸	۱/۱۰
۳۰	۶۴/۶۶	۶۵/۹۸-۶۴/۶۶=۱/۳۲
۴۰	۶۴/۵۵	۶۵/۹۸-۶۴/۵۵=۱/۴۳
۵۰	۶۴/۵۰	۶۵/۹۸-۶۴/۵۰=۱/۴۸

در ادامه در ستون مربوط به مقدار مول $CO_۲$ در ثانیه‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰، جرم‌های $CO_۲$ به‌دست آمده در جدول بالا را با تقسیم بر جرم مولی $CO_۲$ که برابر $۴۴g.mol^{-۱}$ است، به مول تبدیل می‌کنیم. سپس با کم کردن مول $CO_۲$ در ۱۰ ثانیه‌های متوالی، $\Delta n(CO_۲)$ را در بازه‌های ۱۰ ثانیه‌ای محاسبه می‌کنیم:

زمان (s)	$n(CO_۲)(mol)$	$\Delta n(CO_۲)(mol)$	$\bar{R}(CO_۲)=\frac{\Delta n(CO_۲)}{\Delta t}(mol.s^{-۱})$
۰	۰	$۱/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۵۰\times۱۰^{-۳}$
۱۰	$۱/۵۰\times۱۰^{-۲}$		
۲۰	$۲/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۳}$
۳۰	$\frac{۱/۳۲}{۴۴}=۳\times۱۰^{-۲}$	$۳\times۱۰^{-۲}-۲/۵\times۱۰^{-۲}=۵\times۱۰^{-۳}$	...
۴۰	$\frac{۱/۴۳}{۴۴}\simeq۳/۲۵\times۱۰^{-۲}$	$۳/۲۵\times۱۰^{-۲}-۳\times۱۰^{-۲}=۲/۵\times۱۰^{-۳}$	b
۵۰	$\frac{۱/۴۸}{۴۴}\simeq۳/۳۶\times۱۰^{-۲}$	$۳/۳۶\times۱۰^{-۲}-۳/۲۵\times۱۰^{-۲}=۱/۱\times۱۰^{-۳}$	...

بنابراین نسبت c به a برابر $۰/۲۲\,(\frac{۱/۱\times۱۰^{-۳}}{۵\times۱۰^{-۳}})$ است. برای محاسبهٔ مقدار b کافی است $\Delta n(CO_۲)$ در بازهٔ ۳۰ تا ۴۰ ثانیه را بر مدت زمان آن یعنی ۱۰s تقسیم کنیم:

$$b=\bar{R}(CO_۲)_{۳۰s\,\text{تا}\,۴۰s}=\frac{۲/۵\times۱۰^{-۳}\,mol}{۱۰s}=۲/۵\times۱۰^{-۴}\,mol.s^{-۱}$$

B ۱۵۱۴ ۴ با توجه به اینکه غلظت مواد جامد و مایع خالص در دمای معین ثابت است و تغییر نمی‌کند، پس اطلاعات این جدول مربوط به $CO_۲$ است. از آنجا که از ثانیهٔ ۱۲۰ به بعد، غلظت گاز $CO_۲$ ثابت مانده است؛ بنابراین واکنش پس از گذشت ۱۲۰ ثانیه تمام می‌شود و طبق گفتهٔ سؤال، مقدار فراورده‌ها در شروع واکنش صفر می‌باشد:

$$\Delta n(CO_۲)=۴L\,\text{ظرف}\times\frac{۱/۵mol\,CO_۲}{۱L\,\text{ظرف}}=۶mol\,CO_۲$$

در ادامه تغییر مول MgO را محاسبه می‌کنیم: $\frac{\Delta n(CO_2)}{1}=\frac{\Delta n(MgO)}{1}\Rightarrow \Delta n(MgO)=\Delta n(CO_2)=60mol \qquad \Delta t=120s=2\,min$

اکنون سرعت متوسط تولید منیزیم اکسید را به دست می‌آوریم: $\bar{R}(MgO)=\frac{\Delta n(MgO)}{\Delta t}=\frac{6mol\,MgO}{2\,min}=3mol.\,min^{-1}$

B ۱۵۱۵ ۳ می‌دانیم که با مصرف واکنش‌دهنده‌ها و کاهش غلظت آن‌ها، رفته‌رفته از سرعت واکنش کاسته می‌شود؛ در واقع در لحظهٔ شروع واکنش، سرعت ماکزیمم است؛ بنابراین سرعت در بازهٔ ۲۵-۳۰ ثانیه از سرعت در بازهٔ ۲۰ تا ۳۰ ثانیه کمتر و از سرعت در بازهٔ ۳۰ تا ۴۰ ثانیه بیشتر است: $R_{30-40}<R_{25-30}<R_{20-30}$

پس سرعت واکنش را در بازه‌های ۲۰s تا ۳۰s و ۳۰s تا ۴۰s محاسبه می‌کنیم:

$$\text{در بازهٔ ۲۰ تا ۳۰ ثانیه}\Rightarrow \bar{R}_{\text{واکنش}}=\frac{\bar{R}_{(NOBr)}}{\text{ضریب استوکیومتری}}=\frac{\bar{R}_{(NOBr)}}{2}=\frac{\frac{|\Delta(NOBr)|}{\Delta t}}{2}=\frac{\frac{|0/0204-0/0244|}{10}}{2}=2\times10^{-4}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

$$\text{در بازهٔ ۳۰ تا ۴۰ ثانیه}\Rightarrow \bar{R}_{\text{واکنش}}=\frac{\bar{R}_{(NOBr)}}{\text{ضریب استوکیومتری}}=\frac{\bar{R}_{(NOBr)}}{2}=\frac{\frac{|\Delta(NOBr)|}{\Delta t}}{2}=\frac{\frac{|0/0175-0/0204|}{10}}{2}=1/45\times10^{-4}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

بنابراین سرعت متوسط واکنش در بازهٔ ۲۵s تا ۳۰s باید عددی بین $1/45\times10^{-4}$ تا 2×10^{-4} باشد. تنها در گزینهٔ (۳) این‌گونه است. $1/45\times10^{-4}<1/8\times10^{-4}<2\times10^{-4}$

B ۱۵۱۶ ۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $CaC_2+2H_2O\rightarrow Ca(OH)_2+C_2H_2$ است. با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری C_2H_2 با CaC_2 برابر است، داریم: $\bar{R}(CaC_2)=\bar{R}(C_2H_2)=0/6mol.L^{-1}.\,min^{-1}$

تغییرات مقدار مول CaC_2 از ابتدا تا انتهای واکنش برابر است با: $\Delta m(CaC_2)=57/4-115=-57/6g$

$$\bar{R}(CaC_2)=\frac{-\Delta n(CaC_2)}{V\times\Delta t}\Rightarrow 0/6=\frac{-(0-0/9)mol}{V\times(36s\times\frac{1\,min}{60s})}\Rightarrow V=2/5L$$

$$\Delta n(CaC_2)=57/6g\,CaC_2\times\frac{1\,mol\,CaC_2}{64g\,CaC_2}=0/9mol\,CaC_2$$

با توجه به اینکه سرعت متوسط تولید C_2H_2 در ۳۶ ثانیهٔ ابتدایی برابر $0/6mol.L^{-1}.\,min^{-1}$ است، سرعت متوسط تولید این گاز در ثانیه‌های ۳۶ تا ۵۴ برابر $0/36mol.L^{-1}.\,min^{-1}$ است. $(0/6\times0/6)$

$$\text{در ۳۶ ثانیهٔ ابتدایی}\,mol(C_2H_2)=\bar{R}\times V\times t=0/6\times2/5\times\frac{36}{60}=0/9mol$$

$$\text{در}\,t=36s\,\text{تا}\,t=54s\,mol(C_2H_2)=\bar{R}\times V\times t=0/36\times2/5\times\frac{18}{60}=0/27mol$$

$$\text{مقدار مول}\,C_2H_2=0/9+0/27=1/17mol$$

B ۱۵۱۷ ۳ کاهش جرم مخلوط واکنش به دلیل آزاد شدن گاز کربن دی‌اکسید است. ابتدا باید جرم CO_2 را بیابیم. اگر دقت کنید از ثانیهٔ ۵۰ به بعد کاهش جرم در مخلوط واکنش رخ نداده است. یعنی واکنش در ثانیهٔ ۵۰ به پایان رسیده و دیگر گاز تولید نشده است. $CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CO_2(g)+CaCl_2(aq)+H_2O(l)$

$$\bar{R}(HCl)=\frac{\Delta n(HCl)}{\Delta n(min)}\Rightarrow\frac{96}{1000}=\frac{\Delta n(HCl)}{\frac{50}{60}\,min}\Rightarrow\Delta n(HCl)=0/08mol$$

$$\text{تولیدی}\,?\,g\,CO_2=0/08mol\,HCl\times\frac{1\,mol\,CO_2}{2mol\,HCl}\times\frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=1/76g\,CO_2$$

پس جرم مخلوط اولیه $66/26\,(1/76+64/5)$ گرم بوده است؛ زیرا کاهش جرم تا پایان واکنش به دلیل آزاد شدن CO_2 است.

B ۱۵۱۸ ۳ ابتدا باید به کمک اعداد داده شده در جدول، به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش برسیم:

$$\text{تغییرات مول A در}\,t=2\,\text{تا}\,t=8: 3/5-5/5=-2\xrightarrow[\text{ضریب}]{\text{تقسیم بر کوچک‌ترین}}\frac{-2}{0/5}=-4$$

$$\text{تغییرات مول B در}\,t=2\,\text{تا}\,t=8: 2/7-3/2=-0/5\xrightarrow[\text{ضریب}]{\text{تقسیم بر کوچک‌ترین}}\frac{-0/5}{0/5}=-1$$

$$\text{تغییرات مول C در}\,t=2\,\text{تا}\,t=8: 2/1-1/1=1\xrightarrow[\text{ضریب}]{\text{تقسیم بر کوچک‌ترین}}\frac{1}{0/5}=2$$

بنابراین معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $4A+B\rightarrow 2C$ است. $R(\text{واکنش})=\bar{R}(B)=\frac{-\Delta n(B)}{V\times\Delta t}=\frac{-(2/7-3/2)}{\frac{1}{3}\times6}=0/25mol.L^{-1}.\,min^{-1}$

B ۱۵۱۹ ۱ باید محاسبه کنیم که در بازهٔ زمانی داده شده چند گرم گاز NO در این واکنش تولید شده است. معادلهٔ موازنه شده این واکنش به‌صورت $2NO_2\rightarrow 2NO+O_2$ است.

$$\bar{R}(NO)=2\times R(\text{واکنش})=2\times2/5\times10^{-3}=5\times10^{-3}$$

مقدار مول NO تولید شده $=\Delta n(NO)=\bar{R}(NO)\times\Delta t=۵\times۱۰^{-۳}\times(۴\,min\times\frac{۶۰s}{۱min})=۱/۲mol$

جرم گاز NO تولیدی $=۱/۲mol\,NO\times\frac{۳۰g\,NO}{۱mol\,NO}=۳۶g\,NO$ چگالی $=\frac{\text{جرم NO}}{\text{حجم NO}}=\frac{۳۶g}{۲۰L}=۱/۸g.L^{-۱}$

C ۱۵۲۰ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دو دقیقهٔ دوم، یعنی بازهٔ زمانی $t=۲\,min$ تا $t=۴\,min$؛ بنابراین:

$$\bar{R}(N_۲O_۵)=-\frac{\Delta[N_۲O_۵]}{\Delta t}=-\frac{۰/۰۱۲-۰/۰۱۵}{۲}=۱/۵\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}.min^{-۱}\quad \bar{R}\,(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(N_۲O_۵)}{۲}=\frac{۱/۵\times۱۰^{-۳}}{۲}=۷/۵\times۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}.min^{-۱}$$

عبارت (ب): ابتدا سرعت متوسط تشکیل $N_۲O_۵$ را در بازهٔ زمانی آزمایش محاسبه کرده و سپس سرعت متوسط $NO_۲$ را به‌دست می‌آوریم: $\Delta t=۴\,min=۲۴۰s$

$$\bar{R}(N_۲O_۵)=-\frac{\Delta[N_۲O_۵]}{\Delta t}=-\frac{۰/۰۱۲-۰/۰۲}{۲۴۰}=۳/۳۳\times۱۰^{-۵}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

$$\frac{\bar{R}(NO_۲)}{۴}=\frac{\bar{R}(N_۲O_۵)}{۲}\Rightarrow\bar{R}(NO_۲)=\frac{۴}{۲}R(N_۲O_۵)\Rightarrow\bar{R}(NO_۲)=\frac{۴}{۲}(۳/۳۳\times۱۰^{-۵})=۶/۶۷\times۱۰^{-۵}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

عبارت (پ): ابتدا سرعت متوسط تشکیل $O_۲$ را برحسب $mol.L^{-۱}.h^{-۱}$ در بازهٔ زمانی ۰ تا ۴ دقیقه محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta t=۴\,min=\frac{۱}{۱۵}h\Rightarrow\bar{R}(N_۲O_۵)=-\frac{\Delta[N_۲O_۵]}{\Delta t}=-\frac{۰/۰۱۲-۰/۰۲}{\frac{۱}{۱۵}}=۰/۱۲mol.L^{-۱}.h^{-۱}\ ,\ \bar{R}(O_۲)=\frac{\bar{R}(N_۲O_۵)}{۲}=\frac{۰/۱۲}{۲}=۰/۰۶mol.L^{-۱}.h^{-۱}$$

همان‌طور که می‌دانید، هر چه به انتهای واکنش نزدیک‌تر می‌شویم، از سرعت آن کاسته می‌شود؛ بنابراین ممکن نیست که سرعت متوسط تولید $O_۲$ در دقایق ۴ تا ۸ (چهار دقیقهٔ دوم) بیشتر از سرعت متوسط تولید $O_۲$ در دقایق صفر تا ۴ (چهار دقیقهٔ اول) باشد. عبارت (ت): نیمهٔ اول زمان آزمایش، یعنی دقایق صفر تا ۲ و نیمهٔ دوم، یعنی دقایق ۲ تا ۴؛ بنابراین:

$$\frac{\bar{R}(N_۲O_۵)(t=۰\text{ تا }t=۲)}{\bar{R}(N_۲O_۵)(t=۲\text{ تا }t=۴)}=\frac{\frac{-\Delta[N_۲O_۵]_۱}{\Delta t_۱}}{\frac{-\Delta[N_۲O_۵]_۲}{\Delta t_۲}}\xrightarrow{\Delta t_۱=\Delta t_۲}\frac{-(۰/۰۱۵-۰/۰۲)}{-(۰/۰۱۲-۰/۰۱۵)}\simeq۱/۶۷$$

B ۱۵۲۱ ۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش $۲KClO_۳\rightarrow۲KCl+۳O_۲$ است. در جدول داده شده، سرعت متوسط واکنش ذکر شده است. بنابراین:

$$\bar{R}(O_۲)=۳\times R(\text{واکنش})=۳\times۳۵\times۱۰^{-۳}=۰/۱۰۵mol.s^{-۱}\qquad \Delta n(O_۲)=\bar{R}(O_۲)\times\Delta t=۰/۱۰۵\times۸۰=۸/۴mol\,O_۲$$

معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش سوختن پروپان به‌صورت $C_۳H_۸+۵O_۲\rightarrow۳CO_۲+۴H_۲O$ است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_۳H_۸=۸/۴mol\,O_۲\times\frac{۱mol\,C_۳H_۸}{۵mol\,O_۲}\times\frac{۴۴g\,C_۳H_۸}{۱mol\,C_۳H_۸}=۷۳/۹۲g\,C_۳H_۸$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم پروپان}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول اکسیژن}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x}{۴۴\times۱}=\frac{۸/۴}{۵}\Rightarrow x=۷۳/۹۲g\,C_۳H_۸$$

B ۱۵۲۲ ۲ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش $PI_۳+۳H_۲O\rightarrow۳HI+H_۳PO_۳$ است. باید غلظت HI را در ثانیهٔ ۱۶ و ثانیهٔ ۳۲ به‌دست آوریم:

ثانیهٔ ۱۶: $\bar{R}(HI)=۳R(\text{واکنش})=۳\times۰/۱۲۵=۰/۳۷۵mol.L^{-۱}.s^{-۱}\ ,\ t=۱۶s\text{ تا }t=۰s\text{ در}\Rightarrow\Delta[HI]=\bar{R}(HI)\times\Delta t=۰/۳۷۵\times۱۶=۶mol.L^{-۱}$

$$[HI]_{t=۱۶}-\underbrace{[HI]_{t=۰}}_{۰}=۶\Rightarrow[HI]_{t=۱۶}=۶mol.L^{-۱}$$

ثانیهٔ ۳۲:

$$\bar{R}(HI)=۳R(\text{واکنش})=۳\times۶/۲۵\times۱۰^{-۲}=۱۸/۷۵\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}\ ,\ t=۴۸s\text{ تا }t=۳۲s\text{ در}\Rightarrow\Delta[HI]=\bar{R}(HI)\times\Delta t=۱۸/۷۵\times۱۰^{-۲}\times۱۶=۳mol.L^{-۱}$$

$$\underbrace{[HI]_{t=۴۸}}_{۱۳/۸}-[HI]_{t=۳۲}=۳\Rightarrow[HI]_{t=۳۲}=۱۰/۸mol.L^{-۱}$$

سرعت واکنش در ۱۶ ثانیهٔ دوم ($t=۱۶$ تا $t=۳۲$) برابر است با: $R(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(HI)}{۳}=\frac{\Delta[HI]}{\Delta t\times۳}=\frac{[HI]_{t=۳۲}-[HI]_{t=۱۶}}{(۳۲-۱۶)\times۳}=\frac{۱۰/۸-۶}{۱۶\times۳}=۰/۱\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}$

B ۱۵۲۳ ۳ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش به‌صورت $Ca_۳P_۲+۶H_۲O\rightarrow۳Ca(OH)_۲+۲PH_۳$ است. دقت کنید که واکنش در ثانیهٔ ۲۴ به پایان رسیده است.

(نه ثانیهٔ ۳۰!) $\bar{R}(PH_۳)=R(\text{واکنش})\times۲=۳/۷۵\times۱۰^{-۲}\times۲=۷/۵\times۱۰^{-۲}\,mol.s^{-۱}\ ,\ \Delta n(PH_۳)=\bar{R}(PH_۳)\times\Delta t=۷/۵\times۱۰^{-۲}\times(۲۴-۶)=۱/۳۵mol$

$$\text{تعداد مول گاز}=\frac{\text{حجم گاز تولید شده}}{\text{حجم مولی گازها}}=\frac{(۵۶۷۰۰-۲۸۳۵۰)mL\times\frac{۱L}{۱۰۰۰mL}}{\text{حجم مولی گازها}}=۱/۳۵\Rightarrow\text{حجم مولی گازها}=۲۱L$$

معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش مورد نظر به‌صورت $2HCl(aq)+Ca(OH)_2(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+2H_2O(l)$ است.

$$?\,L\,HCl=56700\,mL\,PH_3\times\frac{1\,mol\,PH_3}{21000\,mL}\times\frac{3\,mol\,Ca(OH)_2}{2\,mol\,PH_3}\times\frac{2\,mol\,HCl}{1\,mol\,Ca(OH)_2}\times\frac{1\,L\ \text{محلول}}{1/8\,mol\,HCl}=4/5\,L\ \text{محلول}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{56700\times3\times2}{21000\times2\times1/8}=?\xrightarrow[\text{صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون در نظر گرفتن}}\frac{567\times3\times2}{21\times2\times18}=\frac{567}{21\times6}\xrightarrow{\text{تقسیم پلکانی}}\frac{\overset{80}{56}+\overset{1}{7}}{\underset{3}{21}\times6}=\frac{80+1}{3\times6}=\frac{\overset{27}{81}}{3\times6}=\frac{27}{6}=\frac{9}{2}=4/5$$

۱۵۲۴ **۳** همهٔ موارد به جز مورد (ب) درست هستند. معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش $4NH_3+3O_2\rightarrow 2N_2+6H_2O$ است. تک‌تک موارد را بررسی می‌کنیم:

مورد (الف): با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش، $\Delta n(N_2)$ نصف $-\Delta n(NH_3)$ است.

$$\frac{A}{C}=\frac{\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t}}{\frac{-\Delta n(NH_3)}{\Delta t}}=\frac{\Delta n(N_2)}{-\Delta n(NH_3)}\times\Delta t=\frac{1}{2}\times20=10\Rightarrow A=10C$$

مورد (ب): با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش، $-\Delta n(O_2)$، نصف $\Delta n(H_2O)$ است.

$$\frac{B}{D}=\frac{\frac{\Delta n(O_2)}{6\Delta t}}{\frac{\Delta n(H_2O)}{6\Delta t}}=\frac{\Delta n(O_2)}{\Delta n(H_2O)}\times6\Delta t=-\frac{1}{2}\times6\times20=-60\Rightarrow B=-60D$$

مورد (پ): با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش، $-\Delta n(NH_3)$، برابر $\frac{2}{3}\Delta n(H_2O)$ است.

$$\frac{G}{H}=\frac{\frac{-\Delta n(NH_3)}{\Delta t}}{\frac{\Delta n(H_2O)}{6\Delta t}}=\frac{-\Delta n(NH_3)}{\Delta n(H_2O)}\times6=\frac{2}{3}\times6=4\Rightarrow G=4H$$

مورد (ت): با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش، $-\Delta n(O_2)$، برابر $\frac{3}{2}\Delta n(N_2)$ است.

$$\frac{F}{E}=\frac{\Delta n(O_2)}{\Delta n(N_2)}=-\frac{3}{2}=-1/5\Rightarrow F=-1/5E$$

۱۵۲۵ **۱** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $K_2CO_3(s)+4C(s,\text{گرافیت})+2NH_3(g)\rightarrow 2KCN(s)+3CO(g)+3H_2(g)$

در این واکنش به ازای مصرف یک مول K_2CO_3 (معادل ۱۳۸ گرم) و ۴ مول C (معادل ۴۸ گرم)، ۲ مول KCN (معادل با ۱۳۰ گرم) تولید می‌شود؛ بنابراین جرم مخلوط واکنش ۵۶ (۱۳۰−۱۳۸+۴۸) گرم کاهش می‌یابد. طبق جدول داده شده، واکنش در لحظهٔ $t=100s$ پایان یافته است. میزان کاهش جرم مخلوط در این مدت برابر است با:

$$\Delta m=|30/56-34/76|=4/2g$$

سرعت متوسط تولید گاز ناقطبی H_2 را به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_{H_2}=\frac{\Delta n}{\Delta t}=\frac{0/225mol}{\frac{100}{60}min}=1/35\times10^{-1}\,mol.\,min^{-1}$$

$$4/2g\ \text{کاهش جرم}\times\frac{3mol\,H_2}{56g\ \text{کاهش جرم}}=0/225mol\,H_2$$

سرعت متوسط واکنش در هر بازهٔ زمانی متناسب با سرعت کاهش جرم مخلوط واکنش در آن بازه است؛ بنابراین داریم:

$$\frac{\text{سرعت متوسط واکنش در بازهٔ ۴۰−۲۰ ثانیه}}{\text{سرعت متوسط واکنش در بازهٔ ۸۰−۴۰ ثانیه}}=\frac{\frac{\Delta m}{\Delta t}}{\frac{\Delta m'}{\Delta t'}}=\frac{\frac{32/66-33/64}{20}}{\frac{31/12-32/66}{40}}\simeq1/27$$

۱۵۲۶ **۴** واکنش در ثانیهٔ ۴۵ به تعادل می‌رسد. ابتدا تغییرات حجم گاز N_2O_5 را در بازهٔ زمانی $t=9s$ تا $t=45s$ محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V(N_2O_5)=13/44-33/6=-20/16L$$

$$\text{مقدار مول } NO_2\text{ تولیدی}=20/16L\,N_2O_5\times\frac{1mol\,N_2O_5}{22/4L\,N_2O_5}\times\frac{4mol\,NO_2}{2mol\,N_2O_5}=1/8mol\,NO_2$$

$$\bar{R}(NO_2)=\frac{\Delta n(NO_2)}{\Delta t}=\frac{1/8mol}{36s\times\frac{1min}{60s}}=3mol.\,min^{-1}$$

تعداد مول اولیهٔ N_2O_5 را x در نظر می‌گیریم. تعداد مول N_2O_5 در ثانیهٔ ۴۵ برابر است با:

$$\text{مقدار مول باقی‌مانده } N_2O_5=13/44L\,N_2O_5\times\frac{1mol\,N_2O_5}{22/4L\,N_2O_5}=0/6mol\,N_2O_5$$

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{تعداد مول } N_2O_5\text{ مصرفی}}{\text{مول اولیهٔ } N_2O_5}\times100\Rightarrow\frac{75}{100}=\frac{x-0/6}{x}\Rightarrow x=2/4mol\,N_2O_5$$

۱۵۲۷ C ۲ واکنش موازنه شده $CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$

با توجه به اینکه غلظت داده شده رو به کاهش است. بنابراین تغییرات غلظت مربوط به واکنش‌دهنده و HCl است و از طرفی چون $CaCO_3$ جامد است و غلظت آن ثابت است. بنابراین تغییرات غلظت نمی‌تواند مربوط به آن باشد.

در ۱۰ دقیقهٔ اول: $\Delta t=10\,min$ $\quad \Delta(HCl)=0/3-0/8=-0/5\,mol.L^{-1}$

$$\bar{R}(HCl)=\frac{-\Delta[HCl]}{\Delta t}=\bar{R}(HCl)=\frac{-(-0/5)mol.L^{-1}}{10\,min}\times\frac{1\,min}{60\,s}=\frac{0/05}{60}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

در ۱۰ دقیقهٔ دوم: $\Delta t=10\,min$ $\quad \Delta(HCl)=0/15-0/3=-0/15\,mol.L^{-1}$

$$\bar{R}(HCl)=\frac{-(0/15)mol.L^{-1}}{10\,min}=1/5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}.min^{-1}\quad,\quad\frac{\bar{R}(HCl)}{\bar{R}(CO_2)}=\frac{2}{1}\Rightarrow\bar{R}(CO_2)=\frac{1/5}{2}\times10^{-2}\,mol.L^{-1}\,min^{-1}$$

پس نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{\text{سرعت متوسط تولید } CO_2 \text{ در ۱۰ دقیقهٔ دوم}}{\text{سرعت متوسط مصرف HCl در ۱۰ دقیقهٔ اول}}=\frac{\frac{1/5\times10^{-2}}{2}}{\frac{0/05}{60}}=\frac{1/5\times60\times10^{-2}}{2\times0/05}=9$$

۱۵۲۸ C ۳ قسمت اول: توجه کنید که کاهش جرم توده، ناشی از خروج گاز CO_2 از آن است. لذا برای محاسبهٔ بازده، ابتدا مقدار نظری واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO=\underbrace{200\,CaCO_3}_{\text{لحظهٔ } t=0}\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=88\,g\,CO_2$$

اکنون سراغ مقدار علمی CO_2 تولید شده در واکنش می‌رویم. برای این کار باید جرم توده را در لحظه‌ای که ثابت مانده (واکنش متوقف شده) از جرم اولیه کم کنیم:

$$mCO_2=-\Delta m\,\text{توده}=-(\underbrace{127/4-200}_{t=6\,min})=72/6\,g\,CO_2$$

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100=\frac{72/6}{88}\times100=82/5$$

قسمت دوم: ابتدا باید توجه کنیم که جرم اتم‌های کلسیم توده، در طول فرایند ثابت می‌ماند. لذا می‌توان جرم آن را در لحظهٔ اول محاسبه کرد:

$$?\,g\,Ca=200\,g\,CaCO_3\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3}\times\frac{40\,g\,Ca}{1\,mol\,Ca}=80\,g\,Ca$$

حال جرم تودهٔ واکنش را در لحظه‌ای که درصد جرمی کلسیم برابر ۵۹/۷ است حساب می‌کنیم:

$$\%Ca=\frac{\text{جرم کلسیم}}{\text{جرم کل}}\times100\Rightarrow59/7=\frac{80\,g}{m}\times100\Rightarrow m=134\,g$$

با توجه به داده‌های جدول، جرم تودهٔ واکنش، در لحظهٔ $t=5\,min$ برابر ۱۳۴ گرم است، نخست مقدار مول CO_2 تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,CO_2=(200-134)g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}=1/5\,mol\,CO_2$$

$$R(\text{واکنش})=\frac{R(CO_2)}{1}\Rightarrow R(CO_2)[0-5]=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t}=\frac{1/5\,mol}{5\,minute}=0/3\,mol.\,minute^{-1}$$

۱۵۲۹ C ۳ حجم مولی گازها در شرایط آزمایش را از چگالی گاز N_2 حساب می‌کنیم:

$$\text{حجم یک مول گاز } N_2=1\,mol\,N_2\times\frac{28\,g\,N_2}{1\,mol\,N_2}\times\frac{4\,L\,N_2}{5g\,N_2}=22/4\,L$$

با توجه به اینکه فشار آزمایش برابر ۱atm و حجم مولی گازها برابر $22/4\,L.mol^{-1}$ است؛ پس واکنش در شرایط STP انجام شده است. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $NaHCO_3(aq)+HCl(aq)\rightarrow NaCl(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$

قسمت اول: با توجه به اینکه در شرایط STP فقط به صورت گاز است، پس حجم تولیدی در ۷۵ ثانیهٔ اول برابر است با:

$$\text{حجم } CO_2 \text{ تولیدی در ۷۵ ثانیهٔ اول}=336+224+112+67/2+44/8=784\,mL=0/784\,L\,CO_2$$

در ادامه مقدار مول CO_2 تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta n(CO_2)=0/784\,L\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L\,CO_2}=0/035\,mol\,CO_2\qquad\bar{R}(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t}=\frac{0/035\,mol}{\frac{75}{60}\,min}=0/028\,mol.\,min^{-1}$$

قسمت دوم: حال جرم مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم. محاسبهٔ جرم CO_2 تولیدی در ۱۵ ثانیهٔ اول که باعث کاهش جرم مخلوط واکنش شده است:

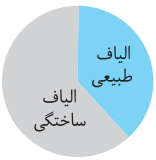
$$\text{کاهش جرم مخلوط در ۱۵ ثانیهٔ اول}=336\,mL\,CO_2\times\frac{1\,L\,CO_2}{1000\,mL\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L\,CO_2}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=0/66\,g\,CO_2$$

در ۱۵ ثانیهٔ اول واکنش ۰/۶۶ گرم از جرم مخلوط کاسته شده است و جرم مخلوط به ۶۵/۴۴ گرم رسیده است؛ بنابراین:

$$\text{جرم اولیهٔ مخلوط واکنش}=65/44+0/66=66/1\,g$$

پاسخ تشریحی

شیمی ۲: فصل سوم



A ۱۵۳۰ ۳ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): الیاف ساختگی، الیافی هستند که در طبیعت یافت نمی‌شوند بلکه تنها از واکنش بین مواد شیمیایی در شرکت‌های پتروشیمیایی تولید می‌شوند. گزینهٔ (۲): اغلب فراورده‌های پتروشیمیایی برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی‌استر، نایلون و ... به‌کار می‌روند. ابریشم جزء الیاف طبیعی و جانوری است. گزینهٔ (۴): الیاف ساختگی افزون‌بر تهیهٔ پارچه و پوشاک، به‌طور گسترده‌ای در تهیهٔ انواع پوشش‌ها، ظروف نچسب، یکبار مصرف و پلاستیکی، فرش، پرده و ... استفاده می‌شوند.
توجه کنید که الیاف طبیعی نیز مانند الیاف ساختگی می‌توانند کاربردهای دیگری غیر از تهیهٔ پارچه و پوشاک داشته باشند.

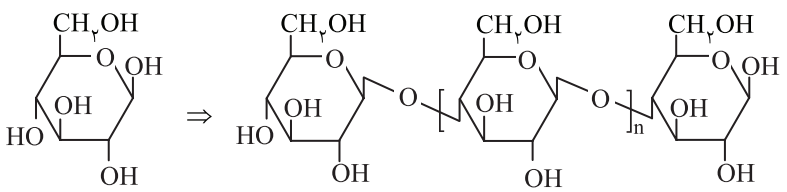
A ۱۵۳۱ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. الیاف جمع لیف است. لیف رشته‌های نازک، بلند و مو مانندی با استحکام و انعطاف‌پذیری مناسب است. از کنار هم قرار گرفتن این رشته‌ها، الیاف به‌دست می‌آید. در واقع با تنیدن لیف‌ها، الیاف را تولید می‌کنند. پنبه از الیاف سلولز تشکیل شده است. لیف سلولز زنجیری بسیار بلند است که از اتصال شمار بسیار زیادی مولکول گلوکز به یکدیگر ساخته می‌شود. میزان تولید الیاف پنبه بسیار بیشتر از الیاف پشمی و از میزان تولید الیاف پلی‌استری کمتر بوده است.

A ۱۵۳۲ ۳ شکل داده شده نمایی ساده از الیاف سلولز و مولکول‌های سازندهٔ آن در پنبه را نشان می‌دهد. الیاف ساختگی اغلب بر پایهٔ نفت هستند و در واکنش پلیمری شدن (بسپارش) در آزمایشگاه و صنعت تهیه می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): A نشان‌دهندهٔ لیف سلولز و B نشان‌دهندهٔ مولکول گلوکز است.
* **توجه** از کنار هم قرار گرفتن مولکول‌های سلولز، لیف سلولز و از کنار هم قرار گرفتن لیف‌های سلولز، الیاف سلولز به وجود می‌آیند.
گزینهٔ (۲): درشت‌مولکول‌های سلولز و نشاسته هر دو از کنار هم قرار گرفتن شمار بسیار زیادی از مولکول‌های گلوکز به وجود می‌آیند. این دو پلیمر تنها از نظر نحوهٔ اتصال مونومرها با یکدیگر تفاوت دارند. گزینهٔ (۴): در صنعت نساجی از الیاف پنبه، طی فرایند ریسندگی، نخ پنبه‌ای تولید می‌کنند. سپس طی فرایند بافندگی، از نخ‌های پنبه‌ای، انواع پارچه‌های پنبه‌ای، گاز استریل و تور ماهیگیری ساخته می‌شود.

B ۱۵۳۳ ۱ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (پ): نیروهای بین‌مولکولی در درشت‌مولکول‌ها نسبت به مولکول‌های کوچک، قوی‌تر هستند. به‌طور کلی هر چه مولکول بزرگ‌تر باشد، نیروهای بین‌مولکولی در آن‌ها قوی‌تر می‌شود. البته در این مولکول‌ها اگر اتم هیدروژن متصل به یکی از اتم‌های N ، O یا F وجود داشته باشد، به دلیل توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی، نیروهای بین‌مولکولی تقویت می‌شود. عبارت (ت): هر درشت‌مولکول پلیمر محسوب نمی‌شود، زیرا هر درشت‌مولکولی واحد تکرار شونده ندارد، و هر پلیمری یک درشت‌مولکول به حساب نمی‌آید. برای مثال مولکول انسولین و مولکول چربی سازندهٔ روغن زیتون، درشت‌مولکول هستند، اما به دلیل نداشتن واحدهای تکرار شونده، پلیمر به حساب می‌آید.

B ۱۵۳۴ ۱ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکول‌های سازندهٔ نشاسته، روغن زیتون و پلی‌اتن درشت‌مولکول هستند، اما مولکول پروپان (C_3H_8) یک مولکول کوچک است. در میان مولکول‌های داده شده، نشاسته و پلی‌اتن پلیمر هستند و در ساختار آن‌ها بخش‌هایی دیده می‌شود که در سرتاسر مولکول تکرار شده است. عبارت (ب): پلی‌اتن $+C_2H_4\rangle_n$ از کنار هم قرار گرفتن واحدهای تکراری اتن طی واکنش بسپارش تولید می‌شود. پس همانند مولکول پروپان (C_3H_8) تنها از اتم‌های کربن و هیدروژن تشکیل شده است. عبارت (پ): با افزایش جرم و حجم مولکول‌ها، نیروهای بین‌مولکولی افزایش می‌یابد، بنابراین نیروهای بین‌مولکولی در درشت‌مولکول‌ها بسیار بیشتر از این نیروها در میان مولکول‌های کوچک است. عبارت (ت): مولکول‌های نشاسته و روغن زیتون، درشت‌مولکول‌هایی طبیعی و مولکول پلی‌اتن، درشت‌مولکولی ساختگی است. عبارت (ث): واحد سازندهٔ نشاسته، گلوکز با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O_6$ و واحد سازندهٔ پلی‌اتن، اتن با فرمول مولکولی C_2H_4 است. در هر دو نسبت شمار اتم‌های کربن به هیدروژن برابر $\frac{1}{2}$ است.

B ۱۵۳۵ ۴ هیدروکربن‌ها مولکول‌هایی هستند که تنها از اتم‌های هیدروژن و کربن ساخته می‌شوند. با این تعریف می‌توان گفت هیدروکربن‌ها هم شامل مولکول‌های کوچک مثل اتان، نفتالن و ... و هم شامل درشت‌مولکول‌هایی مثل پلی‌اتن، پلی‌پروپن و ... هستند. توجه کنید که نیروهای بین‌مولکولی میان مولکول‌های ناقطبی هیدروکربن‌ها از نوع نیروهای وان‌درواالسی است و با افزایش جرم و حجم مولکول‌ها این نیروها قوی‌تر می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به تصویر نمایش داده شده در کتاب درسی در مورد ساختار الیاف پنبه، در سلولز، میان واحدهای تکرار شونده، اتم‌های اکسیژن قرار دارد. با توجه به الگوی زیر، هر مولکول گلوکز از یک سمت OH و از سمت دیگر H متصل به اکسیژن خود را آزاد کرده تا بتواند با دو مولکول گلوکز دیگر پیوند تشکیل دهد.



گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ سلولز

گزینهٔ (۲): مولکول نشان داده شده، یک مولکول چربی بوده که متعلق به روغن زیتون است و در دمای اتاق به‌صورت مایع می‌باشد. گزینهٔ (۳): نیروهای بین‌مولکولی میان درشت‌مولکول‌ها به دلیل جرم و حجم زیاد به مراتب قوی‌تر از نیروهای بین‌مولکولی در مولکول‌های کوچک هستند.

A ۱۵۳۶ ۱ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): تفلون و پلی‌سیانو اتن پلیمر ساختگی و پروتئین پلیمر طبیعی است. همچنین روغن زیتون درشت‌مولکولی طبیعی بوده ولی پلیمر نیست. پروپان یک مولکول کوچک است. پرسش (ب): روغن زیتون یک چربی است و از اتم‌های H ، C و O ساخته می‌شود. پلی‌اتن از کنار هم قرار گرفتن مونومرهای اتن (C_2H_4) ساخته می‌شود و تنها شامل اتم‌های H و C است. سلولز از مولکول‌های گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ تشکیل شده و همانند استیک اسید $(C_2H_4O_2)$ دارای اتم‌های H ، C و O می‌باشد. پرسش (پ): پلی‌اتن یک پلیمر و درشت‌مولکول است و از کنار هم قرار گرفتن تعداد بسیار زیادی از واحدهای C_2H_4 ساخته می‌شود. بنابراین جرم مولی بسیار زیادی دارد. روغن زیتون گرچه یک درشت‌مولکول است اما پلیمر نیست و نسبت به پلی‌اتن جرم مولی بسیار کمتری دارد. گوگرد دی‌اکسید (SO_2) نیز جرم مولی بیشتری نسبت به متان (CH_4) دارد.

B ۱۵۳۷ ۲ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی موارد:** مورد (الف): مولکول چربی موجود در کوهان شتر $(C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶)$ همانند تفلون (پلیمر ساختگی)، جزء درشت‌مولکول‌ها هستند. مورد (ب): بوکسیت $(Al_۲O_۳)$ سنگ معدن آلومینیم بوده و برخلاف پلیمر ساختگی پلی‌اتن در طبیعت یافت می‌شود. مورد (پ): انسولین همانند سلولز دارای واحدهای تکرار شونده است. (انسولین و ابریشم هر دو درشت‌مولکول بوده و جزء پروتئین‌ها هستند.) مورد (ت): ابریشم یک درشت‌مولکول طبیعی است در حالی که بنزوئیک اسید $(C_۷H_۶O_۲)$ یک مولکول کوچک است. مورد (ث): نشاستهٔ گندم و پروتئین موجود در پشم جزء پلیمرهای طبیعی هستند.

A ۱۵۳۸ ۱ انسان با بهره‌مندی از هوش و تجربه‌های برگرفته از طبیعت توانست نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست جانوران (بافت‌های جانوری) تهیه کند و با گذشت زمان از بافت‌های گیاهی نیز برای پوشش خود استفاده کرد.

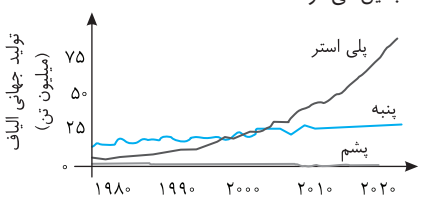
A ۱۵۳۹ ۳ عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): امروزه بخش عمدهٔ پوشاک در صنعت نساجی از الیاف ساختگی بر پایهٔ نفت تولید می‌شوند. نفت خام مایعی غلیظ و سیاه‌رنگ یا قهوه‌ای متمایل به سبز است. عبارت (پ): در فصل ۱ شیمی ۲ آموختید که بیش از ۹۰٪ نفت خام تولیدی صرف سوزاندن و تأمین انرژی می‌شود و تنها مقدار کمی از آن (کمتر از ۱۰٪) به‌عنوان خوراک پتروشیمی در تولید مواد پتروشیمیایی به‌کار می‌رود. اغلب فراورده‌های پتروشیمیایی برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی‌استر، نایلون و ... به‌کار می‌روند. عبارت (ث): در صنعت نساجی، الیافی مانند پنبه را به ترتیب طی مراحل ریسندگی و بافندگی به پارچهٔ خام تبدیل می‌کنند.

A ۱۵۴۰ ۱ فقط مورد دوم، جمله را به درستی کامل می‌کند. به الگوی زیر توجه کنید:



بررسی موارد: مورد اول: در مرحلهٔ بافندگی، نخ به پارچهٔ خام تبدیل می‌شود. مورد دوم: در مرحلهٔ ریسندگی، الیاف به نخ تبدیل می‌شود. مورد سوم: در مرحلهٔ فراوری، پارچهٔ خام به پارچهٔ آمادهٔ استفاده تبدیل می‌شود. مورد چهارم: در مرحلهٔ دوزندگی، پارچهٔ آمادهٔ استفاده به پوشاک تبدیل می‌شود.

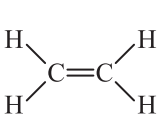
A ۱۵۴۱ ۳ امروزه الیاف ساختگی (پلی‌استر، نایلون و ...) بخش عمدهٔ الیاف تولیدی در جهان را به خود اختصاص می‌دهند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): میزان تولید الیاف طبیعی پشمی طی ۴ دههٔ اخیر در مقایسه با سایر الیاف بسیار کم بوده است. گزینهٔ (۲): میزان تولید الیاف طبیعی پنبه‌ای (نخی) طی سال‌های اخیر با شیب بسیار کمی افزایش یافته است. گزینهٔ (۴): پلی‌استر جزء الیاف ساختگی بر پایهٔ نفت می‌باشد و میزان تولید آن نسبت به بقیهٔ الیاف، با سرعت بیشتری در حال افزایش است.

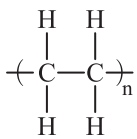


A ۱۵۴۲ ۲ **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نمودار A مربوط به الیاف پلی‌استری است. این الیاف ساختگی هستند، یعنی در طبیعت یافت نمی‌شوند و از واکنش بین مواد پتروشیمیایی تولید می‌شوند. عبارت (ب): طی فرایند بافندگی، نخ به پارچهٔ خام تبدیل می‌شود. عبارت (پ): در مراحل تبدیل الیاف به پوشاک، مرحلهٔ فراوری قبل از مرحلهٔ دوزندگی و بعد از مرحلهٔ بافندگی به انجام می‌رسد.

A ۱۵۴۳ ۳ حتی به کمک پیشرفت‌های علم شیمی نیز نمی‌توان مقدار n و فرمول مولکولی دقیق فراوردهٔ این واکنش را به‌دست آورد.

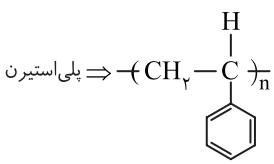
B ۱۵۴۴ ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): از واکنش شمار زیادی از مونومرها با یکدیگر، پلیمر ساخته می‌شود. بدیهی است که با تغییر نوع مونومر، پلیمر جدیدی با ساختار و خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت تولید می‌شود. اما دقت کنید که در این واکنش‌ها، مونومر همان واحد تکرار شونده نیست. در ساختار مونومر پیوند دوگانهٔ کربن - کربن وجود دارد، در حالی که در ساختار واحد تکرار شوندهٔ این پیوند یگانه است. برای نمونه مونومر سازنده و واحد تکرار شوندهٔ پلی‌اتن به صورت مقابل است.


مونومر


واحد تکرارشونده

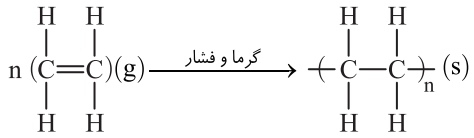
عبارت (ب): هر ترکیب آلی که در ساختار خود پیوند دوگانهٔ کربن - کربن $(C=C)$ در زنجیر کربنی داشته باشد، می‌تواند در واکنش پلیمری شدن شرکت کند. در واقع با شکسته شدن یکی از پیوندهای دوگانه در زنجیر کربنی مونومر، این مولکول‌ها از سوی اتم‌های کربن به یکدیگر متصل می‌شوند. عبارت (پ): نیروهای جاذبهٔ بین‌مولکولی با افزایش جرم و حجم مولکول‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین نیروهای بین‌مولکولی در پلیمرها که جرم مولی بسیار زیادی دارند، بسیار قوی‌تر از این نیروها در میان مولکول‌های مونومر است. عبارت (ت): هر واکنش پلیمری شدن (بسپارش) نیازمند شرایط ویژه‌ای از نظر دما و فشار است. مثلاً واکنش پلیمری شدن اتن، در دما و فشار بالا به انجام می‌رسد.

B ۱۵۴۵ ۲ به جز عبارت اول، بقیه عبارت‌ها نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: به منظور تأیید درست بودن این عبارت می‌توان گفت که در ساختار پلیمرهایی مانند پلی‌استیرن $-(C_۸H_۸)_n-$ پیوندهای دوگانهٔ $C=C$ وجود دارد. عبارت دوم: برای تشکیل پلیمرهای افزایشی مانند پلی‌اتن، پلی‌پروپن و ... شرط لازم وجود پیوند دوگانهٔ $C=C$ در ساختار زنجیر اصلی مونومر است، اما برای تشکیل پلیمرهای تراکمی مانند پلی‌آمیدها، وجود پیوند دوگانه در ساختار مونومر آن‌ها الزامی نیست. عبارت سوم: پنبه از الیاف سلولز تشکیل شده است که در آن واحدهای سازنده (یعنی گلوکز) به کمک اتم‌های اکسیژن و پیوندهای $(-O-)$ به یکدیگر متصل شده‌اند. عبارت چهارم: با توجه به متن کتاب درسی، تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در واکنش پلیمری شدن امکان‌پذیر نیست و هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر تاکنون ارائه نشده است.


پلی‌استیرن

B ۱۵۴۶ ۲ انسولین پلیمری طبیعی است و واحدهای تکرارشوندهٔ آن دارای اتم‌های کربن، هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): برای تشکیل انواع پلیمرها، باید تعدادی پیوند کووالانسی شکسته شود و تعدادی پیوند کووالانسی تشکیل شود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت پیوند کووالانسی، سنگ بنای تشکیل پلیمرهای سنتزی است. گزینهٔ (۴): درشت‌مولکول‌های مختلف از اتم‌های متنوع تشکیل شده‌اند و نحوهٔ اتصال اتم‌ها نیز در آن‌ها متفاوت است. از این رو درشت‌مولکول‌های مختلف، خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند.

A ۱۵۴۷ ۳ واکنش تولید پلی‌اتن به صورت مقابل است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در هر واحد تکرار شوندهٔ پلی‌اتن، چهار پیوند یگانهٔ $C-H$ یافت می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در واکنش پلیمری شدن اتن، جامد سفید رنگی با نام پلی‌اتن یا پلی‌اتیلن تولید می‌شود. گزینهٔ (۲): دقت کنید که در واکنش پلیمری شدن اتن، حالت فیزیکی اتن (C_2H_4) به صورت گاز است. گزینهٔ (۴): تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت کننده در یک واکنش پلیمری شدن، ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است.

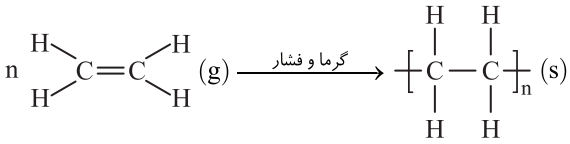


B ۱۵۴۸ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. شکل نشان داده شده مربوط به واکنش پلیمری شدن اتن و تولید پلی‌اتن است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): این واکنش در دما و فشار بالا انجام می‌شود و فراوردهٔ آن (پلی‌اتن)، در دمای اتاق به‌صورت جامد سفید رنگ است.

$$nCH_2=CH_2(g) \xrightarrow{\text{گرما و فشار}} +CH_2-CH_2+_n (s)$$

عبارت (ب): پلی‌اتن (فراورده) هیدروکربنی سیرشده است و در ساختار آن هر اتم کربن با چهار پیوند یگانه به دو اتم کربن و دو اتم هیدروژن متصل است. عبارت (پ): جرم مولی یک مولکول مونومر (اتن) برابر ۲۸ گرم بر مول است. بنابراین اگر n مولکول اتن با هم واکنش دهند، جرم مولی پلیمر حاصل برابر $28n$ گرم بر مول خواهد بود. عبارت (ت): در طی این واکنش یکی از جفت‌الکترون‌های پیوندی در پیوند دوگانه در مونومر (اتن) شکسته شده و مولکول‌های اتن از سوی اتم‌های کربن به یکدیگر متصل می‌شوند.

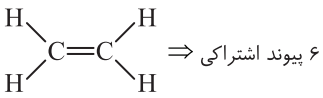
B ۱۵۴۹ ۲ واکنش تشکیل پلی‌اتن به‌صورت مقابل است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ساختار پلی‌اتن همهٔ پیوندها یگانه هستند. پس پلی‌اتن یک ترکیب سیرشده است. در هر واحد تکرارشوندهٔ پلی‌اتن ۴ اتم هیدروژن و ۲ اتم کربن وجود دارد. گزینهٔ (۲): موز و گوجه‌فرنگی رسیده گاز اتن آزاد می‌کنند. این گاز باعث رسیدن سریع‌تر میوه‌های نارس می‌شود و به همین دلیل در کشاورزی به‌عنوان گاز عمل‌آورنده از آن استفاده می‌شود. گزینهٔ (۳): پلی‌اتن (فراورده) فاقد پیوندهای دوگانه $(C=C)$ است.



* **توجه** در ساختار پلی‌اتن پیوندهای $(C-H)$ و $(C-C)$ وجود دارد و میانگین آنتالپی پیوندهای $(C-H)$ بیشتر از میانگین آنتالپی پیوندهای $(C-C)$ است. گزینهٔ (۴): واکنش تولید پلی‌اتن از مونومر اتن در دما و فشار بالا انجام می‌شود و فرایندی گرماده است.

* **توجه** همهٔ واکنش‌های پلیمری شدن از نوع افزایشی گرماده $(Q<0)$ هستند.

B ۱۵۵۰ ۴ همهٔ عبارت‌های داده شده درست هستند. هیدروکربن مورد نظر همان گاز اتن (C_2H_4) است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): حالت فیزیکی اتن در دما و فشار اتاق به صورت گاز است. عبارت (ب): گاز اتن در دما و فشار بالا، طی واکنش زیر به پلی‌اتن تبدیل شده که جامدی سفید رنگ است:



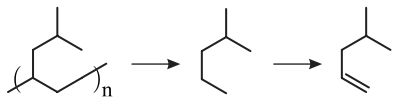
$$n\ CH_2=CH_2(g) \xrightarrow{\text{گرما و فشار}} +CH_2-CH_2+_n (s)$$

اتن — پلی‌اتن

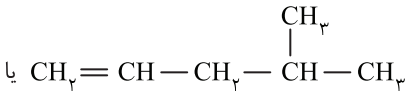
عبارت (پ): با توجه به تمرین‌های دوره‌ای کتاب درسی، به منظور کنترل جرم مولی متوسط پلی‌اتن تولید شده از کاتالیزگری استفاده می‌شود که به طور عمده محتوی تیتانیم و آلومینیم با نسبت‌های معین است. عبارت (ت): در پلیمرهای افزایشی، جرم مولی را می‌توان از فرمول زیر به دست آورد:

$$\text{جرم مولی پلیمر} \Rightarrow \text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر} = (5000) \times (28 g.mol^{-1}) = 140000 g.mol^{-1} = 140 kg.mol^{-1}$$

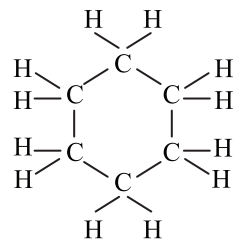
B ۱۵۵۱ ۴ عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست هستند. با توجه به ساختار پیوند - خط پلیمر، مونومر سازندهٔ آن، مولکول «۴ - متیل-۱ - پنتن» می‌باشد.



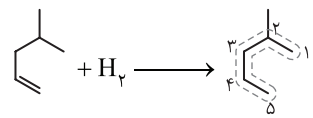
یا



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف) و (پ): این مونومر، یک آلکن شاخه‌دار ۶ کربنه با فرمول مولکولی (C_6H_{12}) است و در ساختار آن ۱۸ پیوند اشتراکی وجود دارد. عبارت (ت): سیکلوهگزان (C_6H_{12})، فرمول مولکولی یکسان اما فرمول ساختاری متفاوتی با «۴ - متیل - ۱ - پنتن» دارد و ایزومر آن می‌باشد. فرمول ساختاری سیکلوهگزان به‌صورت مقابل است:



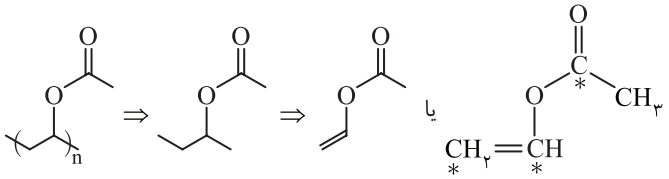
عبارت (ث): معادلهٔ واکنش هیدروژن‌دار شدن مونومر مورد نظر به صورت مقابل است:



نام آیوپاک این ترکیب، «۲- متیل پنتان» است.

B ۱۵۵۲ ۳ برای تعیین فرمول ساختار مونومر سازندهٔ این پلیمر، ابتدا پرانتز و زیروند را حذف می‌کنیم و سپس پیوند $-C-C-$ را به $C=C$ تبدیل می‌کنیم. سه اتم کربن مشخص شده در ساختار این مونومر، به ۳ اتم دیگر متصل است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به ساختار رسم شده، فرمول مولکولی مونومر سازندهٔ این پلیمر به صورت $C_4H_6O_2$ است.



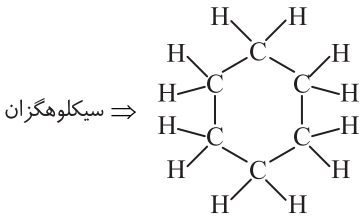
یا

گزینهٔ (۲): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن این مونومر به صورت مقابل است:

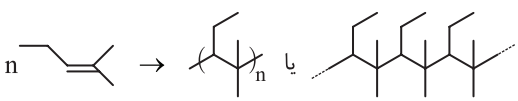
$$2C_4H_6O_2+9O_2 \rightarrow 8CO_2+6H_2O$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به ازای سوختن هر مول از این مونومر، ۴ مول CO_2 تولید می‌شود. گزینهٔ (۴): از آنجایی که در ساختار این مونومر هیچ اتم هیدروژن متصل به O ، F یا N وجود ندارد، بنابراین بین مولکول‌های آن در حالت خالص، پیوند هیدروژنی وجود ندارد.

B ۱۵۵۳ ۱ فقط عبارت سوم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول مولکولی ترکیب مورد نظر، C_6H_{12} است. چهارمین عضو خانوادهٔ سیکلو آلکان‌ها نیز، سیکلو هگزان با فرمول مولکولی C_6H_{12} است. عبارت دوم:



واکنش پلیمری شدن این ترکیب به صورت زیر است. عبارت سوم: دقت کنید که در شرایط STP (دمای $0^\circ C$ و فشار $1 atm$)، H_2O به صورت مایع است. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن C_6H_{12} به صورت زیر است:



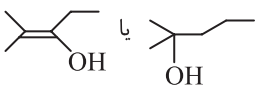
$$C_6H_{12}(l)+9O_2(g)\rightarrow 6CO_2(g)+6H_2O(l)$$

$$?\,L\,CO_2=1\,mol\,C_6H_{12}\times\frac{6\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_6H_{12}}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=134/4\,L\,CO_2$$

عبارت چهارم: در اثر واکنش آلکن‌ها با آب در محیط اسیدی، الکل تولید می‌شود.

در این واکنش با توجه به محل قرارگیری گروه عاملی OH، دو نوع الکل مقابل تولید می‌شود:

$$C_6H_{12}+H_2O\xrightarrow{\text{محیط اسیدی}}C_6H_{13}OH$$



B ۱۵۵۴ ۳ پلی‌اتن مذاب $(C_2H_4)_n(l)$ را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا به ورقهٔ نازک پلاستیکی تبدیل می‌کنند.

B ۱۵۵۵ ۳ ساختار داده شده متعلق به پلی‌اتن سبک (پلی‌اتن شاخه‌دار) است. با توجه به این ساختار، بعضی از اتم‌های کربن با ۲ اتم هیدروژن و بعضی از اتم‌های کربن با یک اتم هیدروژن پیوند کووالانسی دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ساخت دبه‌های آب و یا تانکرها از پلی‌اتن سنگین (بدون شاخه) به دلیل استحکام بیشتر استفاده می‌شود. گزینهٔ (۲): پلی‌اتن از تعداد زیادی مولکول ناقطبی اتن ساخته شده و نیروهای مؤثر بین‌مولکولی در آن، از نوع نیروهای وان‌دروالسی است. توجه کنید که به دلیل جرم و حجم زیاد این درشت‌مولکول، نیروهای وان‌دروالسی آن بسیار قوی‌تر از این نیروها در یک مولکول کوچک ناقطبی است، از این‌رو در دمای اتاق به حالت جامد یافت می‌شود. گزینهٔ (۴): پلی‌اتن خطی و بدون شاخه، ساختار منظم‌تری نسبت به پلی‌اتن شاخه‌دار دارد.

نکته ترکیبی **مقایسهٔ خواص پلی‌اتن سبک و سنگین:**

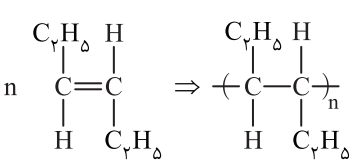
- **پلی‌اتن سنگین:** ۱- کدر ۲- نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر ۳- چگالی بیشتر $(0/97 g.cm^{-3})$ ۴- انعطاف‌پذیری کمتر و سختی واستحکام بالاتر ۵- نقطهٔ ذوب بیشتر ۶- مناسب برای ساخت لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب، بطری‌های شیر کدر
- **پلی‌اتن سبک:** ۱- شفاف ۲- نیروهای بین‌مولکولی ضعیف‌تر ۳- چگالی کمتر $(0/92 g.cm^{-3})$ ۴- انعطاف‌پذیرتر و سختی و استحکام پایین‌تر ۵- نقطهٔ ذوب پایین‌تر ۶- ساخت نایلون و کیسه‌های پلاستیکی

B ۱۵۵۶ ۲ همهٔ موارد به جز موارد چهارم و ششم جمله را به درستی کامل نمی‌کنند. نیروهای بین‌مولکولی در هر دو نوع پلی‌اتن سبک و سنگین از نوع نیروهای وان‌دروالسی است اما این نیروها در پلی‌اتن سنگین قوی‌تر از پلی‌اتن سبک است، زیرا پلی‌اتن سنگین فاقد شاخهٔ فرعی بوده و سطح تماس بین مولکول‌ها در آن بیشتر است. از طرفی هر چه نیروهای بین‌مولکولی در یک ترکیب ضعیف‌تر باشند، نقطهٔ ذوب و استحکام آن کمتر و انعطاف‌پذیری آن بیشتر است. همچنین چگالی پلی‌اتن سبک کمتر از پلی‌اتن سنگین است، زیرا در جرم‌های برابر، پلی‌اتن سبک به دلیل داشتن شاخه‌های فرعی، فشردگی کمتر و فضاهای خالی بیشتری در ساختار خود دارد و حجم بیشتری اشغال می‌کند. ضمناً درصد جرمی کربن در هر دو نوع پلی‌اتن یکسان و حدوداً برابر ۸۵/۷٪ است.

B ۱۵۵۷ ۲ عبارت (ب) نادرست و سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پلی‌اتن سنگین (بدون شاخه) به دلیل داشتن فشردگی و نظم ساختاری بیشتری که نسبت به پلی‌اتن سبک (شاخه‌دار) دارد، حجم کمتری را اشغال می‌کند و چگالی بیشتری دارد. عبارت (ب): یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که یک نوع مونومر می‌تواند در شرایط مختلف با انجام واکنش پلیمری شدن فراورده‌هایی با ساختار متفاوت پدید آورد. مثلاً اتن در شرایط مختلف (از نظر دما، فشار و کاتالیزگر) می‌تواند دو نوع پلی‌اتن شاخه‌دار و بدون شاخه با ساختار و خواص متفاوت ایجاد کند. عبارت (پ): تانکر آب پلاستیکی از پلی‌اتن سنگین و کیسه‌های پلاستیکی از پلی‌اتن سبک ساخته می‌شوند. نقطهٔ ذوب پلی‌اتن سنگین بیشتر از پلی‌اتن سبک است. عبارت (ت): در پلی‌اتن سبک به دلیل وجود تعداد زیاد شاخه‌های فرعی، مولکول‌های پلیمر نمی‌توانند به خوبی کنار هم قرار بگیرند و سطح تماس آن‌ها کاهش می‌یابد. به همین دلیل در پلی‌اتن سبک نیروهای بین‌مولکولی ضعیف‌تر از پلی‌اتن سنگین بوده و استحکام و نقطهٔ ذوب کمتری دارد.

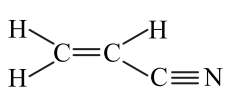
B ۱۵۵۸ ۱ فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در صورت برابر بودن تعداد مونومرها، جرم دو پلیمر یکسان است. عبارت (ب): در جرم برابر، پلی‌اتن سبک حجم بیشتری را اشغال می‌کند، پس نسبت حجم به جرم پلی‌اتن سبک، بیشتر است. عبارت (پ): هر دو پلیمر از مولکول‌های ناقطبی اتن ساخته می‌شوند و گشتاور دو قطبی آن‌ها برابر صفر است. عبارت (ت): در پلی‌اتن سنگین نظم و فشردگی مولکول‌ها به قدری زیاد است که اجازهٔ عبور نور و انعکاس نور را نمی‌دهند و به همین دلیل کالاهایی که از این پلیمر ساخته می‌شوند، کدر هستند. در حالی که در پلی‌اتن سبک به دلیل فشردگی کمتر و فضاهای خالی بیشتر، نور می‌تواند عبور کند و مواد ساخته شده از این پلیمر شفاف هستند.

C ۱۵۵۹ ۲ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ترکیب مورد نظر «۳- هگزن» بوده و واکنش پلیمری شدن این ترکیب به صورت مقابل است.



عبارت دوم: با توجه به ساختار پلی‌اتن بدون شاخه و کمتر بودن فاصلهٔ بین هر زنجیر پلیمری، نیروی بین‌مولکولی (وان‌دروالسی) در آن قوی‌تر از این نیرو در پلی‌اتن شاخه‌دار است و در نتیجه استحکام بیشتری دارد. عبارت چهارم: دقت کنید که آن دسته از ترکیبات آلی که در ساختار زنجیر کربنی اصلی خود پیوند دوگانهٔ کربن- کربن دارند، می‌توانند در واکنش پلیمری شدن شرکت کنند. عبارت پنجم: تجربه نشان می‌دهد که جرم مولی میانگین پلی‌اتن تولید شده را می‌توان به کمک کاتالیزگر، کنترل نمود.

B ۱۵۶۰ ۳ ساختار سیانواتن به‌صورت مقابل است. در مولکول سیانو اتن، ۷ اتم از ۳ عنصر مختلف وجود دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:**



گزینهٔ (۱): پلیمر حاصل از این مونومر، پلی‌سیانو اتن است و در ساخت پتو استفاده می‌شود. گزینهٔ (۲): در ساختار سیانو اتن، هر سه نوع پیوند یگانه، دوگانه و سه‌گانه یافت می‌شود.

گزینهٔ (۴): با توجه به اینکه فرمول مولکولی این ترکیب C_3H_3N است، داریم:

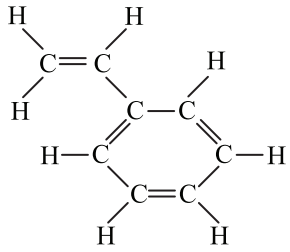
$$\frac{\text{درصد جرمی C}}{\text{درصد جرمی H}}=\frac{\text{تعداد C}\times\text{جرم C}}{\text{تعداد H}\times\text{جرم H}}=\frac{۱۲\times۳}{۱\times۳}=۱۲$$

(جرم مولی C، جرم مولی H)

۱۵۶۱ B **۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. در ساخت ظروف یکبار مصرف از پلی‌استیرن استفاده می‌شود. پلی‌استیرن از واکنش بسپارش استیرن مطابق معادلهٔ مقابل تولید می‌شود.

$$n\,CH_2=CH(g)\xrightarrow{\text{گرما و فشار}}-(CH_2-CH)_n-(s)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول مولکولی استیرن به‌صورت C_8H_8 می‌باشد، پس در ساختار پلی‌استیرن $-(C_8H_8)_n-$ تعداد اتم‌های کربن و هیدروژن با هم برابر و مساوی $8n$ است. عبارت (ب): استیرن دارای حلقهٔ بنزنی است، پس جزء ترکیب‌های آروماتیک به حساب می‌آید. عبارت (پ):



$$\text{درصد جرمی کربن در پلی‌استیرن } (C_8H_8)_n=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم پلیمر}}\times۱۰۰=\frac{۸n\times۱۲}{(۸n\times۱۲)+(۸n\times۱)}\times۱۰۰=\frac{۹۶n}{۱۰۴n}\times۱۰۰\simeq٪۹۲/۳$$

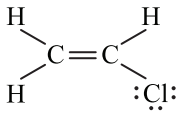
$$\text{درصد جرمی کربن در پلی‌پروپن } (C_3H_6)_n=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم پلیمر}}\times۱۰۰=\frac{۳n\times۱۲}{(۳n\times۱۲)+(۶n\times۱)}\times۱۰۰=\frac{۳۶n}{۴۲n}\times۱۰۰\simeq٪۸۵/۷$$

عبارت (ت): در ساختار مولکول استیرن، ۱۲ پیوند یگانه و ۴ پیوند دوگانه وجود دارد.

۱۵۶۲ B **۳** در ساخت کیسه‌های خون از پلی‌وینیل کلرید استفاده می‌شود. این پلیمر از بسپارش وینیل کلرید یا کلرو اتن مطابق واکنش مقابل تولید می‌شود. با توجه به ساختار لوویس وینیل کلرید، شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی آن برابر ۶ و شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی آن برابر ۳ است.

$$n\,CH_2=CH(g)\rightarrow-(CH_2-CH)_n-(s)$$

(Cl)



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): فعال‌ترین هالوژن، فلوئور $(_9F)$ است. با جایگزین کردن اتم فلوئور به جای یکی از اتم‌های هیدروژن اتن، فلوئورو اتن (وینیل فلوئورید) تولید می‌شود. پلیمر ساخته شده از وینیل فلوئورید، پلی‌وینیل فلوئورید نامیده می‌شود. گزینهٔ (۲): نام دیگر وینیل کلرید، کلرو اتن می‌باشد. گزینهٔ (۴): تعداد اتم‌ها در واحد تکرارشوندهٔ پلی‌وینیل کلرید $-(CH_2-CH)_n-$ (Cl) برابر ۶ بوده و تعداد اتم‌ها در واحد تکرارشوندهٔ پلی‌سیانو اتن

$$n\,CH_2=CH(g)\rightarrow-(CH_2-CH)_n-(s)$$

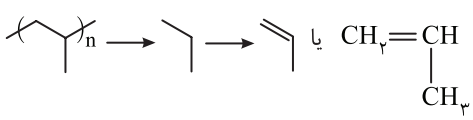
(F)

برابر ۷ است.

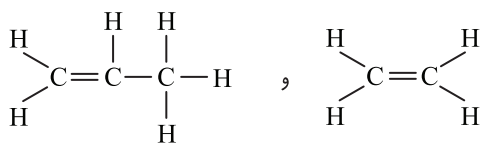
$$-(CH_2-CH)_n-$$

(CN)

۱۵۶۳ B **۱** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. برای رسم ساختار مونومر با استفاده از فرمول پلیمر، ابتدا دو پیوند یگانهٔ چپ و راست ساختار پلیمر و نماد ( ) و اندیس n را حذف می‌کنیم و سپس بین دو کربنی که از طرفین آن یک پیوند یگانه حذف کرده بودیم، پیوند دوگانه قرار می‌دهیم. پس این پلیمر، پلی‌پروپن و مونومر آن، پروپن (C_3H_6) می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پروپن دومین عضو خانوادهٔ آلکن‌هاست. عبارت (ب): مونومر سازندهٔ پلی‌اتن، اتن (C_2H_4) است. مولکول پروپن دارای ۹ و مولکول اتن دارای ۶ پیوند کووالانسی است.

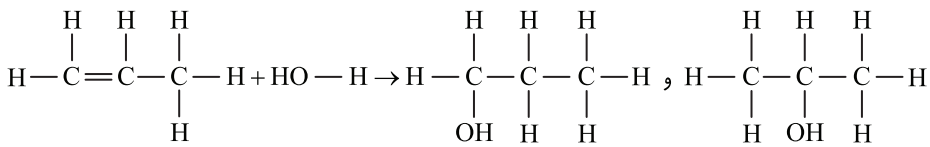


یا $CH_2=CH-CH_3$



و

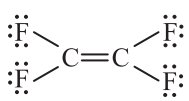
عبارت (پ): در شرایط مناسب، پروپن در واکنش با آب، پروپانول تولید می‌کند.



* **توجه** آلکن‌ها به دلیل داشتن پیوند دوگانه، سیرنشده هستند و می‌توانند در واکنش‌های افزایشی شرکت کنند، از این‌رو در واکنش‌های مختلفی شرکت می‌کنند و فراوردهٔ سیرشده تولید می‌کنند. مثلاً از واکنش آلکن‌ها با آب در شرایط مناسب، الکل به‌دست می‌آید.

عبارت (ت): در هر مولکول پروپن، ۶ پیوند $(C-H)$ وجود دارد، پس پلی‌پروپنی با ۱۵۰۰ واحد تکرار شونده، دارای ۹۰۰۰ (۶×۱۵۰۰) پیوند $(C-H)$ است.

۱۵۶۴ B **۳** مونومر سازندهٔ تفلون، تترا فلوئورو اتن است که ساختار لوویس آن به‌صورت مقابل می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نام مونومر سازندهٔ تفلون، تترا فلوئورو اتن است. گزینهٔ (۲): مولکول تترا فلوئورو اتن همانند مولکول اتن یک ترکیب ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.



* **توجه** در مولکول تترافلوئورو اتن تراکم بار الکتریکی بر روی اتم‌های فلوئور بیشتر از اتم‌های کربن است، از این‌رو به اتم‌های فلوئور بار جزئی منفی $(\delta-)$ و به اتم‌های کربن بار جزئی مثبت $(\delta+)$ نسبت داده می‌شود، اما از آنجا که اتم‌های متصل به دو کربن یکسان است و اتم‌های کربن فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی هستند، توزیع بار الکتریکی در مولکول متقارن است، بنابراین این مولکول در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند و گشتاور دوقطبی آن صفر است.

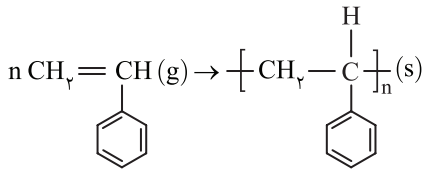
گزینهٔ (۴): جرم مولی مونومر سازندهٔ تفلون $-(C_2F_4)-_n$ برابر $100\,g.mol^{-1}$ است. بنابراین اگر جرم مولی یک پلیمر فرضی تفلون برابر ۷۶۰۰۰ باشد، این پلیمر از ۷۶۰ واحد تکرار شونده تشکیل شده است.

$$n=\frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی مونومر}}=\frac{76000}{100}=760$$

B ۱۵۶۵ ۳ عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. تفلون نقطهٔ ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است. این پلیمر از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد. در حلال‌های آلی حل نمی‌شود و نچسب است. مونومر سازندهٔ تفلون، گاز تترافلوئورو اتن (C_2F_4) است که در سردکننده‌ها کاربرد دارد.

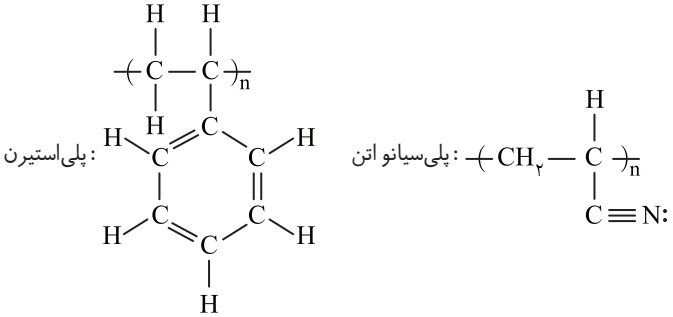
* **توجه** یکی از گازهایی که پلانکت و گروه پژوهشی او در بررسی و مطالعهٔ انواع سردکننده‌ها مصرف می‌کردند، گاز تترافلوئورو اتن بود.

B ۱۵۶۶ ۳ همهٔ واکنش‌ها به جز واکنش چهارم و ششم به درستی نوشته شده‌اند. **بررسی واکنش مورد چهارم:** واکنش پلیمری شدن استیرن به‌صورت مقابل است. توجه کنید که استیرن دارای حلقهٔ بنزنی و یک ترکیب آروماتیک است. طی واکنش پلیمری شدن مولکول‌های استیرن، پلی‌استیرن به‌دست می‌آید که در ساختار هر واحد تکرارشوندهٔ آن، ۳ اتم هیدروژن در زنجیر اصلی و همچنین ۵ اتم هیدروژن و ۳ پیوند دوگانه در ساختار حلقهٔ بنزنی وجود دارد.



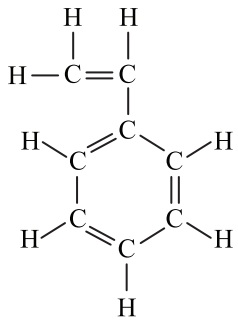
B ۱۵۶۷ ۱ وجه تشابه در موارد (پ) و (ث) درست ذکر شده است. **بررسی موارد:** مورد (الف): پلیمر به‌کار رفته در پتو، پلی‌سیانو اتن با فرمول شیمیایی $(C_3H_3N)_n$ و پلیمر به‌کار رفته در سرنگ، پلی‌پروپن با فرمول شیمیایی $(C_3H_6)_m$ است. توجه کنید که گرچه تعداد اتم‌های کربن در مونومر سازندهٔ این دو پلیمر با هم برابر است اما در مورد برابری تعداد اتم‌های کربن این دو پلیمر نمی‌توان به‌صورت قطعی اظهار نظر کرد؛ زیرا تعداد واحدهای تکرار شونده در این دو پلیمر لزوماً یکسان نیست. $(3n\neq 3m)$ مورد (ب): پلیمر به‌کار رفته در نخ دندان، تفلون با فرمول شیمیایی $(C_2F_4)_n$ است و برخلاف پلیمر به‌کار رفته در ظروف یکبار مصرف، پلی‌استیرن با فرمول شیمیایی $(C_8H_8)_n$ در ساختار خود دارای اتم هالوژن (F) است.

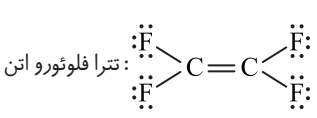
مورد (پ): تک‌پار سازندهٔ پلیمر کیسهٔ خون، وینیل کلرید (C_2H_3Cl) و تک‌پار سازندهٔ پلیمر نخ دندان، تترافلوئورو اتن (C_2F_4) می‌باشد. در ساختار مولکول هر دو تک‌پار، ۶ اتم وجود دارد. مورد (ت): پلیمر به‌کار رفته در پتو (پلی‌سیانو اتن) دارای یک جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم نیتروژن خود می‌باشد، درحالی که پلیمر به‌کار رفته در ظروف یکبار مصرف (پلی‌استیرن) در ساختار خود فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است. مورد (ث): پلیمر به کار رفته در کیسهٔ خون، پلی‌وینیل کلرید و مونومر آن، وینیل کلرید با فرمول C_2H_3Cl و پلیمر به کار رفته در پتو، پلی‌سیانواتن و مونومر آن سیانواتن با فرمول C_3H_3N می‌باشد. هر دو ترکیب C_2H_3Cl و C_3H_3N قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

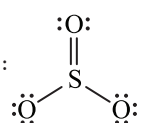


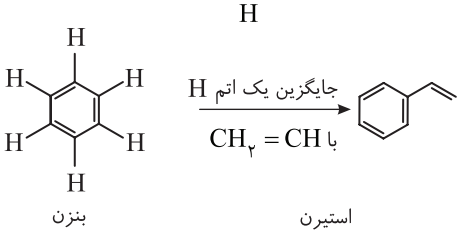
B ۱۵۶۸ ۱ پلیمر A، پلی استیرن و پلیمر B، پلی‌اتن است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): پلی استیرن در ساخت ظروف یکبار مصرف استفاده می‌شود. گزینهٔ (۲): پلی استیرن برخلاف پلی‌اتن سیرنشده بوده و با بخار برم واکنش می‌دهد. گزینهٔ (۳): گاز اتن به عنوان عمل آورنده در کشاورزی استفاده می‌شود و در جوشکاری کاربرد ندارد. گزینهٔ (۴): پلی‌استیرن و پلی‌اتن هر دو فقط از اتم‌های کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند و هیدروکربن محسوب می‌شوند. در فرایند بسپارش تعیین دقیق تعداد مونومرها (n) امکان‌پذیر نیست.

B ۱۵۶۹ ۲ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پلی‌اتن $(C_2H_4)_n$، پلی‌پروپن $(C_3H_6)_n$ و پلی‌استیرن $(C_8H_8)_n$ تنها از اتم‌های کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند، پس جزء خانوادهٔ هیدروکربن‌ها محسوب می‌شوند. عبارت (ب): تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است، پس تعیین دقیق جرم مولی پلیمرها امکان‌پذیر نیست. عبارت (پ): با توجه به فرمول ساختاری ترکیب‌ها، استیرن دارای ۱۲ و پروپن دارای ۷ پیوند یگانه است. عبارت (ت): با توجه به ساختار لوویس ترکیب‌ها، ترا فلوئورو اتن دارای ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و گوگرد تری‌اکسید دارای ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی است. عبارت (ث): واحدهای سازندهٔ نشاسته و سلولز، گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ می‌باشد که فاقد پیوند دوگانهٔ (کربن - کربن) هستند. همچنین بسیاری از ترکیب‌های آلی که در ساختار خود پیوند دوگانهٔ $(C=C)$ ندارند مثل الکل‌های دو عاملی، کربوکسیلیک اسیدهای دوعاملی و آمین‌های دوعاملی می‌توانند در واکنش پلیمری شدن شرکت کنند.









B ۱۵۷۰ ۲ در استیرن برخلاف اتن و تفلون، گروه وینیل وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در این رابطه داریم:

گزینهٔ (۳): با این تغییر ساختار پلیمر حاصل به صورت  است. گزینهٔ (۴): بر اثر اتصال دو گروه وینیل، ترکیبی با ساختار مقابل به دست می‌آید که با بوتین (C_4H_6) ایزومر است:

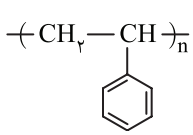


C ۱۵۷۱ ۲ در ساختار هر واحد تکرارشوندهٔ پلی‌استیرن تنها ۳ پیوند دوگانه در حلقهٔ بنزنی وجود دارد، بنابراین پلی‌استیرن با ۱۵۰۰ واحد تکرار شونده، جمعاً دارای ۴۵۰۰ (۱۵۰۰×۳) پیوند دوگانه می‌باشد.

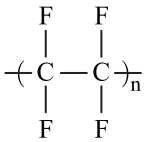
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در ساختار هر واحد تکرارشوندهٔ تفلون، ۴ پیوند $(C-F)$ وجود دارد، بنابراین تفلون با ۴۰۰۰ واحد تکرار شونده دارای ۱۶۰۰۰ (۴۰۰۰×۴) پیوند $(C-F)$ می‌باشد.

گزینهٔ (۳): جرم مولی سیانو اتن (C_3H_3N) برابر ۵۳ گرم بر مول است، بنابراین جرم مولی پلی‌سیانو اتن متشکل از ۸۰۰ مولکول سیانو اتن برابر $42400\,g.mol^{-1}$ (۸۰۰×۵۳) است. گزینهٔ (۴): هر مولکول پروپن (C_3H_6) دارای ۶ اتم هیدروژن است، بنابراین پلی‌پروپن متشکل از ۲۰۰۰ مولکول پروپن دارای ۱۲۰۰۰ (۲۰۰۰×۶) اتم هیدروژن است.

واحد تکرارشوندهٔ پلی‌استیرن ⇒

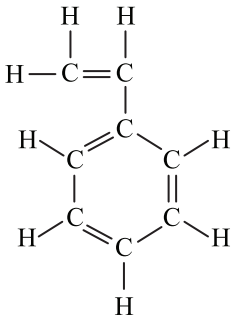


واحد تکرارشوندهٔ تفلون ⇒



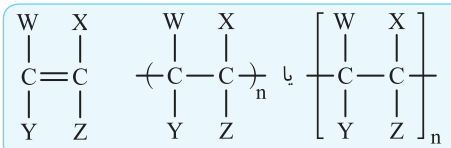
B ۱۵۷۲ ۱ فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ظروف یکبار مصرف از پلی‌استیرن تهیه می‌شود. مونومر سازندهٔ پلی‌استیرن، استیرن با فرمول ساختاری مقابل است که در ساختار خود دارای ۲۰ پیوند کووالانسی است. عبارت (ب): تترا فلوئورو اتن دارای ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم‌های فلوئور و سیانو اتن دارای یک جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم نیتروژن است. عبارت (پ): در هیدروکربن‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن (جرم مولی)، نقطهٔ جوش افزایش می‌یابد. جرم مولی نفتالن $(C_{10}H_8)$ بیشتر از استیرن (C_8H_8) است، پس نقطهٔ جوش نفتالن بالاتر است. عبارت (ت): مونومر سازندهٔ پتو، سیانو اتن با فرمول شیمیایی (C_2H_3CN) و مونومر سازندهٔ کیسهٔ خون وینیل کلرید با فرمول شیمیایی (C_2H_3Cl) است و تفاوت جرم مولی آن‌ها برابر است با:

تفاوت جرم مولی $= 62/5 - 53 = 9/5$

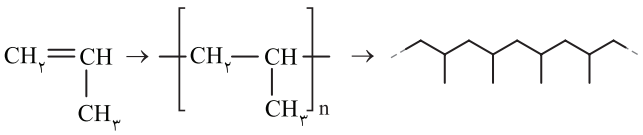


B ۱۵۷۳ ۱

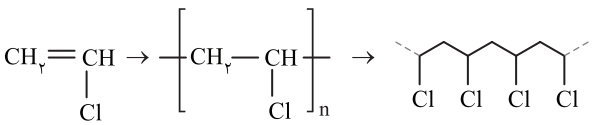
★ **نکته** در تست‌هایی که در آن‌ها مونومر سازندهٔ یک پلیمر افزایشی داده می‌شود و از شما خواسته می‌شود ساختار پلیمر حاصل را تعیین کنید. به این منظور به صورت زیر عمل می‌کنیم: مرحلهٔ (۱): ابتدا مونومر را به صورت زیر بنویسید. مرحلهٔ (۲): سپس پیوند $(C=C)$ را به $(-C-C-)$ تبدیل کرده و واحد تکرار شونده را درون کروشه یا پرانتز قرار داده و زیروند n را در پایین و سمت راست آن بنویسید.



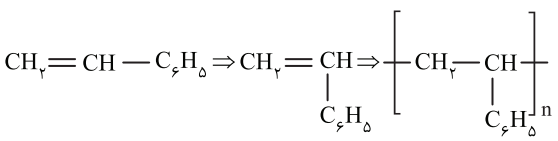
ساختار پلیمر حاصل از پلیمری شدن مونومر داده شده در گزینهٔ (۱) به‌صورت زیر است.



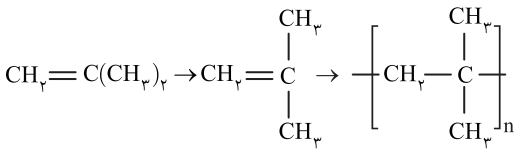
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲):



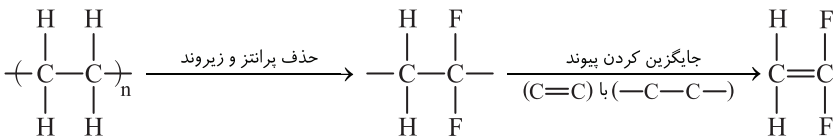
گزینهٔ (۳):



گزینهٔ (۴):



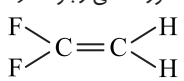
B ۱۵۷۴ ۱ فقط عبارت دوم درست است. مراحل تشخیص مونومر از فرمول یک پلیمر به صورت زیر است:



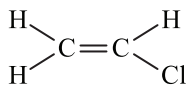
عبارت اول: تعداد اتم‌های هیدروژن وینیلیدین فلوئورید با فرمول شیمیایی $C_2H_2F_2$، $\frac{1}{3}$ تعداد اتم‌های هیدروژن پروپن با فرمول شیمیایی C_3H_6 است.

عبارت دوم: در ساختار وینیلیدین فلوئورید همانند وینیل کلرید، ۶ پیوند کووالانسی وجود دارد.

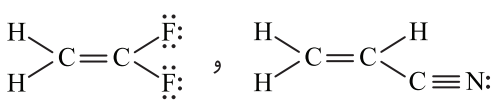
وینیلیدین فلوئورید:



وینیل کلرید:



عبارت سوم: با توجه به ساختار لوویس ترکیب‌ها، شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی مولکول وینیلیدین فلوئورید و مولکول سیانو اتن به‌ترتیب برابر ۶ و ۱ می‌باشد.

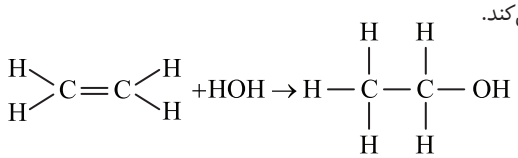


عبارت چهارم: درصد جرمی فلوئور در این ترکیب‌ها برابر است با:

$$(C_2H_2F_2)_n \text{ درصد جرمی فلوئور در} = \frac{\text{جرم فلوئور}}{\text{جرم پلیمر}} \times ۱۰۰ = \frac{۲n \times ۱۹}{(۱۲ \times ۲ + ۲ \times ۱ + ۲ \times ۱۹) \times n} \times ۱۰۰ = \frac{۳۸n}{۶۴n} \times ۱۰۰ \simeq ٪۵۹/۳$$

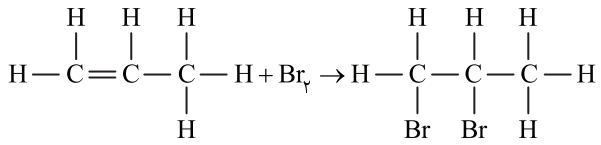
$$(C_2F_4)_n \text{ درصد جرمی فلوئور در تفلون} = \frac{\text{جرم فلوئور}}{\text{جرم پلیمر}} \times ۱۰۰ = \frac{۴n \times ۱۹}{(۲ \times ۱۲ + ۴ \times ۱۹) \times n} \times ۱۰۰ = \frac{۷۶n}{۱۰۰n} \times ۱۰۰ = ٪۷۶$$

B ۱۵۷۵ ۲ هر ترکیب آلی که در ساختار خود پیوند دوگانهٔ کربن - کربن در زنجیر کربنی داشته باشد، می‌تواند در واکنش پلیمری شدن شرکت کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اتن (C_2H_4) سنگ بنای صنایع پتروشیمی است و در واکنش با آب، اتانول تولید می‌کند.

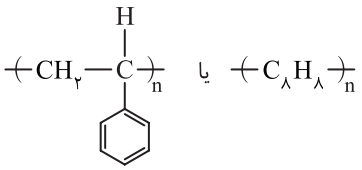


* **توجه** در این واکنش از کاتالیزگر با خاصیت اسیدی مانند سولفوریک اسید (H_2SO_4) استفاده می‌شود.

گزینهٔ (۳): پلی‌پروپن از مونومرهای پروپن ساخته می‌شود. پروپن یک آلکن است و در واکنش با برم تبدیل به یک هالو آلکان به نام «۱، ۲ - دی‌برمو پروپان» می‌شود. گزینهٔ (۴): استیرن با فرمول مولکولی C_8H_8 دارای ۸ اتم کربن و نفتالن با فرمول مولکولی $C_{10}H_8$ دارای ۸ اتم هیدروژن است.



B ۱۵۷۶ ۴ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول ساختاری پلی‌استیرن به صورت



مقابل است. جرم مولی واحد تکرار شوندهٔ آن یعنی $-(C_8H_8)-$ برابر $۱۰۴ g.mol^{-1}$ است. پس جرم مولی این پلیمر برابر است با:

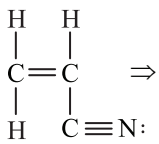
$$\text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر} \Rightarrow \text{جرم مولی پلیمر} = ۵۰۰ \times (۱۰۴ g.mol^{-1}) = ۵۲۰۰۰ g.mol^{-1}$$

عبارت دوم: مونومر سازندهٔ تفلون، تترا فلوئورو اتن با فرمول مولکولی C_2F_4 است. نسبت شمار اتم‌های کربن به فلوئور در این ترکیب برابر $\frac{۱}{۲}$ است. عبارت سوم: فرمول مولکولی پلی‌وینیل کلرید به صورت $-(C_2H_3Cl)-_n$ است: (جرم مولی واحد تکرار شونده برابر $۶۲/۵ g.mol^{-1}$ است.)

$$\text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر} \Rightarrow ۲/۵ \times ۱۰^۴ = n \times ۶۲/۵ \Rightarrow n = ۴۰۰$$

عبارت چهارم: مونومر مورد استفاده در ساخت پتو و سرنگ به ترتیب پلی‌سیانو اتن و پلی‌پروپن است. پلی‌پروپن با فرمول $-(C_3H_6)-_n$ تنها از دو نوع عنصر تشکیل شده است.

B ۱۵۷۷ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اگر به‌جای X حلقهٔ بنزنی ($\bigcirc$) قرار گیرد، پلیمر حاصل همان پلی‌استیرن بوده که در ساخت ظروف یکبار مصرف کاربرد دارد. گزینهٔ (۲): پلیمر مورد استفاده در پتو همان پلی‌سیانو اتن بوده که مونومر سازندهٔ آن سیانو اتن می‌باشد:



$$\Rightarrow \frac{\text{شمار الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{۲ \times ۹}{۲ \times ۱} = ۹$$

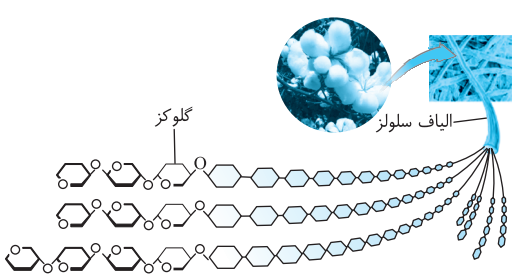
گزینهٔ (۳): پلیمر سازندهٔ کیسهٔ خون پلی‌وینیل کلرید است و مونومر سازندهٔ آن وینیل کلرید یا کلرواتن (C_2H_3Cl) است:

$$\text{جرم مولی} = (۲ \times ۱۲) + (۳ \times ۱) + (۱ \times ۳۵/۵) = ۶۲/۵ g.mol^{-1}$$

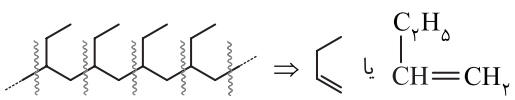
گزینهٔ (۴): اگر X گروه متیل باشد، پلیمر حاصل همان پلی‌پروپن است که در تهیهٔ سرنگ کاربرد دارد:

$$n = \frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی مونومر}} = \frac{۲ \times ۱۰^۵}{۴۲} \simeq ۴۷۶۱$$

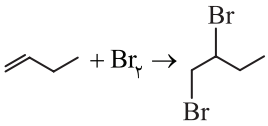
B ۱۵۷۸ ۱ عبارت مطرح شده در صورت سؤال درست است. تجربه نشان می‌دهد که در تولید پلی‌اتن، با تغییر نسبت کاتالیزگر حاوی تیتانیم و آلومینیم، می‌توان جرم مولی میانگین پلی‌اتن را تغییر داد. در بین عبارت‌های داده شده، تنها عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به ساختار پنبه، مولکول گلوکز از حلقه‌های شش‌اتمی شامل پنج اتم کربن و یک اتم اکسیژن تشکیل شده است. عبارت دوم: روغن زیتون جزء درشت‌مولکول‌ها محسوب می‌شود، اما فاقد واحد تکرار شونده است و به همین دلیل پلیمر نیست. عبارت سوم: چگالی پلی‌اتن بدون شاخه و شاخه‌دار به ترتیب برابر ۰/۹۷ و ۰/۹۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. هر دو نوع پلی‌اتن سبک و سنگین بر روی آب شناور می‌مانند. عبارت چهارم: تفلون نقطهٔ ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است. این پلیمر از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد.

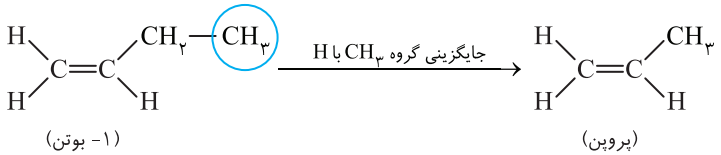


B ۱۵۷۹ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. فرمول ساختاری مونومر سازندهٔ پلیمر به صورت مقابل است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مونومر سازندهٔ این پلیمر، «۱-بوتن» با جرم مولی $۵۶ g.mol^{-1}$ است. مونومر سازندهٔ تفلون، پلی‌تترافلوئوروواتن (C_2F_4) با جرم مولی $۱۰۰ g.mol^{-1}$ است. تفاوت جرم مولی این دو مونومر برابر $۴۴ g.mol^{-1}$ $(۱۰۰ - ۵۶)$ است.



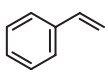
عبارت (ب): معادلهٔ واکنش «۱- بوتن» با برم به صورت زیر است. عبارت (پ): پلیمر به کار رفته در سرنگ، پلی‌پروپن است.

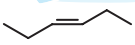




(۱- بوتن) (پروپن)

عبارت (ت): چهارمین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، همان پنتین (C_5H_8) است. جرم مولی این ماده برابر ۶۸ گرم بر مول و جرم مولی «۱- بوتن» برابر با ۵۶ گرم بر مول است؛ جرم مولی پنتین، ۱۲ واحد از جرم مولی این مونومر بیشتر است.



B ۱۵۸۰ ۴ عبارت‌های اول، دوم، سوم و پنجم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ساختار مونومر پلیمر داده شده به صورت  بوده و فرمول مولکولی آن C_6H_{12} است. معادلهٔ سوختن کامل این ترکیب به صورت $C_6H_{12}+9O_2\rightarrow 6CO_2+6H_2O$ بوده و مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در آن برابر ۲۲ است. عبارت دوم: در ساختار مونومر این پلیمر، ۲ گروه CH، اما در ساختار استیرن ۶ گروه CH وجود دارد. عبارت سوم: بین ذرات سازندهٔ هر دو پلیمر، نیروی وان‌دروالسی برقرار می‌شود. عبارت چهارم: با توجه به تقارن ساختار این مونومر، تفاوتی در جهت شماره‌گذاری زنجیر اصلی هیدروکربن وجود ندارد. عبارت پنجم: ابتدا مقدار آب حاصل از سوختن این پلیمر را به‌دست می‌آوریم: $+\!\left[C_6H_{12}\right]_n\!+ 9nO_2\rightarrow 6nCO_2+6nH_2O$

$$2/52g\,(C_6H_{12})_n\times\frac{1\,mol\,(C_6H_{12})_n}{84n\,g\,(C_6H_{12})_n}\times\frac{6n\,mol\,H_2O}{1\,mol\,(C_6H_{12})_n}=0/18mol$$

واکنش آب و گاز اتن به صورت $C_2H_4+H_2O\rightarrow C_2H_5OH$ است، حال محاسبه می‌کنیم چند گرم اتانول تولید می‌شود:

$$0/18mol\,H_2O\times\frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{1\,mol\,H_2O}\times\frac{46g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH}=8/28g\,C_2H_5OH$$

B ۱۵۸۱ ۳ معادلهٔ واکنش پلیمری شدن پروپن به‌صورت $n\,C_3H_6(g)\rightarrow(C_3H_6)_n(s)$ است. جرم مولی یک پلیمر برابر با مجموع جرم مولی واحدهای تکرارشوندهٔ سازندهٔ آن است. پس n برابر است با:

$$\text{جرم مولی پلیمر}=n\times\text{جرم مولی مونومر}\Rightarrow 94500=n\times 42\Rightarrow n=2250$$

اکنون محاسبه می‌کنیم که برای تولید نیم مول از این پلیمر، چند لیتر گاز پروپن در شرایط STP لازم است:

$$0/5\,mol\,\text{پلیمر}\times\frac{2250mol\,C_3H_6}{1\,mol\,\text{پلیمر}}\times\frac{22/4L\,C_3H_6}{1\,mol\,C_3H_6}=25200L\,C_3H_6(g)$$

توضیح محاسبات

$$0/5\times 2250\times 22/4=?\xrightarrow[\text{به جای }22/4\text{ عدد }22\text{ و به جای }2250\text{ عدد }2300\text{ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ضرب کردن}}\frac{1}{2}\times 2300\times 22=2300\times 11=25300$$

پاسخ نزدیک به عدد ۲۵۳۰۰ است. (پاسخ: ۲۵۲۰۰)

B ۱۵۸۲ ۱ جرم تفلون را x گرم و جرم پلی‌پروپن را y گرم در نظر می‌گیریم و مقدار مول اتم کربن در هر پلیمر را محاسبه کرده و مساوی یکدیگر قرار می‌دهیم تا نسبت $\frac{x}{y}$ به‌دست آید. تفلون: فرمول شیمیایی تفلون به‌صورت $(C_2F_4)_n$ است و در هر مول از آن 2n مول اتم کربن وجود دارد.

$$?\,molC=x\,g\,\text{تفلون}\times\frac{1\,mol\,\text{تفلون}}{100ng\,\text{تفلون}}\times\frac{2n\,mol\,C}{1\,mol\,\text{تفلون}}=\frac{x}{50}\,mol\,C$$

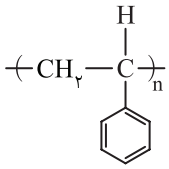
پلی‌پروپن: فرمول شیمیایی پلی‌پروپن به‌صورت $(C_3H_6)_m$ است و در هر مول از آن 3m مول اتم کربن وجود دارد.

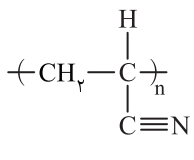
$$?\,mol\,C=y\,g\,\text{پلی‌پروپن}\times\frac{1\,mol\,\text{پلی‌پروپن}}{42mg\,\text{پلی‌پروپن}}\times\frac{3m\,mol\,C}{1\,mol\,\text{پلی‌پروپن}}=\frac{y}{14}\,mol\,C$$

اکنون نسبت $\frac{x}{y}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{x}{50}=\frac{y}{14}\Rightarrow\frac{x}{y}=\frac{50}{14}\simeq 3/6$$

B ۱۵۸۳ ۴ ساختار پلی‌استیرن و پلی‌سیانو اتن به صورت مقابل است:





جرم پلی‌استیرن و پلی‌سیانو اتن را به ترتیب برابر x و y در نظر می‌گیریم و شمار پیوندهای دوگانه در پلی‌استیرن و شمار پیوندهای سه‌گانه در پلی‌سیانواتن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{شمار پیوندهای دوگانهٔ پلی‌استیرن}=(x)\,g\,\text{پلی‌استیرن}\times\frac{1\,mol\,\text{پلی‌استیرن}}{(104n)g\,\text{پلی‌استیرن}}\times\frac{(3n)mol\,\text{پیوند دوگانه}}{1\,mol\,\text{پلی‌استیرن}}=(\frac{3x}{104})\,mol\,\text{پیوند دوگانه}$$

$$\text{شمار پیوندهای سه‌گانهٔ پلی‌سیانو اتن}=(y)\,g\,\text{پلی‌سیانو اتن}\times\frac{1\,mol\,\text{پلی‌سیانو اتن}}{(53n)\,g\,\text{پلی‌سیانو اتن}}\times\frac{(n)\,mol\,\text{پیوند سه‌گانه}}{1\,mol\,\text{پلی‌سیانو اتن}}=(\frac{y}{53})\,mol\,\text{پیوند سه‌گانه}$$

با توجه به اینکه نسبت شمار این پیوندها برابر $\frac{1}{3}$ است، نسبت x به y برابر است با:

$$\frac{\text{پیوندهای دوگانهٔ پلی‌استیرن}}{\text{پیوندهای سه‌گانهٔ پلی‌سیانو اتن}}=\frac{\frac{3x}{104}}{\frac{y}{53}}=\frac{159x}{104y}=\frac{1}{3}\Rightarrow y=\frac{477}{104}x$$

در ادامه، جرم اتم های کربن موجود در پلی‌استیرن و جرم اتم های نیتروژن موجود در سیانو اتن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم اتم‌های کربن پلی‌استیرن} = (x)\,g \times \frac{(96n)\,g\ \text{کربن}}{(104n)\,g\ \text{پلی‌استیرن}} = \frac{96x}{104}\,g\ \text{کربن}$$

$$\text{جرم اتم‌های نیتروژن پلی‌سیانو اتن} = (y)\,g \times \frac{(14n)\,g\ \text{نیتروژن}}{(53n)\,g\ \text{پلی‌سیانو اتن}} = \frac{14y}{53}\,g\ \text{نیتروژن}$$

نسبت آن‌ها برابر است با:

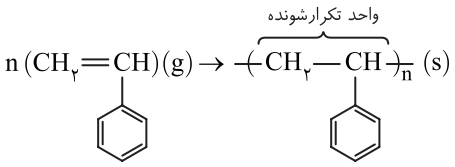
$$\frac{\text{جرم اتم‌های کربن پلی‌استیرن}}{\text{جرم اتم‌های نیتروژن پلی‌سیانو اتن}} = \frac{\frac{96x}{104}}{\frac{14y}{53}} = \frac{53\times96x}{104\times14y} \xrightarrow{y=\frac{477}{104}x} \frac{53\times96}{14\times477} = \frac{96}{14\times9} = \frac{16}{21}$$

B ۱۵۸۴ ۳ ابتدا به کمک چگالی این گاز در شرایط استاندارد، جرم مولی آن را به دست می‌آوریم: $\text{چگالی} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow 1/875 = \frac{\text{جرم مولی}}{22/4} \Rightarrow \text{جرم مولی} = 42\,g.mol^{-1}$

سپس شمار مونومرهای موجود در پلیمر حاصل را به دست می‌آوریم: $\text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر} \Rightarrow 6300 = n\times42 \Rightarrow n = 150$

بنابراین هر مولکول از این پلیمر، از ۱۵۰ مونومر تشکیل شده است.

B ۱۵۸۵ ۲ معادلهٔ واکنش پلیمری شدن استیرن به‌صورت مقابل است. فرمول شیمیایی پلی‌استیرن به‌صورت $(C_8H_8)_n$ است و در هر مول از آن، $8n$ مول کربن و $8n$ مول هیدروژن وجود دارد. با توجه به اینکه در این نوع پلیمرها، تمام واکنش‌دهنده‌ها به یک نوع فراورده (پلیمر) تبدیل می‌شوند. پس به ازای مصرف هر مول استیرن، اختلاف جرم اتم‌های کربن و هیدروژن در پلیمر برابر $88n$ بوده و n برابر است با:



$$\text{اختلاف جرم کربن و هیدروژن در یک مول پلیمر} = (8\times12 - 8\times1)n = 88n \Rightarrow 88n = 7920 \Rightarrow n = 90$$

پس هر مولکول پلیمر از ۹۰ واحد تکرار شونده ساخته شده و از آنجا که در ساختار هر واحد تکرار شونده ۳ پیوند دوگانه (در حلقهٔ بنزنی) وجود دارد، پس در ساختار هر مولکول پلیمر در مجموع ۲۷۰ (۳×۹۰) پیوند دوگانه موجود است.

$$?\,kg\ Br_2 = 0/25\,mol(C_8H_8)_{90} \times \frac{270\,mol(C=C)}{1\,mol(C_8H_8)_{90}} \times \frac{1\,mol\ Br_2}{1\,mol(C=C)} \times \frac{160\,g\ Br_2}{1\,mol\ Br_2} \times \frac{1\,kg\ Br_2}{1000\,g\ Br_2} = 10/8\,kg\ Br_2$$

B ۱۵۸۶ ۲ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$2C_3H_6 + 2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2C_3H_3N + 6H_2O$$

جرم پروپن مورد نیاز را به دست می‌آوریم:

$$5\times10^6\ ton\ C_3H_3N \times \frac{1\,mol\ C_3H_3N}{53\,g\ C_3H_3N} \times \frac{2\,mol\ C_3H_6}{2\,mol\ C_3H_3N} \times \frac{42\,g\ C_3H_6}{1\,mol\ C_3H_6} = 3/96\times10^6\ ton$$

حال جرم آمونیاک مورد نیاز برای تولید ۱۰۶ کیلوگرم پلی‌سیانو اتن را به دست می‌آوریم:

$$10^6\times10^3\,g\ C_3H_3N \times \frac{1\,mol\ C_3H_3N}{53\,g\ C_3H_3N} \times \frac{2\,mol\ NH_3}{2\,mol\ C_3H_3N} \times \frac{22/4\,L\ NH_3}{1\,mol\ NH_3} \times \frac{1\,m^3\ NH_3}{1000\,L\ NH_3} \times \frac{100}{80} = 56\,L$$

B ۱۵۸۷ ۱ قسمت اول: می‌دانیم که گازهای اتن و اتین با هیدروژن واکنش داده و به اتان تبدیل می‌شوند:

واکنش اول: $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$ واکنش دوم: $C_2H_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$

سپس تعداد مول گاز هیدروژن مصرف شده در واکنش اول و دوم را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مول } H_2 \text{ مصرف شده در واکنش اول} = 2\,mol\ C_2H_4 \times \frac{1\,mol\ H_2}{1\,mol\ C_2H_4} = 2\,mol\ H_2$$

$$\text{مول } H_2 \text{ مصرف شده در واکنش دوم} = 1\,mol\ C_2H_2 \times \frac{2\,mol\ H_2}{1\,mol\ C_2H_2} = 2\,mol\ H_2$$

بنابراین ۲ مول از گاز هیدروژن موجود در مخلوط اولیه باقی می‌ماند و ۳ مول گاز اتان نیز تولید می‌شود:

$$?\,L\ (\text{مخلوط گازی}) = 5\,mol\ gas \times \frac{22/4\,L\ gas}{1\,mol\ gas} = 112\,L\ gas$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش پلیمری شدن اتن به صورت مقابل است:

$$n\,C_2H_4(g) \xrightarrow{\text{گرما و فشار}} -(C_2H_4)_n-(s)$$

ابتدا تعداد واحدهای تکرار شونده (n) در هر مولکول پلی‌اتن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر} \Rightarrow 84000 = n\times28 \Rightarrow n = 3000$$

سپس شمار مولکول‌های پلی‌اتن را به دست می‌آوریم:

$$\text{شمار مولکول‌های پلیمر} = 2\,mol\ C_2H_4 \times \frac{1\,mol\ -(C_2H_4)_n-}{3000\,mol\ C_2H_4} \times \frac{6/02\times10^{23}\ \text{مولکول}}{1\,mol\ -(C_2H_4)_n-} = \text{مولکول پلیمر } 4\times10^{19}$$

C ۱۵۸۸ ۱ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن پلی‌پروپن به صورت مقابل است:

$$-(C_3H_6)_n- + \frac{9n}{2}O_2 \rightarrow 3n\,CO_2(g) + 3n\,H_2O$$

ابتدا مقدار n را در هر مولکول مونومر محاسبه می‌کنیم:

$$2/75\,mol\ \text{پلی‌پروپن} \times \frac{(3n)\,mol\ CO_2}{1\,mol\ \text{پلی‌پروپن}} \times \frac{22/4\,L\ CO_2}{1\,mol\ CO_2} \times \frac{1\,m^3\ CO_2}{1000\,L} = 184/8\,m^3\ CO_2 \Rightarrow n = 1000$$

سپس جرم مولی پلی‌پروپن را به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر} = 1000\times42 = 42000\,g.mol^{-1}$$

در ادامه جرم پلی‌پروپن اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kg\ \text{پلی‌پروپن}=۲/۷۵mol\ \text{پلی‌پروپن}\times\frac{۴۲۰۰۰g}{۱mol\ \text{پلی‌پروپن}}\times\frac{۱kg}{۱۰۰۰g}=۱۱۵/۵kg$$

قسمت دوم: ابتدا به کمک آنتالپی‌های پیوند، ΔH واکنش پلیمری شدن را به دست می‌آوریم:

$$n\ CH_۳-CH=CH_۲\Rightarrow -\left[CH(CH_۳)-CH_۲\right]_n-$$

$$\Delta H(\text{واکنش})=(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها})-(\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

$$\Delta H(\text{واکنش})=[n\,\Delta H(C=C)+۴n\,\Delta H(C-H)]-[۲n\,\Delta H(C-C)+۴n\,\Delta H(C-H)]$$

$$=[n\times۶۱۲]-[۲n\times۳۴۸]=۶۱۲-۲(۳۴۸)=-۸۴n\ kJ$$

اکنون گرمای آزاد شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ=۲/۷۵mol\ \text{پلی‌پروپن}\times\frac{۱۰۰۰mol\ \text{پروپن}}{۱mol\ \text{پلی‌پروپن}}\times\frac{-۸۴n\ kJ}{n\ mol\ \text{پروپن}}=-۲۳۱۰۰۰kJ$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۲/۷۵\times۴۲۰۰۰}{۱۰۰۰}=?\xrightarrow[\text{به جای ۲/۷۵ عدد }\frac{۱۱}{۴}\text{ قرار گیرد.}]{\text{ساده کردن}}\frac{۱۱\times\overset{۴۲}{۴۲۰۰۰}}{۴\times۱۰۰۰}=\frac{۱۱\times۴۲}{۴}=\frac{۴۶۲}{۴}=\frac{۲۳۱}{۲}=۱۱۵/۵$$

۱۵۸۹ **۳** فرض می‌کنیم در مخلوط اولیه x مول پلی‌پروپن، y مول پلی وینیل کلرید و z مول پلیمر A با فرمول $(C_۳H_۴O_۲)_n$ وجود دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

I) $۴۲x+۶۲/۵y+۷۲z=۲۵۰$

II) $\text{درصد جرمی Cl}=\frac{۳۵/۵y}{۲۵۰}\times۱۰۰=۱۴/۲\Rightarrow y=۱mol$

III) $\text{درصد جرمی C}=\frac{(۳x+۲y+۳z)\times۱۲}{۲۵۰}\times۱۰۰=۵۴/۶\Rightarrow ۳x+۳z+۲=۱۱/۳۷۵\Rightarrow x+z=۳/۱۲۵$

$$\Rightarrow ۴۲(۳/۱۲۵-z)+۶۲/۵+۷۲z=۲۵۰\Rightarrow z=۱/۸۷۵mol\,,\,x=۱/۲۵mol$$

حال درصد جرمی پلیمر A را در مخلوط به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی پلیمر A}=\frac{\text{جرم پلیمر A}}{\text{جرم مخلوط}}\times۱۰۰=\frac{۷۲\times۱/۸۷۵}{۲۵۰}\times۱۰۰=٪۵۴$$

اختلاف جرم پلی‌پروپن و پلی‌وینیل کلرید موجود در مخلوط برابر است با:

$$(۶۲/۵\times۱)-(۴۲\times۱/۲۵)=۱۰g$$

۱۵۹۰ **۱** ابتدا جرم مولی پلیمر تولید شده را به دست می‌آوریم:

$$۱۴۲۸g\ \text{پلیمر}\times\frac{۱mol\ \text{پلیمر}}{Mg\ \text{پلیمر}}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{درشت مولکول}}{۱mol\ \text{پلیمر}}=۳/۰۱\times۱۰^{۲۱}\Rightarrow M=۲۸۵۶۰۰g.mol^{-۱}$$

بنابراین در فرایند بسپارش، از کاتالیزگر (I) استفاده شده است. درصد جرمی فلز آلومینیم را در آن محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی Al}=\frac{\text{جرم Al}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰=\frac{۲۷}{۲۷+۴۸}\times۱۰۰=٪۳۶$$

شمار واحدهای تکرارشوندهٔ پلی‌اتن تولیدی را حساب می‌کنیم:

$$\text{شمار واحدهای تکرارشونده}=\frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی مونومر}}=\frac{۲۸۵۶۰۰}{۲۸}=۱۰۲۰۰$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش بسپارش به صورت مقابل خواهد بود:

$$۱۰۲۰۰\,C_۲H_۴(g)\rightarrow -\left[C_۲H_۴\right]_{۱۰۲۰۰}-(s)$$

مقدار کل گاز اتن موجود را محاسبه می‌کنیم:

$$۱۴۲۸g\ \text{پلیمر}\times\frac{۱mol\ \text{پلیمر}}{۲۸۵۶۰۰g\ \text{پلیمر}}\times\frac{۱۰۲۰۰mol\,C_۲H_۴}{۱mol\ \text{پلیمر}}\times\frac{۱۰۰}{۶۶/۶}\times\frac{۱۰۰}{۷۵}=۱۰۲mol\,C_۲H_۴$$

در نهایت حجم مولی گازها و سپس مقدار θ را به دست می‌آوریم:

$$\text{حجم مولی گازها}=\frac{\text{حجم گاز}}{\text{مول گاز}}=\frac{۵۱۰L}{۱۰۲mol}=۵L.mol^{-۱}\Rightarrow\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}\Rightarrow\frac{۱\times۲۲/۴}{۲۷۳}=\frac{۶/۴\times۵}{\theta+۲۷۳}\Rightarrow\theta=۱۱۷^\circ C$$

۱۵۹۱ **۳** عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول مولکولی پلی‌سیانو اتن و تفلون به ترتیب $-\left(C_۳H_۳N\right)_n-$ و $-\left(C_۲F_۴\right)_n-$ است:

$$٪F(\text{در تفلون})=\frac{\text{جرم فلوئور}}{\text{جرم پلیمر}}\times۱۰۰=\frac{(۱۹\times۴)\times n}{۱۰۰\times n}\times۱۰۰\simeq٪۷۶$$

$$٪N(\text{در پلی سیانو اتن})=\frac{\text{جرم نیتروژن}}{\text{جرم پلیمر}}\times۱۰۰=\frac{۱۴\times n}{۵۳\times n}\times۱۰۰\simeq٪۲۶/۴$$

$$\frac{\text{درصد جرمی نیتروژن}}{\text{درصد جرمی فلوئور}}=\frac{۲۶/۴}{۷۶}\simeq۰/۳۴$$

عبارت دوم: فرمول ساختاری پلی‌استیرن به صورت زیر است:

$$-\left[CH_۲-\underset{\text{C}_۶\text{H}_۵}{CH}\right]_n-$$

$$\text{شمار واحدهای تکرارشونده}=۸۳۲۰۰g\ \text{پلی‌استیرن}\times\frac{۱mol\ \text{پلی‌استیرن}}{۱۰۴n\ g\ \text{پلی‌استیرن}}\times\frac{n\ mol\ \text{واحد تکرار شونده}}{۱mol\ \text{پلی‌استیرن}}$$

$$\text{واحد تکرار شونده}=۴۸/۱۶\times۱۰^{۲۵}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{واحد تکرار شونده}}{۱mol\ \text{واحد تکرار شونده}}$$

عبارت سوم: فرمول مولکولی تفلون و سیانو اتن به ترتیب $+C_2F_4+_n$ و $+C_3H_3N+_n$ است. ابتدا تعداد واحدهای تکرارشوندهٔ پلی‌سیانو اتن را محاسبه می‌کنیم:

جرم مولی پلی سیانو اتن $\times n$ = جرم مولی پلی‌سیانو اتن $\Rightarrow 127200 = n \times 53 \Rightarrow n = 2400$

بنابراین هر مولکول از پلی‌سیانواتن دارای ۲۴۰۰ مونومر و در نتیجه ۷۲۰۰ (3×2400) اتم کربن است. در هر واحد تکرارشوندهٔ تفلون، ۴ اتم فلوئور وجود دارد؛ بنابراین هر مولکول تفلون دارای ۱۸۰۰ $(\frac{7200}{4})$ واحد تکرار شونده است. عبارت چهارم: ابتدا حجم مولی گاز اتن در شرایط انجام واکنش را به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1V_{n_1}}{T_1} = \frac{P_2V_{n_2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1\,atm \times 22/4L}{273K} = \frac{4\,atm \times V_{n_2}}{410K} \Rightarrow V_2 \simeq 8/4L.mol^{-1}$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ تولید پلی‌اتن به صورت مقابل است:

$$nC_2H_4(g) \rightarrow +C_2H_4+_n(s)$$

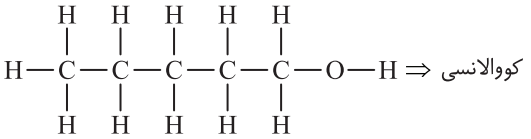
$$?\,L\,C_2H_4 = 2000g\,\text{پلی‌اتن} \times \frac{1\,mol\,\text{پلی‌اتن}}{28n\,g\,\text{پلی‌اتن}} \times \frac{n\,mol\,\text{اتن}}{1\,mol\,\text{پلی‌اتن}} \times \frac{8/4L\,\text{اتن}}{1\,mol\,\text{اتن}} \times \underbrace{\frac{100}{80}}_{\text{بازده واکنش}} = 750L\,\text{اتن}$$

A ۱۵۹۲ ۳ فرمول کلی الکل‌های تک‌عاملی سیرشده به صورت $R-OH$ بوده که در آن R گروه آلکیلی است؛ بنابراین فرمول مولکولی آن‌ها به صورت $C_nH_{2n+1}OH$ یا همان $C_nH_{2n+2}O$ می‌باشد.

B ۱۵۹۳ ۱ موارد اول و سوم جملهٔ داده شده را به درستی کامل نمی‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول عمومی الکل‌های تک‌عاملی سیرشده و خطی به‌صورت $C_nH_{2n+2}O$ است، بنابراین:

(تعداد اتم‌های کربن) $4 = n \Rightarrow 2n+2 = 10 =$ تعداد اتم‌های هیدروژن

عبارت دوم: همهٔ الکل‌های تک‌عاملی یک اتم اکسیژن دارند که روی آن دو جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت سوم: فرمول ساختاری یک الکل ۵ کربنهٔ تک‌عاملی را می‌توان به‌صورت مقابل نمایش داد:



۱۷ پیوند کووالانسی

★ **نکته** تعداد پیوندهای کووالانسی در ساختار الکل‌های تک‌عاملی سیرشدهٔ خطی از رابطهٔ $3n+2$ به‌دست می‌آید که n در این رابطه شمار اتم‌های کربن است. شمار پیوندهای کووالانسی در آلکان‌ها از رابطهٔ $3n+1$، در آلکن‌ها و سیکلوآلکان‌ها از رابطهٔ $3n$ و در آلکین‌ها از رابطهٔ $3n-1$ به‌دست می‌آید.

عبارت چهارم: با توجه به فرمول عمومی الکل‌های تک‌عاملی سیرشدهٔ خطی داریم:

$$C_nH_{2n+2}O \Rightarrow \text{جرم مولی} = 12(n)+1(2n+2)+16(1) = 14n+18 = 102 \Rightarrow n = 6$$

تعداد اتم‌های کربن

عبارت پنجم: ابتدا تعداد اتم‌های کربن موجود در الکل را به کمک فرمول بالا به دست می‌آوریم:

$$\text{تعداد پیوندها در الکل‌ها} = 3n+2 = 20 \Rightarrow 3n = 18 \Rightarrow n = 6$$

در الکلی با ۶ اتم کربن، ۵ پیوند کربن - کربن وجود دارد. عبارت ششم: فرمول الکلی تک‌عاملی و سیرشده با n اتم کربن به صورت $C_nH_{2n+1}OH$ بوده و در آن $3n+3$ اتم وجود دارد.

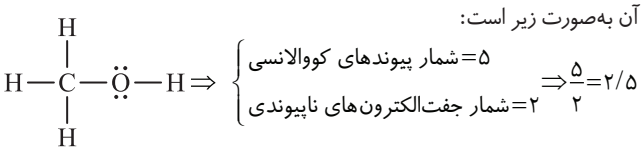
$$\text{تعداد اتم‌ها در الکل} = 3n+3 = 12 \Rightarrow 3n = 9 \Rightarrow n = 3$$

فرمول مولکولی الکل مورد نظر C_3H_7OH است و در هر مولکول آن ۸ اتم هیدروژن وجود دارد.

A ۱۵۹۴ ۲ در ساختار هر الکل یک بخش قطبی و یک بخش ناقطبی وجود دارد. بخش قطبی شامل گروه هیدروکسیل است که عامل برقراری پیوند هیدروژنی و بخش ناقطبی، زنجیر هیدروکربنی است که عامل برقراری جاذبه‌های وان‌درواالسی می‌باشد. هر چه تعداد اتم‌های کربن در ساختار یک الکل بیشتر و الکل مولکول بزرگ‌تری داشته باشد، بخش ناقطبی الکل قوی‌تر می‌شود، در نتیجه قدرت نیروهای وان‌درواالسی بر قدرت پیوندهای هیدروژنی غلبه می‌کند و به دنبال آن از میزان گشتاور دوقطبی الکل کاسته می‌شود و حلالیت آن در آب کاهش و در چربی افزایش می‌یابد.

B ۱۵۹۵ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. شکل (۱) مربوط به مدل فضا پرکن متانول و شکل (۲) مربوط به مدل فضا پرکن اتانول است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): متانول اولین و سبک‌ترین عضو خانوادهٔ الکل‌هاست و ساختار لوویس آن به‌صورت زیر است:



$$\Rightarrow \begin{cases} \text{شمار پیوندهای کووالانسی} = 5 \\ \text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی} = 2 \end{cases} \Rightarrow \frac{5}{2} = 2/5$$

عبارت (ب): اتانول یکی از مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است و در تهیهٔ مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. عبارت (پ): هر دو الکل نشان داده شده به هر نسبتی در آب حل می‌شوند و تهیهٔ محلول سیرشده‌ای از آن‌ها در آب امکان‌پذیر نیست.

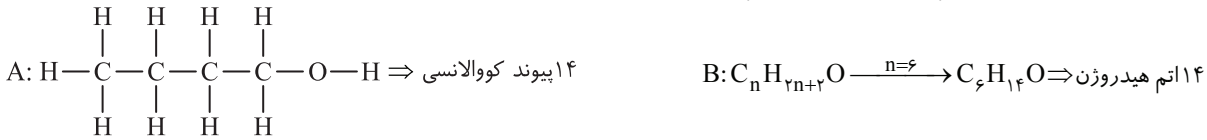
* **توجه** انحلال‌پذیری سه عضو نخست خانوادهٔ الکل‌ها (متانول، اتانول و پروپانول) در آب نامحدود است، از این‌رو نمی‌توان محلول سیرشده از آن‌ها در آب تهیه کرد.

عبارت (ت): فرمول مولکولی اتانول و مالتوز به‌صورت زیر است:

$$\text{اتانول}: C_2H_5OH \Rightarrow \text{شمار اتم‌های هیدروژن}: 6\ ,\ \text{مالتوز}: C_{12}H_{22}O_{11} \Rightarrow \text{شمار اتم‌های کربن}: 12 \Rightarrow \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

B ۱۵۹۶ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هر چه طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها بیشتر باشد، از میزان قطبیت الکل کاسته شده و قدرت نیروهای وان‌درواالسی بیشتر می‌شود. عبارت (ب): در الکل‌های تا پنج اتم کربن که محلول در آب هستند، بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد. الکلی با ۶ اتم کربن، در آب کم‌محلول و در آن بخش ناقطبی بر بخش قطبی غالب است. عبارت (پ): در الکل‌های کوچک تا پنج کربن، بخش قطبی بر ناقطبی غلبه دارد و این الکل‌ها محلول در آب هستند، اما فقط سه عضو نخست خانوادهٔ الکل‌ها هستند که به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. عبارت (ت): هر چه شمار اتم‌های کربن در یک الکل بیشتر باشد، از میزان قطبیت الکل کاسته شده و نیروهای وان‌درواالسی در الکل قوی‌تر می‌شود، در نتیجه میزان انحلال‌پذیری الکل در چربی افزایش و در آب کاهش می‌یابد.

۱۵۹۷ ۲ الکل A، بوتانول (C_4H_9OH) و الکل B هگزانول $(C_6H_{13}OH)$ است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ساختار الکل A بخش قطبی مولکول بر بخش ناقطبی آن غلبه دارد و نیروی بین‌مولکولی غالب در این الکل، پیوند هیدروژنی است؛ به همین علت این الکل محلول در آب است. در ساختار الکل B بخش ناقطبی مولکول بر بخش قطبی آن غلبه دارد و نیروی بین‌مولکولی غالب در این الکل از نوع نیروهای وان‌دروالسی است؛ به همین علت این الکل در آب کم‌محلول است. گزینهٔ (۲): الکل‌های تک‌عاملی تا ۵ اتم کربن در آب محلول و الکل تک‌عاملی با ۶ اتم کربن در آب به‌صورت کم‌محلول است. گزینهٔ (۳): فرمول ساختاری الکل A و فرمول مولکولی الکل B به‌صورت زیر است:



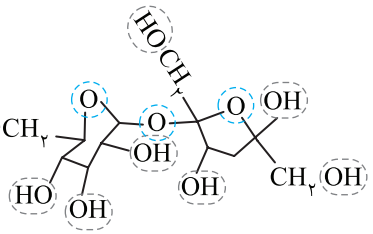
گزینهٔ (۴): به دلیل تعداد کربن بیشتر در الکل B، بخش ناقطبی و نیروی وان‌دروالسی در الکل B قوی‌تر از الکل A است. از این‌رو انحلال‌پذیری الکل B در چربی بیشتر از الکل A است.

۱۵۹۸ ۴ در الکل‌های تک‌عاملی، با افزایش شمار اتم‌های کربن، در دمای معین، انحلال‌پذیری در آب کاهش می‌یابد. توجه داشته باشید که سه عضو نخست خانوادهٔ الکل‌ها (یعنی متانول، اتانول و پروپانول)، در دمای اتاق، به هر نسبتی در آب حل می‌شوند، در نتیجه در نمودار انحلال‌پذیری نمایش داده نمی‌شوند. توجه داشته باشید که تفاوت نمودار گزینهٔ (۴) با نمودار رسم شده در کتاب درسی در این است که در نمودار کتاب درسی انحلال‌پذیری روی محور عمودی نمایش داده شده، در حالی که در گزینهٔ (۴) انحلال‌پذیری روی محور افقی نمایش داده شده است.

۱۵۹۹ ۳ در الکل‌ها هر چه شمار اتم‌های کربن کمتر باشد، انحلال‌پذیری آن‌ها در آب بیشتر است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): انحلال‌پذیری پنتانول در آب از هگزانول بیشتر است؛ زیرا نیروی جاذبهٔ بخش ناقطبی پنتانول کمتر از هگزانول و نیروی جاذبهٔ بخش قطبی آن بیشتر از هگزانول است. گزینه‌های (۳) و (۴): انحلال‌پذیری بوتانول در آب از پنتانول بیشتر است، زیرا نیروی جاذبهٔ بخش ناقطبی بوتانول ضعیف‌تر از پنتانول و نیروی جاذبهٔ بخش قطبی آن قوی‌تر از پنتانول است.

* **توجه** در الکل‌های تک‌عاملی سیرشدهٔ یک تا پنج کربنه، برهم‌کنش بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد و این الکل‌ها محلول در آب هستند.

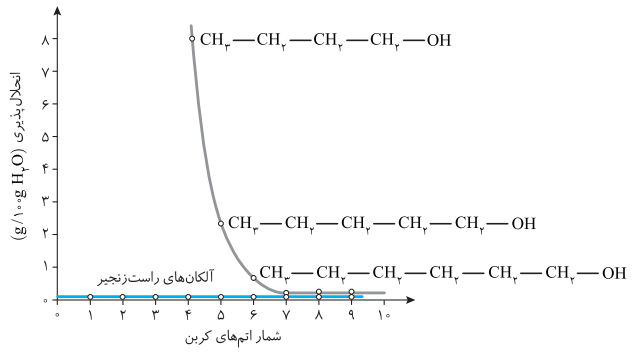
۱۶۰۰ ۲ عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. در شکل، گروه‌های عاملی هیدروکسیل (الکلی) با دایرهٔ طوسی و گروه‌های عاملی اتری با دایرهٔ رنگی مشخص‌شده‌اند. گروه‌های عاملی بخش‌های قطبی مولکول هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در مولکول داده شده، تعداد زیادی بخش قطبی وجود دارد؛ از این‌رو این مولکول بیشتر قطبی است و انحلال‌پذیری آن در آب (حلال قطبی) بیشتر از بنزن (حلال ناقطبی) می‌باشد. عبارت دوم: با توجه به ساختار داده شده، این ترکیب دارای ۱۲ اتم کربن و ۸ گروه هیدروکسیل است؛ پس این نسبت برابر ۲ نیست. عبارت سوم: با توجه به ساختار، این ترکیب دارای یک حلقهٔ پنج‌اتمی (حلقهٔ سمت راست) و یک حلقهٔ شش‌اتمی (حلقهٔ سمت چپ) است. عبارت چهارم: جرم مولی هر گروه هیدروکسیل $(-OH)$ برابر $17\ g.mol^{-1}$ و جرم مولی هر گروه متیل $(-CH_3)$ برابر $15g.mol^{-1}$ است؛ بنابراین با جایگزین کردن هر گروه هیدروکسیل با متیل، جرم مولی ترکیب به میزان $2g.mol^{-1}$ کاهش می‌یابد. در این ترکیب ۸ گروه هیدروکسیل وجود دارد، پس با جایگزین کردن همهٔ آن‌ها با گروه متیل، $16g$ (8×2) از جرم مولی ترکیب کاسته می‌شود.



۱۶۰۱ ۴

نکته ترکیبی در الکل‌ها با افزایش شمار اتم‌های کربن، قطبیت مولکول، انحلال‌پذیری در آب و درصد جرمی اکسیژن و هیدروژن کاهش و انحلال‌پذیری در چربی‌ها (چربی دوستی) و در دیگر حلال‌های ناقطبی، شمار پیوندهای اشتراکی، غلبهٔ بخش ناقطبی بر بخش قطبی، درصد جرمی کربن و شمار اتم‌های سازنده افزایش می‌یابد.

فقط مورد (پ) نامناسب است. **بررسی موارد:** عبارت‌های (الف) و (ب): با توجه به نمودار می‌توان دو نکته را برداشت کرد: ۱- هر چه شمار اتم‌های کربن در الکل‌ها بیشتر باشد، اختلاف انحلال‌پذیری دو الکل متوالی در آب کمتر می‌شود؛ زیرا با افزایش شمار اتم‌های کربن، شیب نمودار انحلال‌پذیری الکل در آب رو به کاهش می‌گذارد. ۲- هر چه شمار اتم‌های کربن در الکل‌ها بیشتر باشد، اختلاف انحلال‌پذیری الکل و آلکان هم‌کربن کمتر می‌شود، زیرا با افزایش شمار اتم‌های کربن، نیروی وان‌دروالسی بر پیوند هیدروژنی غلبهٔ بیشتری پیدا می‌کند و شباهت آن‌ها به آلکان‌ها که ناقطبی هستند، افزایش می‌یابد. عبارت (پ): هر چه شمار اتم‌های کربن در یک الکل بیشتر باشد، از میزان قطبیت آن کاسته شده و نیروهای وان‌دروالسی در آن قوی‌تر می‌شود، در نتیجه انحلال‌پذیری الکل در روغن زیتون (یک مادهٔ ناقطبی) بیشتر می‌شود. عبارت (ت): در ساختار الکل‌های تک‌عاملی، تنها یک اتم اکسیژن وجود دارد. از این‌رو با افزایش شمار اتم‌های کربن در الکل‌ها، درصد جرمی کربن بیشتر شده و از درصد جرمی اکسیژن کاسته می‌شود. عبارت (ث): هر چه شمار اتم‌های کربن در یک الکل بیشتر باشد، قسمت ناقطبی الکل قوی‌تر شده و از میزان قطبیت الکل کاسته می‌شود.



۱۶۰۲ ۱ فقط عبارت دوم همانند عبارت داده شده درست است. بوتانول (C_4H_9OH) در دمای اتاق محلول در آب است، یعنی در ۱۰۰ گرم آب در این دما، بیشتر از $1\ g$ از این الکل حل می‌شود و به این ترتیب در یک کیلوگرم آب $(1000g)$، مقداری بیشتر از ۱۰ گرم در آب حل می‌شود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول عمومی الکل‌های تک‌عاملی سیرشدهٔ خطی به‌صورت $C_nH_{2n+2}O$ است. هر دو الکل متوالی در یک اتم کربن و دو اتم هیدروژن با هم تفاوت دارند. با توجه به اینکه جرم مولی کربن برابر با $12g.mol^{-1}$ و جرم مولی هیدروژن برابر با $1g.mol^{-1}$ است، تفاوت جرم مولی دو عضو متوالی از خانوادهٔ الکل‌ها برابر با ۱۴ گرم بر مول می‌باشد. عبارت دوم: اگر خاصیت چربی‌دوستی الکل A بیشتر از الکل B باشد، یعنی الکل A نسبت به الکل B بخش ناقطبی بزرگ‌تری دارد و زنجیر هیدروکربنی آن بزرگ‌تر از الکل B است. هر چه زنجیر هیدروکربنی یک الکل بزرگ‌تر باشد، شمار اتم‌های کربن در آن الکل بیشتر بوده و به تبع آن درصد جرمی اتم کربن نیز بیشتر می‌شود. عبارت سوم: هیدروکربنی که سنگ بنای صنایع پتروشیمی است، گاز اتن می‌باشد. فرمول مولکولی اتن و اتانول به‌ترتیب C_2H_4 و C_2H_5OH است. عبارت چهارم: الکلی با ۱۲ اتم کربن با اینکه نامحلول در آب است، اما به علت داشتن گروه OH می‌تواند با مولکول آب پیوند هیدروژنی برقرار کند؛ ولی چون در این الکل بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد، الکل نامحلول در آب است.

B ۱۶۰۳ ۱ فرمول عمومی الکل‌های تک‌عاملی سیرشدهٔ خطی به‌صورت $C_nH_{2n+2}O$ است.

$$\frac{\text{درصد جرمی کربن}}{\text{درصد جرمی اکسیژن}}=\frac{\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم الکل}}\times 100}{\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم الکل}}\times 100}=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم اکسیژن}}=\frac{12n}{16}=4/5\Rightarrow n=6$$

پس الکل مورد نظر، $C_6H_{13}OH$ است. معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن این الکل در شرایط STP به‌صورت زیر می‌باشد:

$$C_6H_{13}OH(l)+9O_2(g)\rightarrow 6CO_2(g)+7H_2O(l)$$

* **توجه** دقت داشته باشید که در شرایط STP (یعنی فشار ۱atm و دمای ۰°C) حالت فیزیکی آب به‌صورت مایع است. بنابراین تنها مادهٔ گازی تولید شده در این واکنش کربن دی‌اکسید است. **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,CO_2=34g\,C_6H_{13}OH\times\frac{1mol\,C_6H_{13}OH}{102g\,C_6H_{13}OH}\times\frac{6\,mol\,CO_2}{1mol\,C_6H_{13}OH}\times\frac{44g\,CO_2}{1mol\,CO_2}=88g\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم الکل}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم کربن دی‌اکسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{34}{1\times 102}=\frac{x}{6\times 44}\Rightarrow x=88g\,CO_2$$

توضیح محاسبات

$$\frac{34\times 6\times 44}{102}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{34\times 6\times 44}{102}=\frac{6\times 44}{3}=88$$

C ۱۶۰۴ ۱ ابتدا باید متوجه شویم که الکل مورد نظر سؤال چیست. شمار پیوندهای اشتراکی در الکل‌ها $=3n+2\Rightarrow 3n+2=23\Rightarrow n=7$

قسمت اول: معادلهٔ واکنش تولید این الکل به‌صورت $C_7H_{14}+H_2O\rightarrow C_7H_{15}OH$ است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,C_7H_{14}=14/5\,g\,C_7H_{16}O\times\frac{1mol\,C_7H_{16}O}{116g\,C_7H_{16}O}\times\frac{1mol\,C_7H_{14}}{1mol\,C_7H_{16}O}\times\frac{22/4\,L\,C_7H_{14}}{1mol\,C_7H_{14}}=2/8\,L\,C_7H_{14}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم الکل}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}=\frac{\text{حجم آلکن}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{14/5}{116\times 1}=\frac{V}{22/4\times 1}\Rightarrow V=2/8\,L\,C_7H_{14}$$

قسمت دوم: معادلهٔ واکنش سیر شدن این آلکن به‌صورت $C_7H_{14}+H_2\rightarrow C_7H_{16}$ است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,H_2=14/5\,g\,C_7H_{16}O\times\frac{1mol\,C_7H_{16}O}{116g\,C_7H_{16}O}\times\frac{1mol\,C_7H_{14}}{1mol\,C_7H_{16}O}\times\frac{1mol\,H_2}{1mol\,C_7H_{14}}\times\frac{2g\,H_2}{1mol\,H_2}\times\frac{1L\,H_2}{0/8g\,H_2}=0/3125\,L\,H_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم الکل}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم}\,H_2\times\text{چگالی}\,H_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{14/5}{1\times 116}=\frac{0/8\times V}{2\times 1}\Rightarrow V=0/3125\,L\,H_2$$

توضیح محاسبات

پاسخ نزدیک به ۰/۳ است. (پاسخ: ۰/۳۱)

$$\frac{14/5\times 2}{116\times 0/8}=?\xrightarrow[\text{به‌جای ۱۴/۵ و ۱۱۶ اعداد ۱۵ و ۱۲۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌کردن}}\frac{15\times 2}{120\times 0/8}=\frac{15}{60\times 0/8}=\frac{1}{4\times 0/8}=\frac{1}{3/2}\simeq 0/3$$

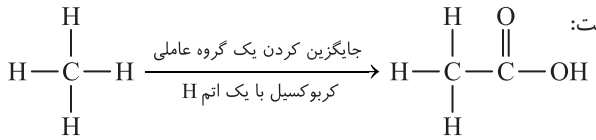
A ۱۶۰۵ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کربوکسیلیک اسیدها دسته‌ای از ترکیبات آلی هستند که در ساختار آن‌ها حداقل یک گروه عاملی کربوکسیل $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-H)$ وجود دارد. عبارت‌های (پ) و (ت): کربوکسیلیک اسیدهای یک‌عاملی خطی و سیرشده را می‌توان با فرمول $R-COOH$ نشان داد که در آن R یک زنجیرهٔ هیدروکربنی (گروه آلکیل) یا اتم هیدروژن است؛ بنابراین فرمول عمومی آن‌ها به صورت $C_nH_{2n}O_2$ می‌باشد.

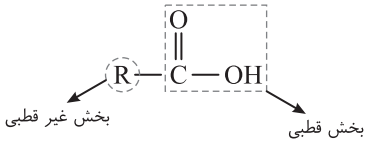
B ۱۶۰۶ ۴ ساده‌ترین الکل، متانول با فرمول مولکولی CH_3OH و عامل ترش بودن سرکه، اتانوئیک اسید (استیک اسید) با فرمول مولکولی $C_2H_4O_2$ است. در هر دو مولکول، ۴ اتم هیدروژن وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اتانوئیک اسید آشناترین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدهاست و این ترکیب را در سرکه می‌توان یافت. گزینهٔ (۲): متانوئیک اسید ساده‌ترین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدهاست و در بدن مورچه وجود دارد. گزینهٔ (۳): فرمول ساختاری متانوئیک اسید به‌صورت مقابل است.

$$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-H$$ ۵ پیوند کووالانسی

B ۱۶۰۷ ۴ فقط عبارت چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: مولکول‌های کربوکسیلیک اسید همانند الکل‌ها دارای یک بخش قطبی و یک بخش ناقطبی هستند. عبارت دوم: با افزایش تعداد اتم‌های کربن در کربوکسیلیک اسیدها، بخش ناقطبی این مولکول‌ها بزرگ‌تر می‌شود و انحلال‌پذیری بیشتری در ترکیب‌های ناقطبی مانند چربی‌ها پیدا می‌کنند. عبارت سوم: ساده‌ترین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدها، متانوئیک (فورمیک) اسید است که بر اثر گزش مورچهٔ سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود.

عبارت چهارم: ساده‌ترین آلکان، متان است:





اسید به‌دست آمده دو کربنی بوده و اتانوئیک (استیک) اسید است در حالی که ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید، متانوئیک اسید با فرمول ساختاری $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ می‌باشد.

عبارت پنجم: چهارمین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدها $C_4H_8O_2$ و سومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها C_4H_6 است.

$$\text{جرم مولی } C_4H_6=(4\times12)+(6\times1)=54g.mol^{-1} \qquad \text{جرم مولی } C_4H_8O_2=(4\times12)+(8\times1)+(2\times16)=88g.mol^{-1}$$

تفاوت جرم مولی این دو ترکیب برابر ۳۴ گرم بر مول است. جرم مولی آب اکسیژنه (H_2O_2) نیز برابر $34g.mol^{-1}$ می‌باشد.

B ۱۶۰۸ **۱** با توجه به جدول زیر، تنها در دو مولکول سیانو اتن و تترا فلوئورو اتن، تفاوت شمار کل اتم‌ها با شمار نوع عنصرها برابر با ۴ است.

نام مولکول	فرمول مولکولی	شمار کل اتم‌ها	شمار نوع عنصرها
سیانو اتن	C_3H_3N	۷	۳
وینیل کلرید	C_2H_3Cl	۶	۳
تترا فلوئورو اتن	C_2F_4	۶	۲
فرمیک اسید	$HCOOH$	۵	۳
استون	C_3H_6O	۱۰	۳
پروپین	C_3H_4	۷	۲

B ۱۶۰۹ **۲** فرمول شیمیایی این ترکیب به‌صورت $C_{13}H_{14}N_2O_5$ است. در هر مولکول از این ماده، ۲ اتم نیتروژن و ۵ اتم اکسیژن وجود دارد؛ بنابراین:

$$\frac{\text{اختلاف جرم اتم‌های N و H}}{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}=\frac{28-14}{80}=0/175 \Rightarrow \text{جرم اتم‌های اکسیژن}=5\times16=80 \text{ ، جرم اتم‌های هیدروژن}=14\times1=14 \text{ ، جرم اتم‌های نیتروژن}=2\times14=28$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): به ازای هر اتم اکسیژن، ۲ جفت و به ازای هر اتم نیتروژن، ۱ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد.

$$\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}=(5\times2)+(2\times1)=12$$

در ساختار این ترکیب ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد؛ در حالی‌که تعداد اتم‌های کربن در این ترکیب برابر ۱۳ عدد است. گزینهٔ (۳): در ساختار این ترکیب ۴ پیوند دوگانهٔ $C=C$ و یک گروه عاملی کربوکسیل $(-COOH)$ وجود دارد. گزینهٔ (۴): شمار پیوندهای یگانهٔ $C-C$ برابر ۹ و شمار پیوندهای یگانهٔ $C-O$ برابر ۴ است.

B ۱۶۱۰ **۳** گزینهٔ سوم برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. متانوئیک (فورمیک) اسید با فرمول مولکولی $HCOOH$ ، اولین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدها بوده که بر اثر گزش مورچهٔ سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ساخت نخ دندان از تفلون با فرمول $+(C_2F_4)+_n$ استفاده می‌شود. این پلیمر از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد، در حلال‌های آلی حل نمی‌شود و نچسب است، همچنین نقطهٔ ذوب بالایی داشته و در برابر گرما مقاوم است. گزینهٔ (۲): فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌های تک‌عاملی و خطی سیرشده به ترتیب $C_nH_{2n}O_2$ و $C_nH_{2n+2}O$ است. شمار پیوندهای اشتراکی موجود در کربوکسیلیک اسید و الکلی با فرمول‌های $C_nH_{2n}O_2$ و $C_nH_{2n+2}O$ برابر است با:

$$\text{تعداد پیوند اشتراکی}=\frac{(\text{تعداد هیدروژن یا هالوژن}\times1)+(\text{تعداد اکسیژن}\times2)+(\text{تعداد نیتروژن}\times3)+(\text{تعداد کربن}\times4)}{2}$$

$$\text{تعداد پیوند اشتراکی در الکل}=\frac{(4\times n)+(2\times1)+(2n+2)}{2}=3n+2 \qquad \text{تعداد پیوند اشتراکی در کربوکسیلیک اسید}=\frac{(4\times n)+(2\times2)+(2n)}{2}=3n+2$$

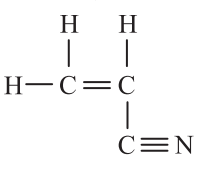
گزینهٔ (۴): با افزایش جرم مولی اسیدها، تعداد کربن‌های آن‌ها بیشتر شده و به طول زنجیرهٔ هیدروکربنی افزوده می‌شود؛ بنابراین بخش ناقطبی (هیدروکربنی) بر بخش قطبی (گروه کربوکسیل) غلبه کرده و انحلال‌پذیری آن در آب کاهش می‌یابد.

B ۱۶۱۱ **۱**

★ **نکته** فرمول مولکولی عمومی الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدهای یک عاملی، دارای زنجیر هیدروکربنی سیرشده و غیر حلقوی به ترتیب به صورت $C_nH_{2n+2}O$ و $C_nH_{2n}O_2$ است.

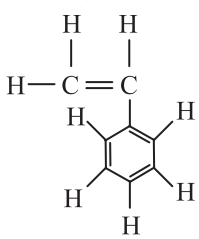
فرمول مولکولی اسید ۷ کربنه و الکل ۲ کربنه به ترتیب به صورت $C_7H_{14}O_2$ و C_2H_6O است که تفاوت شمار اتم‌ها در آن برابر با $14(9-23)$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): ساختار استیرن و سیانواتن به شکل مقابل است:

سیانواتن



۴=شمار پیوند یگانه

استیرن



۱۲=شمار پیوند یگانه

گزینهٔ (۴): در الکل‌های کوچک و تا پنج کربن، بخش قطبی بر ناقطبی غلبه دارد و الکل در آب محلول است؛ اما با افزایش شمار اتم‌های کربن، بخش ناقطبی الکل بزرگ‌تر شده و انحلال‌پذیری آن در آب کاهش می‌یابد. الکل‌های تک‌عاملی راست‌زنجیر دارای ۶ تا ۸ اتم کربن در آب کم‌محلول هستند.

B ۱۶۱۲ ۴ همهٔ موارد جملهٔ داده شده را به نادرستی کامل می‌کند. **بررسی موارد:** مورد اول: کربوکسیلیک اسیدی که گروه R آن C_2H_5 باشد، پروپانوئیک اسید با فرمول مولکولی $C_3H_6O_2$ است. شمار اتم‌های هیدروژن در این ترکیب، ۳ برابر شمار اتم‌های اکسیژن است.

$$R-COOH \xrightarrow{RC_2H_5} C_2H_5-COOH$$

مورد دوم: با توجه به فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی سیرشدهٔ خطی $(C_nH_{2n}O_2)$، کربوکسیلیک اسیدی با ۸ اتم هیدروژن، ۴ اتم کربن دارد و نام آن بوتانوئیک اسید است. مورد سوم: فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدها: $C_nH_{2n}O_2 \Rightarrow$ جرم مولی $=12(n)+1(2n)+16(2)=14n+32$

$$14n+32=88 \Rightarrow n=4 \Rightarrow \text{فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید} = C_4H_8O_2$$

شمار اتم‌های هیدروژن در مولکول این ترکیب برابر با ۸ و شمار اتم‌های کربن در مولکول نفتالن با فرمول $C_{10}H_8$، برابر با ۱۰ می‌باشد. مورد چهارم: فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید تک‌عاملی سیرشدهٔ خطی با ۶ اتم کربن، $C_6H_{12}O_2$ است. مجموع شمار اتم‌ها در هر واحد فرمولی آن برابر با ۲۰ است.

B ۱۶۱۳ ۲ چهارمین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی سیرشده و خطی، بوتانوئیک اسید با فرمول مولکولی $C_4H_8O_2$ است.

$$C_4H_8O_2(aq)+MOH(aq) \rightarrow C_4H_7OOM(aq)+H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل): محلول

$$?\,mL\,MOH=1/1\,g\,C_4H_8O_2 \times \frac{1\,mol\,C_4H_8O_2}{88\,g\,C_4H_8O_2} \times \frac{1\,mol\,MOH}{1\,mol\,C_4H_8O_2} \times \frac{1\,L\ \text{محلول}}{1/25\,mol\,MOH} \times \frac{1000\,mL\ \text{محلول}}{1\,L} = 10\,mL$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول باز}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/1}{88\times1} = \frac{1/25\times V}{1} \Rightarrow V=0/01\,L=10\,mL$$

B ۱۶۱۴ ۱ قسمت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده به‌صورت $C_nH_{2n}O_2+(\frac{3n-2}{2})O_2 \rightarrow nCO_2+nH_2O$ است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,O_2=0/5\,mol\,C_nH_{2n}O_2 \times \frac{(\frac{3n-2}{2})\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_nH_{2n}O_2} \times \frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 72/8\,L\,O_2 \Rightarrow n=5$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } C_nH_{2n}O_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } (STP)\,O_2(g)}{\text{ضریب}\times22/4} \Rightarrow \frac{0/5}{1} = \frac{72/8}{(\frac{3n-2}{2})\times22/4} \Rightarrow n=5$$

اسید شرکت‌کننده در این واکنش، پنتانوئیک اسید با فرمول مولکولی $C_5H_{10}O_2$ است.

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل): معادلهٔ واکنش سوختن اسید سرکه به صورت $C_2H_4O_2+2O_2 \rightarrow 2CO_2+2H_2O$ است.

$$?\,g\,C_2H_4O_2\ \text{ناخالص}=0/5\,mol\,C_5H_{10}O_2 \times \frac{5\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_5H_{10}O_2} \times \frac{1\,mol\,C_2H_4O_2}{2\,mol\,CO_2} \times \frac{60\,g\,C_2H_4O_2}{1\,mol\,C_2H_4O_2} \times \frac{100\,g\,C_2H_4O_2\ \text{ناخالص}}{37/5\,g\,C_2H_4O_2\ \text{خالص}}$$

$$= 200\,g\,C_2H_4O_2\ \text{ناخالص}$$

روش دوم (تناسب): از آنجا که مقدار CO_2 تولید شده در واکنش سوختن استیک اسید و پنتانوئیک اسید یکسان است، می‌توان گفت:

$$2C_5H_{10}O_2 \sim 5C_2H_4O_2 \Rightarrow \frac{\text{مول پنتانوئیک اسید}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم استیک ناخالص}\times\text{درصد خلوص}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/5}{2} = \frac{x\times\frac{37/5}{100}}{5\times60} \Rightarrow x=200\,g$$

استیک اسید ناخالص

توضیح محاسبات پاسخ اندکی بزرگ‌تر از ۱۸۸ است. (پاسخ: ۲۰۰)

$$\frac{0/5\times5\times60\times100}{2\times37/5}=? \xrightarrow[\text{به جای } 37/5 \text{ عدد } 40 \text{ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌کردن}} \frac{0/5\times5\times\overset{3}{\cancel{60}}\times100}{2\times\underset{2}{\cancel{40}}} = \frac{7/5\times100}{4} = 188$$

B ۱۶۱۵ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ساختار لوویس نخستین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدها، یعنی متانوئیک اسید به‌صورت زیر است:

$$H-\overset{\overset{:O:}{\|}}{C}-\ddot{O}-H \Rightarrow \begin{cases} \text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}=5 \\ \text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}=4 \end{cases} \Rightarrow \frac{5}{4}=1/25$$

عبارت (ب): دومین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدها، اتانوئیک (استیک) اسید با فرمول مولکولی $C_2H_4O_2$ و سومین عضو خانوادهٔ الکل‌ها، پروپانول با فرمول مولکولی C_3H_7OH است. جرم مولی پروپانول $=3(12)+1(1)+1(16)=60\,g.mol^{-1}$ جرم مولی استیک اسید $=2(12)+4(1)+2(16)=60\,g.mol^{-1}$

* **توجه** جرم مولی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده با n اتم کربن با جرم مولی الکل‌های تک‌عاملی خطی سیرشده با $(n+1)$ اتم کربن برابر است.

عبارت (پ): با توجه به فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده که به‌صورت $C_nH_{2n}O_2$ است، کربوکسیلیک اسیدی با ۱۴ اتم هیدروژن، ۷ اتم کربن دارد. هر چه شمار اتم‌های کربن یک کربوکسیلیک اسید بیشتر باشد، بخش ناقطبی آن بزرگ‌تر بوده و خاصیت آب‌گریزی آن اسید بیشتر است. بنابراین کربوکسیلیک اسیدی با ۸ اتم کربن خاصیت آب‌گریزی بیشتری نسبت به کربوکسیلیک اسیدی با ۷ اتم کربن دارد.

عبارت (ت): از فرمول زیر برای محاسبهٔ تعداد پیوندهای کووالانسی در مولکول‌ها استفاده می‌کنیم:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی}=\frac{(\text{تعداد اتم‌های C}\times ۴)+(\text{تعداد اتم‌های هیدروژن و هالوژن}\times ۱)+(\text{تعداد اتم‌های O}\times ۲)+(\text{تعداد اتم‌های N}\times ۳)}{۲}$$

فرمول عمومی الکل‌ها: $C_nH_{۲n+۲}O \Rightarrow$ تعداد پیوندهای اشتراکی $=\frac{(n\times ۴)+((۲n+۲)\times ۱)+(۲\times ۱)}{۲}=۳n+۲$

فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدها: $C_nH_{۲n}O_۲ \Rightarrow$ تعداد پیوندهای اشتراکی $=\frac{(n\times ۴)+(۲n\times ۱)+(۲\times ۲)}{۲}=۳n+۲$

عبارت (ث): کربوکسیلیک اسیدها به دلیل جرم مولی بیشتر و داشتن پیوندهای قطبی بیشتر، نقطهٔ جوش بالاتری نسبت به الکل‌های هم‌کربنشان دارند.

C ۱۶۱۶ ۲ موارد دوم، چهارم و پنجم درست هستند. فرمول کلی کربوکسیلیک اسید تک‌عاملی سیرشده به صورت $C_nH_{۲n+۱}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-H$ $(n\geq ۰)$ می‌باشد که در آن تعداد پیوندهای $(C-C)$ برابر n، تعداد پیوندهای $(C-H)$ برابر $۲n+۱$ و تعداد پیوندهای $(C=O)$ ، $(C-O)$ و $(O-H)$ برابر یک می‌باشد. چنانچه برای شکستن همهٔ پیوندها در ۰/۲ مول از یک اسید ۸۸۲/۶kJ انرژی لازم باشد، پس برای شکستن پیوندهای یک مول از آن به ۴۴۱۳kJ انرژی نیاز است.

$$۱\,mol\ \text{اسید}\times\frac{۸۸۲/۶kJ}{۰/۲mL\ \text{اسید}}=۴۴۱۳kJ$$

در ادامه به کمک آنتالپی‌های پیوند، n را به دست می‌آوریم:

$$\text{انرژی لازم برای شکستن پیوندها}=n\times ۳۴۸+(۲n+۱)\times ۴۱۵+۷۹۹+۳۸۰+۴۶۳=۴۴۱۳kJ.mol^{-۱} \Rightarrow n=۲$$

بنابراین فرمول مولکولی این اسید $C_۲H_۵COOH$ یا $C_۳H_۶O_۲$ می‌باشد. **بررسی موارد:** مورد اول: بخش هیدروکربنی این اسید دارای ۲ اتم کربن است. مورد دوم: چون زنجیرهٔ هیدروکربنی این اسید کوتاه است، بخش قطبی آن بر بخش ناقطبی غلبه دارد. مورد سوم: معادلهٔ سوختن یک مول از این ترکیب به صورت زیر است:

$$C_۳H_۶O_۲+\frac{۷}{۲}O_۲ \rightarrow ۳CO_۲+۳H_۲O$$

برای سوختن کامل یک مول از آن، ۳/۵ مول گاز اکسیژن لازم است. مورد چهارم: این اسید $(C_۳H_۶O_۲)$ دارای ۱۱ اتم است. تعداد پیوندهای اشتراکی کربوکسیلیک‌اسید تک‌عاملی سیرشده و خطی از رابطهٔ $(۳n+۲)$ که در آن n تعداد اتم‌های کربن است، محاسبه می‌شود:

$$C_۳H_۶O_۲ \text{ تعداد پیوندهای اشتراکی}=۳n+۲=(۳\times ۳)+۲=۱۱$$

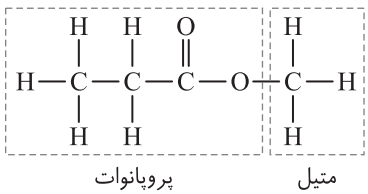
مورد پنجم: گاز فندک همان بوتان با فرمول مولکولی $C_۴H_۸$ است:

$$C_۴H_۸ \text{ جرم مولی}=(۴\times ۱۲)+(۱۰\times ۱)=۵۸g.mol^{-۱} \qquad C_۳H_۶O_۲ \text{ جرم مولی}=(۳\times ۱۲)+(۶\times ۱)+(۲\times ۱۶)=۷۴g.mol^{-۱}$$

تفاوت جرم مولی این دو ترکیب برابر $۱۶g.mol^{-۱}$ است. گاز مرداب همان متان $(CH_۴)$ است که جرم مولی آن برابر $۱۶g.mol^{-۱}$ می‌باشد.

A ۱۶۱۷ ۳ فرمول کلی استرها به‌صورت $R'-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R$ است. در ساختار این ترکیب‌ها اتم هیدروژن متصل به یکی از اتم‌های O ،N و F وجود ندارد و این دسته از ترکیب‌ها برخلاف الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود نیستند. استرها و کربوکسیلیک اسیدهایی با تعداد اتم کربن برابر، به شرطی که یک‌عاملی و دارای گروه هیدروکربنی سیرشده و خطی باشند، فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوتی دارند از این‌رو ایزومر یکدیگر هستند. فرمول عمومی هر دو دسته از ترکیب‌ها به‌صورت $C_nH_{۲n}O_۲$ است.

B ۱۶۱۸ ۱ فرمول ساختاری ترکیب به‌دست آمده به‌صورت زیر است:



۱۴ : شمار پیوندهای کووالانسی ، $C_۴H_۸O_۲$: فرمول مولکولی ، متیل پروپانوات : نام استر $\Rightarrow$

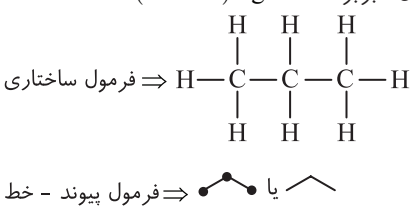
پروپانول یک الکل سه کربنه با فرمول مولکولی $C_۳H_۷OH$ است و تعداد اتم‌های هیدروژن در آن برابر با تعداد اتم‌های هیدروژن در استر مورد نظر است. در ساختار استر داده شده، اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن وجود ندارد و این ترکیب فاقد توانایی برقراری پیوند هیدروژنی است اما یک کربوکسیلیک اسید ۴ کربنه قادر به ایجاد پیوند هیدروژنی است؛ بنابراین نقطهٔ جوش یک کربوکسیلیک اسید ۴ کربنه بیشتر از یک استر ۴ کربنه است.

B ۱۶۱۹ ۲ همهٔ عبارت‌ها به جز مورد اول درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: ترکیباتی که فرمول مولکولی یکسان ولی فرمول ساختاری متفاوت دارند، ایزومر (همپار) یکدیگر به حساب می‌آیند. فرمول شیمیایی اتانوئیک اسید و اتیل متانوات به ترتیب به صورت $C_۲H_۴O_۲$ و $C_۳H_۶O_۲$ است؛ بنابراین این دو ترکیب همپار یکدیگر نیستند.

مورد دوم: جرم مولی نفتالن $(C_{۱۰}H_۸)$ و پنتین $(C_۵H_۸)$، به ترتیب برابر ۱۲۸ و ۶۸ گرم بر مول بوده و تفاوت آن‌ها برابر $۶۰g.mol^{-۱}$ $(۱۲۸-۶۸)$ است.

فرمول مولکولی متیل متانوات نیز به صورت $C_۲H_۴O_۲$ بوده و جرم مولی آن برابر $۶۰g.mol^{-۱}$ می‌باشد.

مورد پنجم: فرمول «پیوند - خط»، نوعی فرمول ساختاری است که در آن هر شکستگی و انتهای خط، یک اتم کربن است و در آن اتم‌های هیدروژن و چگونگی اتصال آن‌ها به اتم‌های کربن مشخص نمی‌شود. برای نمونه به فرمول «ساختاری» و «پیوند - خط» پروپان توجه کنید.



B ۱۶۲۰ ۱

★ **نکته** گروه‌های عاملی موجود در ساختار ویتامین‌ها به صورت زیر است:

ویتامین‌های آ و دی ← یک گروه هیدروکسیل ویتامین ث ← چهار گروه هیدروکسیل و یک گروه استری ویتامین کا ← دو گروه کتون

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): اگر کربوکسیلیک اسید مورد نظر بیش از یک عامل کربوکسیل ($-COOH$) داشته باشد، شمار اتم‌های اکسیژن در ساختار آن بیش از دو واحد است. گزینهٔ (۳): ممکن است یک کربوکسیلیک اسید، زنجیر هیدروکربنی نداشته باشد (مانند $HCOOH$) و یا شمار زنجیرهای هیدروکربنی آن بیش از یک واحد باشد. گزینهٔ (۴): انحلال‌پذیری آلکان‌های راست‌زنجیر در آب، صرف‌نظر از شمار اتم‌های کربن در مولکول آن‌ها در حدود صفر است و به این ترتیب شیب نمودار انحلال‌پذیری آن‌ها برحسب شمار اتم‌های کربن نیز تقریباً برابر با صفر است.

B ۱۶۲۱ ۱ ساختارهای استری زیر را می‌توان برای ماده‌ای با فرمول مولکولی $C_4H_8O_2$ رسم کرد:

۱) $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_2-CH_3$

۲) $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$

۳) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3$

۴) $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$

در دو تا از این ساختارها ساختارهای (۱) و (۲)، اسید سازندهٔ استر، متانوئیک اسید بوده و نام استر به متانوات ختم می‌شود.

B ۱۶۲۲ ۱ فرمول مولکولی $C_nH_{2n}O_2$ در ترکیب‌های غیرحلقوی مربوط به استر و یا کربوکسیلیک اسید است؛ اکنون با توجه به فرمول مولکولی ترکیب داده شده، ساختارهای ممکن برای آن را رسم می‌کنیم:

کربوکسیلیک اسید: $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$

استر:
$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$
$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3$

پس این فرمول مولکولی می‌تواند مربوط به یک نوع اسید و یا دو نوع استر متفاوت باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): با توجه به تفاوت در ساختار ایزومرها، سطح انرژی آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. گزینهٔ (۳): شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در ترکیب‌های آلی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{شمار جفت‌الکترون پیوندی} = \frac{(C\times 4)+(H\times 1)+(O\times 2)+(N\times 3)+(\text{هالوژن}\times 1)}{2} = \frac{(3\times 4)+(6\times 1)+(2\times 2)}{2} = 11$$

در نتیجه شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در تمام ساختارهای ممکن، یکسان و برابر ۱۱ است.

گزینهٔ (۴): نیروی بین مولکولی غالب در ایزومر اسیدی، از نوع هیدروژنی و نیروی بین مولکولی در ایزومرهای استری از نوع وان‌دروالسی است.

B ۱۶۲۳ ۴ ابتدا به کمک چگالی و حجم مولی گازها، جرم مولی استر را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow 4\,g.L^{-1} = \frac{m}{36\,L.mol^{-1}} \Rightarrow m = 144\,g.mol^{-1}$$

بخش R را به صورت C_nH_{2n+1} در نظر گرفته و n را به دست می‌آوریم:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\underbrace{C_nH_{2n+1}}_{R} \quad \text{جرم مولی} = 2(12)+3(1)+2(16)+(14n+1) = 144 \Rightarrow n = 6$$

فرمول گروه R به صورت C_6H_{13} بوده و تفاوت تعداد اتم های کربن و هیدروژن آن برابر ۷ (۶−۱۳) است.

C ۱۶۲۴ ۳ مقدار استر با فرمول مولکولی $C_nH_{2n}O_2$ را برابر x مول و مقدار استر با فرمول مولکولی $C_mH_{2m}O_2$ را برابر y مول فرض می‌کنیم. با توجه به اینکه تفاوت جرم مولی این دو استر ۲۸ گرم است؛ بنابراین:

$$\text{تفاوت جرم مولی دو استر} = (14n+32)-(14m+32) = 28 \Rightarrow n-m = 2 \qquad (I)$$

جرم مخلوط ۴۱/۲ گرم است؛ بنابراین:

$$\text{جرم مخلوط} = [x\ mol\ C_nH_{2n}O_2 \times \frac{(14n+32)g\ C_nH_{2n}O_2}{1\ mol\ C_nH_{2n}O_2}] + [y\ mol\ C_nH_{2n}O_2 \times \frac{(14m+32)g\ C_mH_{2m}O_2}{1\ mol\ C_mH_{2m}O_2}] = 41/2$$

$$\Rightarrow 14(xn+ym)+32(x+y) = 41/2 \qquad (II)$$

معادلهٔ واکنش سوختن هر یک از استرها به صورت زیر است:

$$\text{واکنش (۲)}: C_mH_{2m}O_2 + \frac{3m-2}{2}O_2 \rightarrow m\,CO_2 + m\,H_2O \qquad \text{واکنش (۱)}: C_nH_{2n}O_2 + \frac{3n-2}{2}O_2 \rightarrow n\,CO_2 + n\,H_2O$$

محاسبهٔ جرم کربن دی‌اکسید تولید شده در اثر سوختن هر یک از استرها:

$$?\,g\,CO_2(\text{واکنش ۱}) = (x)mol\,C_nH_{2n}O_2 \times \frac{(n)mol\,CO_2}{1\,mol\,C_nH_{2n}O_2} \times \frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = (44x\,n)\,g\,CO_2$$

$$?\,g\,CO_2(\text{واکنش ۲}) = (y)mol\,C_mH_{2m}O_2 \times \frac{(m)mol\,CO_2}{1\,mol\,C_mH_{2m}O_2} \times \frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = (44y\,m)\,g\,CO_2$$

با توجه به این که مجموع جرم CO_2 تولیدی برابر ۷۹/۲ گرم است؛ داریم:

$$\text{مجموع جرم } CO_2 \text{ تولیدی} = 44x\,n + 44y\,m = 44(xn+ym) = 79/2 \Rightarrow xn+ym = 1/8 \quad (III)$$

قسمت اول: از رابطهٔ (II) و (III) داریم:

$$14(1/8) + 32(x+y) = 41/2 \Rightarrow x+y = 0/5$$

قسمت دوم: محاسبهٔ مقدار گاز اکسیژن مصرفی در اثر سوختن هر یک از استرها:

$$\left.\begin{array}{l} ?\,mol\,O_2(\text{واکنش ۱}) = (x)\,mol\,C_nH_{2n}O_2 \times \dfrac{\frac{3n-2}{2}\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_nH_{2n}O_2} = \dfrac{3nx-2x}{2}\,mol\,O_2 \\ ?\,g\,O_2(\text{واکنش ۱}) = (y)\,mol\,C_mH_{2m}O_2 \times \dfrac{\frac{3m-2}{2}\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_mH_{2m}O_2} = \dfrac{3mx-2y}{2}\,mol\,O_2 \end{array}\right\}$$

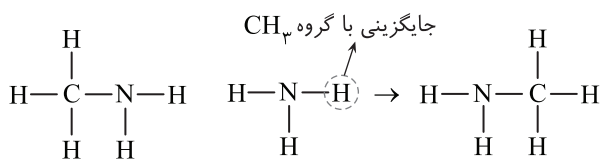
$$\Rightarrow \text{مجموع مول } O_2 \text{ مصرفی} = \frac{3(nx+my)-2(x+y)}{2} = \frac{(3\times 1/8)-(2\times 0/5)}{2} = 2/2\,mol\,O_2$$

A ۱۶۲۵ ۳

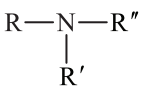
نکته ترکیبی **انواع آمین‌های تک‌عاملی:** اگر در یک مولکول آمونیاک یک، دو یا هر سه اتم هیدروژن متصل به نیتروژن را با یک گروه کربنی جایگزین کنیم ترکیبی پدید می‌آید که به آن آمین می‌گوییم و بسته به تعداد گروه‌های کربنی می‌توان آن را در سه دسته جای داد:

- **گروه اول** $(R-NH_2)$: این دسته که رایج‌ترین گروه آمین‌ها هستند، به علت داشتن اتم‌های هیدروژن متصل به نیتروژن می‌توانند با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار کنند، شناخته‌شده‌ترین آمین از این گروه متیل آمین (H_3CNH_2) است که بوی ماهی ناشی از این ماده و برخی آمین‌های دیگر است.
- **گروه دوم** $(R-NH-R')$: این دسته از آمین‌ها دارای دو گروه کربنی هستند که بر خواص آن‌ها مؤثر است. علاوه‌بر آن به‌علت داشتن فقط یک اتم هیدروژن متصل به نیتروژن، در صورت واکنش با یک کربوکسیلیک اسید و تولید آمید، فراوردهٔ تولیدشده فاقد توانایی برقراری پیوندهای هیدروژنی است. این درحالی است که آمین‌های گروه اول حتی در صورت شرکت در واکنش تولید آمید هم قادر به ایجاد پیوند هیدروژنی با مواد دیگر خواهند بود.
- **گروه سوم** $(R-\underset{\displaystyle R''}{\overset{|}{N}}-R')$: در این گروه از آمین‌ها تمامی اتم‌های هیدروژن با گروه‌های کربنی جایگزین شده‌اند. لذا این دسته از مواد علاوه‌بر آن‌که قادر به ایجاد پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های خود نیستند، به‌طور کلی حتی قادر به شرکت در واکنش با کربوکسیلیک اسید نیز نیستند. زیرا فاقد اتم هیدروژنی هستند که بتواند با گروه $-OH$ کربوکسیلیک اسید واکنش دهد!

A ۱۶۲۶ ۴ مدل فضا پرکن نشان داده شده متعلق به مولکول متیل آمین (CH_5N) است که فرمول ساختاری آن به‌صورت روبه‌رو است. فرمول مولکولی متانول به‌صورت CH_3OH است. در مولکول متانول، ۴ اتم هیدروژن و در مولکول متیل آمین، ۵ اتم هیدروژن وجود دارد.



B ۱۶۲۷ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز (ب)، درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نخستین عضو خانوادهٔ آمین‌ها، متیل آمین با فرمول CH_3NH_2 بوده که دارای ۵ اتم هیدروژن است. عبارت (ب): میان مولکول‌هایی از آمین‌ها که حداقل دارای یک اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن هستند، در حالت خالص پیوند هیدروژنی وجود دارد، اما اگر اتم هیدروژنی به اتم نیتروژن متصل نباشد، میان مولکول‌ها پیوند هیدروژنی ایجاد نمی‌شود. در میان مولکول‌های آمین‌هایی با فرم کلی مقابل، در حالت خالص پیوند هیدروژنی وجود ندارد. عبارت (پ): فرمول کلی آمین‌ها به صورت $C_nH_{2n+3}N$ است؛ بنابراین فرمول مولکولی آمینی

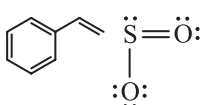


با ۷ اتم کربن به صورت $C_7H_{17}N$ است. درصد جرمی اتم نیتروژن در این آمین برابر است با:

$$\%N = \frac{1\times 14}{(7\times 12)+(17\times 1)+(1\times 14)} \times 100 \simeq \%12/2$$

عبارت (ت): در آمین‌ها با افزایش شمار اتم‌های کربن، بخش ناقطبی بزرگ‌تر شده، انحلال‌پذیری آن در آب کاهش می‌یابد. عبارت (ث): آمین‌ها دارای ۳ نوع اتم (کربن، هیدروژن و نیتروژن) و استرها دارای ۳ نوع اتم (کربن، هیدروژن و اکسیژن) هستند، بنابراین آمین‌ها و استرها از نظر تنوع عنصرها مشابه‌اند.

B ۱۶۲۸ ۱ فرمول مولکولی ترکیب داده شده به صورت $C_{16}H_{17}N_3SO_2$ و فرمول مولکولی ۲-متیل هگزان نیز به صورت C_7H_{16} است که تفاوت شمار اتم‌های H آن‌ها برابر ۱ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): ترکیب داده شده دارای ۱۶ پیوند $C-H$ و یک پیوند $N-H$ است. از طرفی مولکول استیرن (C_8H_8) دارای ۱۲ پیوند کربن - کربن است. گزینهٔ (۳): ترکیب داده شده دارای گروه‌های عاملی اتری و آمینی است، در حالی‌که گروه عاملی موجود در گشنیز، هیدروکسیل است. گزینهٔ (۴): ترکیب داده شده دارای ۳ جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم‌های نیتروژن و ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم‌های اکسیژن است، در حالی که ترکیب SO_2 دارای ۶ جفت‌الکترون ناپیوندی است.



C ۱۶۲۹ ۳ فرمول کلی آمین‌های تک‌عاملی با گروه‌های R سیرشده به صورت $C_nH_{2n+3}N$ است. تعیین فرمول مولکولی آمین:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های هیدروژن}}{\text{تعداد اتم‌های کربن}} = \frac{2n+3}{n} = 3 \Rightarrow n = 3$$

فرمول مولکولی آمین، C_3H_9N است و ساختارهای زیر را می‌توان برای آن رسم کرد: قسمت اول:

۱) $H-\underset{H}{N}-CH_2-CH_2-CH_3$ ۲) $CH_3-CH_2-\underset{H}{N}-CH_3$ ۳) $CH_3-\underset{CH_3}{N}-CH_3$ ۴) $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-NH_2$

قسمت دوم: جرم گازهای غیرقطبی (CO_2 و N_2) تولیدشده در واکنش سوختن ۱۱/۸ گرم آمین به‌صورت $4C_3H_9N+21O_2 \rightarrow 12CO_2+18H_2O+2N_2$ است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CO_2=11/8\,g\,\text{آمین}\times\frac{1\,mol\,\text{آمین}}{59\,g\,\text{آمین}}\times\frac{12\,mol\,CO_2}{4\,mol\,\text{آمین}}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=26/4\,g\,CO_2$$

$$?\,g\,N_2=11/8\,g\,\text{آمین}\times\frac{1\,mol\,\text{آمین}}{59\,g\,\text{آمین}}\times\frac{12\,mol\,N_2}{4\,mol\,\text{آمین}}\times\frac{28\,g\,N_2}{1\,mol\,N_2}=2/8\,g\,N_2$$

بنابراین در مجموع ۲۹/۲ (۲۶/۴+۲/۸) گرم گاز غیرقطبی تولید می‌شود. روش دوم (تناسب): به کمک روش تناسب می‌توان این قسمت را در یک مرحله حل نمود:

$$\frac{\text{جرم آمین}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم گازهای } CO_2 \text{ و } N_2}{(\text{جرم مولی } CO_2\times\text{ضریب})+(\text{جرم مولی } N_2\times\text{ضریب})}\Rightarrow\frac{11/8}{4\times59\,g.mol^{-1}}=\frac{x\,g\,(CO_2 \text{ و } N_2)}{(12\times44\,g.mol^{-1})+(2\times28\,g.mol^{-1})}$$

$$\Rightarrow x=29/2\,g\,(CO_2 \text{ و } N_2)$$

C ۱۶۳۰ ۳ موارد اول، دوم و سوم درست نیستند. **بررسی موارد:** مورد اول: معادلهٔ واکنش فلز قلیایی A با آب به صورت زیر است:

$$2A(s)+H_2O(l)\rightarrow A_2O(aq)+H_2(g)$$

محاسبهٔ جرم مولی فلز قلیایی A: روش اول (کسر تبدیل):

$$5/75\,g\,A\times\frac{1\,mol\,A}{(m_A)\,g\,A}\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,mol\,A}\times\frac{22/4\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2}\times\underbrace{\frac{50}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=1/4\,L\,H_2\Rightarrow m_A=23\,g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم فلز A}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم گاز } H_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{5/75g\times\frac{50}{100}}{2\times M_A}=\frac{1/4\,L\,H_2}{1\times22/4}\Rightarrow M_A=23\,g.mol^{-1}$$

مورد دوم: معادلهٔ واکنش گاز اتن با آب به صورت مقابل است:

$$C_2H_4+H_2O(l)\xrightarrow{H_2SO_4}C_2H_5OH(l)$$

بازده واکنش ۸۰ درصد است، از این‌رو ۸۰ درصد از گاز اتن مصرف شده و ۲۰ درصد آن باقی می‌ماند.

محاسبهٔ جرم گاز اتن باقی مانده:

$$?\,g\,C_2H_4\,(\text{باقی‌مانده})=12/5\,L\,C_2H_4\times\frac{1\,mol\,C_2H_4}{25\,L\,C_2H_4}\times\frac{28\,g\,C_2H_4}{1\,mol\,C_2H_4}\times\frac{20}{100}=2/8\,g\,C_2H_4$$

مورد سوم: معادلهٔ واکنش هیدروژن‌دار کردن یک آلکین به صورت مقابل است:

$$C_nH_{2n-2}+2H_2\rightarrow C_nH_{2n+2}$$

برای سیر شدن هر مول آلکین، ۲ مول گاز هیدروژن نیاز است و با انجام واکنش ۴ گرم به جرم آلکین اضافه می‌شود.

محاسبهٔ فرمول مولکولی آلکین:

$$\text{درصد افزایش جرم آلکین}=\frac{\text{جرم H اضافه شده}}{\text{جرم آلکین اولیه}}\times100=\frac{4}{14n-2}\times100=10\Rightarrow n=3$$

از این‌رو فرمول مولکولی آلکین به صورت C_3H_4 بوده و هر مولکول آن دارای ۴ اتم هیدروژن است. مورد چهارم: فرمول مولکولی ساده‌ترین آمین به صورت (CH_3NH_2) و فرمول مولکولی اگزالیک اسید به صورت $C_2H_2O_4$ است. محاسبهٔ درصد جرمی اتم هیدروژن در آمین: (CH_3NH_2)

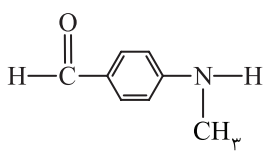
$$\%H\,(\text{در } CH_3NH_2)=\frac{5}{31}\times100\simeq\%16/13$$

محاسبهٔ درصد جرمی اتم اکسیژن در اگزالیک اسید $(C_2H_2O_4)$:

$$\%O\,(\text{در } C_2H_2O_4)=\frac{4\times16}{90}\times100\simeq\%71/11$$

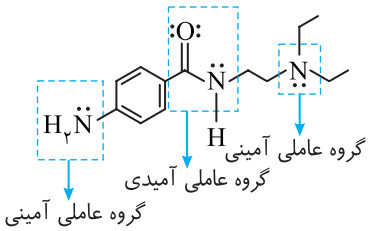
نسبت درصد جرمی اتم هیدروژن در آمین به درصد جرمی اتم اکسیژن در اگزالیک اسید حدوداً برابر ۰/۲۲ $(\frac{16/13}{71/11})$ است.

A ۱۶۳۱ ۴ عبارت‌های (ت) و (ث) در مورد آمیدها نادرست هستند. فرمول ساختاری آمیدها به‌طور طبیعی به‌صورت $R_1-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{R_2}{|}}{N}-R_3$ نمایش داده می‌شود. R_1،



R_2 و R_3 می‌توانند هیدروژن یا گروه‌های هیدروکربنی باشند. عامل آمیدی از واکنش اسید آلی با آمین یا آمونیاک به‌دست می‌آید و آب، فراوردهٔ جانبی این واکنش می‌باشد. مو، ناخن، پوست بدن ما و همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه‌ای از پلیمرهای طبیعی هستند که در ساختار آن‌ها گروه عاملی آمید در طول زنجیر هیدروکربنی تکرار شده است. اتم‌های C، H و O در آمیدها و پلی‌استرها مشترکند، اما اتم نیتروژن فقط در آمیدها دیده می‌شود. در ضمن همهٔ ترکیباتی که اتم‌های N، H، C و O دارند جزء آمیدها نیستند، برای نمونه ساختار مقابل مربوط به یک آمید نیست!

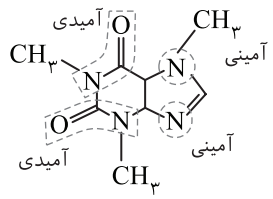
A ۱۶۳۲ ۳ همهٔ موارد به جز مورد اول درست‌اند. فرمول مولکولی این ترکیب به‌صورت $C_{۱۳}H_{۲۱}N_۳O$ است. در ساختار این ترکیب ۲ گروه عاملی آمینی و یک گروه عاملی آمیدی وجود دارد. هر اتم نیتروژن یک جفت‌الکترون ناپیوندی و هر اتم اکسیژن دو جفت‌الکترون ناپیوندی دارد که مجموعاً می‌شود ۵ جفت‌الکترون ناپیوندی. در ساختار این مولکول ۳ اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن وجود دارد که می‌توانند در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت داشته باشند.



★ **نکته** در ترکیب‌هایی که تعداد اتم‌های N در آن‌ها فرد است، مجموع تعداد اتم‌های H و هالوژن‌ها همواره فرد خواهد بود. برای نمونه در ساختار بالا، به دلیل وجود سه اتم N و نبودن اتم هالوژن، تعداد اتم‌های هیدروژن در فرمول مولکولی حتماً باید فرد باشد.

B ۱۶۳۳ ۳ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول مولکولی این ترکیب به‌صورت $C_۸H_{۱۲}N_۴O_۲$ است:

$$?\,g\,C_۸H_{۱۲}N_۴O_۲=۰/۲\,mol\,C_۸H_{۱۲}N_۴O_۲\times\frac{۱۹۶g\,C_۸H_{۱۲}N_۴O_۲}{۱\,mol\,C_۸H_{۱۲}N_۴O_۲}=۳۹/۲g\,C_۸H_{۱۲}N_۴O_۲$$



عبارت دوم: این ترکیب دارای دو گروه عاملی آمیدی و دو گروه عاملی آمینی است. عبارت سوم: با توجه به شکل بالا، شمار پیوندهای $C-N$ در این ترکیب برابر ۱۰ عدد است. همچنین شمار پیوندهای $C-H$ برابر ۱۲ عدد است. عبارت چهارم: با توجه به شکل و شمارش پیوندها، این ترکیب دارای ۳۰ جفت‌الکترون پیوندی است. شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی را می‌توان از رابطه زیر نیز به‌دست آورد:

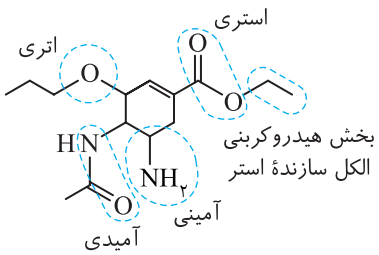
$$\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}=\frac{(\text{تعداد اتم‌های C}\times ۴)}{۲}+\frac{(\text{تعداد اتم‌های هیدروژن و هالوژن})\times ۱)+(\text{تعداد اتم‌های O}\times ۲)}{۲}+\frac{(\text{تعداد اتم‌های N}\times ۳)}{۲}$$

$$\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}=\frac{(۸\times ۴)+(۱۲\times ۱)+(۲\times ۲)+(۴\times ۳)}{۲}=۳۰$$

همچنین می‌دانیم که در ترکیبات آلی، به ازای هر اتم اکسیژن، ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و به ازای هر اتم نیتروژن، ۱ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد؛ بنابراین در این ترکیب ۸ $(۲\times ۲+۴\times ۱)$ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد.

$$\frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}}=\frac{۳۰}{۸}=۳/۷۵$$

C ۱۶۳۴ ۴ همهٔ عبارات درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرمول مولکولی این ترکیب $C_{۱۶}H_{۲۸}N_۲O_۴$ است و چون دارای اتم‌های هیدروژن متصل به اتم نیتروژن است، پس می‌تواند با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار کند. عبارت (ب): این مولکول دارای گروه‌های عاملی آمینی، آمیدی، اتری و استری است. این مولکول را می‌توان یک استر در نظر گرفت و چون بخش هیدروکربنی الکل سازندهٔ آن دارای ۲ اتم کربن است، این الکل اتانول است. از این‌رو از آبکافت آن در شرایط مناسب اتانول تولید می‌شود. عبارت (پ): این مولکول دارای یک پیوند $C=C$ بوده و سیرنشده است؛ از این‌رو در واکنش با بخار برم، رنگ قرمز برم را از بین می‌برد و چون دارای حلقهٔ بنزنی نیست، غیر آروماتیک محسوب می‌شود. عبارت (ت): در ترکیبات آلی، هر اتم اکسیژن دارای ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و هر اتم نیتروژن دارای ۱ جفت‌الکترون ناپیوندی است؛ بنابراین هر مولکول این ترکیب دارای ۱۰ جفت‌الکترون ناپیوندی است. همان‌طور که در مورد (ب) گفته شد، این ترکیب دارای گروه‌های عاملی آمینی، آمیدی، اتری و استری است. عبارت (ث): معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن این ماده به صورت مقابل است: $C_{۱۶}H_{۲۸}N_۲O_۴+۲۱O_۲\rightarrow ۱۴H_۲O+N_۲$



مقدار کربن دی‌اکسید و آب تولیدی به ازای سوختن ۰/۱ مول از این ماده برابر است با:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CO_۲=۰/۱\,mol\,\text{ماده}\times\frac{۱۶mol\,CO_۲}{۱\,mol\,\text{ماده}}\times\frac{۴۴g\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=۷۰/۴g\,CO_۲\quad,\quad ?\,mol\,H_۲O=۰/۱\,mol\,\text{ماده}\times\frac{۱۴mol\,H_۲O}{۱\,mol\,\text{ماده}}=۱/۴mol\,H_۲O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول مصرفی ماده}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم کربن دی‌اکسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول آب}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۰/۱\,mol}{۱}=\frac{x}{۱۶\times ۴۴g.mol^{-۱}}=\frac{y}{۱۴}\Rightarrow x=۷۰/۴g\,CO_۲\,,\,y=۱/۴mol\,H_۲O$$

C ۱۶۳۵ ۴ فرمول کلی آمیدهای تک‌عاملی که دارای گروه(های) R سیرشده هستند به صورت $C_nH_{۲n+۱}ON$ است و فرمول مولکولی متیل آمین و آمید مورد نظر به ترتیب $CH_۵N$ و $C_۴H_۹ON$ است. معادلهٔ سوختن متیل آمین و آمید داده شده به صورت زیر می‌باشد:

۱) $۴CH_۵N+۹O_۲\rightarrow ۴CO_۲+۱۰H_۲O+۲N_۲$ ۲) $۴C_۴H_۹ON+۲۳O_۲\rightarrow ۱۶CO_۲+۱۸H_۲O+۲N_۲$

مقدار آب، گاز و نیتروژن تولیدی در اثر سوختن هر یک از ترکیب‌ها: مقدار متیل آمین را x و مقدار آمید را y مول فرض گرفته و مقدار مول $H_۲O$ تولیدی را محاسبه می‌کنیم و مساوی ۴/۸ قرار می‌دهیم:

$$\left.\begin{array}{l}?\,mol\,H_۲O\,(\text{واکنش ۱})=(x)mol\,CH_۵N\times\frac{۱۰mol\,H_۲O}{۴mol\,CH_۵N}=(۲/۵x)mol\,H_۲O\\ ?\,mol\,H_۲O\,(\text{واکنش ۲})=(y)mol\,C_۴H_۹ON\times\frac{۱۸mol\,H_۲O}{۴mol\,C_۴H_۹ON}=(۴/۵y)\,mol\,H_۲O\end{array}\right\}\Rightarrow ۲/۵x+۴/۵y=۴/۸\qquad (I)$$

سپس حجم N_2 تولیدی در دو واکنش را محاسبه کرده و مساوی ۱۷/۹۲ قرار می‌دهیم:

$$\left.\begin{array}{l} ?\,L\,N_2(\text{واکنش ۱})=(x)\,mol\,CH_5N\times\dfrac{2mol\,N_2}{4mol\,CH_5N}\times\dfrac{22/4L\,N_2}{1\,mol\,N_2}=(11/2x)\,L\,N_2 \\ ?\,L\,N_2(\text{واکنش ۲})=(y)\,mol\,C_4H_9ON\times\dfrac{2mol\,N_2}{4mol\,C_4H_9ON}\times\dfrac{22/4L\,N_2}{1\,mol\,N_2}=(11/2y)\,L\,N_2 \end{array}\right\}\Rightarrow 11/2x+11/2y=17/92 \quad (II)$$

از رابطه‌های (I) و (II) مقادیر x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} 2/5x+4/5y=4/8 \\ 11/2x+11/2y=17/92 \end{cases}\Rightarrow x=1/2mol\,,\ y=0/4mol$$

در ادامه جرم متیل آمین و آمید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CH_5N=1/2mol\,CH_5N\times\frac{31\,g\,CH_5N}{1\,mol\,CH_5N}=37/2g\,CH_5N\,,\ ?\,g\,C_4H_9ON=0/4mol\,C_4H_9ON\times\frac{87g\,C_4H_9ON}{1\,mol\,C_4H_9ON}=34/8g\,C_4H_9ON$$

پس جرم ناخالصی موجود در نمونه برابر است با:

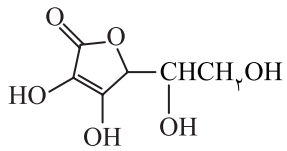
$$\text{جرم ناخالصی}=\text{جرم نمونهٔ ماده}-(\text{جرم آمین}+\text{جرم آمید})=120-(37/2+34/8)=48g\ \text{ناخالصی}$$

درصد ناخالصی در مخلوط اولیه برابر است با:

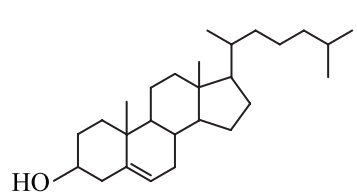
$$\%\text{ناخالصی}=\frac{\text{جرم ناخالصی}}{\text{جرم نمونهٔ مخلوط}}\times 100=\frac{48}{120}\times 100=\%40$$

B ۱۶۳۶ ۱ برای بررسی ساختار ویتامین‌ها به درسنامه مراجعه کنید.

A ۱۶۳۷ ۱ شکل نشان داده شده مربوط به مرکبات است که یکی از منابع ویتامین C است. ساختار مولکول ویتامین C به‌صورت روبه‌رو می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در ساختار این ویتامین چهار گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی استری وجود دارد. در مولکول این ویتامین، بخش قطبی بر بخش ناقطبی غالب است و به عبارتی در ساختار آن پیوند هیدروژنی بر نیروهای وان‌درواالسی غلبه دارد و یک ترکیب محلول در آب است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): ویتامین C یک ویتامین محلول در آب است و نسبت به ویتامین A، خاصیت آب‌دوستی بیشتری دارد. گزینهٔ (۳): در ساختار این ویتامین یک گروه استری نیز وجود دارد. گزینهٔ (۴): این ویتامین محلول در آب است و در بافت‌های چربی بدن ذخیره نمی‌شود.



B ۱۶۳۸ ۳ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکول نشان داده شده، ویتامین A است که در گیاه هویج یافت می‌شود. عبارت (ب): در ساختار مولکول ویتامین A همانند مولکول نفتالن، ۵ پیوند دوگانهٔ کربن - کربن وجود دارد. ساختار پیوند - خط نفتالن به‌صورت روبه‌رو است. عبارت (پ): در ساختار این ترکیب قسمت ناقطبی مولکول بسیار بزرگ‌تر از قسمت قطبی مولکول است، بنابراین این ترکیب در مجموع یک ترکیب ناقطبی به حساب می‌آید و فرمول مولکولی آن به‌صورت $C_{20}H_{30}O$ یا $C_{20}H_{29}OH$ است. عبارت (ت): این ترکیب به دلیل داشتن گروه عاملی هیدروکسیل، یک الکل و به دلیل داشتن پیوندهای دوگانه، سیرنشده است. از آنجا که در ساختار آن حلقهٔ بنزن وجود ندارد، بنابراین این ترکیب آروماتیک نیست. به عبارتی می‌توان گفت ویتامین A یک الکل حلقوی سیرنشده است.



B ۱۶۳۹ ۴ شکل نشان داده شده در صورت تست مربوط به ویتامین D است. این ویتامین ۲۸ اتم کربن در مولکول خود دارد. فرمول عمومی آلکان‌ها به‌صورت C_nH_{2n+2} است و آلکانی با ۱۴ اتم کربن، در مولکول خود ۳۰ اتم هیدروژن دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ساختار این ترکیب قسمت غیرقطبی مولکول (قسمت هیدروکربنی) بسیار بزرگ‌تر از قسمت قطبی مولکول (گروه OH) است، بنابراین این ترکیب در مجموع یک ترکیب ناقطبی و نیروهای بین‌مولکولی غالب در آن از نوع وان‌درواالسی است. گزینهٔ (۲): در ساختار هر دو مولکول، حلقه‌های ۵ و ۶ ضلعی از اتم‌های کربن دیده می‌شود. در شکل روبه‌رو، ساختار کلسترول را مشاهده می‌کنید. گزینهٔ (۳): در ساختار این مولکول، ۴ پیوند دوگانهٔ کربن - کربن دیده می‌شود. به ازای هر پیوند دوگانه، مولکول ویتامین D می‌تواند با یک مولکول H_2 وارد واکنش شود که در مجموع ۴ مولکول H_2 می‌شود و تبدیل به یک ترکیب سیرشده می‌شود.

* **توجه** مولکول ویتامین D مانند مولکول ویتامین A یک الکل حلقوی سیرنشده است.

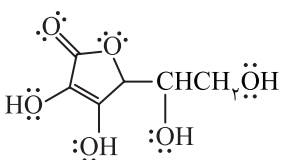
B ۱۶۴۰ ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شمار اتم‌های کربن و اکسیژن در این مولکول با هم برابر و مساوی ۶ است.

عبارت (ب): برای محاسبهٔ تعداد پیوندهای اشتراکی، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی در مولکول ویتامین C}=\frac{(\text{۲×تعداد اتم‌های اکسیژن})+(\text{۱×تعداد اتم‌های هیدروژن})+(\text{۴×تعداد اتم‌های کربن})}{2}$$

$$=\frac{(6\times4)+(8\times1)+(6\times2)}{2}=\frac{44}{2}=22$$

عبارت (پ): ساختار نشان داده شده مربوط به مولکول ویتامین C با فرمول مولکولی $C_6H_8O_6$ است.



$$\left.\begin{array}{l} \text{فرمول مولکولی ویتامین C}: C_6H_8O_6\Rightarrow\text{جرم مولی}=176g.mol^{-1} \\ \text{فرمول مولکولی گلوکز}: C_6H_{12}O_6\Rightarrow\text{جرم مولی}=180\,g.mol^{-1} \end{array}\right\}\Rightarrow\text{اختلاف جرم مولی}=4g.mol^{-1}$$

عبارت (ت): در ساختار این مولکول، ۶ اتم اکسیژن وجود دارد. روی هر اتم اکسیژن ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد که مجموعاً ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی می‌شود.

عبارت (ث): شمار اتم‌های هیدروژن در بنزوئیک اسید $(C_7H_6O_2)$ برابر ۶ و در ترکیب نشان داده شده برابر ۸ است. $(8-6=2)$

۱۶۴۱ | **۱** | B | عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گروه عاملی موجود در این ترکیب، گروه عاملی کتونی و ترکیب آلی موجود در بادام، بنزآلدهید با گروه عاملی آلدهیدی است. عبارت (ب): این ترکیب حلقهٔ بنزنی دارد و به همین دلیل جزء ترکیب‌های آروماتیک است. ویتامین K در سبزیجات یافت می‌شود. عبارت (پ): در ساختار این مولکول اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن وجود ندارد، بنابراین این مولکول قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود نیست. در مولکول ویتامین K، بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد. از این‌رو برهم‌کنش اصلی بین مولکول‌های آن از نوع وان‌درواالسی است. عبارت (ت): در این مولکول پیوند دوگانهٔ کربن - کربن دیده می‌شود. پس با وارد کردن این ماده در محلول حاوی Br_2، این محلول کم‌رنگ یا بی‌رنگ می‌شود. عبارت (ث): در ساختار این ترکیب ۷ اتم کربن وجود دارد که با هیچ اتم هیدروژنی پیوند اشتراکی ندارند.

۱۶۴۲ | **۱** | B | پاسخ درست پرسش‌ها به این صورت است: پرسش (الف): در ویتامین‌های A، D و C گروه عاملی هیدروکسیل وجود دارد، بنابراین این سه ترکیب می‌توانند با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار کنند، اما در ساختار ویتامین K، گروه عاملی کتونی دیده می‌شود و اتم H متصل به اتم O وجود ندارد تا بتواند با مولکول خود پیوند هیدروژنی ایجاد کند. پرسش (ب): در مولکول ویتامین C، ۴ گروه هیدروکسیل و یک گروه استری وجود دارد که مجموعاً ۶ اتم اکسیژن دارد. در ساختار ویتامین K، دو گروه کتونی وجود دارد که مجموعاً ۲ اتم اکسیژن می‌شود. پرسش (پ): در میان چهار ویتامین مورد نظر، فقط ویتامین K حلقهٔ بنزنی دارد و جزء ترکیب‌های آروماتیک است.

۱۶۴۳ | **۲** | B | ویتامین K یک ترکیب آروماتیک است، بنابراین ۴۵ گرم از این مخلوط را ویتامین K تشکیل داده است.

$$?\,atom\,O = 45g\,C_{31}H_{46}O_2 \times \frac{1mol\,C_{31}H_{46}O_2}{450g\,C_{31}H_{46}O_2} \times \frac{2mol\,atom\,O}{1mol\,C_{31}H_{46}O_2} \times \frac{6/02\times10^{23}\,atom\,O}{1mol\,atom\,O} = 1/204\times10^{23}\,atom\,O$$

$$?\,atom\,O = 14/3g\,C_{20}H_{30}O \times \frac{1mol\,C_{20}H_{30}O}{286g\,C_{20}H_{30}O} \times \frac{1mol\,atom\,O}{1mol\,C_{20}H_{30}O} \times \frac{6/02\times10^{23}\,atom\,O}{1mol\,atom\,O} = 0/301\times10^{23}\,atom\,O$$

مجموع تعداد اتم‌های اکسیژن در مخلوط اولیه $= 1/204\times10^{23} + 0/301\times10^{23} = 1/505\times10^{23}\,atom\,O$

۱۶۴۴ | **۴** | B | ویتامین C یک ترکیب محلول در آب و ویتامین K یک ترکیب نامحلول در آب است؛ بنابراین وقتی مخلوطی از ویتامین C و ویتامین K را در آب ریخته و به شدت هم‌می‌زنیم، ویتامین C برخلاف ویتامین K به‌طور کامل در آب حل می‌شود؛ بنابراین جامد جمع شده روی کاغذ صافی مربوط به ویتامین K است.

جرم ویتامین C $= 1/05 - K$ جرم ویتامین $= 1/05 - 0/45 = 0/6g$ جرم ویتامین K $= 0/45g$

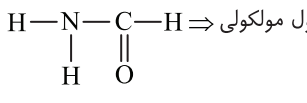
با توجه به فرمول مولکولی ویتامین K که به‌صورت $C_{31}H_{46}O_2$ است، در هر مولکول ویتامین K، ۳۱ اتم کربن وجود دارد، پس در اثر سوختن کامل یک مول از ویتامین K، ۳۱ مول CO_2 تولید می‌شود:

$$?\,g\,CO_2 = 0/45g\,K_{\text{ویتامین}} \times \frac{1mol\,K_{\text{ویتامین}}}{450g\,K_{\text{ویتامین}}} \times \frac{31mol\,CO_2}{1mol\,K_{\text{ویتامین}}} = 0/031mol\,CO_2$$

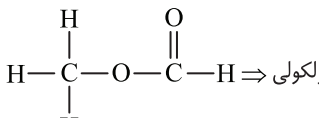
۱۶۴۵ | **۴** | C | همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پلی‌اتن سنگین همانند سلولز شکل خطی دارد. عبارت (ب): سه الکل متانول، اتانول و پروپانول به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. پروپانول جرم مولی بیشتری نسبت به متانول و اتانول دارد و فرمول مولکولی آن به‌صورت C_3H_8O است.

جرم مولی پروپانول $= 3(12)+8(1)+1(16) = 60g.mol^{-1}$

عبارت (پ): فرمول ساختاری و فرمول شیمیایی ساده‌ترین آمید و ساده‌ترین استر به‌صورت زیر است:



فرمول مولکولی: CH_3ON ⇒ جرم مولی $= 45g.mol^{-1}$

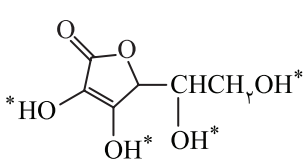


فرمول مولکولی: $C_2H_4O_2$ ⇒ جرم مولی $= 60g.mol^{-1}$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم مولی ساده‌ترین آمید}}{\text{جرم مولی ساده‌ترین استر}} = \frac{45}{60} = 0/75$$

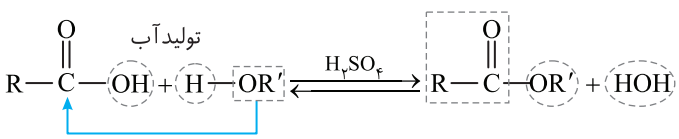
عبارت (ت): در ساختار ویتامین C، ۴ گروه هیدروکسیل (۴ اتم H متصل به اتم O) وجود دارد که می‌توانند در تشکیل پیوند هیدروژنی نقش داشته باشند. هیدروژن‌های مورد نظر در ساختار مقابل که مربوط به ویتامین C است، با علامت ستاره (*) نمایش داده شده است. عبارت (ث): فرمول عمومی هیدروکربن‌های زنجیری سیرشده (آلکان‌ها) به‌صورت C_nH_{2n+2} است. به ازای هر پیوند دوگانهٔ (کربن - کربن)، ۲ عدد از حداکثر تعداد اتم‌های هیدروژن که یک هیدروکربن می‌تواند داشته باشد، کم می‌شود. پس حداکثر تعداد اتم‌های هیدروژن در این مولکول (یا به‌عبارتی تعداد اتم‌های هیدروژن در صورت سیرشده بودن مولکول) برابر است با:



تعداد اتم‌های H $= 56+2$(تعداد پیوندهای دوگانه) $= 56+2(13) = 82$

در فرمول C_nH_{2n+2} $\Rightarrow 2n+2 = 82 \Rightarrow n = 40$

۱۶۴۶ | **۳** | B | معادلهٔ واکنش استری شدن به‌صورت زیر است:



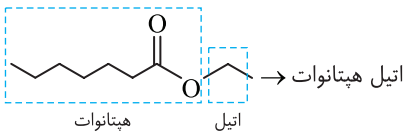
واکنش استری شدن میان کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها انجام می‌شود و یک واکنش برگشت‌پذیر است. در این واکنش OH از اسید و H از الکل با هم ترکیب شده و مولکول آب را تولید می‌کنند. مجموع تعداد اتم‌های هیدروژن در الکل و اسید سازندهٔ یک استر، برابر با مجموع تعداد اتم‌های هیدروژن موجود در استر و تعداد اتم‌های هیدروژن در آب است؛ به‌عبارت دیگر:

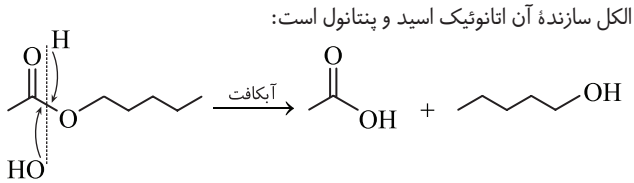
تعداد اتم‌های هیدروژن استر = تعداد اتم‌های هیدروژن الکل + تعداد اتم‌های هیدروژن اسید + ۲

در این واکنش‌ها از کاتالیزگرهای اسیدی مانند H_2SO_4 استفاده می‌شود. در واقع H^+ است که در این واکنش‌ها نقش کاتالیزگر ایفا می‌کند. کاتالیزگرها سرعت واکنش را افزایش می‌دهند، اما بر مقدار نهایی فراورده‌ها بی‌تأثیرند.

B ۱۶۴۷ **۴** عبارت گزینهٔ (۴) برخلاف دیگر گزینه‌ها نادرست است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): استر تولیدی نسبت به هر یک از واکنش‌دهنده‌ها، بخش ناقطبی (R و R') بزرگ‌تری دارد و همچنین استر تولید شده برخلاف الکل و اسید سازندهٔ آن، توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی ندارد؛ در نتیجه استر تولیدی نسبت به الکل و اسید انحلال‌پذیری کمتری در آب دارد. گزینهٔ (۲): کاتالیزگر هر دو واکنش سولفوریک اسید (H_2SO_4) است. گزینهٔ (۳): در این واکنش نوع و تعداد پیوندها در فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها کاملاً یکسان است؛ بنابراین در حالت گازی آنتالپی واکنش در حدود صفر است. گزینهٔ (۴): واکنش برگشت، معادل آبکافت استر است که کاتالیزگر آن سولفوریک اسید (H_2SO_4) است.

B ۱۶۴۸ **۲** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در نام استر، قسمت آلکیل مربوط به الکل سازنده و قسمت آلکانوات مربوط به کربوکسیلیک اسید سازنده است. ساختار استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی انگور به‌صورت زیر است. عبارت (ب): ساختار استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی موز به‌صورت زیر بوده و اسید و الکل سازندهٔ آن اتانوئیک اسید و پنتانول است:





کربوکسیلیک اسید سازندهٔ استر موز، اتانوئیک اسید و کربوکسیلیک اسید سازندهٔ استر آناناس (اتیل بوتانوات)، بوتانوئیک اسید است. عبارت (پ): با توجه به موارد (الف) و (ب)، الکل سازندهٔ استر موز، پنتانول با فرمول مولکولی $C_5H_{12}O$ و اسید سازندهٔ استر انگور، هپتانوئیک اسید با فرمول مولکولی $C_7H_{14}O_2$ است.

$$\left.\begin{array}{l} C_5H_{12}O \text{ جرم مولی} = 5(12)+12(1)+1(16) = 88 g.mol^{-1} \\ C_7H_{14}O_2 \text{ جرم مولی} = 7(12)+14(1)+2(16) = 130 g.mol^{-1} \end{array}\right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم مولی} = 130-88 = 42 g.mol^{-1}$$

عبارت (ت): الکل سازندهٔ استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی موز، پنتانول با فرمول مولکولی $C_5H_{12}O$ و استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی سیب، متیل بوتانوات با فرمول مولکولی $C_5H_{10}O_2$ است.

$$\frac{C_5H_{12}O \text{ تعداد اتم‌های هیدروژن}}{C_5H_{10}O_2 \text{ تعداد اتم‌های هیدروژن}} = \frac{12}{10} = 1/2$$

B ۱۶۴۹ **۲** عبارت‌های (پ) و (ت) جملهٔ داده شده را به درستی کامل نمی‌کنند. **بررسی موارد:** مورد (الف): اگر الکل سازندهٔ $C_6H_{12}O_2$ پروپانول با فرمول C_3H_8O باشد، اسید سازندهٔ آن باید اسیدی ۳ کربنه باشد که نام آن پروپانوئیک اسید و فرمول مولکولی آن $C_3H_6O_2$ است. استون مولکولی با ۳ اتم کربن و با فرمول مولکولی C_3H_6O است. مورد (ب): اگر الکل سازندهٔ $C_6H_{12}O_2$، متانول با فرمول CH_3OH باشد، اسید سازندهٔ آن باید ۵ اتم کربن داشته باشد. استر سازندهٔ بو و طعم آناناس اتیل بوتانوات است. اسید سازندهٔ این استر، بوتانوئیک اسید است که در هر مولکول آن ۴ اتم کربن وجود دارد. مورد (پ): اگر کربوکسیلیک اسید سازندهٔ استری با فرمول $C_6H_{12}O_2$، استیک اسید $(C_2H_4O_2)$ باشد، الکل سازندهٔ آن باید الکلی ۴ کربنه باشد که نام آن بوتانول است. نام استرها بر وزن آلکیل آلکانوات است که در آن، قسمت آلکیل متعلق به الکل و قسمت آلکانوات متعلق به اسید است. بنابراین نام استر تولید شده، بوتیل اتانوات خواهد بود. مورد (ت): اگر کربوکسیلیک اسید سازندهٔ $C_6H_{12}O_2$، بوتانوئیک اسید با فرمول $C_4H_8O_2$ باشد، الکل سازندهٔ آن باید ۲ اتم کربن داشته باشد که نام آن اتانول و فرمول مولکولی آن به‌صورت C_2H_6O است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در هر مولکول اتانول، ۶ اتم هیدروژن وجود دارد.

B ۱۶۵۰ **۳** نام استر داده شده بوتیل اتانوات است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در آناناس استری با نام اتیل بوتانوات وجود دارد. گزینهٔ (۲): اتانوئیک اسید برخلاف بوتانول به هر نسبتی در آب حل می‌شود و نمی‌توان از آن محلول سیرشده تهیه کرد. گزینهٔ (۳): اتانوئیک اسید آشناترین عضو اسیدهای آلی است. گزینهٔ (۴): اتانول (نه بوتانول!) در تولید لوازم آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد.

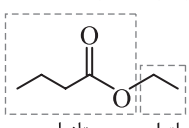
B ۱۶۵۱ **۱** فقط عبارت اول نادرست است. استر سازندهٔ بو و طعم آناناس، اتیل بوتانوات با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O_2$ است. عبارت اول: الکل و اسید سازندهٔ این استر اتانول و بوتانوئیک اسید هستند. (قسمت آلکیل نام استر مربوط به الکل و قسمت آلکانوات مربوط به اسید است.)

$$\underset{\text{بوتانوئیک اسید}}{C_3H_7COOH} + \underset{\text{اتانول}}{C_2H_5OH} \rightarrow \underset{\text{اتیل بوتانوات}}{C_3H_7COOC_2H_5} + \underset{\text{آب}}{H_2O}$$

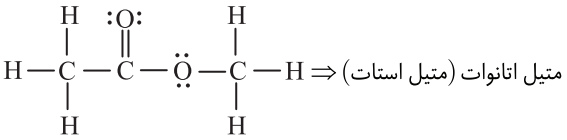
عبارت دوم: فرمول مولکولی این استر به‌صورت $C_6H_{12}O_2$ و فرمول مولکولی گلوکز، $C_6H_{12}O_6$ است. عبارت سوم: هگزانوئیک اسید، یک کربوکسیلیک اسید ۶ کربنه با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O_2$ است. استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی خوش آناناس و هگزانوئیک اسید فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوتی دارند و به همین علت ایزومر یکدیگر هستند.

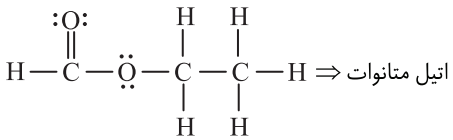
* **توجه** استرها و کربوکسیلیک اسیدهایی با تعداد کربن برابر به شرطی که تک‌عاملی باشند و گروه‌های هیدروکربنی آن‌ها خطی و سیرشده باشد، ایزومر یکدیگر هستند.

عبارت چهارم: فرمول نقطه - خط اتیل بوتانوات را می‌توان به‌صورت مقابل نمایش داد:



B ۱۶۵۲ ۳ به جز عبارت دوم، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول ترکیب مورد نظر، مربوط به یک استر سه‌کربنی است. این استر دو حالت می‌تواند داشته باشد:

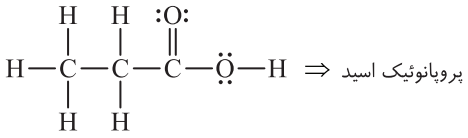




عبارت دوم: از آنجایی که در استرها، هیچ اتم هیدروژنی به طور مستقیم به اکسیژن متصل نیست و فاقد پیوند $O-H$ است؛ بنابراین پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آن‌ها برقرار نمی‌شود. عبارت سوم: در اثر واکنش میان کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها، استر مربوطه به همراه آب تولید می‌شود:

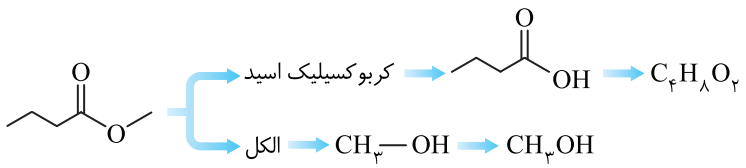
$$\underbrace{CH_3OH}_{\text{متانول}}+\underbrace{C_2H_4O_2}_{\text{استیک اسید}}\rightleftharpoons\underbrace{C_3H_6O_2}_{\text{متیل استات}}+\underbrace{H_2O}_{\text{آب}}$$

عبارت چهارم: فرمول مولکولی پروپانوئیک اسید نیز به صورت $C_3H_6O_2$ است و در نتیجه این دو ترکیب با یکدیگر ایزومرند. از آنجایی که در ساختار پروپانوئیک اسید، هیدروژن متصل به اکسیژن یافت می‌شود، این ترکیب توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را داشته و در مقایسه با استر، نیروی بین مولکولی قوی‌تری داشته و در نتیجه نقطهٔ جوش آن نیز بالاتر است.

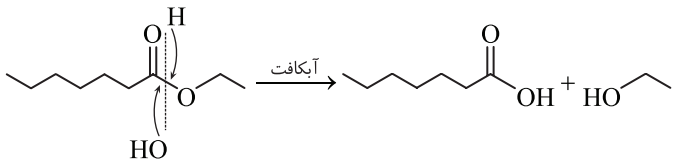


* **توجه** در کربوکسیلیک اسیدها و استرهای هم کربن که با یکدیگر ایزومرند، نقطهٔ جوش کربوکسیلیک اسیدها به علت تشکیل پیوند هیدروژنی در مقایسه با استرها بیشتر است.

B ۱۶۵۳ ۳ فرمول الکل سازندهٔ استر $C_5H_{11}OH$ بوده و فرمول کربوکسیلیک اسید سازندهٔ استر ایجاد کنندهٔ بوی سیب $C_4H_8O_2$ است.



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی انگور اتیل هپتانوات است:



کربوکسیلیک اسید سازندهٔ استر بوی انگور، ۷ اتم کربن دارد و کربوکسیلیک اسید سازندهٔ استر مورد نظر سؤال $C_7H_{14}O_2$ است. گزینهٔ (۲): براساس قانون پایستگی جرم، داریم:

$$\text{جرم مولی استر}=\underbrace{\text{جرم مولی آب}}_{18\,g.mol^{-1}}\Rightarrow\text{جرم مولی اسید}-\text{جرم مولی الکل}=\text{جرم مولی استر}+\text{جرم مولی الکل}$$

گزینهٔ (۴): تعداد اتم‌های هیدروژن موجود در این استر، برابر ۲۴ و تعداد اتم‌های هیدروژن الکل سازندهٔ آن، ۱۲ است.

B ۱۶۵۴ ۴ فقط عبارت (ت) جمله را به‌درستی کامل می‌کند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): الکل سازندهٔ بوتیل پروپانوات، بوتانول است. این الکل محلول در آب است، اما به هر نسبتی در آب حل نمی‌شود. در میان الکل‌های راست‌زنجیر سیرشدهٔ خطی، فقط الکل‌های تا ۳ اتم کربن یعنی متانول، اتانول و پروپانول به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. عبارت (ب): کربوکسیلیک اسید سازندهٔ متیل اتانوات، اتانوئیک اسید است. استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی خوش آناناس، اتیل بوتانوات است و اسید سازندهٔ این استر، بوتانوئیک اسید می‌باشد. عبارت (پ): کربوکسیلیک اسید سازندهٔ اتیل متانوات، متانوئیک اسید با فرمول مولکولی CH_2O_2 است. در این ترکیب شمار اتم‌های اکسیژن و کربن با هم برابر نیست. عبارت (ت): الکل سازندهٔ پروپیل اتانوات، پروپانول با فرمول مولکولی C_3H_7OH و ساده‌ترین استر، متیل متانوات با فرمول مولکولی $C_2H_4O_2$ است.

$$C_3H_7OH \text{ جرم مولی}=3(12)+8(1)+1(16)=60\,g.mol^{-1}$$

$$C_2H_4O_2 \text{ جرم مولی}=2(12)+4(1)+2(16)=60\,g.mol^{-1}$$

* **توجه** نخستین عضو خانوادهٔ استرها دارای ۲ اتم کربن است. استری با یک اتم کربن نداریم.

B ۱۶۵۵ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): واکنش‌های تهیهٔ یک استر ۵ کربنی به‌صورت زیر است:

I) $C_4H_8O_2+CH_3OH\rightarrow C_5H_{10}O_2+H_2O$

آب + متیل بوتانوات ← متانول + بوتانوئیک اسید

II) $C_3H_6O_2+C_2H_5OH\rightarrow C_5H_{10}O_2+H_2O$

آب + اتیل پروپانوات ← اتانول + پروپانوئیک اسید

III) $C_2H_4O_2+C_3H_7OH\rightarrow C_5H_{10}O_2+H_2O$

آب + پروپیل اتانوات ← پروپانول + اتانوئیک اسید

IV) $CH_2O_2+C_4H_9OH\rightarrow C_5H_{10}O_2+H_2O$

آب + بوتیل متانوات ← بوتانول + متانوئیک اسید

عبارت (ب): الکل سازندهٔ پروپیل اتانوات، پروپانول (C_3H_7OH) و اسید سازندهٔ اتیل متانوات، متانوئیک اسید $(HCOOH)$ است. استر حاصل از پروپانول و متانوئیک اسید، پروپیل متانوات است.

$$C_3H_7OH+HCOOH\rightarrow HCOOC_3H_7+H_2O$$

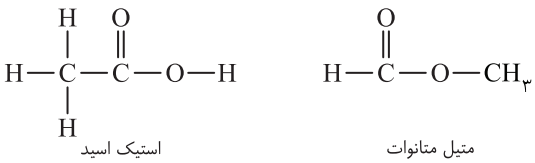
آب + پروپیل متانوات ← متانوئیک اسید + پروپانول

عبارت (پ): ساده‌ترین استر از واکنش ساده‌ترین الکل، یعنی متانول با ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید، یعنی متانوئیک اسید به‌دست می‌آید. کربوکسیلیک اسید به‌کار رفته در سرکه، استیک اسید با فرمول مولکولی $C_2H_4O_2$ است.

$$HCOOH + CH_3OH \rightarrow C_2H_4O_2 + H_2O$$

متانوئیک اسید + متانول → متیل متانوات + آب

فرمول مولکولی متیل متانوات به‌عنوان ساده‌ترین استر با فرمول مولکولی استیک اسید یکسان و فرمول ساختاری آن‌ها با هم متفاوت است، بنابراین این دو ترکیب ایزومر هستند.



عبارت (ت):

$$\text{فرمول عمومی استرها} \Rightarrow C_nH_{2n}O_2 \xrightarrow[\text{اتم هیدروژن}]{\text{استری با ۱۴}} C_7H_{14}O_2 \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های کربن}}{\text{شمار اتم‌های اکسیژن}} = ۳/۵$$

عبارت (ث): برای این ترکیب می‌توان یک ساختار اسیدی (پروپانوئیک اسید) و دو ساختار استری (متیل اتانوات و اتیل متانوات) را در نظر گرفت.

B ۱۶۵۶ ۴ در مولکول نفتالن $(C_{10}H_8)$ ۲۴ پیوند اشتراکی وجود دارد و در مولکول کدئین ۴۳ پیوند اشتراکی یگانه وجود دارد و نسبت مورد نظر به تقریب برابر $\frac{۴۳}{۲۴} \simeq ۱/۸$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ساختار مولکولی کدئین، ۵ اتم کربن به هیچ اتم هیدروژنی متصل نیستند. گزینهٔ (۲): در ساختار کدئین، ۲ گروه اتری، یک گروه هیدروکسیل و یک گروه آمینی وجود دارد. گزینهٔ (۳): در استر موجود در سیب $(C_3H_7COOCH_3)$، ۱۰ اتم H وجود دارد. فرمول مولکولی کدئین به صورت $C_{18}H_{21}NO_3$ است و دارای ۲۱ اتم هیدروژن می‌باشد و نسبت مورد نظر برابر $\frac{۲۱}{۱۰} = ۲/۱$ است.

B ۱۶۵۷ ۲ قسمت اول: بوتانول، الکلی با فرمول مولکولی $C_4H_{10}O$ است. فرض می‌کنیم که کربوکسیلیک اسید سازندهٔ این استر، n اتم کربن دارد و فرمول مولکولی آن $C_nH_{2n}O_2$ است. معادلهٔ واکنش تولید این استر به‌صورت روبه‌رو است:

$$C_4H_{10}O + C_nH_{2n}O_2 \rightarrow C_{4+n}H_{8+2n}O_2 + H_2O$$

جرم مولی استر تولید شده: $12(4+n)+1(8+2n)+2(16) = 88+14n$

روش اول (کسر تبدیل):

$$۳/۷\,g\,C_4H_{10}O \times \frac{۱\,mol\,C_4H_{10}O}{۷۴\,g\,C_4H_{10}O} \times \frac{۱\,mol\,\text{استر}}{۱\,mol\,C_4H_{10}O} \times \frac{(88+14n)\,g\,\text{استر}}{۱\,mol\,\text{استر}} = ۵/۸\,g\,\text{استر} \Rightarrow n = ۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم الکل}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۳/۷}{۱ \times ۷۴} = \frac{۵/۸}{۱ \times (88+14n)} \Rightarrow n = ۲$$

پس فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید سازندهٔ این استر، $C_2H_4O_2$ است.

قسمت دوم: واکنش سوختن بوتیل متانوات $(C_5H_{10}O_2)$ به‌صورت $2C_5H_{10}O_2 + 13O_2 \rightarrow 10CO_2 + 10H_2O$ است.

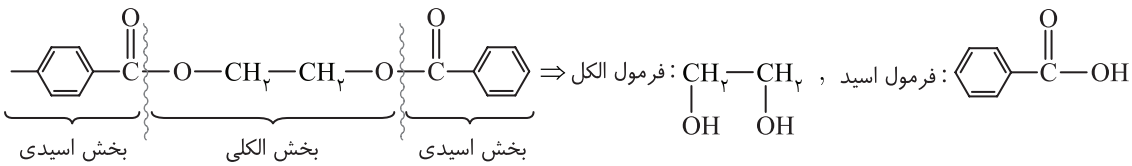
$$?\,g\,C_5H_{10}O_2 = ۳/۷\,g\,C_4H_{10}O \times \frac{۱\,mol\,C_4H_{10}O}{۷۴\,g\,C_4H_{10}O} \times \frac{۱\,mol\,H_2O}{۱\,mol\,C_4H_{10}O} \times \frac{۲\,mol\,C_5H_{10}O_2}{۱۰\,mol\,H_2O} \times \frac{۱۰۲\,g\,C_5H_{10}O_2}{۱\,mol\,C_5H_{10}O_2} = ۱/۰۲\,g\,C_5H_{10}O_2$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{۳/۷ \times ۲ \times ۱۰۲}{۷۴ \times ۱۰} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{۳/۷ \times ۲ \times ۱۰۲}{۷۴ \times ۱۰} = ۱/۰۲$$

(۱۰)

B ۱۶۵۸ ۳ با توجه به ساختار دی‌استر، مشخص است که الکل سازندهٔ این استر دوعاملی و اسید سازندهٔ آن تک‌عاملی است.



فرمول مولکولی الکل سازندهٔ این استر، $C_2H_6O_2$ و فرمول مولکولی اسید سازندهٔ آن، $C_7H_6O_2$ است. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید دی‌استر به صورت زیر است:

$$C_2H_6O_2 + 2C_7H_6O_2 \rightarrow C_{16}H_{14}O_4 + 2H_2O$$

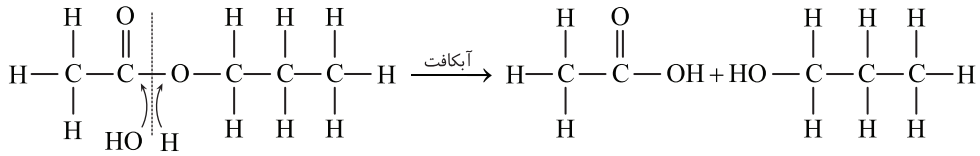
روش اول (کسر تبدیل):

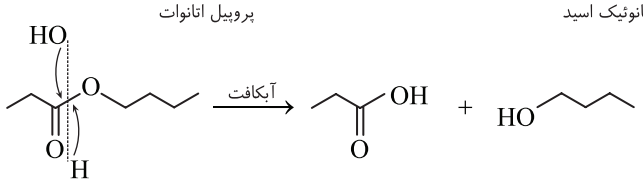
$$?\,g\,C_{16}H_{14}O_4 = ۴۸/۸\,g\,C_7H_6O_2 \times \frac{۱\,mol\,C_7H_6O_2}{۱۲۲\,g\,C_7H_6O_2} \times \frac{۱\,mol\,C_{16}H_{14}O_4}{۲\,mol\,C_7H_6O_2} \times \frac{۲۷۰\,g\,C_{16}H_{14}O_4}{۱\,mol\,C_{16}H_{14}O_4} = ۵۴\,g\,C_{16}H_{14}O_4$$

روش دوم (تناسب):

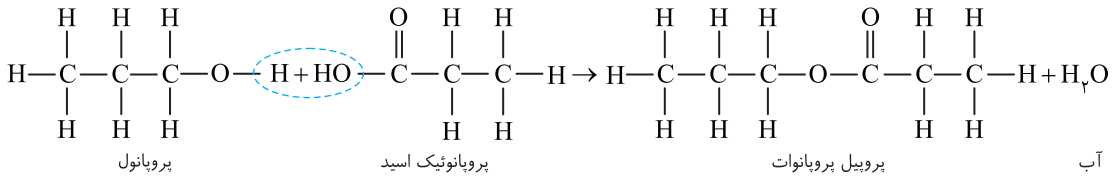
$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{۴۸/۸\,g}{۲ \times ۱۲۲} = \frac{x\,g\,C_{16}H_{14}O_4}{۱ \times ۲۷۰} \Rightarrow x = ۵۴\,g\,C_{16}H_{14}O_4$$

۱۶۵۹ | ۲ پرسش (الف): ابتدا الکل و اسید سازندهٔ هر استر را تعیین می‌کنیم:





سپس استر حاصل از واکنش الکل استر A (پروپانول) و اسید استر B (پروپانوئیک اسید) را به‌دست می‌آوریم:



پرسش (ب): فرمول عمومی الکل‌های تک‌عاملی خطی سیرشده به‌صورت $C_nH_{2n+2}O$ است. بنابراین شمار اتم‌های کربن در این الکل برابر است با:

فرمول مولکولی الکل: $C_6H_{14}O \Rightarrow$ تعداد اتم‌های هیدروژن $= 2n+2=14 \Rightarrow n=6$

فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده به‌صورت $C_nH_{2n}O_2$ است. بنابراین فرمول مولکولی اسیدی با ۳ اتم کربن به‌صورت $C_3H_6O_2$ است.

واکنش تولید استر حاصل از این اسید و الکل به‌صورت مقابل است:

$$C_3H_6O_2 + C_6H_{14}O \rightarrow C_9H_{18}O_2 + H_2O$$

پرسش (پ): قسمت اول: واکنش میان اتانول و استیک اسید به‌صورت روبه‌رو است:

$$\underset{\text{اتانول}}{C_2H_5OH} + \underset{\text{استیک اسید}}{C_2H_4O_2} \rightarrow \underset{\text{اتیل اتانوات}}{C_4H_8O_2} + \underset{\text{آب}}{H_2O}$$

$$?\,g\,C_2H_4O_2 = 400\,mL\,\text{محلول} \times \frac{1\,L\,\text{محلول}}{1000\,mL\,\text{محلول}} \times \frac{0/2\,mol\,C_2H_5OH}{1\,L\,\text{محلول}} \times \frac{1\,mol\,C_2H_4O_2}{1\,mol\,C_2H_5OH} \times \frac{60\,g\,C_2H_4O_2}{1\,mol\,C_2H_4O_2} = 4/8\,g\,C_2H_4O_2$$

قسمت دوم:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن} = \frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم استر}} \times 100 = \frac{2\times16}{(4\times12)+(8\times1)+(2\times16)} \times 100 \simeq \%36$$

۱۶۶۰ | ۱ الکل تولید شده در واکنش تخمیر گلوکز، اتانول است:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

از واکنش اتانول با پروپانوئیک اسید، اتیل پروپانوات با فرمول مولکولی $C_5H_{10}O_2$ تولید می‌شود.

$$C_2H_5OH + C_3H_6O_2 \rightarrow C_5H_{10}O_2 + H_2O$$

$$?\,g\,C_5H_{10}O_2\,(\text{مقدار نظری}) = 108\,g\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{180\,g\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{2\,mol\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{1\,mol\,C_5H_{10}O_2}{1\,mol\,C_2H_5OH} \times \frac{102\,g\,C_5H_{10}O_2}{1\,mol\,C_5H_{10}O_2}$$

$$= 122/4\,g\,C_5H_{10}O_2\,(\text{مقدار نظری})$$

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{36/72}{122/4} \times 100 = \%30$$

اتانول در اثر ترکیب شدن با بوتانوئیک اسید با فرمول $C_4H_8O_2$، استر سازندهٔ بوی آناناس یا همان اتیل بوتانوات را تولید می‌کند.

$$C_4H_8O_2 + C_2H_5OH \rightarrow C_6H_{12}O_2 + H_2O$$

$$?\,ml\,C_4H_8O_2 = 108\,g\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{180\,g\,C_6H_{12}O_6} \times \underbrace{\frac{30}{100}}_{\text{بازده درصدی}} \times \frac{2\,mol\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{1\,mol\,C_4H_8O_2}{1\,mol\,C_2H_5OH} \times \frac{88\,g\,C_4H_8O_2}{1\,mol\,C_4H_8O_2} \times \frac{1\,ml\,C_4H_8O_2}{1/76\,g\,C_4H_8O_2}$$

$$= 18\,ml\,C_4H_8O_2$$

توضیح محاسبات

$$\frac{1080\times30\times2\times88}{180\times100\times1/76} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{1080\times30\times2\times88}{180\times200\times1/76} = \frac{\overset{36}{\cancel{1080}}\times88}{3\times100\times1/76} = \frac{36\times\overset{50}{\cancel{88}}}{100\times1/76} = \frac{36\times50}{\underset{2}{\cancel{100}}} = 18$$

۱۶۶۱ | ۱ فرض می‌کنیم که فرمول مولکولی الکل مصرف‌شده $C_nH_{2n+2}O$ است.

$$C_4H_8O_2 + C_nH_{2n+2}O \rightarrow C_{4+n}H_{2n+8}O_2 + H_2O$$

جرم الکل مصرف شده $= 14n+18$

جرم مولی اسید مصرف شده $= 88\,g.mol^{-1}$

اختلاف جرم الکل و اسید مصرف شده به ازای مصرف یک مول از آن‌ها $= 88-(14n+18)=(70-14n)g$

اگر یک مول اسید در این واکنش مصرف شود، $(۷۰-۱۴n)$ گرم اختلاف جرم اسید مصرف شده و الکل مصرف شده است.

$$\text{اختلاف جرم} = ۹g\ H_۲O \times \frac{۱mol\ H_۲O}{۱۸g\ H_۲O} \times \frac{۱mol\ C_۴H_۸O_۲}{۱mol\ H_۲O} \times \frac{(۷۰-۱۴n)g\ \text{اختلاف جرم}}{۱mol\ C_۴H_۸O_۲} = ۱۴g \Rightarrow ۳۵-۷n=۱۴ \Rightarrow n=۳$$

پس الکل مصرف شده در این واکنش، پروپانول و اسید مصرف شده، بوتانوئیک اسید است. از آنجا که نام استرها بر وزن آلکیل آلکانوات است و قسمت آلکیل مربوط به نام الکل و قسمت آلکانوات مربوط به نام اسید است، نام استر تولید شده در این واکنش پروپیل بوتانوات می‌باشد.

C ۱۶۶۲ **۴** قسمت اول: معادلهٔ این واکنش به‌صورت «آب + استر ← اسید + پروپانول» است. ابتدا باید فرمول مولکولی استر تولید شده در این واکنش را به‌دست آوریم:
ابتدا جرم آب تولید شده را با استفاده از جرم استر تولیدی و درصد جرمی آب در فراورده‌ها به‌دست می‌آوریم: (جرم آب تولیدی را x گرم در نظر می‌گیریم.)

$$٪H_۲O = \frac{x}{۵۱+x} \times ۱۰۰ = ۱۵ \Rightarrow x = ۹g$$

با توجه به اینکه ضرایب استوکیومتری استر و آب در معادلهٔ واکنش استری شدن یکسان و برابر یک است، پس محاسبه می‌کنیم که به ازای تولید ۹ گرم آب چند مول استر تولید می‌شود:

$$?\ mol\ \text{استر} = ۹g\ H_۲O \times \frac{۱mol\ H_۲O}{۱۸g\ H_۲O} \times \frac{۱mol\ \text{استر}}{۱mol\ H_۲O} = ۰/۵mol\ \text{استر}$$

اکنون به سادگی می‌توانیم جرم مولی استر تولید شده را محاسبه و فرمول مولکولی آن را به‌دست آوریم: $\text{جرم مولی استر تولیدی} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{مقدار مول استر}} = \frac{۵۱g}{۰/۵mol} = ۱۰۲g.mol^{-۱}$

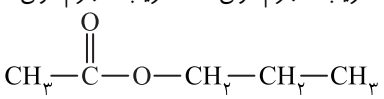
با توجه به اینکه فرمول عمومی استرها به‌صورت $C_nH_{۲n}O_۲$ است، داریم:

$$\text{فرمول مولکولی استر} = C_nH_{۲n}O_۲ \Rightarrow \text{جرم مولی} = ۱۴n+۳۲=۱۰۲ \Rightarrow n=۵ \Rightarrow \text{استر}: C_۵H_{۱۰}O_۲$$

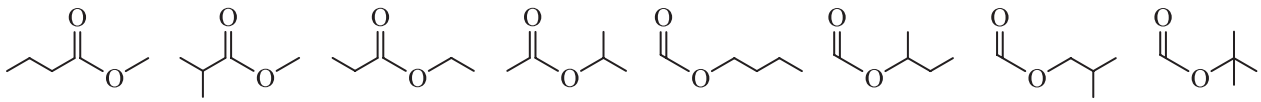
به کمک روش تناسب، ادامهٔ مسئله را حل می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم الکل ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۴۰ \times \frac{P}{۱۰۰}}{۶۰ \times ۱} = \frac{۵۱}{۱۰۲ \times ۱} \Rightarrow P = ٪۷۵$$

قسمت دوم: ساختار استر تولیدی به صورت مقابل است:



این استر دارای ۸ ایزومر ساختاری است که فرمول پیوند - خط آن‌ها در زیر رسم شده است:



B ۱۶۶۳ **۲** معادلهٔ واکنش انجام شده به صورت مقابل است:



ابتدا از روی سرعت متوسط واکنش، مقدار مصرف شده و تولید شدهٔ هر یک از مواد را به‌دست می‌آوریم:

$$۲\ min \times \frac{۶۰s}{۱min} \times \frac{۶/۲۵ \times ۱۰^{-۳} mol}{۱s} = ۰/۷۵mol$$

بنابراین ۰/۷۵ مول از اسید و الکل مصرف و ۰/۷۵ مول از استر و آب تولید شده است.
طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم استر و آب تولید شده نیز باید برابر ۱۶۳/۵ گرم باشد؛ بنابراین داریم:

$$۰/۷۵mol\ H_۲O \times \frac{۱۸g\ H_۲O}{۱mol\ H_۲O} = ۱۳/۵g\ H_۲O \Rightarrow m_{\text{استر}} = ۱۶۳/۵-۱۳/۵ = ۱۵۰g$$

بنابراین جرم مولی استر تولید شده برابر ۲۰۰ گرم بر مول $\left(\frac{۱۵۰}{۰/۷۵}=۲۰۰\right)$ است؛ بنابراین فرمول مولکولی استر را به‌دست می‌آوریم: $۱۲x+۲x+۳۲=۲۰۰ \Rightarrow x=۱۲$

از این‌رو فرمول مولکولی استر، $C_{۱۲}H_{۲۴}O_۲$ است؛ بنابراین داریم:

$$\begin{cases} \text{شمار پیوندهای اشتراکی استر} = \frac{(۱۲\times۴)+(۲۴\times۱)+(۲\times۲)}{۲} = ۳۸ \\ C_۳H_۶O\ \text{شمار پیوندهای اشتراکی استون} = \frac{(۳\times۴)+(۶\times۱)+(۱\times۲)}{۲} = ۱۰ \end{cases} \Rightarrow \frac{۳۸}{۱۰} = ۳/۸$$

C ۱۶۶۴ **۲** فقط مورد (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): الکل‌ها و اسیدهای دوعاملی و همچنین ترکیب‌هایی که دارای یک گروه عاملی الکلی و یک گروه عاملی اسیدی هستند، می‌توانند در واکنش استری شدن شرکت کنند. ترکیب A دارای گروه‌های عاملی $(-OH)$ و اسیدی $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH)$ است، از این‌رو می‌تواند در واکنش استری شدن شرکت کند. اما ترکیب B دارای گروه‌های عاملی اسیدی و استری $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-)$ است و نمی‌تواند در واکنش استری شدن شرکت کند.
عبارت (ب): فرمول مولکولی ترکیب‌های A و B به ترتیب $C_۷H_۶O_۳$ و $C_۹H_۸O_۴$ است. با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، جرم ترکیب B تولیدی به ازای مصرف ۸۹/۷ گرم از ترکیب A را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ g\ C_۹H_۸O_۴ = ۸۹/۷g\ C_۷H_۶O_۳ \times \frac{۱mol\ C_۷H_۶O_۳}{۱۳۸g\ C_۷H_۶O_۳} \times \frac{۱mol\ C_۹H_۸O_۴}{۱mol\ C_۷H_۶O_۳} \times \frac{۱۸۰g\ C_۹H_۸O_۴}{۱mol\ C_۹H_۸O_۴} \times \underbrace{\frac{۷۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش}} = ۸۱/۹g\ C_۹H_۸O_۴$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم ترکیب A}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم ترکیب B}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۸۹/۷\times\frac{۷۰}{100}}{۱\times۱۳۸}=\frac{x\ g\ C_۹H_۸O_۴}{۱\times۱۸۰}\Rightarrow x=۸۱/۹g\ C_۹H_۸O_۴$$

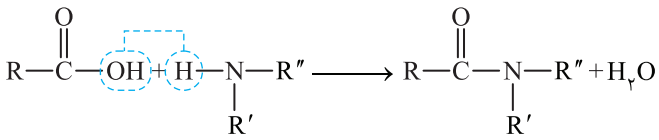
عبارت (پ): ارزش سوختی، گرمای حاصل از سوختن یک گرم از یک ماده است، بنابراین:

$$\text{ارزش سوختی A}=۱g\ C_۷H_۶O_۳\times\frac{۱mol\ C_۷H_۶O_۳}{۱۳۸g\ C_۷H_۶O_۳}\times\frac{۶۰/۴kJ}{۰/۰۲mol\ C_۷H_۶O_۳}=۲۱/۹kJ$$

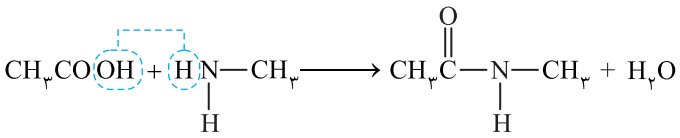
عبارت (ت): فرمول مولکولی دو ترکیب متفاوت است؛ از این‌رو نمی‌توانند ایزومر یکدیگر باشند. هر دو ترکیب همانند ترکیب آلی موجود در زردچوبه دارای گروه بنزنی بوده و آروماتیک هستند، اما این دو ترکیب گروه عاملی مشترکی با ترکیب آلی موجود در زردچوبه ندارند.

* توجه فرمول مولکولی ترکیب آلی موجود در زردچوبه $C_{۱۵}H_{۲۰}O$ است. این ترکیب دارای گروه عاملی کتونی و یک حلقهٔ بنزن است.

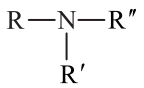
A ۱۶۶۵ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۳): در شرایط مناسب، کربوکسیلیک اسیدها با از دست دادن OH و آمین‌ها با از دست دادن اتم H و تولید آب با یکدیگر واکنش می‌دهند و به آمید تبدیل می‌شوند.



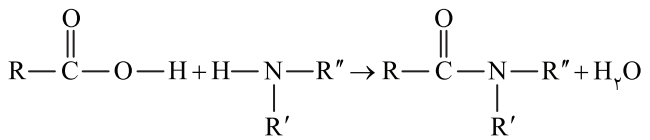
گزینهٔ (۲): متیل آمین $(CH_۳-NH_۲)$ و اتانوئیک اسید $(CH_۳COOH)$ در شرایط مناسب، با یکدیگر واکنش داده و آمید تولید می‌کنند:

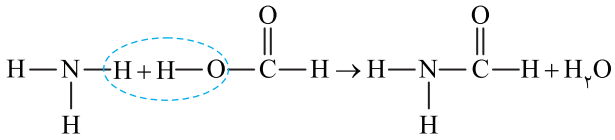


گزینهٔ (۴): از واکنش کربوکسیلیک اسیدها با آمین‌هایی که حداقل یک اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن دارند، می‌توان ترکیبی آمیدی تولید نمود. آمین‌های با ساختار مقابل چون فاقد پیوند $N-H$ هستند، نمی‌توانند در واکنش آمیدی شدن شرکت کنند.



B ۱۶۶۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرمول عمومی آمین‌ها به‌صورت مقابل است. اگر هر سه گروه R، R′ و R″ گروه‌های آلکیلی باشند، در این آمین هیچ اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن وجود ندارد که بتواند در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت کند. بنابراین آمین‌های تک‌عاملی که سه گروه آلکیلی متصل به اتم نیتروژن دارند، قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود نیستند. عبارت (ب): بوی بد ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین‌های دیگر است. (نه یک نوع آمین!) عبارت (پ): گروه عاملی آمیدی از واکنش سمت چپ به‌دست می‌آید. اگر در ساختار یک آمین هر سه گروه متصل به اتم نیتروژن گروه‌های آلکیلی باشند و به عبارتی در ساختار این آمین، اتم H متصل به اتم N وجود نداشته باشد، این آمین در واکنش با یک کربوکسیلیک اسید، گروه آمیدی ایجاد نمی‌کند. عبارت (ت): عامل آمیدی از واکنش کربوکسیلیک اسیدها با آمین‌ها یا آمونیاک تولید می‌شود. بنابراین ساده‌ترین آمید از واکنش ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید، یعنی متانوئیک اسید با آمونیاک به‌دست می‌آید.

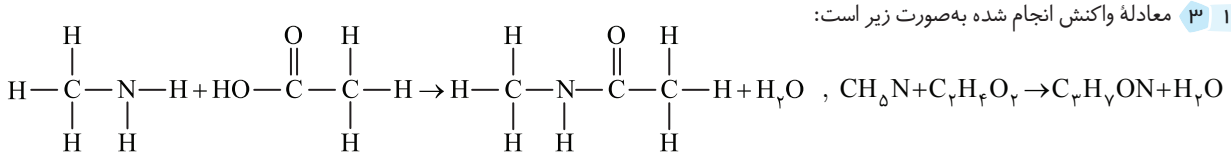




عبارت (ث): فرمول عمومی آمین‌های تک‌عاملی دارای زنجیر سیرشده به‌صورت $C_nH_{۲n+۳}N$ و فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی دارای زنجیر سیرشده به‌صورت $C_nH_{۲n}O_۲$ است.

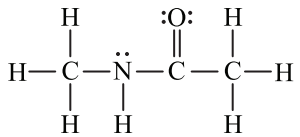
$$\left.\begin{array}{l}\text{آمین}\rightarrow ۲n+۳=۹\Rightarrow n=۳\Rightarrow\text{فرمول آمین}:C_۳H_۹N\\ \text{اسید}\rightarrow ۲n=۸\Rightarrow n=۴\Rightarrow\text{فرمول اسید}:C_۴H_۸O_۲\end{array}\right\}\Rightarrow C_۴H_۸O_۲+C_۳H_۹N\rightarrow C_۷H_{۱۵}ON+H_۲O$$

B ۱۶۶۷ ۳ معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت زیر است:



$$,\ CH_۵N+C_۲H_۴O_۲\rightarrow C_۳H_۷ON+H_۲O$$

ساختار لوویس این ترکیب به‌صورت مقابل بوده و شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در آن برابر با ۳ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شمار اتم‌های هیدروژن در ساختار این ترکیب برابر با ۷ است. گزینهٔ (۲): در ساختار این آمید، اتم H متصل به اتم N وجود دارد و به همین دلیل این ترکیب قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود و مولکول‌های آب می‌باشد.



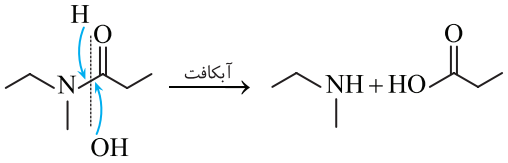
گزینهٔ (۴):

$$\text{درصد جرمی کربن}=\frac{\text{جرم اتم‌های کربن}}{\text{جرم مولکول}}\times۱۰۰=\frac{۳\times۱۲}{(۳\times۱۲)+(۷\times۱)+(۱\times۱۴)+(۱\times۱۶)}\times۱۰۰\simeq٪۴۹/۳$$

B ۱۶۶۸ ۳ از ۱۲ اتم کربن این ترکیب، ۵ اتم کربن با هیچ اتم هیدروژنی اتصال ندارند. $\frac{۵}{۱۲}\times ۱۰۰ \simeq ٪۴۱$

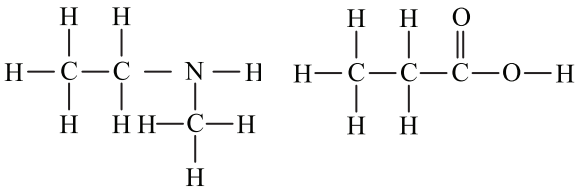
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): فرمول مولکولی داده شده و بوتیل بوتانوات به ترتیب $C_{۱۲}H_{۱۴}N_۲O$ و $C_۸H_{۱۶}O_۲$ است. گزینهٔ (۲): در هر مولکول این ترکیب، ۲ گروه عاملی آمینی و یک گروه عاملی الکلی وجود دارد؛ بنابراین یک مول از آن در مجموع با سه مول اسید آلی تک‌عاملی مثل متانوئیک اسید واکنش می‌دهد. گزینهٔ (۴): در این ترکیب همانند بنزآلدهید حلقهٔ بنزنی وجود دارد و هر دو آروماتیک محسوب می‌شوند.

B ۱۶۶۹ ۱ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند.



$$C_۶H_{۱۳}NO + H_۲O \rightarrow C_۳H_۹N + C_۳H_۶O_۲$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شمار اتم‌های کربن در اسید و آمین سازندهٔ این آمید با هم برابر و مساوی با ۳ است. عبارت (ب): فرمول ساختاری این آمین به‌صورت مقابل است (شکل چپ). شمار اتم‌های هیدروژن در این آمین برابر با ۹ می‌باشد. عبارت (پ): فرمول ساختاری این اسید به‌صورت مقابل است (شکل راست). در ساختار این مولکول، ۱۱ پیوند کووالانسی وجود دارد. عبارت (ت): از واکنش اتانول و کربوکسیلیک اسید سازندهٔ آمید مورد نظر که پروپانوئیک اسید است، اتیل پروپانوات تولید می‌شود. نام استرها بر وزن آلکیل آلکانوات است که در آن قسمت آلکیل مربوط به نام الکل و قسمت آلکانوات مربوط به نام اسید است. عبارت (ث): کربوکسیلیک اسید استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی آناناس، بوتانوئیک اسید با فرمول $C_۴H_۸O_۲$ است.



$$C_۴H_۸O_۲ + C_۳H_۹N \rightarrow C_۷H_{۱۵}ON + H_۲O$$

B ۱۶۷۰ ۲ فقط عبارت پنجم درست است. فرمول مولکولی استرهای A و B به ترتیب $C_۷H_{۱۴}O_۲$ و $C_۸H_{۱۶}O_۲$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در هر استر ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد و در فراوردهٔ آلی واکنش زیر، ۳ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد:

$$CH_۳NH_۲ + HCOOH \rightarrow HCONHCH_۳ + H_۲O$$

عبارت دوم: از سوختن کامل هر مول استر A، ۷ مول $CO_۲$ و از سوختن کامل ۲ مول استر B، ۱۶ مول $H_۲O$ تولید می‌شود و نسبت مورد نظر برابر ۰/۴۳۷۵ است.

عبارت سوم: الکل‌های سازندهٔ استرهای A و B به ترتیب ۵ و ۴ کربنی هستند و انحلال‌پذیری الکل ۵ کربنی (۱- پنتانول) در آب کمتر است، از طرفی با توجه به یکسان بودن تعداد اتم‌های O در دو استر و کمتر بودن جرم مولی استر A، درصد جرمی اتم O در این استر بیشتر است. عبارت چهارم: استر حاصل از واکنش ۱- بوتانول $(C_۴H_{۱۰}O)$ با بنزوئیک اسید $(C_۷H_۶O_۲)$ بوتیل بنزوات $(C_{۱۱}H_{۱۴}O_۲)$ با جرم مولی ۱۷۸ گرم بر مول است و داریم: $\frac{\text{جرم مولی استر}}{\text{جرم مولی } C_۳H_۸} = \frac{۱۷۸}{۴۴} \simeq ۴/۰۵ \neq ۴$

عبارت پنجم: از واکنش ۱- بوتانول و استیک اسید، بوتیل استات تولید می‌شود.

B ۱۶۷۱ ۴ قسمت اول: در فصل ۳ شیمی یازدهم خواندید که از واکنش دی‌اسیدها و دی‌آمین‌ها در شرایط مناسب، پلی‌آمید و آب تولید می‌شود. در مرحلهٔ اول این واکنش ابتدا دی‌اسید یک OH و دی آمین یک H از دست می‌دهند و اتم کربن گروه عاملی اسید با پیوند یگانه به اتم نیتروژن آمین متصل شده و طی این واکنش یک مولکول آب نیز تولید می‌شود:

$$HOOC(CH_۲)_۴COOH + H_۲N(CH_۲)_۶NH_۲ \rightarrow \underbrace{HOOC(CH_۲)_۴\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH(CH_۲)_۶NH_۲}_{C_{۱۲}H_{۲۴}O_۳N_۲} + H_۲O$$

با توجه به فرمول فراوردهٔ آلی (آمید تولیدی)، در هر مولکول آن، ۴۱ اتم وجود دارد. قسمت دوم: اکنون به کمک معادلهٔ واکنش بالا، جرم فراوردهٔ آلی حاصل را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

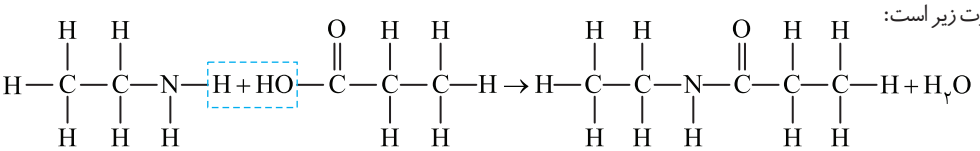
$$?\,g \text{ فراورده} = ۲۹/۲\,g \text{ اسید} \times \frac{۱\,mol \text{ اسید}}{۱۴۶\,g \text{ اسید}} \times \frac{۱\,mol \text{ فراوردهٔ آلی}}{۱\,mol \text{ اسید}} \times \frac{۲۴۴\,g}{۱\,mol \text{ فراوردهٔ آلی}} = ۴۸/۸\,g \text{ فراوردهٔ آلی}$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم فراوردهٔ آلی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۲۹/۲}{۱ \times ۱۴۶} = \frac{x\,g \text{ فراوردهٔ آلی}}{۱ \times ۲۴۴} \Rightarrow x = ۴۸/۸\,g \text{ جرم فراوردهٔ آلی}$$

* **توجه** برای حل این تست می‌توانستید براساس قانون پایستگی جرم و بدون دانستن واکنش بین دی‌آمین‌ها و دی اسیدها به پاسخ برسید. از آنجایی که در هر واکنش شیمیایی نه‌اتمی به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود، بنابراین شمار اتم‌های هر یک از عناصر می‌بایست در دو طرف واکنش با یکدیگر برابر باشد.

B ۱۶۷۲ ۲ واکنش انجام شده به‌صورت زیر است:



$$C_۲H_۷N + C_۳H_۶O_۲ \rightarrow C_۵H_{۱۱}ON + H_۲O$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_۵H_{۱۱}ON = ۹\,g\,C_۲H_۷N \times \frac{۱\,mol\,C_۲H_۷N}{۴۵\,g\,C_۲H_۷N} \times \frac{۱\,mol\,C_۵H_{۱۱}ON}{۱\,mol\,C_۲H_۷N} \times \frac{۱۰۱\,g\,C_۵H_{۱۱}ON}{۱\,mol\,C_۵H_{۱۱}ON} = ۲۰/۲\,g\,C_۵H_{۱۱}ON$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتیل آمین}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم آمید}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۹}{۴۵ \times ۱} = \frac{x}{۱۰۱ \times ۱} \Rightarrow x = ۲۰/۲\,g\,C_۵H_{۱۱}ON$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_3H_6O_2=9g\,C_2H_7N\times\frac{1mol\,C_2H_7N}{45g\,C_2H_7N}\times\frac{1mol\,C_3H_6O_2}{1mol\,C_2H_7N}\times\frac{74g\,C_3H_6O_2}{1mol\,C_3H_6O_2}=14/8g\,C_3H_6O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتیل آمین}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم اسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{9}{45\times1}=\frac{x}{74\times1}\Rightarrow x=14/8g\,C_3H_6O_2$$

B ۱۶۷۳ ۱ فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده به‌صورت $C_nH_{2n}O_2$ است. $CH_5N+C_nH_{2n}O_2\rightarrow C_{n+1}H_{2n+3}NO+H_2O$

جرم مولی آمید تولید شده: $12(n+1)+1(2n+3)+1(14)+1(16)=(14n+45)g.mol^{-1}$

جرم مولی اسید مصرف شده $=12(n)+1(2n)+16(2)=(14n+32)g.mol^{-1}$

روش اول (کسر تبدیل):

$$14/8g\,C_nH_{2n}O_2\times\frac{1mol\,C_nH_{2n}O_2}{(14n+32)g\,C_nH_{2n}O_2}\times\frac{1mol\,\text{آمید}}{1mol\,C_nH_{2n}O_2}\times\frac{(14n+45)g\,\text{آمید}}{1mol\,\text{آمید}}=17/4g\Rightarrow n=3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم آمید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{14/8}{1\times(14n+32)}=\frac{17/4}{1\times(14n+45)}\Rightarrow n=3$$

کربوکسیلیک اسید مصرف شده در این واکنش، ۳ اتم کربن دارد و نام آن پروپانوئیک اسید است. در میان استرهای داده شده، فقط کربوکسیلیک اسید سازندهٔ متیل پروپانوات است که پروپانوئیک اسید بوده و ۳ اتم کربن دارد.

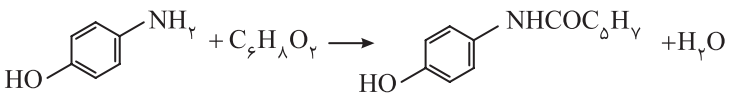
B ۱۶۷۴ ۲ فرمول عمومی کربوکسیلیک اسید یک‌عاملی با دو پیوند $C=C$ به صورت $C_nH_{2n-4}O_2$ است؛ بنابراین داریم:

$$\frac{\text{درصد جرمی C}}{\text{درصد جرمی H}}=\frac{12n}{2n-4}=9\Rightarrow12n=18n-36\Rightarrow n=6$$

شمار پیوندهای اشتراکی در اسید آلی با فرمول مولکولی $C_6H_8O_2$ برابر است با:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی}=\frac{(6\times4)+(8\times1)+(2\times2)}{2}=18$$

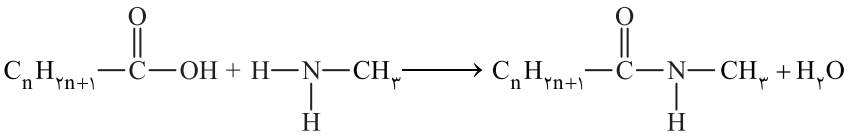
واکنش بین این اسید آلی و آمین سازندهٔ استامینوفن به صورت زیر است:



در نهایت جرم اسید مورد نیاز را محاسبه می‌کنیم:

$$32/7g\,C_6H_7NO\times\frac{1mol\,C_6H_7NO}{109g\,C_6H_7NO}\times\frac{mol\,C_6H_8O_2}{1mol\,C_6H_7NO}\times\frac{112g\,C_6H_8O_2}{1mol\,C_6H_8O_2}=33/6g$$

C ۱۶۷۵ ۱ معادلهٔ واکنش متیل آمین و کربوکسیلیک اسید به صورت زیر است:



طبق قانون پایستگی جرم، باید مجموع جرم واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها برابر باشد:

$$\text{جرم آب}+\text{جرم آمید تولیدی}=\text{مجموع جرم آمین و اسید مصرفی}\Rightarrow31/5g=26/1+m_{H_2O}\Rightarrow m_{H_2O}=5/4g$$

ابتدا از جرم آب و آمید تولیدی، شمار اتم‌های کربن گروه C_nH_{2n+1} را محاسبه می‌کنیم:

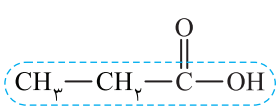
روش اول (کسر تبدیل):

$$5/4g\,H_2O\times\frac{1mol\,H_2O}{18g\,H_2O}\times\frac{1mol\,\text{آمید}}{1mol\,H_2O}\times\frac{(14n+59)g\,\text{آمید}}{1mol\,\text{آمید}}=26/1g\,\text{آمید}\Rightarrow n=2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم آمید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{5/4}{1\times18}=\frac{21/6}{1\times(14n+59)}\Rightarrow n=2$$

بنابراین فرمول مولکولی گروه R به صورت C_2H_5 است و ساختار اسید سازندهٔ این آمید به صورت مقابل است:

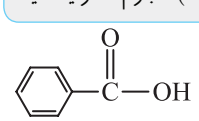


نکته ترکیبی همان‌طور که می‌دانید همهٔ واکنش‌های شیمیایی از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند؛ از این‌رو مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها با مجموع جرم فراورده‌ها

در هر واکنش برابر است. در واکنش تولید استرها و آمیدها داریم: آب + آمید $\xrightarrow{\Delta}$ آمین + الکل آب + استر $\xrightarrow{\Delta}$ اسید + الکل

بنابراین در مسائل این بخش، برای محاسبهٔ جرم هر یک از فراورده‌ها داریم: (جرم آب تولید شده)−(مجموع جرم واکنش‌دهنده)=جرم استر یا آمید

C ۱۶۷۶ ۲ از بین بنزوئیک اسید و لیکوپن، بنزوئیک اسید دارای گروه عاملی اسیدی است و می‌تواند با متیل آمین واکنش دهد. معادلهٔ واکنش بنزوئیک اسید و متیل آمین به صورت مقابل است: $C_7H_6O_2+CH_5N\rightarrow C_8H_9ON+H_2O$



بنزوئیک اسید

مقدار بنزوئیک اسید مصرفی به ازای مصرف ۵ گرم متیل آمین ۶۲ درصد خالص برابر است با:

روش اول (کسر تبدیل):
$$۵g\ CH_۵N\ \text{ناخالص} \times \frac{۶۲g\ CH_۵N\ \text{خالص}}{۱۰۰g\ CH_۵N\ \text{ناخالص}} \times \frac{۱mol\ CH_۵N}{۳۱g\ CH_۵N} \times \frac{۱mol\ C_۷H_۶O_۲}{۱mol\ CH_۵N} \times \frac{۱۲۲g\ C_۷H_۶O_۲}{۱mol\ C_۷H_۶O_۲} = ۱۲/۲g\ C_۷H_۶O_۲$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم متیل آمین} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم بنزوئیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۵ \times \frac{۶۲}{۱۰۰}}{۱ \times ۳۱} = \frac{x\ g\ \text{بنزوئیک اسید}}{۱ \times ۱۲۲} \Rightarrow x = \text{بنزوئیک اسید } ۱۲/۲g$$

اگر لیکوپن $(C_{۴۰}H_{۵۶})$ سیرشده باشد، دارای ۸۲ اتم هیدروژن است؛ بنابراین تعداد پیوندهای دوگانهٔ آن برابر ۱۳ است و بنزوئیک اسید نیز به دلیل داشتن ۳ پیوند دوگانهٔ کربن-کربن، به سه مولکول $H_۲$ نیاز دارد. معادلهٔ واکنش سیر شدن این مخلوط توسط گاز هیدروژن به صورت زیر است:

۱) $C_۷H_۶O_۲ + ۳H_۲ \rightarrow C_۷H_{۱۲}O_۲$

۲) $C_{۴۰}H_{۵۶} + ۱۳H_۲ \rightarrow C_{۴۰}H_{۸۲}$

ابتدا حجم مولی گازها در شرایط آزمایش را محاسبه می‌کنیم:
$$\frac{\overbrace{P_۱V_{n_۱}}^{\text{شرایط STP}}}{T_۱} = \frac{\overbrace{P_۲V_{n_۲}}^{\text{شرایط آزمایش}}}{T_۲} \Rightarrow \frac{۱ \times ۲۲/۴}{۲۷۳} = \frac{۱/۴ \times V_{n_۲}}{۳۶۴} \Rightarrow V_{n_۲} = ۲۱/۳۳L.mol^{-۱}$$

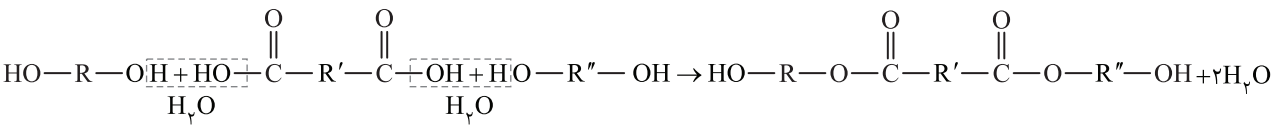
در ادامه مقدار گاز هیدروژن مصرفی در دو واکنش را به دست می‌آوریم:
$$?\ mol\ H_۲ = ۲۱/۳۳L\ H_۲ \times \frac{۱mol\ H_۲}{۲۱/۳۳L\ H_۲} = ۱mol\ H_۲$$

سپس مقدار گاز هیدروژن مصرفی برای سیر کردن بنزوئیک اسید را محاسبه می‌کنیم:
$$?\ mol\ H_۲(\text{واکنش ۱}) = ۱۲/۲g\ C_۷H_۶O_۲ \times \frac{۱mol\ C_۷H_۶O_۲}{۱۲۲g\ C_۷H_۶O_۲} \times \frac{۳mol\ H_۲}{۱mol\ C_۷H_۶O_۲} = ۰/۳mol\ H_۲$$

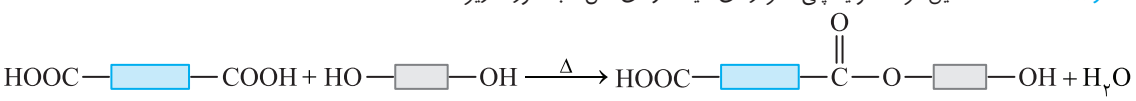
بنابراین ۰/۷ (۱−۰/۳) مول گاز هیدروژن صرف سیر کردن لیکوپن شده است. حال از مول $H_۲$ مصرفی، مقدار لیکوپن را به دست می‌آوریم:
$$?\ g\ C_{۴۰}H_{۵۶} = ۰/۷mol\ H_۲ \times \frac{۱mol\ C_{۴۰}H_{۵۶}}{۱۳mol\ H_۲} \times \frac{۵۳۶g\ C_{۴۰}H_{۵۶}}{۱mol\ C_{۴۰}H_{۵۶}} \simeq ۲۸/۸۶g\ C_{۴۰}H_{۵۶}$$

در آخر درصد جرمی بنزوئیک اسید در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:
$$\text{درصد جرمی بنزوئیک اسید} = \frac{۱۲/۲g}{(۱۲/۲g + ۲۸/۸۶g)} \times ۱۰۰ \simeq ٪۳۰$$

A ۱۶۷۷ ۴ اگر دو الکل دوعاملی با یک اسید دوعاملی ترکیب شود، مجموعاً ۲ مولکول آب تولید می‌شود.

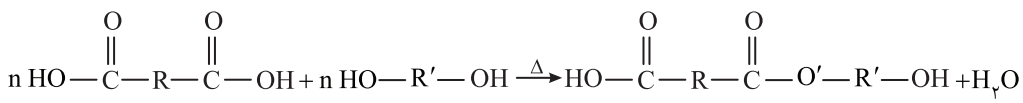


A ۱۶۷۸ ۳ سرعت واکنش استری شدن در محیط اسیدی با $pH < ۷$ افزایش می‌یابد، در واقع ترکیب‌های اسیدی کاتالیزگر این واکنش هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): معادلهٔ نخستین مرحلهٔ تولید پلی‌استر از دی‌اسیدها و دی‌الکل‌ها به‌صورت زیر است:



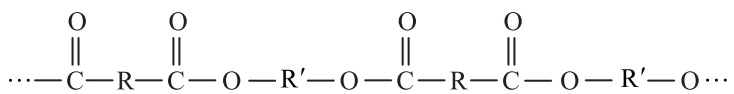
در این واکنش، واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن با هم واکنش می‌دهند. گزینهٔ (۴): تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است.

B ۱۶۷۹ ۳ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در پلی‌استری که از واکنش دی‌اسید و دی‌الکل تشکیل شده است، اگر شمار واحدهای تکرارشونده برابر n باشد مقدار هر کدام از دی‌اسید و دی‌الکل مصرف شده نیز برابر n خواهد بود و در مجموع $۲n$ مونومر مصرف می‌شود. عبارت (ب): در مرحلهٔ اول واکنش تولید پلی‌استر، از واکنش دی‌اسید و دی‌الکل، یک استر مطابق واکنش زیر تولید می‌شود که دارای گروه‌های عاملی کربوکسیل، هیدروکسیل و استری است:



عبارت (پ): علامت Δ بر روی فلش این واکنش به معنای آن است که برای شروع واکنش باید به واکنش‌دهنده‌ها گرما داده شود تا انرژی فعال‌سازی واکنش تأمین شود.

عبارت (ت): ساختار پلی‌استرها به صورت زیر است:



در این ساختار بخش میان دو گروه عاملی متوالی (R و R') به دو اتم مشابه در دو گروه عاملی احاطه کنندهٔ آن‌ها متصل هستند. به عنوان مثال بخش R' که از دو سمت به اتم‌های اکسیژن و بخش R از دو سمت به اتم‌های کربن در گروه عاملی متصل هستند.

B ۱۶۸۰ **۱** فقط مورد سوم درست است. معادلهٔ واکنش تولید پلی‌استر به صورت مقابل است: $n(\text{اسید دوعاملی})+n(\text{الکل دوعاملی})\rightarrow(\text{پلی‌استر})+2n(\text{آب})$

در این واکنش هر مولکول اسید، ۲ تا OH و هر مولکول الکل، ۲ تا H از دست می‌دهند. و در نهایت $2n$ مولکول H_2O تولید می‌شود. **بررسی موارد:**

مورد اول:
$$n(C_6H_{10}O_4)+n(C_8H_{18}O_2)\rightarrow \text{-}\!\left(C_{14}H_{24}O_4\right)\!\text{-}_n+2nH_2O$$

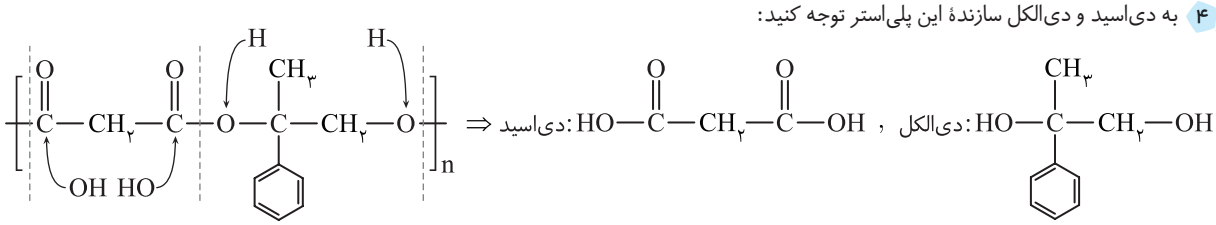
مورد دوم:
$$n(C_5H_8O_4)+n(C_9H_{20}O_2)\rightarrow \text{-}\!\left(C_{14}H_{24}O_4\right)\!\text{-}_n+2nH_2O$$

مورد سوم:
$$n(C_6H_{10}O_4)+n(C_8H_{16}O_2)\rightarrow \text{-}\!\left(C_{14}H_{22}O_4\right)\!\text{-}_n+2nH_2O$$

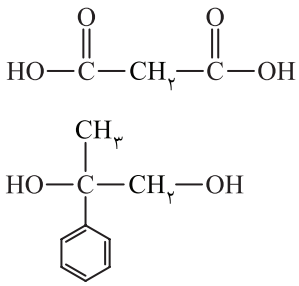
مورد چهارم:
$$n(C_7H_{12}O_4)+n(C_6H_{12}O_2)\rightarrow \text{-}\!\left(C_{13}H_{20}O_4\right)\!\text{-}_n+2nH_2O$$

مورد پنجم:
$$n(C_6H_{10}O_4)+n(C_8H_{18}O_2)\rightarrow \text{-}\!\left(C_{14}H_{24}O_4\right)\!\text{-}_n+2nH_2O$$

B ۱۶۸۱ **۴** به دی‌اسید و دی‌الکل سازندهٔ این پلی‌استر توجه کنید:



مونومرهای سازندهٔ این پلی‌استر، دی‌اسید و دی‌الکل هستند و دارای اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن می‌باشند، از این‌رو می‌توانند با آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهند، اما پلی‌استر به دلیل جرم مولی بسیار زیاد و نداشتن اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن، نمی‌تواند با مولکول‌های آب برهم کنش مؤثر تشکیل دهد؛ بنابراین انحلال‌پذیری پلی‌استر در آب از مونومرهایش کمتر است.



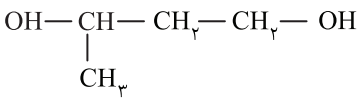
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): ساختار پلیمر دارای گروه عاملی استری است، از این‌رو جزو پلی‌استرها است. ساختار دی‌اسید سازندهٔ این پلی‌استر به صورت مقابل بوده و جرم مولی آن برابر ۱۰۴ گرم بر مول است.

گزینهٔ (۲): ساختار دی‌الکل سازندهٔ این پلی‌استر به صورت مقابل است. این دی‌الکل دارای ۳ پیوند دوگانه در حلقهٔ بنزنی است.

گزینهٔ (۳): واحد تکرار شوندهٔ این پلی‌استر، $C_{12}H_{12}O_4$ بوده و جرم مولی آن برابر ۲۲۰ گرم بر مول است؛ بنابراین اگر جرم مولی پلی‌استر ۱۷۶۰۰ گرم بر مول باشد، تعداد واحدهای تکرار شونده (n) در این پلی‌استر برابر ۸۰۰ خواهد بود.

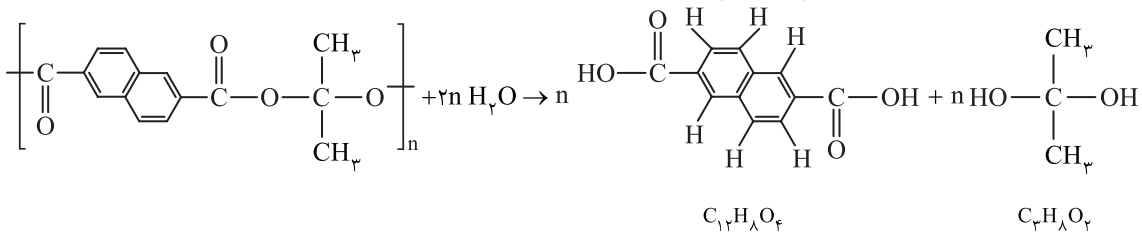
$$n=\frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرار شونده}}=\frac{۱۷۶۰۰}{۲۲۰}=۸۰۰$$

B ۱۶۸۲ **۳** عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر در واکنش تولید پلی‌استرها n مولکول اسید دوعاملی با n مولکول الکل دوعاملی وارد واکنش شوند، در مجموع $2n-1$ گروه استری ایجاد و $2n-1$ مولکول آب تولید می‌شود. در صورت سؤال گفته شده که این پلی‌استر مجموعاً از n مونومر تشکیل شده، یعنی $\frac{n}{2}$ الکل دوعاملی با $\frac{n}{2}$ اسید دوعاملی وارد واکنش شده است، پس در مجموع $2(\frac{n}{2})-1$ گروه استری ایجاد شده است. عبارت (ب): فراوردهٔ هر مرحله دارای یک گروه عاملی الکلی و یک گروه عاملی اسیدی در دو سر خود است که می‌تواند به ترتیب با یک کربوکسیلیک اسید و یک الکل دیگر وارد واکنش شود. عبارت (پ): فرمول ساختاری الکل سازندهٔ این پلی‌استر به‌صورت مقابل و فرمول مولکولی آن $C_4H_{10}O_2$ است. فرمول مولکولی بوتانول به‌صورت C_4H_9OH است و یک اتم اکسیژن کمتر از این الکل دارد. در ساختار این الکل دو گروه OH و در ساختار بوتانول یک گروه OH وجود دارد، بنابراین نقطهٔ جوش این الکل بالاتر از بوتانول می‌باشد.

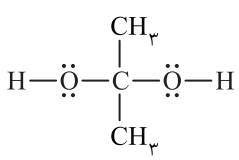


عبارت (ت): پلی‌استرها به دلیل جرم بسیار زیاد نقطهٔ جوش بسیار بالاتری نسبت به اسید و الکل سازندهٔ خود دارند.

B ۱۶۸۳ **۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) جمله را به درستی کامل نمی‌کنند.

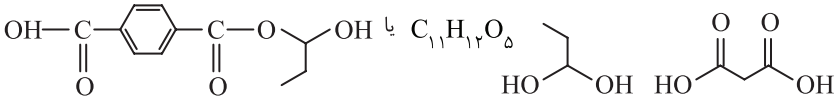


بررسی موارد: مورد (الف): در هر مولکول اسید سازندهٔ این پلی‌استر، ۸ اتم هیدروژن وجود دارد. مورد (ب): در الکل سازندهٔ این پلی‌استر شمار اتم‌های هیدروژن $\frac{8}{3}$ شمار اتم‌های کربن است. مورد (پ): در ساختار اسید سازندهٔ این پلی‌استر، حلقهٔ بنزنی وجود دارد؛ بنابراین جزء ترکیب‌های آروماتیک است. مورد (ت): در هر مولکول الکل سازندهٔ این پلی‌استر، ۲ اتم اکسیژن وجود دارد که روی هر کدام دو جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. پس در مجموع ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی دیده می‌شود.



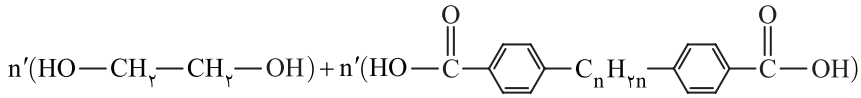
مورد (ث): فرمول مولکولی الکل سازندهٔ این پلی‌استر به‌صورت $C_3H_8O_2$ و فرمول مولکولی بوتانوئیک اسید به‌صورت $C_4H_8O_2$ می‌باشد. نسبت شمار اتم‌های H به O در هر دو ترکیب برابر ۴ است.

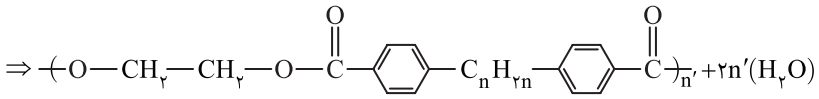
B ۱۶۸۴ **۱** ساختار فراوردهٔ آلی مورد نظر به صورت زیر بوده و جرم مولی آن ۲۲۴ گرم بر مول است.



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): فرمول مولکول دی‌الکل سازندهٔ پلی استر داده شده و دی‌اسید مورد نظر یکسان نیست. گزینهٔ (۳): در واحد تکرارشوندهٔ این پلیمر و در مولکول نفتالن با فرمول مولکولی $C_{10}H_8$، به ترتیب ۱۰ و ۸ اتم هیدروژن وجود دارد. گزینهٔ (۴): از واکنش یک مول دی‌اسید سازندهٔ این پلیمر با فرمول مولکولی $C_8H_6O_4$ با دو مول اتانول (C_2H_6O)، یک مول دی‌استر با فرمول مولکولی $C_{12}H_{14}O_4$ تولید شده که جرم مولی آن ۲۲۲ گرم بر مول است.

B ۱۶۸۵ **۳** معادلهٔ واکنش تولید پلی‌استر از دی‌اسید و دی‌الکل داده شده به صورت زیر است:





ابتدا مقدار n را که در ساختار دی‌اسید و پلی‌استر وجود دارد را محاسبه می‌کنیم:

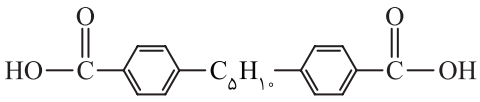
روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{پلی‌استر } 304/2\,g \Rightarrow n=5 \leftarrow \frac{\text{پلی‌استر } n'\,g}{\text{پلی‌استر } 1\,mol}(268+14n) \times \frac{\text{پلی‌استر } 1\,mol}{\text{الکل } n'\,mol} \times \frac{\text{دی‌الکل } 1\,mol}{\text{دی‌الکل } 62\,g} \times \frac{\text{دی‌الکل خالص } 60\,g}{\text{دی‌الکل ناخالص } 100\,g} \times \text{دی‌الکل ناخالص } 93\,g$$

روش دوم (تناسب):

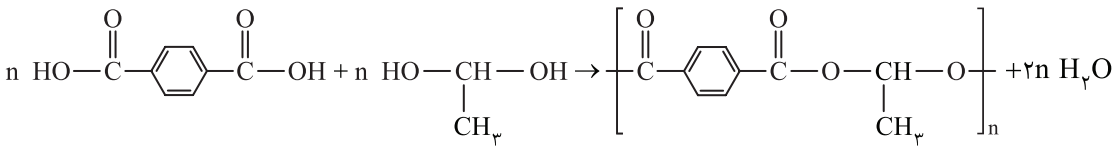
$$\frac{\text{جرم دی‌الکل}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم پلی‌استر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{\frac{93 \times 60}{100}}{n' \times 62} = \frac{304/2}{1 \times (268+14n)n'} \Rightarrow n=5$$

سپس جرم مولی دی‌اسید سازندهٔ پلی‌استر را به دست می‌آوریم:



فرمول مولکولی دی‌اسید، $C_{19}H_{20}O_4$ بوده و جرم مولی آن برابر ۳۱۲ گرم بر مول است.

B ۱۶۸۶ **۳**



$$n\,C_8H_6O_4 + n\,C_2H_6O_2 \rightarrow (C_{10}H_8O_4)_n + 2n\,H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,(C_{10}H_8O_4)_n = 3/1\,g\,C_2H_6O_2 \times \frac{1\,mol\,C_2H_6O_2}{62\,g\,C_2H_6O_2} \times \frac{1\,mol\,(C_{10}H_8O_4)_n}{n\,mol\,C_2H_6O_2} \times \frac{192n\,g\,(C_{10}H_8O_4)_n}{1\,mol\,(C_{10}H_8O_4)_n} = 9/6\,g\,(C_{10}H_8O_4)_n$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم دی‌الکل مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم پلی‌استر تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3/1}{n \times 62} = \frac{x\,g}{1 \times 192n} \Rightarrow x = 9/6\,g \text{ پلی‌استر}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O = 3/1\,g\,C_2H_6O_2 \times \frac{1\,mol\,C_2H_6O_2}{62\,g\,C_2H_6O_2} \times \frac{2n\,mol\,H_2O}{n\,mol\,C_2H_6O_2} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \frac{70}{100} = 1/26\,g\,H_2O$$

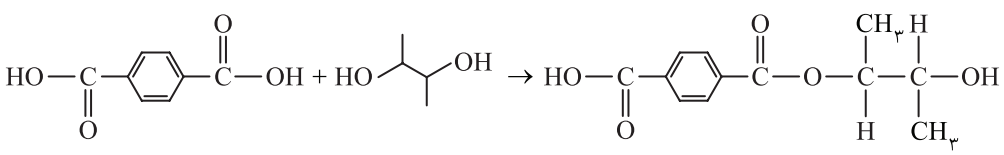
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم دی‌الکل مصرفی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \times \frac{R}{100} = \frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{3/1 \times \frac{70}{100}}{62 \times n} = \frac{x}{18 \times 2n} \Rightarrow x = 1/26\,g\,H_2O$$

توضیح محاسبات

$$\frac{2 \times 18 \times 3/1 \times 70}{62 \times 100} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{2 \times 18 \times 3/1 \times 70}{62 \times 100} = \frac{2 \times 18 \times 70}{20 \times 100} = 1/26$$

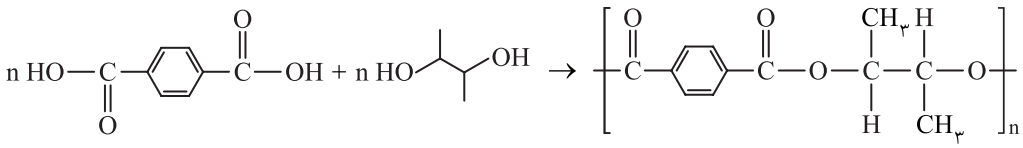
C ۱۶۸۷ **۲** عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. عبارت اول: در واکنش‌های استری و پلی‌استری شدن، از الکل اتم H و از اسید گروه OH جدا می‌شود:



عبارت دوم: اگر ۴ مولکول اسید دوعاملی با ۴ مولکول الکل دوعاملی وارد واکنش شوند، در مجموع ۷(۱−۱)(۲(۴)) گروه استری و ۷ مولکول آب ایجاد می‌شود. عبارت سوم: با توجه به فرمول واحد تکرارشوندهٔ این پلیمر، n را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی واحد تکرارشونده}=۱۲\times۱۲+۱۲\times۱+۴\times۱۶=۲۲۰\,g.mol^{-۱}\Rightarrow n=\frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرارشونده}}=\frac{۱۷۶۰۰۰\,g.mol^{-۱}}{۲۲۰\,g.mol^{-۱}}=۸۰۰$$

پس برای تهیهٔ پلیمر، باید ۸۰۰ اسید دوعاملی با ۸۰۰ الکل دوعاملی، با یکدیگر واکنش دهند.



$\Rightarrow$ فرمول شیمیایی پلی‌استر : $(C_{۱۲}H_{۱۲}O_۴)_n$

عبارت چهارم: در فرمول مولکولی واحد تکرار شوندهٔ این پلیمر، شمار اتم‌های کربن و هیدروژن با هم برابر و مساوی با ۱۲ است و تعداد آن‌ها ۳ برابر تعداد اتم‌های اکسیژن است.

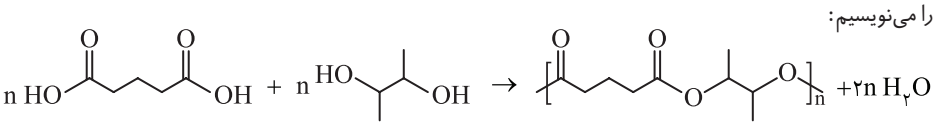
* **توجه** برای رسیدن به فرمول واحد تکرار شونده از روی فرمول مولکولی مونومرها، کافی است اتم‌های مونومرهای سازنده را با هم جمع کنید و از آن ۴ اتم H و ۲ اتم O کم کرده و آن را درون پرانتز با اندیس n قرار دهید.

عبارت پنجم: فرمول دی‌اسید و دی‌الکل به ترتیب به صورت $C_۸H_۶O_۴$ و $C_۴H_{۱۰}O_۲$ است:

$$\%O(C_۴H_{۱۰}O_۲)=\frac{۲\times۱۶}{(۴\times۱۲)+(۱۰\times۱)+(۲\times۱۶)}\times۱۰۰\simeq\%۳۵/۵$$

$$\%O(C_۸H_۶O_۴)=\frac{۴\times۱۶}{(۸\times۱۲)+(۶\times۱)+(۴\times۱۶)}\times۱۰۰\simeq\%۳۸/۵$$

C ۱۶۸۸ ۴ ابتدا معادله واکنش انجام شده را می‌نویسیم:



$$n\,C_۵H_۸O_۴+n\,C_۴H_{۱۰}O_۲\rightarrow(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n+۲n\,H_۲O$$

قسمت اول: سپس جرم اسید و الکل مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,(C_۵H_۸O_۴)=۶۲g\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n\times\frac{۱\,mol\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}{۱۸۶n\,g\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}\times\frac{n\,mol\,C_۵H_۸O_۴}{۱\,mol\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}\times\frac{۱۳۲g\,C_۵H_۸O_۴}{۱\,mol\,C_۵H_۸O_۴}=۴۴g\,C_۵H_۸O_۴$$

$$?\,g\,(C_۴H_{۱۰}O_۲)=۶۲g\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n\times\frac{۱\,mol\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}{۱۸۶n\,g\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}\times\frac{n\,mol\,C_۴H_{۱۰}O_۲}{۱\,mol\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}\times\frac{۹۰g\,C_۴H_{۱۰}O_۲}{۱\,mol\,C_۴H_{۱۰}O_۲}=۳۰g\,C_۴H_{۱۰}O_۲$$

اکنون تفاوت جرم الکل و اسید را محاسبه می‌کنیم:

اختلاف جرم اسید و الکل $=۴۴-۳۰=۱۴g$

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول اتم‌های کربن موجود در ۶۲ گرم پلی‌استر را محاسبه می‌کنیم:

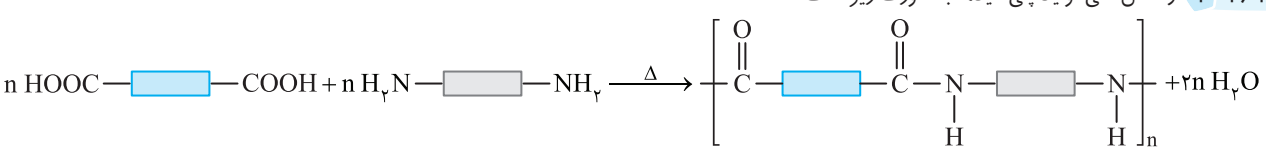
$$?\,mol\,C(\text{در پلی‌استر})=۶۲g\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n\times\frac{۱\,mol\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}{۱۸۶g\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}\times\frac{۹n\,mol\,C}{۱\,mol\,(C_۹H_{۱۴}O_۴)_n}=۳mol\,C$$

پلیمر به کار رفته در پلیمر به کار رفته در سرنگ پلاستیکی همان پلی‌پروپن با فرمول $+C_۳H_۶+_n$ است؛ پس خواهیم داشت:

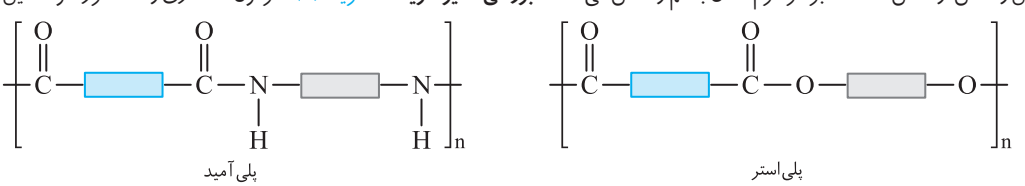
$$?\,g\,(C_۳H_۶)_n=۳mol\,C\times\frac{۱\,mol\,(C_۳H_۶)_n}{۳n\,mol\,C}\times\frac{۴۲n\,g\,(C_۳H_۶)_n}{۱\,mol\,(C_۳H_۶)_n}=۴۲g\,(C_۳H_۶)_n$$

A ۱۶۸۹ ۲ شکل نشان داده شده در صورت تست، الگویی از واحد تکرار شونده در پلی‌آمیدهاست. واکنش تولید پلی‌آمیدها مانند واکنش تولید پلی‌استرها است، با این تفاوت که به جای گروه عاملی هیدروکسیل، گروه عاملی آمین با عامل کربوکسیلیک اسید واکنش می‌دهد. آب، فراوردهٔ جانبی هر دو واکنش تولید پلی‌استرها و پلی‌آمیدها است. در ساختار پلی‌آمیدها برخلاف پلی‌استرها به واسطهٔ وجود گروه عاملی آمینی، اتم نیتروژن نیز دیده می‌شود.

A ۱۶۹۰ ۱ واکنش کلی تولید پلی‌آمیدها به‌صورت زیر است:



همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در این واکنش، واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن با هم واکنش می‌دهند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): فرمول ساختاری واحد تکرار شونده این دو پلیمر به‌صورت مقابل است:



پلی‌آمید — پلی‌استر

در ساختار بسیاری از پلی‌آمیدها برخلاف پلی‌استرها، اتم H متصل به اتم N وجود دارد، بنابراین پلی‌آمیدها برخلاف پلی‌استرها می‌توانند با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی تشکیل دهند. گزینهٔ (۳): مونومرهای سازندهٔ پلی‌آمیدها، دی‌آمین‌ها و دی‌اسیدها هستند. در حالی که متیل آمین، یک آمین تک‌عاملی است. گزینهٔ (۴): در ساختار واحد تکرارشوندهٔ بسیاری از پلی‌آمیدها حداقل ۶ جفت‌الکترون ناپیوندی دیده می‌شود. (هر اتم اکسیژن ۲ جفت و هر اتم نیتروژن ۱ جفت‌الکترون ناپیوندی)

A ۱۶۹۱ ۴ فقط عبارت (ت) درست است. کاربردهای نشان داده شده مربوط به کولار است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پوشاک دوخته شده از کولار، سبک و بسیار محکم بوده و در برابر ضربه، خراش و بریدگی مقاوم است. عبارت (ب): کولار یکی از معروف‌ترین پلی‌آمیدهاست. در ساختار پلی‌آمیدها چهار عنصر C، H، O و N وجود دارد. عبارت (پ): کولار از فولاد هم‌جرم خود، پنج برابر مقاوم‌تر است. عبارت (ت): از کولار در تهیهٔ تایر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس‌های مخصوص مسابقهٔ موتورسواری و جلیقه‌های ضدگلوله استفاده می‌شود.

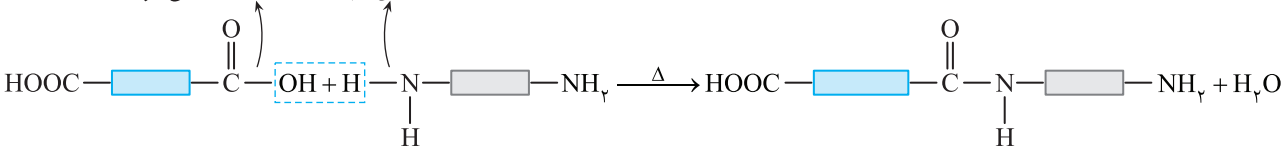
B ۱۶۹۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): واکنش تولید پلی‌استرها و پلی‌آمیدها به‌صورت زیر است:

آب + پلی‌آمید ← دی‌آمین + دی‌اسید

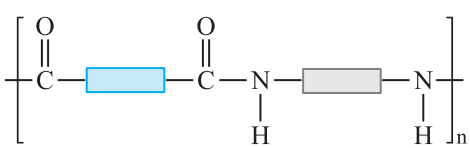
آب + پلی‌استر ← دی‌الکل + دی‌اسید

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، مولکول‌های دی‌اسید، واکنش‌دهندهٔ مشترک هر دو واکنش هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (ب) و (ث): معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت زیر است:

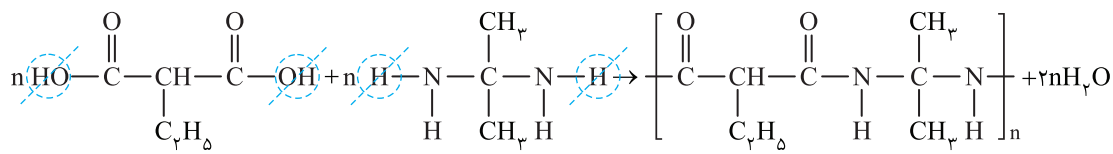
این پیوند (N—H) در آمین شکسته می‌شود. این پیوند (C—O) در اسید شکسته می‌شود.

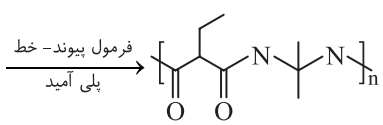


عبارت (پ): اگر n دی‌اسید و n دی‌آمین با هم ترکیب شوند، ۲n−۱ گروه عاملی آمیدی و ۲n−۱ مولکول آب تولید می‌شود. بنابراین در اثر ترکیب شدن ۴ دی‌آمین و ۴ دی‌اسید، ۷ گروه عاملی آمیدی و ۷ مولکول آب تولید می‌شود. عبارت (ت): واحد تکرارشوندهٔ پلی‌آمیدها به‌صورت مقابل است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در ساختار هر واحد تکرارشوندهٔ آن حداقل ۲ پیوند دوگانهٔ کربن - اکسیژن (C=O) وجود دارد که با احتساب n واحد تکرار شونده، می‌شود ۲n پیوند دوگانه.

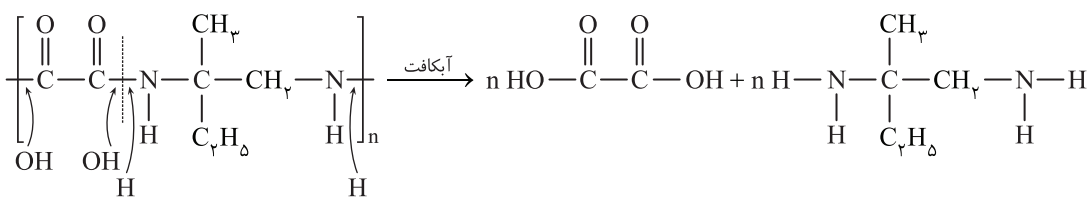


B ۱۶۹۳ ۱ قسمت اول: با توجه به ساختار دی‌اسید و دی‌آمین داده شده، می‌توان دریافت که قسمت اسیدی در واحد تکرارشوندهٔ پلی‌آمید باید شاخهٔ فرعی اتیل و قسمت آمینی باید دو شاخهٔ فرعی متیل داشته باشد؛ در بین گزینه‌ها، فقط مولکول گزینهٔ (۴) این دو شرط را دارد.

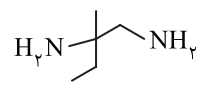




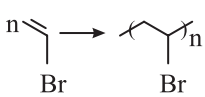
قسمت دوم: با توجه به ساختار پلی‌آمید داده شده، ساختار دی‌آمین سازندهٔ آن را تعیین کنید.



فرمول پیوند - خط دی‌آمین سازندهٔ آن به صورت مقابل است:



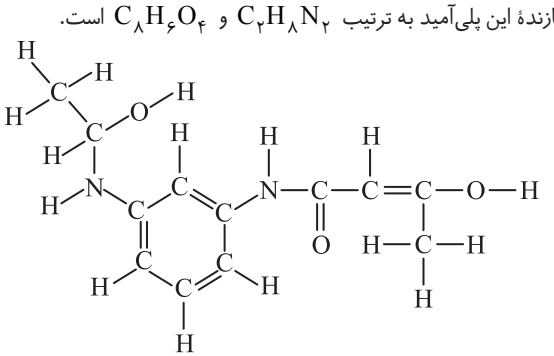
B ۱۶۹۴ ۱ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فرایند بسپارش این ترکیب به صورت مقابل است:



گزینهٔ (۲): ترکیب (۲) برخلاف ترکیب (۳)، توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود را دارد؛ بنابراین نقطهٔ جوش بیشتری خواهد داشت. گزینهٔ (۳): ترکیب (۴) و کولار هر دو جزء دستهٔ پلی‌آمیدها هستند. گزینهٔ (۴): فرمول شیمیایی دی‌آمین و دی‌اسید سازندهٔ این پلی‌آمید به ترتیب $C_2H_8N_2$ و $C_8H_6O_4$ است.

B ۱۶۹۵ ۳

* **توجه** در پاسخنامهٔ کلیدی منتشر شده توسط سازمان سنجش، جواب صحیح این سؤال گزینهٔ (۳) در نظر گرفته شده است. اگر چه طبق توضیحات، محاسبات و جواب تشریحی که در ادامه خواهید دید، عبارت هر چهار گزینه نادرست است. این ترکیب دو گروه عاملی هیدروکسیل، یک گروه آمینی و یک گروه آمیدی دارد. در واحد تکرارشوندهٔ پلی‌آمیدها حتماً باید گروه‌های عاملی کربوکسیلی و آمینی وجود داشته باشد که در این ترکیب گروه عاملی آمینی وجود ندارد؛ پس این ترکیب واحد تکرارشوندهٔ پلی‌آمید نیست.



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): فرمول شیمیایی این ترکیب $C_{۱۲}H_{۱۶}O_۳N_۲$ است؛ بنابراین شمار اتم‌های کربن در آن، ۴ برابر شمار اتم‌های اکسیژن است. گزینهٔ (۳):

با توجه به فرمول ساختاری ترکیب داده شده، در این ترکیب، ۲۸ پیوند یگانه و ۵ پیوند دوگانه بین اتم‌ها وجود دارد. $\frac{\text{شمار پیوندهای یگانه}}{\text{شمار پیوندهای دوگانه}}=\frac{۲۸}{۵}=۵/۶$

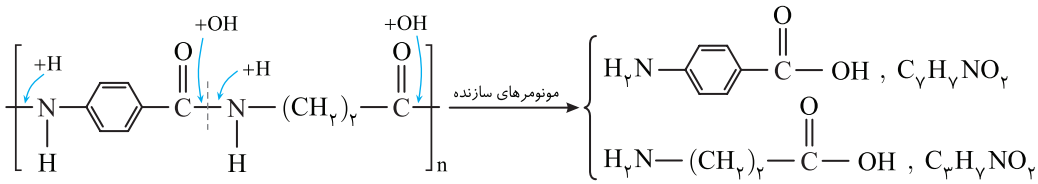
برای به‌دست آوردن کل پیوندها می‌توانید از فرمول زیر نیز استفاده کنید:

$$\text{شمار پیوندهای کووالانسی}=\frac{(۴\times C)+(۱\times H)+(۲\times O)+(۳\times N)+(۱\times \text{هالوژن})}{۲}=\frac{(۴\times ۱۲)+(۱\times ۱۶)+(۲\times ۳)+(۳\times ۲)}{۲}=\frac{۷۶}{۲}=۳۸$$

از این ۳۸ پیوند اشتراکی ۱۰ پیوند به شکل ۵ پیوند دوگانه وجود دارند، پس ۲۸ پیوند یگانه وجود دارد و نسبت شمار پیوندهای یگانه به شمار پیوندهای دوگانه برابر $(\frac{۲۸}{۵})$ ۵/۶ است. گزینهٔ (۴): در ترکیب‌های آلی، به ازای هر اتم اکسیژن، ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و به ازای هر اتم نیتروژن ۱ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد؛

بنابراین: $\frac{\text{شمار اتم‌های هیدروژن}}{\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}}=\frac{۱۶}{۸}=۲$ $\quad$ مجموع شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی $=(۳\times ۲)+(۲\times ۱)=۸$

B ۱۶۹۶ ۲ پلیمر داده شده نوعی پلی‌آمید است؛ برای به دست آوردن مونومرهای سازندهٔ آن، مطابق شکل زیر پیوند آمیدی را شکسته و به طرفین گروه OH و اتم H اضافه می‌کنیم:



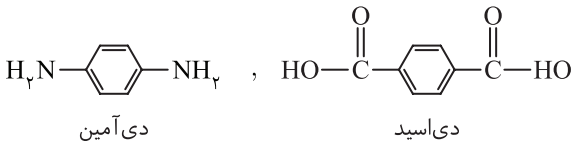
تفاوت جرم مولی مونومرهای سازندهٔ این دو پلیمر، برابر است با:

$$\begin{cases} C_۷H_۷NO_۲ \text{ جرم مولی}=(۷\times ۱۲)+(۷\times ۱)+(۱\times ۱۴)+(۲\times ۱۶)=۱۳۷g.mol^{-۱} \\ C_۳H_۷NO_۲ \text{ جرم مولی}=(۳\times ۱۲)+(۷\times ۱)+(۱\times ۱۴)+(۲\times ۱۶)=۸۹g.mol^{-۱} \end{cases} \Rightarrow \text{اختلاف جرم مولی}=۴۸g.mol^{-۱}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): فرمول مولکولی واحد تکرارشوندهٔ پلیمر به صورت: $C_{۱۰}H_{۱۰}N_۲O_۲$ است؛ در نتیجه اگر شمار واحدهای تکرارشونده (n) برابر با ۱۰۰۰ باشد، جرم مولی پلیمر برابر است با: $\text{جرم مولی پلیمر}=n\times\text{جرم مولی واحد تکرارشونده}=۱۰۰۰\times[(۱۰\times ۱۲)+(۱۰\times ۱)+(۲\times ۱۴)+(۲\times ۱۶)]=۱/۹\times ۱۰^۵ g.mol^{-۱}$

گزینهٔ (۳): در ساختار هر یک از مونومرهای سازنده، گروه عاملی آمینی و گروه عاملی اسیدی وجود دارد و در نتیجه این مونومرها از طریق گروه عاملی آمین خود می‌توانند با کربوکسیلیک اسید و از طریق گروه اسیدی خود می‌توانند با آمین مناسب، وارد واکنش شوند. گزینهٔ (۴): با توجه به فرمول مولکولی مونومرها ($C_۷H_۷NO_۲$ و $C_۳H_۷NO_۲$)، شمار اتم‌های هیدروژن در هر دو مونومر با یکدیگر برابر است و از طرفی هر مونومر در فرمول خود دارای دو اتم اکسیژن و یک اتم نیتروژن است. هر اتم O دارای دو جفت‌الکترون ناپیوندی و هر اتم N دارای یک جفت‌الکترون ناپیوندی بوده و بنابراین هر مونومر در ساختار خود دارای ۵ جفت‌الکترون ناپیوندی است.

B ۱۶۹۷ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): کولار یک پلی‌آمید ساختگی است که از واکنش دی‌آمین و دی‌اسید تولید می‌شود. این پلیمر از فولاد هم جرم خود پنج برابر مقاوم‌تر است. گزینهٔ (۲): از کولار در تهیهٔ تایر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس‌های مخصوص مسابقهٔ موتور سواری و جلیقه‌های ضد گلوله استفاده می‌شود. گزینهٔ (۳): ساختار دی‌اسید و دی‌آمین سازندهٔ کولار به صورت مقابل است. فرمول مولکولی دی‌اسید و دی‌آمین سازندهٔ کولار به ترتیب $C_۸H_۶O_۴$ و $C_۶H_۸N_۲$ است و تفاوت جرم آن‌ها برابر ۵۸ گرم بر مول است. گزینهٔ (۴): این پلیمر دارای گروه عاملی آمیدی است؛ بنابراین یک پلی‌آمید محسوب می‌شود. مونومرهای سازندهٔ کولار (دی‌امین و دی‌اسید) هر دو دارای حلقهٔ بنزنی بوده و آروماتیک هستند.



دی‌آمین $\quad$ دی‌اسید

B ۱۶۹۸ ۳ **بررسی موارد:** مورد اول: پلی‌آمید B از چهار نوع عنصر کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن و پلی‌استر A از سه نوع عنصر کربن، هیدروژن و اکسیژن ساخته شده است؛ بنابراین شمار نوع عناصر پلی‌آمید B از پلی‌استر A بیشتر است. مورد دوم: در پلی‌آمید B، اتصال اتم هیدروژن به اتم نیتروژن وجود دارد، از این‌رو امکان برقراری پیوند هیدروژنی در میان مولکول‌های پلی‌آمید وجود دارد. اما در پلی‌استر A، اتم‌های هیدروژن فقط به اتم کربن اتصال دارد و امکان برقراری پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های پلی‌استر وجود ندارد. مورد سوم: اگر n در هر دو پلیمر برابر ۸۰۰ باشد، فرمول پلی‌استر A و پلی‌آمید B به ترتیب $+C_{۱۴}H_۸O_۴+_n$ و $+C_{۱۴}H_{۱۰}O_۲N_۲+_n$ است. تفاوت جرم مولی این دو پلیمر برابر ۱۶۰۰ گرم بر مول خواهد بود:

$$\text{جرم پلیمر A}=۸۰۰[(۱۴\times ۱۲)+(۸\times ۱)+(۴\times ۱۶)]-۸۰۰[(۱۴\times ۱۲)+(۱۰\times ۱)+(۲\times ۱۶)+(۲\times ۱۴)]=۱۶۰۰g.mol^{-۱}$$

گزینهٔ (۴): ساختار دی‌اسید و دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر A به صورت زیر است:

ساختار دی‌الکل: $HO-C_۶H_۴-OH$

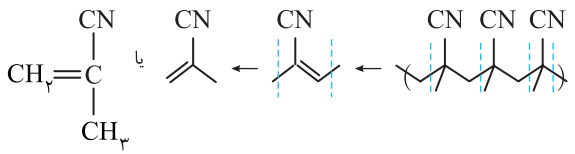
ساختار دی‌اسید: $HO-C(=O)-C_۶H_۴-C(=O)-OH$

دی‌اسید و دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر A دارای حلقهٔ بنزنی بوده و آروماتیک هستند. فرمول مولکولی دی‌اسید و دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر به ترتیب $C_۸H_۶O_۴$ و $C_۶H_۶O_۲$ بوده و تفاوت جرم مولی آن‌ها برابر ۵۶ گرم بر مول است.

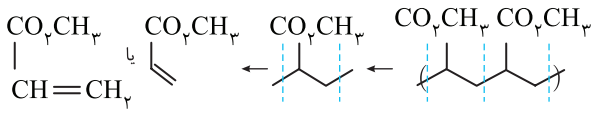
$$\begin{cases} C_۸H_۶O_۴ \text{ جرم مولی}=(۸\times ۱۲)+(۶\times ۱)+(۴\times ۱۶)=۱۶۶g.mol^{-۱} \\ C_۶H_۶O_۲ \text{ جرم مولی}=(۶\times ۱۲)+(۶\times ۱)+(۲\times ۱۶)=۱۱۰g.mol^{-۱} \end{cases} \Rightarrow \text{اختلاف جرم مولی}=۱۶۶-۱۱۰=۵۶g.mol^{-۱}$$

B ۱۶۹۹ ۱ منظور این تست از واحد تکرارشوندهٔ پلیمر همان مونومر است. مونومر سازندهٔ پلیمر هر گزینه را بررسی می‌کنیم:

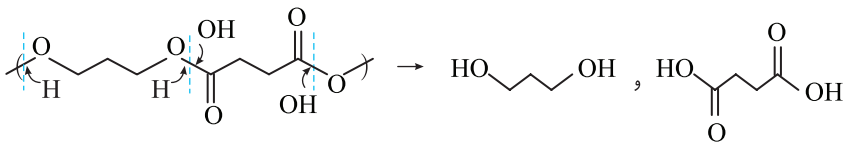
گزینهٔ (۱):



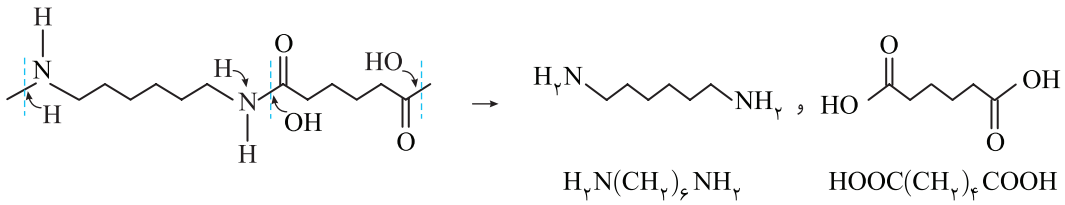
گزینهٔ (۲):



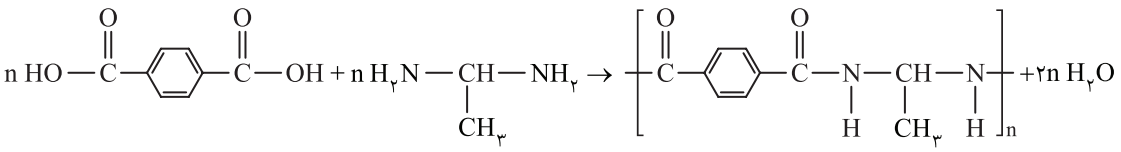
گزینهٔ (۳):



گزینهٔ (۴):



B ۱۷۰۰ ۴ قسمت اول: معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت زیر است:



$$n\,C_8H_6O_4 + n\,C_2H_8N_2 \rightarrow (C_{10}H_{10}O_2N_2)_n + 2nH_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,(C_{10}H_{10}O_2N_2)_n = 41/5\,g\,C_8H_6O_4 \times \frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{166\,g\,C_8H_6O_4} \times \frac{1\,mol\,(C_{10}H_{10}O_2N_2)_n}{n\,mol\,C_8H_6O_4} \times \frac{190n\,g\ \text{پلی‌آمید}}{1\,mol\,(C_{10}H_{10}O_2N_2)_n} = 47/5\,g\,(C_{10}H_{10}O_2N_2)_n$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم دی‌اسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم پلی‌آمید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{41/5}{166\times n} = \frac{x}{190n\times 1} \Rightarrow x = 47/5\,g$$

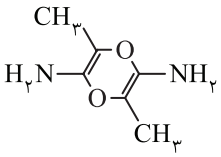
قسمت دوم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,C_2H_8N_2 = 41/5\,g\,C_8H_6O_4 \times \frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{166\,g\,C_8H_6O_4} \times \frac{n\,mol\,C_2H_8N_2}{n\,mol\,C_8H_6O_4} \times \frac{60\,g\,C_2H_8N_2}{1\,mol\,C_2H_8N_2} = 15\,g\,C_2H_8N_2$$

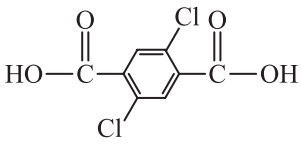
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم دی‌آمین}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم دی‌اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{41/5}{166\times 1} = \frac{x}{60} \Rightarrow x = 15\,g\,C_2H_8N_2$$

B ۱۷۰۱ ۴ در واکنش تولید پلی‌آمید، دی‌اسید ۲ تا OH و دی‌آمین ۲ تا H از دست می‌دهند؛ بنابراین ساختار دی‌اسید و دی‌آمین سازندهٔ این پلی‌آمید به صورت مقابل است:



دی‌آمین



دی‌اسید

فرمول مولکولی دی‌اسید و دی‌آمین سازندهٔ این پلی‌آمید به ترتیب $C_8H_4Cl_2O_4$ و $C_6H_{10}N_2O_2$ است.

قسمت اول: تفاوت جرم مولی دو مونومر برابر است با:

$$\text{تفاوت جرم مولی دی‌اسید و دی‌آمین} = 235\,g.mol^{-1} - 142\,g.mol^{-1} = 93\,g.mol^{-1}$$

قسمت دوم: شمار پیوندهای اشتراکی (جفت‌الکترون‌های پیوندی) در مولکول‌ها را می‌توان از رابطهٔ زیر به دست آورد:

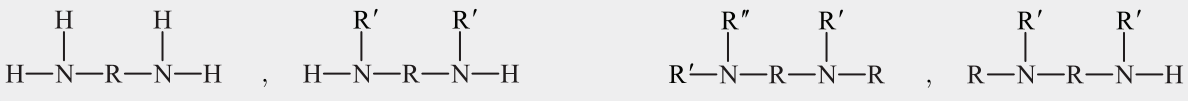
$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(\text{تعداد هیدروژن و هالوژن}\times 1) + (\text{تعداد اکسیژن}\times 2) + (\text{تعداد نیتروژن}\times 3) + (\text{تعداد کربن}\times 4)}{2}$$

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی دی‌آمین} = \frac{(4\times 6) + (3\times 2) + (2\times 2) + (10)}{2} = 22 \quad , \quad \text{شمار پیوندهای اشتراکی دی‌اسید} = \frac{(4\times 8) + (2\times 4) + (4) + (2)}{2} = 23$$

تفاوت شمار پیوندهای اشتراکی دی‌اسید و دی‌آمین برابر یک است.

C ۱۷۰۲ ۳

نکته‌ترکیبی برای آن‌که یک واکنش تولید پلی‌آمید انجام شود، نیاز است تا از دی‌آمینی استفاده کنیم که به هر دو گروه آمین آن، هرکدام حداقل یک اتم هیدروژن متصل باشد، در غیر این‌صورت آن دی‌آمین نمی‌تواند وارد واکنش آمیدی شدن شود. دی‌آمین‌های سمت چپ می‌توانند در واکنش ذکر شده شرکت کنند. در عوض دی‌آمین‌های سمت راست یا در واکنش تولید پلی‌آمید نمی‌توانند شرکت کنند و یا به‌طور کلی نمی‌توانند با کربوکسیلیک اسیدها وارد واکنش شوند:



موارد دوم، چهارم و پنجم می‌توانند فرمول پیوند - خط دی‌آمین مورد نظر باشند. فرمول مولکولی دی‌اسید داده شده به‌صورت $C_4H_6O_4$ است. باید فرمول مولکولی دی‌آمین را به‌دست آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{جرم مولی دی‌آمین} = \frac{۴۴/۴\,g}{۰/۶\,mol} = ۷۴\,g.mol^{-۱} \quad , \quad ۷۰/۸\,g\,C_4H_6O_4 \times \frac{۱\,mol\,C_4H_6O_4}{۱۱۸\,g\,C_4H_6O_4} \times \frac{n\,mol\,\text{دی‌آمین}}{n\,mol\,C_4H_6O_4} = ۰/۶\,mol\,\text{دی‌آمین}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم دی‌اسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم دی‌آمین}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۷۰/۸}{۱۱۸\times n} = \frac{۴۴/۴}{x\times n} \Rightarrow x = ۷۴\,g.mol^{-۱}$$

با توجه به اینکه در همهٔ موارد داده شده، گروه‌های R موجود در دی‌آمین سیرشده هستند، پس فرم کلی این دی‌آمین‌ها به صورت $C_nH_{۲n+۴}$ بوده و جرم مولی آن‌ها از فرمول «$۱۴n+۳۲$» به دست می‌آید. اکنون تعداد اتم‌های کربن موجود در دی‌آمین را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی دی‌آمین} = ۱۴n+۳۲ = ۷۱ \Rightarrow ۱۴n = ۴۲ \Rightarrow n = ۳$$

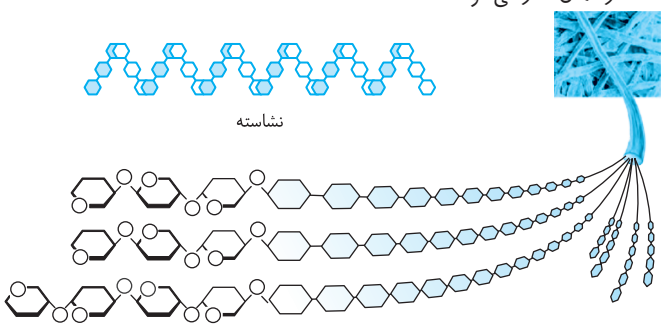
پس باید به دنبال دی‌آمین‌های ۳ کربنی باشیم. موارد دوم، چهارم، پنجم و ششم دارای سه اتم کربن هستند ولی دقت کنید که در ساختار دی‌آمین باید به هر اتم نیتروژن حداقل یک اتم H متصل باشد تا بتواند در واکنش شرکت کند که در مورد ششم این‌گونه نیست.

A ۱۷۰۳ ۲ پلیمر نشان داده شده در شکل، نشاسته است. نشاسته جزء پلی‌ساکاریدهاست و از اتصال مولکول‌های گلوکز به یکدیگر ساخته شده است. نان و سیب‌زمینی غنی از نشاسته هستند و مزهٔ شیرینی که پس از جویدن آن‌ها در دهان ایجاد می‌شود، به دلیل وجود نشاسته در ساختار آن‌هاست. در ساختار این پلیمر حلقهٔ بنزن وجود ندارد و این ترکیب آروماتیک نیست.

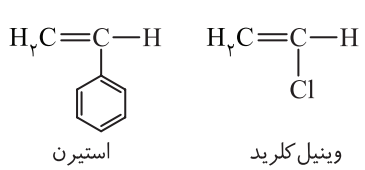
A ۱۷۰۴ ۳ فرایند گوارش نشاسته را می‌توان به‌صورت «گلوکز $\xrightarrow{\text{آنزیم}}$ نشاسته + آب» نشان داد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): شیمی‌دان‌ها براساس یافته‌های تجربی دریافته‌اند که مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به آرامی به مونومرهای سازنده (گلوکز) تبدیل می‌شوند و مزهٔ شیرین ایجاد می‌کنند. گزینهٔ (۴): فرایند گوارش نشاسته از دهان آغاز می‌شود.

A ۱۷۰۵ ۳ موارد (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی موارد:** مورد (الف): فرایند تجزیهٔ نشاسته به مولکول‌های گلوکز، یک واکنش شیمیایی است. مورد (ب): شکل‌های مقابل را با هم مقایسه کنید. در ساختار سلولز، همهٔ مونومرها در امتداد یک خط قرار دارند، اما در ساختار نشاسته مونومرها به‌صورت خمیده به یکدیگر متصل شده‌اند. مورد (پ): نشاسته، پلی‌استرها و پلی‌آمیدها می‌توانند آبکافت شوند. مورد (ت): نشاسته از مونومرهای گلوکز تشکیل شده در حالی که هگزانول، الکلی تک‌عاملی با ۶ اتم کربن است. $C_6H_{14}O$: فرمول مولکولی هگزانول

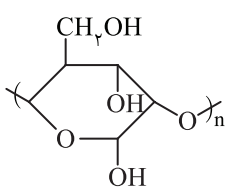
$C_6H_{12}O_6$: فرمول مولکولی گلوکز



B ۱۷۰۶ ۱ مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب با کاتالیزگر و یا محیط مرطوب و گرم به آرامی به مونومرهای سازندهٔ خود تبدیل می‌شوند. پلی‌آمیدها و پلی‌استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به مونومرهای سازنده تبدیل می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): تعداد اتم‌های هیدروژن در هر مولکول استیرن (C_8H_8) برابر ۸ و تعداد پیوندهای دوگانه در هر مولکول وینیل کلرید برابر ۱ است؛ از این‌رو تعداد اتم‌های هیدروژن هر مولکول استیرن ۸ برابر تعداد پیوندهای دوگانه در هر مولکول وینیل کلرید است. گزینهٔ (۳): کولار یک پلی‌آمید است که از فولاد هم‌جرم خود پنج برابر مقاوم‌تر است. گزینهٔ (۴): با جایگزین کردن یکی از اتم‌های هیدروژن مولکول اتن با گروه سیانید ($-CN$)، سیانواتن ایجاد می‌شود که به عنوان مونومر برای تولید پتو استفاده می‌شود.



B ۱۷۰۷ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** مورد اول: مولکول‌های نشاسته در واکنش با آب به آرامی به مونومرهای سازندهٔ خود (گلوکز) تجزیه می‌شوند، اما پلی‌آمید در واکنش با آب به مونومرهای سازندهٔ خود (دی‌اسید و دی‌آمین) تجزیه می‌شوند؛ بنابراین واکنش نشاسته با آب یک نوع فراورده و واکنش پلی‌آمید با آب دو نوع فراورده تولید می‌کند. مورد دوم: پلی‌آمیدها و پلی‌استرها در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به مونومرهای سازنده تبدیل می‌شوند. مورد سوم: نشاسته، پلیمری از گلوکز با ساختار مقابل است: (فرمول مولکولی واحد تکرارشونده $C_6H_{10}O_5$ است.)



تعداد واحدهای تکرار شوندهٔ نشاسته با جرم مولی $58320\,g.mol^{-1}$ برابر است با:

$$n=\frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرار شونده}}=\frac{58320\,g.mol^{-1}}{162\,g.mol^{-1}}=3600$$

مورد چهارم: کولار یک پلی‌آمید است و مقاومت آن پنج برابر فولاد هم‌جرم خود است.

B ۱۷۰۸ ۱ واکنش تبدیل نشاسته (یا هر پلی‌ساکاریدی مثل نشاسته) به گلوکز به‌صورت مقابل است:

$$C_{900}H_{1400}O_{700}+x\,H_2O\rightarrow n\,C_6H_{12}O_6$$

ابتدا باید مقدار n و x را به‌دست آوریم. واکنش را موازنه می‌کنیم: موازنهٔ اتم اکسیژن, $6(150)=700+x\Rightarrow x=200$ موازنهٔ اتم کربن $6n=900\Rightarrow n=150$

بنابراین معادلهٔ واکنش تجزیهٔ این نمونه نشاسته به‌صورت $C_{900}H_{1400}O_{700}+200H_2O\rightarrow 150C_6H_{12}O_6$ است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O=0/4\,mol\,\text{نشاسته}\times\frac{200\,mol\,H_2O}{1\,mol\,\text{نشاسته}}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=1440\,g\,H_2O$$

$$?\,mol\,C_6H_{12}O_6=0/4\,mol\,\text{نشاسته}\times\frac{150\,mol\,C_6H_{12}O_6}{1\,mol\,\text{نشاسته}}=60\,mol\,C_6H_{12}O_6$$

روش دوم (تناسب):

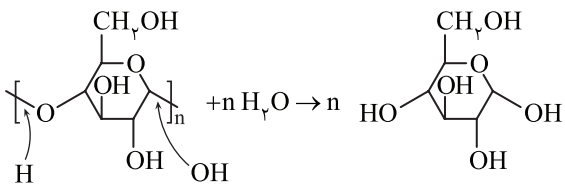
$$\frac{\text{مول نشاسته}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول گلوکز}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{0/4}{1}=\frac{x}{150}=\frac{y}{200\times18}\Rightarrow x=60\,mol\,C_6H_{12}O_6\ ,\ y=1440\,g\,H_2O$$

C ۱۷۰۹ ۴ معادلهٔ واکنش تجزیهٔ پلیمر داده شده به‌صورت روبه‌رو است:

$$(C_6H_{10}O_5)_n+nH_2O\rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

ابتدا باید تعداد مول گلوکز تولید شده در اثر تجزیهٔ این پلی‌ساکارید را به‌دست آوریم:

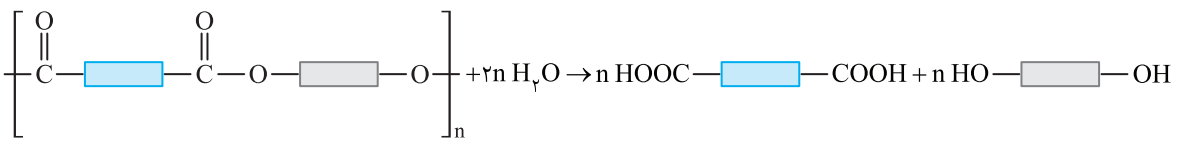
$$?\,mol\,C_6H_{12}O_6=64/8\,g\,(C_6H_{10}O_5)_n\times\frac{1\,mol\,(C_6H_{10}O_5)_n}{162n\,g\,(C_6H_{10}O_5)_n}\times\frac{n\,mol\,C_6H_{12}O_6}{1\,mol\,(C_6H_{10}O_5)_n}=0/4\,mol\,C_6H_{12}O_6$$



معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش فتوسنتز به‌صورت $6CO_2(g)+6H_2O(l)\rightarrow C_6H_{12}O_6(s)+6O_2(g)$ است.

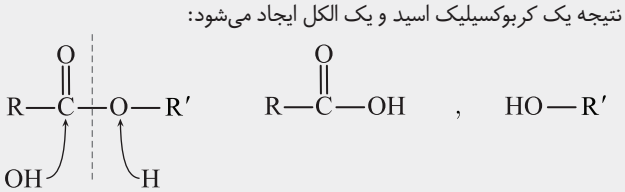
$$?\,g\,CO_2=0/4\,mol\,C_6H_{12}O_6\times\frac{6\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=105/6\,g\,CO_2$$

A ۱۷۱۰ ۳ H_2SO_4، کاتالیزگر واکنش آبکافت استرهاست، بنابراین محیط اسیدی باعث افزایش سرعت واکنش آبکافت استرها می‌شود. معادلهٔ واکنش آبکافت پلی‌استرها به‌صورت زیر است:

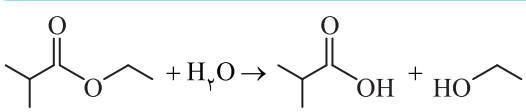


B ۱۷۱۱ ۳

نکته ترکیبی **فراورده‌های حاصل از آبکافت استرها:** برای رسیدن به فراورده‌های اسیدی و الکلی حاصل از آبکافت استر، پیوند یگانهٔ کربن - اکسیژن $(C-O)$ را شکسته و به اتم کربن یک گروه OH و به اتم اکسیژن یک اتم H متصل می‌کنیم. در نتیجه یک کربوکسیلیک اسید و یک الکل ایجاد می‌شود:



معادلهٔ واکنش این پلی‌استر با آب به صورت مقابل است.



بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): الکل ایجاد شده اتانول بوده که تک‌عاملی است. برای تولید پلی‌استر، اسید و الکل باید دوعاملی باشند. گزینهٔ (۲): فرمول مولکولی اسید ایجاد شده، $C_4H_8O_2$ و ساده‌ترین سیکلو آلکان، سیکلوپروپان (C_3H_6) است. اسید ایجاد شده یک کربن بیشتر از سیکلوپروپان دارد. گزینهٔ (۳): از واکنش اتن با آب در شرایط مناسب می‌توان اتانول تولید کرد. گزینهٔ (۴): اسید ایجاد شده، یک اسید تک‌عاملی است. برای تولید پلی‌آمید، اسید و آمین باید دوعاملی باشند.

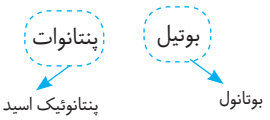
$$CH_2=CH_2+H_2O\rightarrow CH_2(OH)-CH_2$$

B ۱۷۱۲ ۴ نام استرها بر وزن آلکیل آلکانوات است. قسمت آلکیل مربوط به نام الکل و قسمت آلکانوات مربوط به نام کربوکسیلیک اسید سازندهٔ استر است.



پروپانول: $C_3H_8O \rightarrow$ جرم مولی: $60 g.mol^{-1}$

اتانوئیک اسید: $C_2H_4O_2 \rightarrow$ جرم مولی: $60 g.mol^{-1}$



بوتانول: $C_4H_{10}O \rightarrow$ جرم مولی: $74 g.mol^{-1}$

پنتانوئیک اسید: $C_5H_{10}O_2 \rightarrow$ جرم مولی: $102 g.mol^{-1}$



متانول: $CH_3OH \rightarrow$ جرم مولی: $32 g.mol^{-1}$

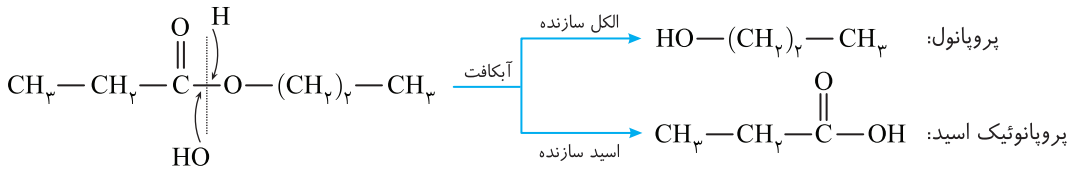
متانوئیک اسید: $HCOOH \rightarrow$ جرم مولی: $46 g.mol^{-1}$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): واکنش آبکافت استر، همان واکنش برگشت تولید استر از الکل و کربوکسیلیک اسید است.

الکل + اسید ⟶ آب + استر: واکنش آبکافت استر

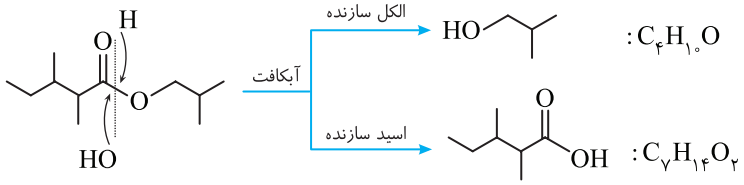
آب + استر ⟶ الکل + اسید: واکنش تولید استر

عبارت (ب):



عبارت (پ): اگر یکی از فراورده‌های آبکافت $C_5H_{10}O_2$ متانول باشد، فراوردهٔ دیگر باید اسیدی ۴ کربنه باشد، در نتیجه کربوکسیلیک اسید سازندهٔ این استر بوتانوئیک اسید است. استر سازندهٔ بو و طعم آناناس، اتیل بوتانوات است. اسید سازندهٔ این استر، بوتانوئیک اسید می‌باشد.

عبارت (ت): اختلاف شمار اتم‌های هیدروژن در هر واحد فرمولی از الکل و اسید سازندهٔ این استر برابر با $4 \; (10-14)$ است.



B ۱۷۱۳ ۱ می‌دانیم از آبکافت یک استر در محیط اسیدی، الکل و کربوکسیلیک اسید تولید می‌شود: الکل + کربوکسیلیک اسید $\xleftarrow{\text{محیط اسیدی}}$ آب + استر

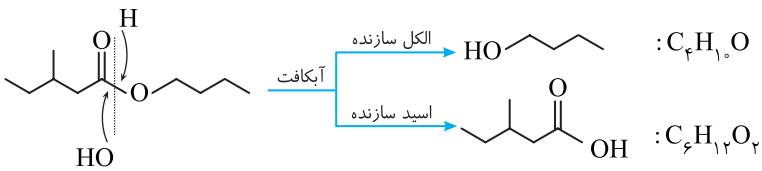
با توجه به اینکه الکل تشکیل شده انحلال‌پذیری کمی در آب دارد، باید در مولکول خود بیش از ۵ کربن داشته باشد و چون اسید تولید شده به هر نسبتی در آب حل می‌شود باید تعداد کربن‌های موجود در هر مولکول آن ۴ یا کمتر از ۴ باشد؛ بنابراین گزینه‌های (۲) و (۳) نمی‌توانند درست باشند؛ زیرا اتانول و پروپانوئیک اسید به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. همچنین گزینهٔ (۴) نیز نمی‌تواند درست باشد؛ زیرا پنتانوئیک اسید به هر نسبتی در آب حل نمی‌شود.

★ **نکته** در الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی، با افزایش شمار اتم‌های کربن بخش هیدروکربنی (R)، میزان انحلال‌پذیری آن‌ها در آب کاهش می‌یابد.

۱) الکل‌های تک‌عاملی دارای ۱ تا ۵ اتم کربن، در آب محلول هستند و الکل‌هایی که ۱ تا ۳ اتم کربن دارند به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.

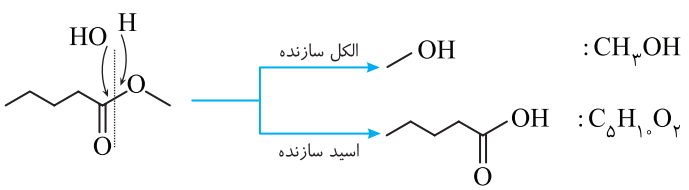
۲) کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی دارای ۱ تا ۷ اتم کربن، در آب محلول هستند و اسیدهای آلی که ۱ تا ۴ اتم کربن دارند، به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.

B ۱۷۱۴ ۴ همهٔ عبارت‌ها جمله را به‌درستی تکمیل می‌کنند.



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول مولکولی اسید: $C_6H_{12}O_2 \Rightarrow$ مجموع شمار اتم‌ها $= 6+12+2 = 20$

عبارت (ب): الکل سازندهٔ این استر یک ترکیب قطبی و محلول در آب است و در آن پیوند هیدروژنی بر نیروهای وان‌دروالسی غلبه می‌کند. عبارت (پ): استرها و کربوکسیلیک اسیدهایی با تعداد اتم کربن برابر، فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوتی دارند و ایزومر یکدیگرند. کربوکسیلیک اسید سازندهٔ این استر، ۶ اتم کربن دارد. عبارت (ت): شمار اتم‌های هیدروژن در هر دو مولکول برابر با ۱۰ است.

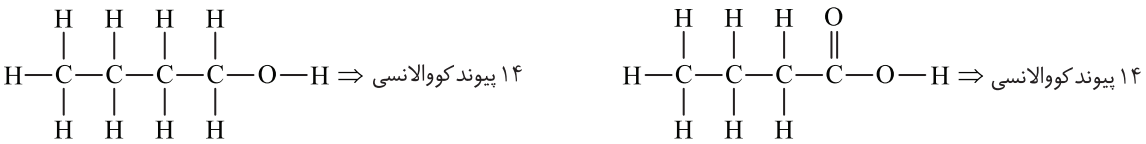


۱۷۱۵ **۴** باید اسید و الکل سازندهٔ این استر را پیدا کنیم. با توجه به فرمول عمومی استرها که به‌صورت $C_nH_{2n}O_2$ است، فرمول مولکولی یک استر تک‌عاملی سیرشدهٔ خطی با ۱۶ اتم هیدروژن به‌صورت $C_8H_{16}O_2$ است. با توجه به جرم مولی الکل داریم:

$$\text{فرمول عمومی الکل‌ها: } C_nH_{2n+2}O \Rightarrow \text{جرم مولی} = 14n+18 = 74 \Rightarrow n=4 \Rightarrow \text{الکل: } C_4H_{10}O$$

$$C_4H_{10}O + \text{اسید} \rightarrow C_8H_{16}O_2 + H_2O \Rightarrow \text{اسید: } C_4H_8O_2$$

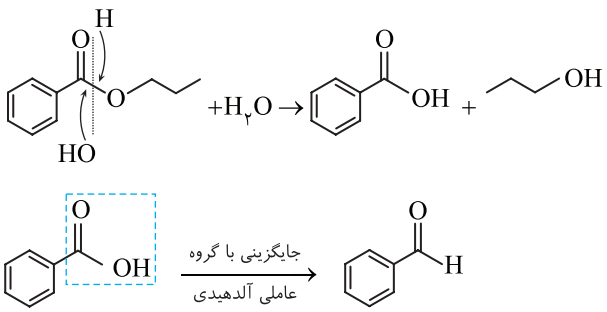
بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): اسید و الکل سازندهٔ این استر بوتانوئیک اسید و بوتانول هستند، بنابراین نام این استر بوتیل بوتانوات است. گزینهٔ (۲): در فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید سازندهٔ این استر، ۸ اتم هیدروژن و ۲ اتم اکسیژن وجود دارد. گزینهٔ (۳): ساختار اسید و الکل سازندهٔ این استر به‌صورت زیر است:



★ **نکته** شمار پیوندهای کووالانسی در اسیدها و الکل‌های تک‌عاملی خطی سیرشده با تعداد کربن یکسان، با هم برابر است و از رابطهٔ $3n+2$ به‌دست می‌آید که n در این رابطه شمار اتم‌های کربن است.

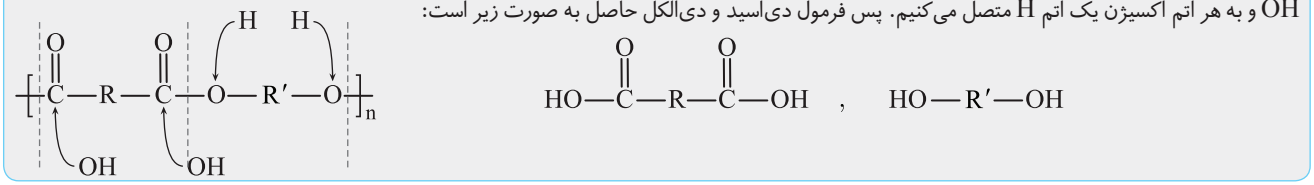
گزینهٔ (۴): بوتانول یک الکل محلول در آب است ولی به هر نسبتی در آب حل نمی‌شود.

۱۷۱۶ **۲** عبارت گزینهٔ (۲) برخلاف سایر گزینه‌ها درست است. کربوکسیلیک اسید سازندهٔ این استر، بنزوئیک اسید است. این ترکیب جزء نگهدارنده‌هاست و سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد مادهٔ غذایی می‌شود را کاهش می‌دهد. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): الکل سازندهٔ این استر، پروپانول با فرمول C_3H_8O و ساده‌ترین کتون، استون با فرمول مولکولی C_3H_6O می‌باشد. جرم مولی پروپانول به اندازهٔ $2g.mol^{-1}$ بیشتر از جرم مولی استون است. گزینهٔ (۳): ترکیب به‌دست آمده، بنزآلدهید است. این ترکیب در بادام یافت می‌شود. ترکیب آلی موجود در میخک «۲-هپتانون» است. گزینهٔ (۴): در مولکول اسید سازندهٔ این استر ۶ اتم هیدروژن و در مولکول الکل سازندهٔ آن ۸ اتم هیدروژن وجود دارد.

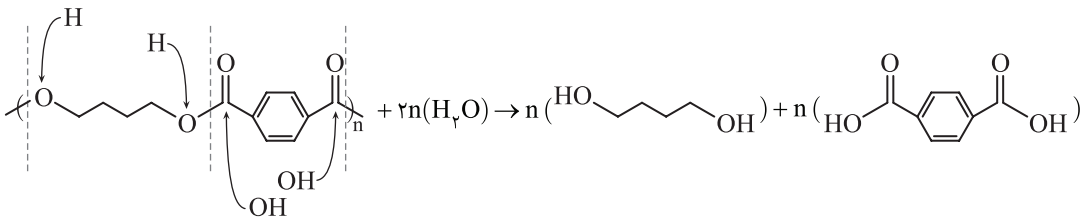


۱۷۱۷ **۴**

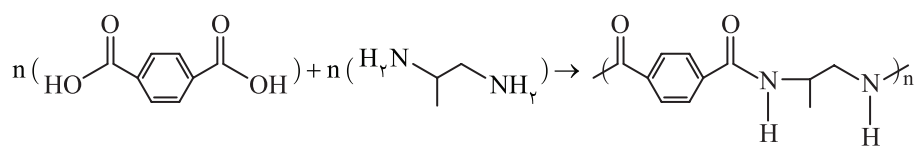
نکته ترکیبی **فراورده‌های حاصل از آبکافت پلی‌استرها:** در آبکافت پلی‌استرها، پیوندهای یگانه کربن - اکسیژن $(C-O)$ را شکسته و به هر اتم کربن، یک گروه OH و به هر اتم اکسیژن یک اتم H متصل می‌کنیم. پس فرمول دی‌اسید و دی‌الکل حاصل به صورت زیر است:



همهٔ موارد درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: فرمول مولکولی این پلی‌استر به صورت $(C_{12}H_{12}O_4)_n$ است. مورد دوم: معادلهٔ واکنش آبکافت این پلی‌استر به صورت زیر است:



دی‌اسید حاصل دارای یک حلقهٔ بنزنی بوده و آروماتیک است و فرمول مولکولی آن به صورت $C_8H_6O_4$ می‌باشد. مورد سوم: دی‌الکل حاصل به دلیل داشتن دو گروه عاملی $(-OH)$، نیروی جاذبهٔ قطبی قوی‌تری نسبت به الکل تک‌عاملی C_4H_9OH داشته و انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. مورد چهارم: معادلهٔ واکنش دی‌اسید و دی‌آمین مورد نظر به صورت زیر است:



۱۷۱۸ **۴** قسمت اول: در اثر آبکافت هر مول استر تک‌عاملی در شرایط مناسب، یک مول اسید تک‌عاملی و یک مول الکل تک‌عاملی ایجاد می‌شود. به‌طوری که مجموع شمار اتم‌های کربن اسید و الکل تولیدی با شمار اتم‌های کربن استر برابر است. از آنجا که الکل تولیدی بوتانول (C_4H_9OH) است و ۴ اتم کربن دارد، پس اسید آلی دارای ۶ اتم کربن بوده و فرمول آن به‌صورت $C_5H_{11}COOH$ می‌باشد. معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است:

$$C_9H_{20}CO_2 + H_2O \rightarrow C_4H_9OH + C_5H_{11}COOH$$

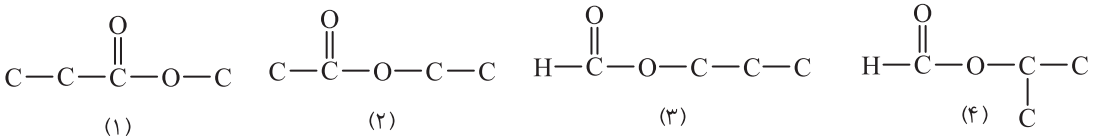
قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_9H_{20}CO_2=29g\,C_5H_{11}COOH\times\frac{1mol\,C_5H_{11}COOH}{116g\,C_5H_{11}COOH}\times\frac{1mol\,C_9H_{20}CO_2}{1mol\,C_5H_{11}COOH}\times\frac{172g\,C_9H_{20}CO_2}{1mol\,C_9H_{20}CO_2}=43g\,C_9H_{20}CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم استر}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{29}{1\times116}=\frac{x\,g}{1\times172}\Rightarrow x=43g\ \text{استر}$$

B ۱۷۱۹ ۳ ساختارهای مربوط به استر با توجه به اسید و الکل سازندهٔ آن عبارت‌اند از:



(۱) (۲) (۳) (۴)

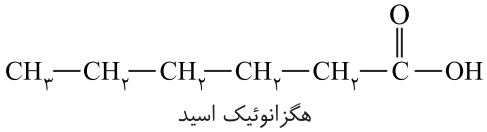
متیل پروپانوات (ساختار (۱)) در اثر آبکافت به متانول و پروپانوئیک اسید تبدیل می‌شود.

$$?\,g\,C_3H_6O_2=35/2g\ \text{استر}\times\frac{1mol\ \text{استر}}{88g\ \text{استر}}\times\frac{1mol\ \text{اسید}}{1mol\ \text{استر}}\times\frac{74g\ \text{اسید}}{1mol\ \text{اسید}}=29/6g\ \text{اسید}$$

$$\frac{35/2\times74}{88}=?\xrightarrow[\text{در نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}}\frac{352\times74}{88}=4\times74=296$$

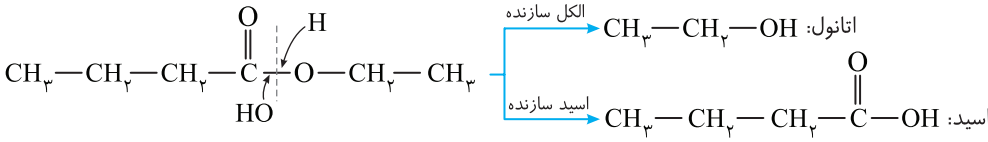
توضیح محاسبات پاسخ از جنس ۲۹۶ است. (پاسخ: ۲۹/۶)

C ۱۷۲۰ ۴ همهٔ موارد درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: می‌دانیم که استرها و کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی با زنجیر هیدروکربنی خطی و سیرشده که دارای شمار یکسان اتم کربن هستند، با یک‌دیگر هم‌پارند. فرمول مولکولی هر دو ترکیب ذکر شده $C_6H_{12}O_2$ است.



هگزانوئیک اسید

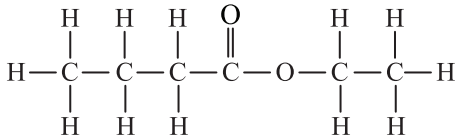
عبارت دوم: برای تشخیص اسید و الکل سازندهٔ یک استر کافی است پیوند $C-O$ آن را شکسته و به اتم اکسیژن آن یک اتم H و به اتم کربن آن یک گروه OH متصل نمایید:



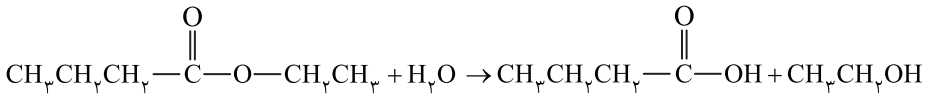
الکل سازندهٔ این استر اتانول است. اتانول را در صنعت می‌توان از واکنش اتن (C_2H_4) با آب، طبق واکنش زیر تولید کرد:

$$CH_2=CH_2(g)+H_2O(l)\rightarrow CH_3-CH_2-OH(aq)$$

عبارت سوم: فرمول ساختاری این استر به‌صورت زیر است:



در این ترکیب ۱۲ پیوند $C-H$ و ۴ پیوند $C-C$ وجود دارد که نسبت آن‌ها برابر $3\,(\frac{12}{4})$ است. عبارت چهارم: واکنش آبکافت این استر به‌صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_4H_8O_2=0/5mol\,C_6H_{12}O_2\times\frac{1mol\,C_4H_8O_2}{1mol\,C_6H_{12}O_2}\times\frac{88g\,C_4H_8O_2}{1mol\,C_4H_8O_2}\times\underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=26/4g\,C_4H_8O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول استر مصرفی}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم کربوکسیلیک اسید تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{0/5\times\frac{60}{100}}{1}=\frac{x\,g\,C_4H_8O_2}{1\times88}\Rightarrow x=26/4g\,C_4H_8O_2$$

C ۱۷۲۱ ۱ واکنش مورد نظر مربوط به آبکافت استرهاست. در این واکنش‌ها، الکل و کربوکسیلیک اسید تولید می‌شود.

$$C_nH_{2n}O_2+H_2O\xrightarrow{H^+}A+CH_3OH$$

برای حل سؤال، از جرم مادهٔ اولیه و متانول استفاده کرده و جرم مولی مادهٔ اولیه را به‌دست می‌آوریم: (جرم مولی مادهٔ اولیه را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم.)

$$5/1g\,C_nH_{2n}O_2\times\frac{1mol\,C_nH_{2n}O_2}{Mg\,C_nH_{2n}O_2}\times\frac{1mol\,CH_3OH}{1mol\,C_nH_{2n}O_2}\times\frac{32g\,CH_3OH}{1mol\,CH_3OH}\times\underbrace{\frac{50}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=0/8g\,CH_3OH\Rightarrow M=102g.mol^{-1}$$

اکنون از جرم مولی مادهٔ اولیه، شمار اتم‌های کربن و سپس فرمول مولکولی آن را به‌دست می‌آوریم:

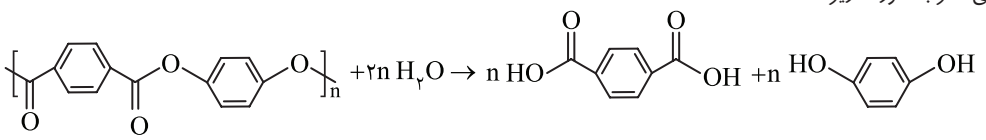
$$\text{جرم مولی مادهٔ اولیه}\,(M)=n(12)+2n(1)+2(16)=102\Rightarrow14n+32=102\Rightarrow n=5$$

بنابراین فرمول مولکولی مادهٔ اولیه $C_5H_{10}O_2$ است و به این ترتیب می‌توانیم گزینهٔ درست را انتخاب نماییم. در صورتی که می‌خواهید جرم مولی مادهٔ A را محاسبه کنید، کافی است از قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، به‌صورت زیر، استفاده کنید:

$$\text{جرم مولی مادهٔ A} + \text{جرم مولی آب} = \text{جرم مولی متانول} + \text{جرم مولی مادهٔ A} \Rightarrow \text{جرم مولی مادهٔ A} + ۱۸ = ۳۲ + ۱۰۲ \Rightarrow \text{جرم مولی مادهٔ A} = ۸۸ g.mol^{-1}$$

همچنین از اختلاف شمار اتم‌های کربن مادهٔ اولیه و متانول، می‌توان تشخیص داد که مادهٔ A ، ۴ اتم کربن دارد. فرمول کربوکسیلیک اسید چهارکربنه به‌صورت $C_4H_8O_2$ بوده و جرم مولی آن برابر $88 g.mol^{-1}$ $((۴(۱۲)+۸(۱)+۲(۱۶))$ است.

B ۱۷۲۲ ۲ معادلهٔ واکنش آبکافت پلی‌استر به‌صورت زیر است:



$$(C_{14}H_8O_4)_n + 2n\,H_2O \rightarrow n\,C_8H_6O_4 + n\,C_6H_6O_2$$

$$?\,g\,C_6H_6O_2 = ۱۳۲/۸\,g\,C_8H_6O_4 \times \frac{۱\,mol\,C_8H_6O_4}{۱۶۶\,g\,C_8H_6O_4} \times \frac{n\,mol\,C_6H_6O_2}{n\,mol\,C_8H_6O_4} \times \frac{۱۱۰\,g\,C_6H_6O_2}{۱\,mol\,C_6H_6O_2} = ۸۸\,g\,C_6H_6O_2$$

$$?\,g\,(C_{14}H_8O_4)_n = ۱۳۲/۸\,g\,C_8H_6O_4 \times \frac{۱\,mol\,C_8H_6O_4}{۱۶۶\,g\,C_8H_6O_4} \times \frac{۱\,mol\,(C_{14}H_8O_4)_n}{n\,mol\,C_8H_6O_4} \times \frac{۲۴۰n\,g\,(C_{14}H_8O_4)_n}{۱\,mol\,(C_{14}H_8O_4)_n} = ۱۹۲\,g\,(C_{14}H_8O_4)_n$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۱۳۲/۸\times۲۴۰}{۱۶۶} = ? \xrightarrow[\text{به جای ۱۳۲/۸ و ۱۶۶ اعداد } \frac{۴۰۰}{۳} \text{ و } \frac{۱۰۰۰}{۶} \text{ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{\frac{۴۰۰}{۳}\times۲۴۰}{\frac{۱۰۰۰}{۶}} = \frac{۴۰۰\times۲۴۰\times۶}{۱۰۰۰\times۳} = \frac{۴\times۲۴۰\times۲}{۱۰} = ۱۹۲$$

B ۱۷۲۳ ۲ معادلهٔ واکنش آبکافت استر به‌صورت زیر است. در این واکنش ضریب استوکیومتری همهٔ گونه‌ها برابر یک است. الکل + کربوکسیلیک اسید ← آب + استر

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): از آنجا که استر جزء واکنش‌دهنده‌ها است، نمودار غلظت - زمان آن به‌صورت نزولی است. با توجه به جدول، نمودار داده شده، صحیح رسم شده است.

گزینهٔ (۲):
$$\bar{R}(\text{اسید}) = \bar{R}(\text{استر}) = -\frac{\Delta n(\text{استر})}{\Delta t} = -\frac{\Delta[\text{استر}]\times V}{\Delta t} = -\frac{(۰/۳۱-۰/۵۵)\times۲۰}{۳۰s} = ۰/۱۶\,mol.s^{-1}$$

گزینهٔ (۳): در واکنش‌های شیمیایی به‌طور کلی، با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۴): سولفوریک اسید (H_2SO_4) کاتالیزگر واکنش آبکافت استرها است و اضافه کردن آن به واکنش سبب افزایش سرعت واکنش می‌شود.

C ۱۷۲۴ ۴ قسمت اول: معادلهٔ آبکافت این استر، به‌صورت «بوتانوئیک اسید + اتانول ← آب + اتیل بوتانوات» است. براساس قانون پایستگی جرم، داریم:

جرم آب + جرم اتیل بوتانوات = مجموع جرم اسید و الکل تولید شده

ابتدا جرم آب مصرف شده در این واکنش را به‌دست می‌آوریم:
$$?\,g\,H_2O = ۸/۷\,g\,C_6H_{12}O_2 \times \frac{۱\,mol\,C_6H_{12}O_2}{۱۱۶\,g\,C_6H_{12}O_2} \times \frac{۱\,mol\,H_2O}{۱\,mol\,C_6H_{12}O_2} \times \frac{۱۸\,g\,H_2O}{۱\,mol\,H_2O} = ۱/۳۵\,g\,H_2O$$

در نتیجه مقدار نظری برای مجموع جرم اسید و الکل تولید شده در این واکنش برابر است با:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times۱۰۰ = \frac{۴/۰۲}{۱۰/۰۵}\times۱۰۰ = ٪۴۰ \Rightarrow \text{مقدار نظری} = ۸/۷ + ۱/۳۵ = ۱۰/۰۵g$$

قسمت دوم: معادلهٔ واکنش بوتانوئیک اسید با پنتانول به‌صورت $C_4H_8O_2 + C_5H_{12}O \rightarrow C_9H_{18}O_2 + H_2O$ است.

$$?\,g\,C_5H_{12}O = ۱/۳۵\,g\,H_2O \times \frac{۱\,mol\,H_2O}{۱۸\,g\,H_2O} \times \underbrace{\frac{۴}{\frac{۱۰۰}{\text{بازده درصدی}}}} \times \frac{۱\,mol\,C_4H_8O_2}{۱\,mol\,H_2O} \times \frac{۱\,mol\,C_5H_{12}O}{۱\,mol\,C_4H_8O_2} \times \frac{۸۸\,g\,C_5H_{12}O}{۱\,mol\,C_5H_{12}O} \times \frac{\text{ناخالص}\,۱۰۰\,g\,C_5H_{12}O}{\text{خالص}\,۸۸\,g\,C_5H_{12}O}$$

$$= ۳\,g\,\text{ناخالص}\,C_5H_{12}O$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۱/۳۵\times۴۰\times۸۸\times۱۰۰}{۱۸\times۱۰۰\times۸۸} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{۱/۳۵\times۴۰\times۸۸\times۱۰۰}{۱۸\times۸۸\times۱۰۰} = \frac{۱/۳۵\times۴۰}{۱۸} = \frac{۱/۳۵\times۲۰}{۹} = \frac{۳\times۲۰}{۲۰} = ۳$$

B ۱۷۲۵ ۳ از آبکافت یک مول استر سیرشده با فرمول $C_{11}H_{22}O_2$ و جرم مولی ۱۸۶ گرم بر مول، x گرم کربوکسیلیک اسید و y گرم الکل تولید شده است؛

بنابراین داریم:
$$\begin{cases} I)\ x+y = ۱۸۶+۱۸ = ۲۰۴ \\ II)\ x = ۲/۴y \end{cases} \xrightarrow{(I)\text{و}(II)} ۲/۴y + y = ۳/۴y = ۲۰۴ \Rightarrow y = \frac{۲۰۴}{۳/۴} = ۶۰g\,,\ x = ۲/۴\times۶۰ = ۱۴۴g$$

فرمول عمومی الکل تک‌عاملی سیرشده به صورت $C_nH_{2n+2}O$ است. بر این اساس خواهیم داشت: $12n + (2n+2) + ۱۶ = ۶۰ \Rightarrow n = ۳ \Rightarrow$ فرمول الکل C_3H_8O

حال حجم محلول را به دست می‌آوریم:

$$۱۸/۶\,g\,C_{۱۱}H_{۲۲}O_۲ \times \frac{۱\,mol\,C_{۱۱}H_{۲۲}O_۲}{۱۸۶\,g\,C_{۱۱}H_{۲۲}O_۲} \times \frac{۱\,mol\,C_۳H_۸O}{۱\,mol\,C_{۱۱}H_{۲۲}O_۲} \times \frac{۶۰\,g\,C_۳H_۸O}{۱\,mol\,C_۳H_۸O} \times \frac{۱۰۰\,g\,\text{محلول}}{۱/۲\,g\,C_۳H_۸O} \times \frac{۱\,mL\,\text{محلول}}{۱\,g\,\text{محلول}} \times \frac{۱\,L}{۱۰^۳\,mL} = ۰/۵\,L\,\text{محلول}$$

از آبکافت ۱۸/۶ گرم استر (معادل ۰/۱ مول)، ۰/۱ مول اسید تولید می‌شود که با ۰/۰۵ مول دی‌آمین به طور کامل واکنش می‌دهد:

$$\text{استر} + ۲H_۲O \rightarrow \text{دی‌آمین} + \text{اسید}\ ۲$$

C ۱۷۲۶ **۲** معادلهٔ این واکنش به‌صورت زیر است. (توجه کنید که طبق قانون پایستگی جرم، $n+n'=۹$ است.)

$$C_۹H_{۱۸}O_۲ + H_۲O \rightarrow C_nH_{۲n}O_۲ + C_{n'}H_{۲n'+۲}O$$

ابتدا جرم الکل و اسید تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,C_nH_{۲n}O_۲ = ۱/۵\,mol\,\text{استر} \times \frac{۱\,mol\,C_nH_{۲n}O_۲}{۱\,mol\,\text{استر}} \times \frac{(۱۴n+۳۲)\,g\,C_nH_{۲n}O_۲}{۱\,mol\,C_nH_{۲n}O_۲} \times \underbrace{\frac{۶۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش}} = ۰/۹(۱۴n+۳۲)\,g\,C_nH_{۲n}O_۲(\text{اسید آلی})$$

$$?\,g\,C_{n'}H_{۲n'+۲}O = ۱/۵\,mol\,\text{استر} \times \frac{۱\,mol\,C_{n'}H_{۲n'+۲}O}{۱\,mol\,\text{استر}} \times \frac{(۱۴n'+۱۸)\,g\,C_{n'}H_{۲n'+۲}O}{۱\,mol\,C_{n'}H_{۲n'+۲}O} \times \underbrace{\frac{۶۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش}} = ۰/۹(۱۴n'+۱۸)\,g\,C_{n'}H_{۲n'+۲}O(\text{الکل})$$

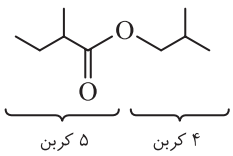
اکنون با توجه به اینکه $n+n'$ برابر ۹ و تفاوت جرم الکل و اسید تولید شده برابر ۲۵/۲ گرم است، خواهیم داشت:

$$n+n'=۹ \quad (I)$$

$$\text{جرم الکل تولیدی} - \text{جرم اسید تولیدی} = ۲۵/۲ \Rightarrow ۰/۹(۱۴n+۳۲) - ۰/۹(۱۴n'+۱۸) = ۲۵/۲ \Rightarrow ۱۴n+۳۲-۱۴n'-۱۸ = \frac{۲۵/۲}{۰/۹}$$

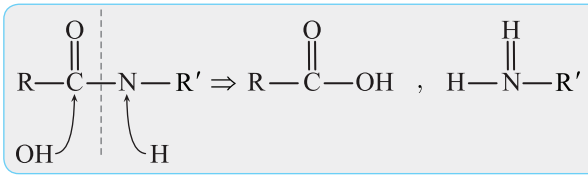
$$۱۴n-۱۴n'+۱۴=۲۸ \Rightarrow ۱۴n-۱۴n'=۱۴ \Rightarrow n-n'=۱ \quad (II) \xrightarrow{(I),(II)} n=۵, n'=۴$$

پس استر مورد نظر از یک اسید ۵ کربنی و الکل ۴ کربنی تشکیل شده است.

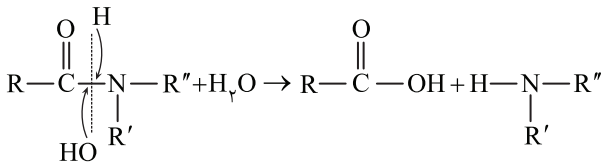


A ۱۷۲۷ **۲**

نکته ترکیبی **فراورده‌های حاصل از آبکافت آمیدها:** در آبکافت یک آمید، پیوند بین اتم کربن و اتم نیتروژن موجود در گروه عاملی آمیدی شکسته و به اتم کربن گروه $-OH$ و به اتم نیتروژن اتم H متصل می‌کنیم:



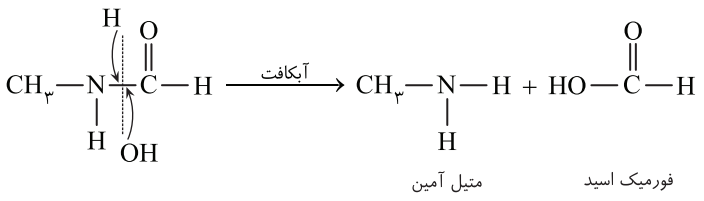
معادلهٔ واکنش آبکافت یک آمید به‌صورت زیر است:



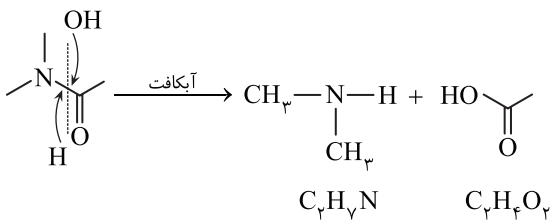
همان‌طور که می‌بینید گروه OH از مولکول آب به اتم کربن متصل شده و اتم H مولکول آب نیز به اتم N متصل می‌شود و آمین و کربوکسیلیک اسید تولید می‌شود.

بررسی گزینه‌های (۳) و (۴):

گزینهٔ (۳):

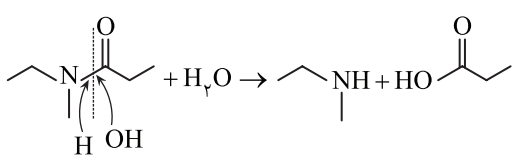


گزینهٔ (۴):



B ۱۷۲۸ **۱** معادلهٔ آبکافت آمید مورد نظر به‌صورت زیر است:

$$\begin{cases} \text{آمین: } C_۳H_۹N \Rightarrow \text{جرم مولی آمین} = ۳(۱۲)+۹(۱)+۱(۱۴) = ۵۹\,g.mol^{-۱}, & \text{شمار پیوندهای اشتراکی} = ۱۲ \\ \text{اسید: } C_۳H_۶O_۲ \Rightarrow \text{جرم مولی اسید} = ۳(۱۲)+۶(۱)+۲(۱۶) = ۷۴\,g.mol^{-۱}, & \text{شمار پیوندهای اشتراکی} = ۱۱ \end{cases}$$

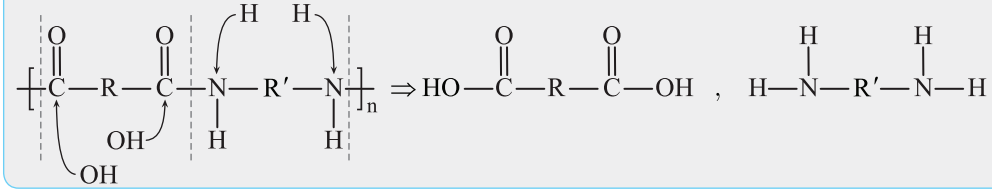


$$\text{اختلاف جرم مولی} = ۷۴-۵۹ = ۱۵\,g.mol^{-۱}$$

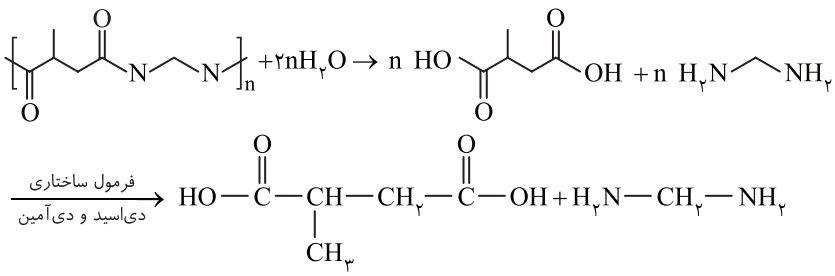
$$\text{اختلاف شمار پیوندهای اشتراکی} = ۱۲-۱۱ = ۱$$

۱۷۲۹ B ۳

نکته ترکیبی **فراورده‌های حاصل از آبکافت پلی‌آمیدها:** در آبکافت پلی‌آمیدها، پیوند C — N گروه‌های عاملی آمیدی را شکسته و به هر اتم کربن، گروه OH — و به هر اتم نیتروژن، اتم هیدروژن متصل می‌کنیم:



همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت دوم درست هستند. واکنش آبکافت پلی‌آمید داده شده به‌صورت زیر است:



$C_5H_8O_4$:فرمول مولکولی آمین , $CH_6N_2 \Rightarrow$ اختلاف شمار اتم‌های هیدروژن $= 8-6 = 2$

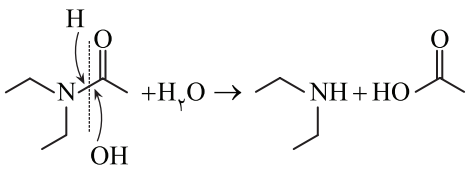
در مولکول پلیمر هیدروژن متصل به نیتروژن وجود دارد، پس میان مولکول‌های این پلیمر علاوه‌بر نیروی وان‌درواالسی، پیوند هیدروژنی نیز وجود دارد و درصد جرمی نیتروژن در این پلیمر برابر است با:

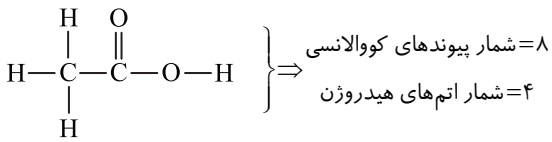
$$\%N(\text{در پلیمر}) = \frac{۲n \times ۱۴}{(۶n \times ۱۲)+(۱۰n \times ۱)+(۲n \times ۱۴)+(۲n \times ۱۶)} \times ۱۰۰ = \frac{۲۸n}{۱۴۲n} \times ۱۰۰ \simeq \%۱۹/۷$$

۱۷۳۰ B ۳ فرمول مولکولی اسید و آمین تولید شده به‌ترتیب $C_2H_4O_2$ و $C_4H_{11}N$ می‌باشد. فرمول عمومی استرها به‌صورت $C_nH_{2n}O_2$ است و استری با ۵ اتم کربن، ۱۰ اتم هیدروژن دارد در حالی که در ساختار آمین داده شده، ۱۱ اتم هیدروژن دیده می‌شود.

* **توجه** شمار اتم‌های هیدروژن آمین‌های تک‌عاملی همواره فرد است و شمار اتم‌های هیدروژن در کربوکسیلیک اسیدها زوج است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در ساختار آمید داده شده، اتم H متصل به اتم N یا اتم O وجود ندارد، بنابراین این آمید نمی‌تواند با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی ایجاد کند. در ساختار آمین تولید شده به دلیل وجود اتم H متصل به اتم N و در ساختار اسید تولید شده به دلیل وجود اتم H متصل به اتم O، بین مولکول‌های آن‌ها پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.





گزینهٔ (۲): فرمول ساختاری اسید به‌صورت مقابل است. گزینهٔ (۴): کربوکسیلیک اسید سازندهٔ پنتیل اتانوات، اتانوئیک اسید است.

۱۷۳۱ B ۱ فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): واکنش تولید آمید به‌صورت زیر است:

$$CH_5N + C_4H_8O_2 \rightarrow C_5H_{11}ON + H_2O$$

متیل آمین بوتانوئیک اسید آمید آب

در ساختار این آمید ۱۱ اتم هیدروژن وجود دارد.

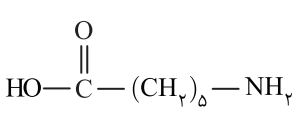
* **توجه** در ساختار آمیدهای تک‌عاملی، تعداد اتم‌های هیدروژن فرد است.

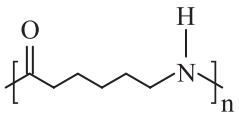
عبارت (ب): اگر بوتانوئیک اسید با متانول واکنش دهد، استری با نام «متیل بوتانوات» تولید می‌شود.

عبارت (پ): اختلاف شمار اتم‌ها $= ۱۴-۷ = ۷ \Leftarrow$ مجموع شمار اتم‌ها $= ۱۴$:فرمول مولکولی اسید $C_4H_8O_2$ ، مجموع شمار اتم‌ها $= ۷$:فرمول مولکولی آمین CH_5N

عبارت (ت): متیل آمین، یک اتم کربن دارد و آمید مورد نظر دارای ۵ اتم کربن است، بنابراین اسید سازندهٔ این آمید باید ۴ اتم کربن داشته باشد. با توجه به اینکه فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده به‌صورت $C_nH_{2n}O_2$ است، فرمول مولکولی اسید مورد نظر $C_4H_8O_2$ است. اسید سازندهٔ استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی موز، اتانوئیک اسید است. فرمول مولکولی این ترکیب $C_2H_4O_2$ و شمار اتم‌های کربن در آن نصف شمار اتم‌های کربن در بوتانوئیک اسید می‌باشد.

۱۷۳۲ B ۴ در مولکول مونومر مورد نظر با ساختار مقابل و در مولکول سیکلوهگزان با فرمول C_6H_{12} به ترتیب ۱۳ و ۱۲ اتم H وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در واحد تکرارشوندهٔ این پلیمر با ساختار مقابل و فرمول $C_6H_{11}NO$، ۱۹ اتم وجود دارد. گزینهٔ (۲): در مونومر مورد نظر اتم H متصل به اتم‌های N و O و در پلیمر حاصل، اتم H متصل به اتم N وجود دارد؛ بنابراین در هر دو مورد امکان برقراری پیوند هیدروژنی وجود دارد. گزینهٔ (۳): در مولکول N_2O_4، ۷۰ جفت‌الکترون پیوندی و در مونومر مورد نظر با فرمول مولکولی $C_6H_{13}NO_2$، ۲۲ پیوند اشتراکی وجود دارد.





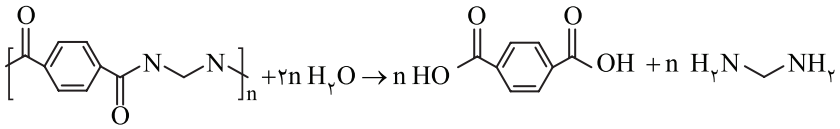
۱۷۳۳ B ۱ فرمول مولکولی آمین تولید شده به‌صورت C_3H_9N است. بنابراین واکنش آبکافت این آمید به‌صورت زیر می‌باشد:

$$C_6H_{13}ON + H_2O \rightarrow C_3H_9N + \underbrace{C_3H_6O_2}_{\text{اسید}}$$

با توجه به اینکه ضرایب استوکیومتری اسید تولید شده و آب مصرف شده با هم برابر است، داریم:

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم آب}}=\frac{\text{جرم مولی اسید}\times\text{تعداد مول اسید}}{\text{جرم مولی آب}\times\text{تعداد مول آب}}=\frac{\text{جرم مولی اسید}}{\text{جرم مولی آب}}=\frac{۱\times۷۴}{۱\times۱۸}\simeq۴/۱$$

B ۱۷۳۴ **۲** معادلهٔ واکنش آبکافت پلی‌آمید به‌صورت زیر است:



$$(C_۹H_۸O_۲N_۲)_n+۲nH_۲O\rightarrow nC_۸H_۶O_۴+nCH_۶N_۲$$

روش اول (کسر تبدیل):

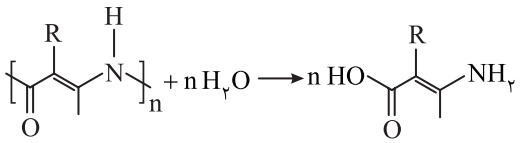
$$۲۲g\,(C_۹H_۸O_۲N_۲)_n\times\frac{۱\,mol\,(C_۹H_۸O_۲N_۲)_n}{۱۷۶n\,g\,(C_۹H_۸O_۲N_۲)_n}\times\frac{n\,mol\,CH_۶N_۲}{۱\,mol\,(C_۹H_۸O_۲N_۲)_n}\times\frac{۴۶g\,CH_۶N_۲}{۱\,mol\,CH_۶N_۲}\times\underbrace{\frac{R}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}}=۴/۶g\,CH_۶N_۲\Rightarrow R=٪۸۰$$

$$?\,g\,C_۸H_۶O_۴=۴/۶g\,CH_۶N_۲\times\frac{۱\,mol\,CH_۶N_۲}{۴۶g\,CH_۶N_۲}\times\frac{n\,mol\,C_۸H_۶O_۴}{n\,mol\,CH_۶N_۲}\times\frac{۱۶۶g\,C_۸H_۶O_۴}{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴}=۱۶/۶g\,C_۸H_۶O_۴$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم پلی‌آمید}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم دی‌اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم دی‌آمین}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۲۲\times\frac{R}{۱۰۰}}{۱\times۱۷۶n}=\frac{x}{n\times۱۶۶}=\frac{۴/۶}{n\times۴۶}\Rightarrow x=۱۶/۶g\ ,\ R=٪۸۰$$

C ۱۷۳۵ **۱** واکنش آبکافت این پلی‌آمید به صورت زیر است:



در این واکنش $۴۴/۷۵-۴۰/۲۵=۴/۵$ گرم آب (معادل ۰/۲۵ مول) مصرف شده است؛ بنابراین ۰/۲۵ مول مونومر که ۴۴/۷۵ گرم جرم دارد تولید می‌شود؛ از این‌رو جرم مولی آن $\frac{۴۴/۷۵}{۰/۲۵}=۱۷۹$ گرم بر مول خواهد بود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{جرم مولی مونومر}\ (C_۴H_۶NO_۲R)=(۴\times۱۲)+(۶\times۱)+(۱\times۱۴)+(۲\times۱۶)+m_R=۱۷۹\Rightarrow m_R=۷۹g.mol^{-۱}$$

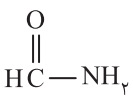
اگر گروه R را سیرشده و به صورت $C_nH_{۲n+۱}$ فرض کنیم، خواهیم داشت:

$$۱۴n+۱=۷۹\Rightarrow n=۵/۵۷$$ ✗ امکان‌پذیر نیست

بنابراین مقدار n قطعاً از ۵/۵۷ بزرگ‌تر بوده و برابر ۶ است؛ بنابراین:

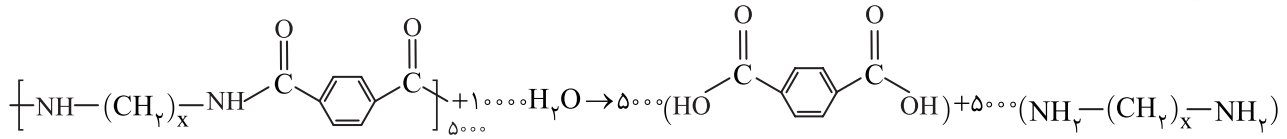
$$۱۴(۶)+a=۷۹\Rightarrow a=-۵$$

بنابراین مشخص می‌شود که گروه R از حالت معمول ۶ اتم H کمتر دارد و این به دلیل وجود ۳ پیوند دوگانه در گروه R رخ می‌دهد؛ از این‌رو هر مولکول مونومر در مجموع دارای ۵ پیوند دوگانه است. مونومر تولید شده دارای ۵ جفت‌الکترون ناپیوندی و ساده‌ترین آمید با ساختار مقابل



دارای ۳ جفت‌الکترون ناپیوندی است و نسبت مورد نظر برابر $\frac{۵}{۳}=۱/۶۷$ است.

C ۱۷۳۶ **۴** معادلهٔ واکنش آبکافت این پلی‌آمید به‌صورت زیر است:



باید جرم اسید و آمین تولید شده در این واکنش را به‌دست آوریم:

$$?\,g\,C_۸H_۶O_۴=۰/۰۵\,mol\ \text{پلی‌آمید}\begin{cases}\times\frac{۵۰۰۰\,mol\,C_۸H_۶O_۴}{۱\,mol\ \text{پلی‌آمید}}\times\frac{۱۶۶\,g\,C_۸H_۶O_۴}{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴}=۴۱۵۰۰\,g\,C_۸H_۶O_۴\\ ?\,g\ \text{آمین}=۰/۰۵\,mol\ \text{پلی‌آمید}\times\frac{۵۰۰۰\,mol\ \text{آمین}}{۱\,mol\ \text{پلی‌آمید}}\times\frac{M\,g\ \text{آمین}}{۱\,mol\ \text{آمین}}=۲۵۰M\,g\ \text{آمین}\end{cases}$$

$$\Rightarrow۴۱۵۰۰-۲۵۰M=۱۶۰۰۰\Rightarrow M=۱۰۲g.mol^{-۱}$$

$$\text{جرم مولی آمین}=۱۰۲\Rightarrow(۱۴+۲)\times۲+(۱۲+۲)x=۱۰۲\Rightarrow x=۵$$

C ۱۷۳۷ **۲** فرض می‌کنیم که آمین سازندهٔ این آمید n اتم کربن و اسید سازندهٔ آن m اتم کربن دارد. بنابراین فرمول مولکولی آمین به‌صورت $C_nH_{۲n+۳}N$ و فرمول مولکولی اسید به‌صورت $C_mH_{۲m}O_۲$ است. معادلهٔ آبکافت این آمید به‌صورت مقابل است: $C_{n+m}H_{۲m+۲n+۱}ON+H_۲O\rightarrow C_nH_{۲n+۳}N+C_mH_{۲m}O_۲$

سرعت متوسط تولید اسید و آمین در این واکنش، برابر با سرعت متوسط واکنش است. در نتیجه:

$$\text{مقدار مول اسید تولیدی}=\text{مقدار مول آمین تولیدی}\Rightarrow\overline{R}(\text{واکنش})=\overline{R}(\text{اسید})=\overline{R}(\text{آمین})\times\Delta t=۰/۱۸\times۲۵=۴/۵mol$$

با توجه به اینکه مجموع جرم اسید و آمین تولید شده برابر با ۶۶۱/۵g است، داریم:

(جرم مولی آمین+جرم مولی اسید)×۴/۵=(جرم مولی آمین)×۴/۵+(جرم مولی اسید)×۶۶۱/۵=۴/۵

(جرم مولی آمین)+(جرم مولی اسید)=۱۴۷⇒(۱۲n+(۲n+۳)+۱۴)+(۱۲m+۲m+۳۲)=۱۴۷

۱۴n+۱۴m=۹۸⇒m+n=۷ (I)

تعداد اتم‌های هیدروژن اسید−تعداد اتم‌های هیدروژن آمین=۵⇒(۲n+۳)−۲m=۵⇒۲n−۲m=۵−۳⇒n−m=۱ (II)

اکنون مقدار n و m را به‌دست می‌آوریم:

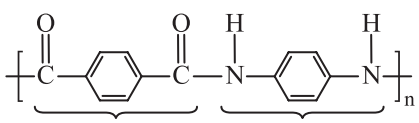
$m+n=۷, n-m=۱ \Rightarrow n=۴, m=۳ \Rightarrow$ فرمول آمین $=C_۴H_{۱۱}N$

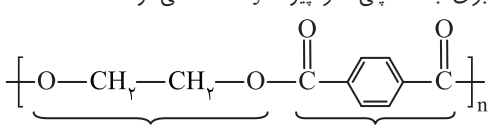
A ۱۷۳۸ ۴ پلیمرهای زیست‌تخریب‌ناپذیر (ماندگار) ساختاری شبیه آلکان‌ها دارند و سیرشده هستند، از این‌رو پوشاک و پوشش‌های تهیه شده از این مواد در طبیعت تجزیه نمی‌شوند.

A ۱۷۳۹ ۳ فقط عبارت (الف) نادرست است. **بررسی عبارت (الف):** ماندگاری بالای پلیمرهای زیست‌تخریب‌ناپذیر هر چند از لحاظ اقتصادی به صرفه است، ولی از نگاه پیشرفت پایدار مطلوب نیست و می‌تواند سبب مشکلات فراوانی از جمله تبدیل محیط‌زیست به گورستان زباله، کثیف شدن چهرهٔ شهرها و محیط‌زیست و آسیب زدن به زندگی جانداران شود. این موارد هزینه‌های تحمیل شده به اقتصاد یک جامعه را خیلی بالا می‌برد.

A ۱۷۴۰ ۴ منظور از پلیمرهایی که ساختاری شبیه به آلکان‌ها دارند، پلیمرهایی هستند که ساختاری کاملاً سیرشده دارند و تمایلی بسیار اندک به انجام واکنش‌های شیمیایی دارند. در ساختار این پلیمرها به‌جز کربن و هیدروژن می‌تواند عنصرهای دیگری هم وجود داشته باشد؛ به‌عنوان مثال پلی‌سیانو اتن، پلی‌وینیل کلرید و تفلون هر سه ساختاری سیرشده دارند، اما علاوه‌بر اتم‌های کربن و هیدروژن در ساختار آن‌ها اتم‌های نیتروژن، کلر و فلوئور هم دیده می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): پلیمرهای ماندگار، پلیمرهای ساختگی با پایهٔ نفتی هستند و با جایگزینی آن‌ها با پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر می‌توان از اثرات نامطلوب آن‌ها کاست. گزینهٔ (۳): پلی‌اتن جزء پلیمرهای ساختگی و زیست‌تخریب‌ناپذیر است و بازیافت این پلیمرها یکی از راهکارهای عملی است که به حفظ و بهره‌برداری از منابع منجر خواهد شد.

A ۱۷۴۱ ۲ در آبکافت و تجزیهٔ پلی‌آمیدها و پلی‌استرها، پیوندی که دو بخش آمینی و اسیدی با دو بخش الکلی و اسیدی را به هم متصل می‌کند، تجزیه می‌شود؛ بنابراین برای آبکافت پلی‌آمید، پیوند b و برای آبکافت پلی‌استر، پیوند y شکسته می‌شود.





A ۱۷۴۲ ۱ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): سرعت پوسیده شدن لباس‌های نخی در محیط گرم و مرطوب، بیشتر است، زیرا در محیط گرم و مرطوب، سرعت واکنش‌های شیمیایی بیشتر است. عبارت (ت): بسیاری از پلی‌آمیدها و پلی‌استرهای ساختگی جزء پلیمرهای ماندگار هستند.

B ۱۷۴۳ ۱ در یک تقسیم‌بندی، می‌توان انواع پلیمرها را به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد:

پلیمرها	زیست‌تخریب‌پذیر ⟸ پلیمرهای طبیعی مانند پلی‌ساکاریدها (نشاسته و سلولز)، پلی‌آمیدها و پلی‌استرهای طبیعی
	زیست‌تخریب‌ناپذیر (ماندگار) ⟸ پلیمرهای ساختگی با پایهٔ نفتی مانند پلی‌اتن، پلی‌وینیل کلرید، پلی‌سیانو اتن، پلی‌پروپن، تفلون و پلی‌استیرن

پلی‌سیانو اتن جزء پلیمرهای زیست‌تخریب‌ناپذیر و سلولز جزء پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر است، بنابراین زمان ماندگاری پلی‌سیانو اتن در طبیعت بیشتر از سلولز است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): استفاده از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر برخلاف پلیمرهای ماندگار از نگاه توسعهٔ پایدار مطلوب است. با توجه به اینکه پلی‌پروپن زیست‌تخریب‌ناپذیر و نشاسته زیست‌تخریب‌پذیر است، استفاده از پلی‌پروپن از نگاه توسعهٔ پایدار نامطلوب و استفاده از نشاسته از نگاه توسعهٔ پایدار مطلوب است. گزینهٔ (۳): تأثیر انواع مواد شیمیایی بر روی پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر مانند پلی‌آمیدها و پلی‌استرهای طبیعی بیشتر از تأثیر آن‌ها بر روی پلیمرهای زیست‌تخریب‌ناپذیر مانند پلی‌اتن است. پلیمرهای زیست‌تخریب‌ناپذیر ساختاری سیرشده و تمایل بسیار کمی به انجام واکنش‌های شیمیایی دارند. گزینهٔ (۴): پروتئین جزء پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و پلی‌استیرن جزء پلیمرهای زیست‌تخریب‌ناپذیر هستند. پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر برخلاف پلیمرهای زیست‌تخریب‌ناپذیر در طبیعت با سرعت بیشتری تجزیه می‌شوند.

B ۱۷۴۴ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): علاوه‌بر ساختار مونومرهای سازندهٔ آن‌ها، شرایط محیطی هم بر آهنگ تجزیهٔ پلی‌استرها و پلی‌آمیدها مؤثر است، مثل گرما و رطوبت محیط. عبارت (ب): سلولز و نشاسته جزء پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و کولار، پلی‌وینیل کلرید و پلی‌اتن جزء پلیمرهای زیست‌تخریب‌ناپذیر هستند. عبارت (پ): پلیمرهای ماندگار که ساختاری شبیه به آلکان‌ها دارند، از هیدروکربن‌های سیرنشده به‌دست می‌آیند. دقت کنید که هیدروکربن‌های سیرشده نمی‌توانند در واکنش پلیمری شدن شرکت کنند. چون در ساختار آن‌ها پیوند دوگانه وجود ندارد. عبارت (ت): ترکیب‌های اسیدی می‌توانند کاتالیزگر واکنش آبکافت پلی‌استرها و پلی‌آمیدها باشند و سرعت این واکنش‌ها را افزایش بدهند. عبارت (ث): پلی‌لاکتیک اسید یک پلیمر زیست تخریب‌پذیر است و استفاده از آن از نگاه توسعهٔ پایدار مطلوب است.

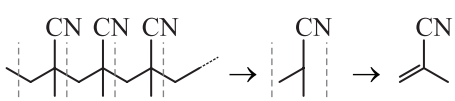
A ۱۷۴۵ ۴ عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت (ب):** بیش از ۵۰٪ الیاف تولیدی در جهان را الیاف ساختگی تشکیل می‌دهد.

* **توجه** ممکن است بسیاری از شما، عبارت (الف) را به دلیل اینکه به جای پلی‌استیرن گفته استیرن غلط در نظر گرفته باشید ولی باید بگوییم که سازمان سنجش به دلیل اینکه پلی‌استیرن نیز از مونومرهای استیرن ساخته می‌شود و در واقع مادهٔ اولیهٔ ظرف یکبار مصرف، استیرن است، این عبارت را درست در نظر گرفته است.

B ۱۷۴۶ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مواد زیست تخریب‌پذیر موادی هستند که در طبیعت، ظرف چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند. گزینهٔ (۲): در واکنش تهیهٔ پلی‌اتن، در صورتی که کاتالیزگرهای محتوی آلومینیم و تیتانیم به نسبت ۳ به ۱ به کار روند، پلی‌اتن با بیشترین جرم مولی به دست می‌آید. گزینهٔ (۳): معادلهٔ واکنش گاز اتن و گاز کلر به صورت مقابل است:

$$CH_۲=CH_۲(g)+Cl_۲(g) \xrightarrow{FeCl_۳(s)} \underbrace{CH_۲ClCH_۲Cl(g)}_{\text{۱،۲- دی کلرواتان}}$$

گزینهٔ (۴):

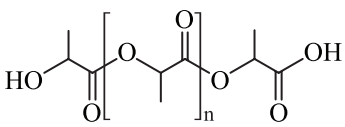


A ۱۷۴۷ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): دسته‌ای از پلیمرها توسط جانداران ذره‌بینی تجزیه شده، به طوری‌که هر گاه این پلیمرها و کالاهای ساخته شده از آن‌ها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند. چنین پلیمرهایی دوستدار محیط زیست بوده و به پلیمرهای سبز معروف هستند. گزینهٔ (۳): پلیمرهای سبز از فراورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌شوند. گزینهٔ (۴): نشاستهٔ موجود در پلیمرهای سبز را ابتدا به لاکتیک اسید تبدیل کرده و سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، پلی‌لاکتیک اسید تولید می‌کنند. از پلی‌لاکتیک اسید انواع ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسهٔ پلاستیکی و ... تولید شده است، این پلاستیک‌ها امکان تبدیل شدن به کود را دارند، به همین دلیل ردپای کوچک‌تری در محیط زیست برجای می‌گذارند.

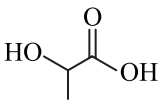
B ۱۷۴۸ ۲ پلاستیک‌های تهیه شده از نفت خام برخلاف پلاستیک‌های تهیه شده از پلی‌لاکتیک اسید، در طبیعت امکان تبدیل شدن به کود را ندارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شیر ترش شده دارای لاکتیک اسید است. در فرایند تولید پلی‌لاکتیک اسید، نخست نشاستهٔ موجود در سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر را به لاکتیک اسید تبدیل می‌کنند. گزینهٔ (۳): از واکنش پلیمری شدن لاکتیک اسید، پلی‌لاکتیک اسید به‌دست می‌آید. از پلی‌لاکتیک اسید انواع ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسهٔ پلاستیکی و ... تولید شده و کاربرد آن‌ها رو به گسترش است. گزینهٔ (۴): پلی‌لاکتیک اسید جزء پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر است و به علت ماندگاری کوتاه‌مدت در طبیعت، تولید و استفاده از آن از دیدگاه توسعهٔ پایدار مطلوب است.

B ۱۷۴۹ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست و عبارت چهارم نادرست است. **بررسی موارد:** مورد اول: پلیمرهای سبز، زیست تخریب‌پذیر بوده و با رها شدن در طبیعت پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب (H_2O) و کربن دی‌اکسید (CO_2) تبدیل می‌شوند. مورد دوم: از پلی‌لاکتیک اسید انواع ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسهٔ پلاستیکی و ... تولید شده و کاربرد آن‌ها رو به گسترش است. مورد سوم: پلاستیک‌های سبز که با استفاده از پلی‌لاکتیک اسید تولید می‌شوند، امکان تبدیل شدن به کود را دارند به همین دلیل ردپای کوچک‌تری درمحیط زیست برجای می‌گذارند. مورد چهارم: پلیمرهای سبز را از فراورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌کنند. به طوری‌که نخست نشاستهٔ موجود در این مواد را به لاکتیک اسید تبدیل کرده، سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، پلی‌لاکتیک اسید تولید می‌کنند.

B ۱۷۵۰ ۴ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست است. فرمول ساختاری این پلیمر به‌صورت مقابل است. فرمول واحد تکرارشوندهٔ این پلیمر به‌صورت $(C_3H_4O_2)_n$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در ساختار این پلیمر، گروه عاملی استری دیده می‌شود و به همین دلیل این پلیمر جزء خانوادهٔ پلی‌استرهاست.



عبارت (ب): فرمول مونومر سازندهٔ پلی‌لاکتیک اسید به‌صورت مقابل است. فرمول شیمیایی مونومر به‌صورت $C_3H_6O_3$ است.



عبارت (پ):

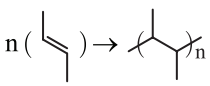
$$\text{جرم مولی واحد تکرارشونده}=(3\times12)+(4\times1)+(2\times16)=72\,g.mol^{-1}\quad,\quad n=\frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرارشونده}}=\frac{28800}{72}=400$$

عبارت (ت): مونومر سازندهٔ پلی‌لاکتیک اسید، لاکتیک اسید است. لاکتیک اسید را از نشاسته تهیه می‌کنند، در حالی‌که ترکیب سازندهٔ الیاف پنبه سلولز است.

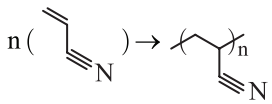
B ۱۷۵۱ ۱ عبارت‌های دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: تجربه نشان می‌دهد که واکنش آبکافت پلی‌استرها و پلی‌آمیدهای ساختگی به سادگی صورت نمی‌گیرد و بسیار کند است. ولی پلی‌استرها و پلی‌آمیدهای طبیعی به سادگی در طبیعت تجزیه می‌شوند. عبارت دوم: از پلی‌لاکتیک اسید انواع ظرف‌های پلاستیکی یک‌بار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسهٔ پلاستیکی و ... تولید شده و کاربرد آن‌ها رو به گسترش است. عبارت سوم: به منظور آسان‌سازی و افزایش کیفیت بازیافت و افزایش کیفیت فراورده‌های حاصل از بازیافت، برای هر پلیمر نشانه‌ای در نظر گرفته‌شده که بر روی کالاها حک می‌شود. عبارت چهارم: اگر چه شیر ترش‌شده حاوی لاکتیک اسید است اما برای تهیهٔ صنعتی پلی‌لاکتیک اسید استفاده نمی‌شود. در صنعت، پلی‌لاکتیک اسید را از فراورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌کنند. عبارت پنجم: ماندگاری پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده بیشتر از پلی‌آمیدها و پلی‌استرهاست.

B ۱۷۵۲ ۳ **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱):

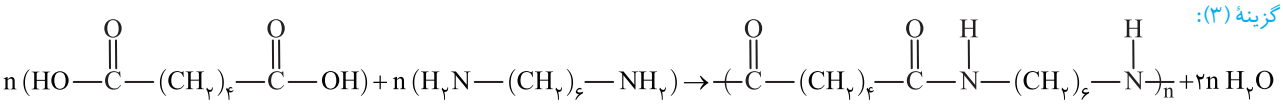


گزینهٔ (۲):

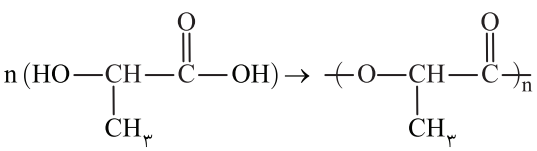


سیانو اتن — پلی‌سیانو اتن

گزینهٔ (۳):



گزینهٔ (۴): مونومرهایی که در ساختار خود یک گروه الکلی و یک گروه کربوکسیلی دارند، به تنهایی می‌توانند در واکنش تولید پلی‌استرها شرکت کرده و پلی‌استر تولید کنند.



B ۱۷۵۳ ۳ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: نشاسته از جمله پلیمرهای طبیعی است که می‌تواند در محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به مونومرهای سازندهٔ خود (گلوکز) تبدیل شود. از این‌رو یک پلیمر زیست تخریب‌پذیر محسوب می‌شود. عبارت دوم: برای تهیهٔ پلی‌لاکتیک اسید، ابتدا نشاستهٔ موجود در فراورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی را نخست به لاکتیک اسید تبدیل کرده و سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، پلی‌لاکتیک اسید تولید می‌کنند. عبارت‌های سوم و پنجم: نشاسته یک پلیمر طبیعی و زیست تخریب‌پذیر است که از مونومرهای گلوکز تشکیل شده است و جزء پلی‌استرها نیست! عبارت چهارم: نشاسته در محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به مونومرهای سازندهٔ خود، یعنی گلوکز تبدیل می‌شود.

C ۱۷۵۴ ۴ همهٔ موارد درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): برای تولید پلی‌استر می‌توان از الکل و اسید دوعاملی و یا مولکولی که دارای گروه‌های عاملی اسیدی و الکلی باشد، استفاده کرد. از این‌رو لاکتیک اسید در شرایط مناسب می‌تواند پلی‌استر تولید کند. عبارت (ب): با توجه به ساختار لاکتیک اسید، در هر مولکول آن ۱۲ پیوند وجود دارد. در ترکیبات آلی، هر اتم اکسیژن دارای ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی است، از این‌رو لاکتیک اسید دارای ۶ جفت‌الکترون ناپیوندی است. نسبت شمار جفت‌الکترون پیوندی (پیوند اشتراکی) به شمار جفت‌الکترون ناپیوندی برابر ۲ $(\frac{۱۲}{۶})$ است. عبارت (پ): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل لاکتیک اسید به صورت مقابل است:

$$C_۳H_۶O_۳ + ۳O_۲ \rightarrow ۳CO_۲ + ۳H_۲O$$

حجم گاز اکسیژن مصرفی به ازای مصرف ۳ گرم لاکتیک اسید برابر است با:

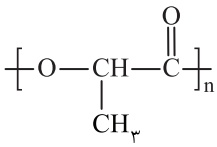
روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,O_۲ = ۳g\,C_۳H_۶O_۳ \times \frac{۱\,mol\,C_۳H_۶O_۳}{۹۰g\,C_۳H_۶O_۳} \times \frac{۳mol\,O_۲}{۱\,mol\,C_۳H_۶O_۳} \times \frac{۲۲/۴L\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲} = ۲/۲۴L\,O_۲$$

روش دوم (تناسب):

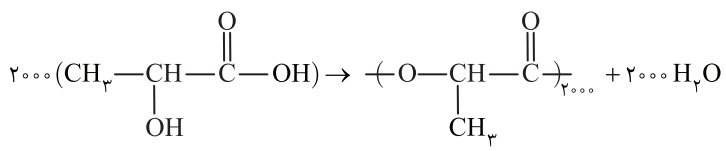
$$\frac{\text{جرم لاکتیک اسید}}{\text{ضریب} \times \text{مولی جرم}} = \frac{\text{حجم گاز اکسیژن}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{۳}{۱\times۹۰} = \frac{x\,L\,O_۲}{۳\times۲۲/۴} \Rightarrow x = ۲/۲۴L\,O_۲$$

عبارت (ت): فرمول پلی‌لاکتیک اسید به صورت مقابل است. اگر در این پلیمر n برابر ۵۰۰۰ باشد، جرم مولی آن برابر است با:



جرم مولی پلیمر = n × جرم مولی واحد تکرار شونده $= ۵۰۰۰ \times ۷۲g.mol^{-۱} = ۳۶۰۰۰۰g.mol^{-۱} = ۳۶۰kg.mol^{-۱}$

عبارت (ث): معادلهٔ واکنش پلیمری شدن لاکتیک اسید و تولید پلیمر با ۲۰۰۰ واحد تکرار شونده به صورت مقابل است. تعداد مولکول‌های آب تولیدی به ازای تولید نیم میلی‌مول پلی‌لاکتیک اسید برابر است با:



روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,molecule\,H_۲O = ۰/۵m\,mol\,\text{پلی‌استر} \times \frac{۱\,mol\,\text{پلی‌استر}}{۱۰۰۰m\,mol\,\text{پلی‌استر}} \times \frac{۲۰۰۰mol\,H_۲O}{۱\,mol\,\text{پلی‌استر}} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,H_۲O}{۱\,mol\,H_۲O} = ۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,H_۲O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول پلی‌استر}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مولکول آب}}{\text{ضریب} \times N_A} \Rightarrow \frac{۵\times۱۰^{-۴}}{۱} = \frac{x\,molecule\,H_۲O}{۲۰۰۰\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}} \Rightarrow x = ۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,H_۲O$$

پاسخ تشریحی — شیمی ۳: فصل اول

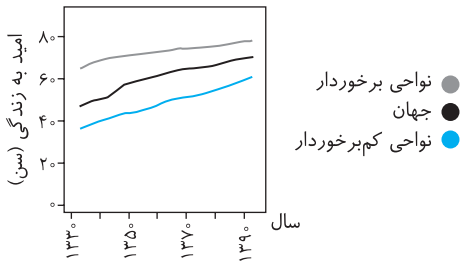
A ۱۷۵۵ ۱ آلاینده‌ها می‌توانند جامد، مایع و یا گاز باشند.

A ۱۷۵۶ ۲ بیماری وبا در طول تاریخ چندین‌بار در جهان همه‌گیر شده و جان میلیون‌ها انسان را گرفته است و هنوز هم می‌تواند از بیماری‌های تهدیدکنندهٔ هر جامعه باشد.

A ۱۷۵۷ ۱ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت (ت):** میزان امید به زندگی برای مناطق و کشورهای برخوردار بیشتر از مناطق و کشورهای کم‌برخوردار است.

A ۱۷۵۸ ۳ عوامل مختلفی روی امید به زندگی تأثیر می‌گذارند، که سطح بهداشت جامعه تنها یکی از آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین نمی‌توان با قطعیت گفت کمتر بودن امید به زندگی در نواحی کمتر برخوردار، تنها به دلیل کمتر بودن سطح بهداشت آن جامعه است.

B ۱۷۵۹ ۱ فقط عبارت سوم درست است. **بررسی موارد:** مورد اول: در گذشته به دلیل عدم دسترسی، کمبود یا استفاده نکردن از صابون، سطح بهداشت فردی و همگانی بسیار پایین بود، به‌طوری‌که بیماری‌های گوناگون به سادگی در جهان گسترش می‌یافت. برای نمونه وبا یک بیماری واگیردار است که به دلیل آلوده شدن آب و نبود بهداشت شایع می‌شود. مورد دوم: با گذشت زمان، سطح دسترسی و بهداشت فردی و همگانی افزایش یافت، از این‌رو شاخص امید به زندگی نیز افزایش یافته است. مورد سوم: با توجه به نمودار مقابل، شیب نمودار امید به زندگی در نواحی کم‌برخوردار بیشتر از نواحی برخوردار است. مورد چهارم: بیماری وبا در طول تاریخ بارها در جهان همه‌گیر شده و جان میلیون‌ها انسان را گرفت و هنوز هم می‌تواند برای هر جامعه‌ای تهدید کننده باشد. ساده‌ترین و مؤثرترین راه پیشگیری از این بیماری، رعایت بهداشت فردی و همگانی است.



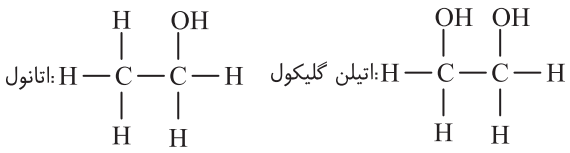
B ۱۷۶۰ ۲ آلودگی‌ها می‌توانند به حالت جامد، مایع و گاز باشند، اما همهٔ آن‌ها سمی نیستند. برای نمونه میزان اندکی از $CO_۲$ در هواکره آلودگی به حساب نمی‌آید ولی اگر مقدار آن در هواکره یا محیط زیاد شود، آلاینده است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): آلاینده‌ها موادی هستند که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، نمونه ماده یا یک جسم وجود دارند. گزینهٔ (۳): برای زدودن آلودگی‌ها باید به بررسی ساختار و رفتار ذره‌های سازندهٔ آلاینده‌ها و مواد شوینده و نیز نیروهای میان ذرات آن‌ها پرداخت. گزینهٔ (۴): برای زدودن آلودگی‌ها، مولکول‌های حلال باید با مولکول‌های آلاینده برهم‌کنش ایجاد کند و آن را در خود حل کند.

B ۱۷۶۱ ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در فرایند انحلال اگر ذرات سازندهٔ حل‌شونده با ذرات سازندهٔ حلال جاذبهٔ مناسب برقرار کنند، حل‌شونده در حلال حل می‌شود و ذرات حل‌شونده کنار هم باقی نمی‌مانند. عبارت (ب): مولکول‌های عسل به دلیل داشتن گروه‌های OH قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با آب هستند. عبارت (پ): محلول شوینده، چربی یا گریس را در خود حل می‌کند. عبارت (ت): لکه‌های شیرینی مولکول‌هایی قطبی دارند و برای پاک کردن آن‌ها باید از حلال‌های قطبی مثل آب استفاده کرد؛ درحالی که هگزان حلالی ناقطبی است.

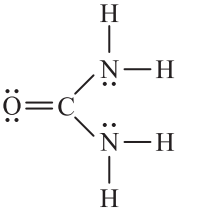
A ۱۷۶۲ ۲ ترکیب‌های اتیلن گلیکول، نمک خوراکی و اوره محلول در آب و ترکیب‌های بنزین، روغن زیتون و وازلین محلول در هگزان هستند.

A ۱۷۶۳ ۲ موارد (پ)، (ت) و (ث) جملهٔ داده شده را به درستی کامل می‌کنند. ترکیب‌های اتیلن گلیکول، اوره، استون، اتانول و عسل برخلاف ترکیب‌های نمک خوراکی، بنزین، روغن زیتون، گریس و وازلین قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با آب می‌باشند.

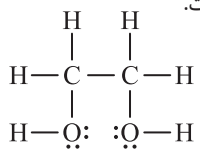
۱۷۶۴ ۳ وازلین ناقطبی است و پیوند هیدروژنی ندارد. نیروهای جاذبه بین‌مولکولی در میان مولکول‌های وازلین از نوع وان‌دروالسی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اوره $(CO(NH_2)_2)$ قطبی بوده و در آب حل می‌شود، در حالی که وازلین $(C_{25}H_{52})$ ناقطبی بوده و در آب حل نمی‌شود. گزینهٔ (۲): اوره و اتیلن گلیکول قطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن‌ها بزرگ‌تر از صفر است، در حالی که بنزین ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن تقریباً صفر است. گزینهٔ (۴): شمار اتم‌های هیدروژن در اتانول و اتیلن گلیکول برابر است و به دلیل قطبی بودن، هر دو در آب حل می‌شوند:



۱۷۶۵ ۳ عبارت‌های دوم و چهارم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هگزان از مولکول‌های ناقطبی و آب از مولکول‌های قطبی تشکیل شده است. از آنجایی که بین مولکول‌های آب و مولکول‌های هگزان جاذبه مناسبی برقرار نمی‌شود، هگزان به خوبی در آب حل نمی‌شود و در نتیجه آب پاک‌کنندهٔ مناسبی برای لکه‌های ناشی از هگزان نیست. عبارت دوم: اوره با فرمول مولکولی $CO(NH_2)_2$ در ساختار خود ۸ اتم دارد. مطابق ساختار الکترون - نقطه‌ای اتیلن گلیکول، شمار الکترون‌های ناپیوندی در آن برابر ۴ است؛ بنابراین نسبت خواسته شده برابر ۲ است. عبارت سوم: مولکول‌های عسل به‌دلیل داشتن شمار زیادی گروه‌های هیدروکسیل (OH)، انحلال‌پذیری بالایی در آب دارند و به خوبی در آن حل می‌شوند؛ اما دقت کنید که انحلال‌پذیری عسل در آب برخلاف اتیلن گلیکول نامحدود نیست و می‌توان از آن محلول سیر شده‌ای تهیه کرد. عبارت چهارم: اتیلن گلیکول همانند عسل و اوره دارای مولکول‌های قطبی است؛ بنابراین میان اجزای حل‌شونده و حلال، جاذبهٔ نسبتاً قوی برقرار شده و امکان انحلال این دو ترکیب در اتیلن گلیکول وجود دارد.



۱۷۶۶ ۲ ساختار لوویس این دو ترکیب به‌صورت زیر است.



$$\text{اتیلن گلیکول: } \frac{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}}=\frac{۴}{۹}$$

$$\text{اوره: } \frac{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}}=\frac{۴}{۸}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): نسبت شمار اتم‌های هیدروژن به کربن در بنزین (C_6H_6)، وازلین $(C_{25}H_{52})$ و روغن زیتون $(C_{57}H_{104}O_6)$ به‌ترتیب برابر $(\frac{18}{8}=2/25)$، $(\frac{52}{25}=2/08)$ و $(\frac{104}{57}=1/82)$ است، بنابراین در دو ترکیب بنزین و وازلین نسبت خواسته شده، بزرگ‌تر از ۲ است. گزینهٔ (۳): واکنش سوختن کامل وازلین به‌صورت روبه‌رو است:

$$C_{25}H_{52}+38O_2\rightarrow 25CO_2+26H_2O$$

$$?\,g\,O_2=22\,g\,C_{25}H_{52}\times\frac{1\,mol\,C_{25}H_{52}}{352\,g\,C_{25}H_{52}}\times\frac{38\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_{25}H_{52}}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=76\,g\,O_2$$

توضیح محاسبات

$$\frac{22\times38\times32}{352}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{\overset{2}{\cancel{22}}\times38\times\overset{}{\cancel{32}}}{\underset{32}{\cancel{352}}}=\frac{2\times38\times\overset{}{\cancel{32}}}{\underset{}{\cancel{32}}}=2\times38=76$$

گزینهٔ (۴): وازلین و بنزین هر دو جزء هیدروکربن‌های سیرشده (آلکان‌ها) هستند. وازلین ناقطبی است و با آب نمی‌توان لکهٔ ایجاد شده توسط آن را شست‌وشو داد.

۱۷۶۷ ۲ چگالی چربی‌ها از آب کمتر است. در مورد چربی‌ها، در درسنامه مفصل توضیح داده‌ایم.

۱۷۶۸ ۴

نکته‌ترکیبی **اسیدهای چرب:** به آن دسته از کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی $(R-COOH)$ که زنجیر کربنی (R) بزرگی دارند به‌طوری که بخش کربنی و ناقطبی آن‌ها بر بخش قطبی غلبه کرده است، اسید چرب می‌گویند. اگر گروه R در ساختار یک اسید چرب از نوع آلکیل باشد، فرمول مولکولی اسید چرب به صورت $C_nH_{2n+1}COOH$ یا $C_nH_{2n}O_2$ است. با توجه به اینکه در بسیاری از اسیدهای چرب ممکن است یک یا چند پیوند دوگانه در ساختار زنجیر کربنی دیده شود، به ازای هر پیوند دوگانهٔ کربن - کربن، دو عدد از تعداد اتم‌های هیدروژن از فرمول اسید کم می‌شود؛ در نتیجه اگر L پیوند دوگانه در ساختار زنجیر کربنی اسید چرب وجود داشته باشد، فرمول اسید چرب به صورت $C_nH_{(2n+1)-2L}COOH$ یا $C_nH_{2n-2L}O_2$ خواهد بود.

فقط عبارت (ب) نادرست است. مولکول نشان داده شده در صورت سؤال، کربوکسیلیک اسیدی با فرمول $(C_{18}H_{36}O_2)$ می‌باشد که دارای دو بخش قطبی (گروه کربوکسیل) و ناقطبی (زنجیر هیدروکربنی) می‌باشد که از طریق گروه کربوکسیل خود می‌تواند با آب پیوند هیدروژنی برقرار نماید.

۱۷۶۹ ۴ همهٔ عبارت‌های بیان شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل (۱) مدل فضا پرکن یک اسید چرب (کربوکسیلیک اسید با زنجیر کربنی بلند) را نمایش می‌دهد. عبارت (ب): شکل (۲) مدل فضا پرکن یک استر سنگین است. عبارت (پ): هر دو مولکول دارای پیوند دوگانه هستند، اسید چرب در گروه عاملی کربوکسیل و استر در گروه عاملی استری دارای پیوند دوگانه است. عبارت‌های (ت) و (ث): هر دو مولکول جزء مولکول‌های دوبخشی هستند. در واقع در هر دو مولکول گروه هیدروکربنی، بخش ناقطبی مولکول و گروه عاملی بخش قطبی مولکول‌ها هستند و در هر دو مولکول، بخش ناقطبی بزرگ‌تر از بخش قطبی است.

* **توجه** وجود شکستگی در مدل فضا پرکن، نمایانگر وجود پیوند چندگانهٔ کربن - کربن در مولکول می‌باشد، مانند زنجیر هیدروکربنی در مولکول شمارهٔ (۲).

۱۷۷۰ ۳ با توجه به صورت سؤال، pH خاک مورد نظر برابر $8/4$ $(12/4-4)$ است. گل ادریسی در خاک‌های بازی به رنگ قرمز شکوفا می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): غلظت یون هیدروکسید در این خاک طبق محاسبات زیر برابر 25×10^{-2} است:

$$[H^+]=10^{-pH}=10^{-12/4}=10^{0/6-13}=10^{0/6}\times10^{-13}=(10^{0/3})^2\times10^{-13}=4\times10^{-13}\,mol.L^{-1}$$

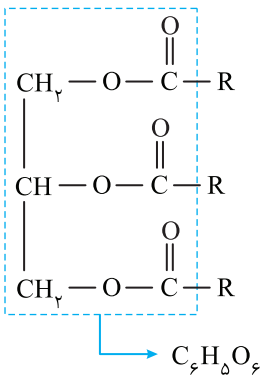
$$[H^+][OH^-]=10^{-14}\Rightarrow[OH^-]=\frac{10^{-14}}{4\times10^{-13}}=2/5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

گزینهٔ (۲): $NaHCO_3$ یک ترکیب بازی است و نمی‌تواند یک محلول بازی را خنثی کند. گزینهٔ (۴): BOH یک باز ضعیف است و معادلهٔ یونش آن در دمای اتاق به صورت دوطرفه است. توجه داشته باشید که هیدروکسید فلزات قلیایی، بازهایی قوی محسوب می‌شوند.

B ۱۷۷۱ ۴ در الگوی (۱) بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد؛ به همین دلیل این مولکول ناقطبی بوده و در آب حل نمی‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): بخش (A) در الگوی (۱) شامل گروه قطبی کربوکسیل $(-COOH)$ و بخش (B) در الگوی (۲) شامل گروه قطبی استری $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-)$ است. گزینهٔ (۲): هر دو الگو شامل زنجیرهای بلند هیدروکربنی هستند که ناقطبی‌اند. گزینهٔ (۳): الگوی (۲) مربوط به یک استر سه‌عاملی است که بخش ناقطبی آن بر بخش قطبی غلبه دارد به همین دلیل ناقطبی بوده و در هگزان حل می‌شود.

B ۱۷۷۲ ۱ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): اسیدهای چرب، کربوکسیلیک اسیدهایی با زنجیر بلند کربنی هستند. عبارت (پ): قسمت اول این عبارت درست است اما دقت کنید که در الکل‌ها، نیروی بین‌مولکولی غالب وابسته به تعداد اتم‌های کربن است به طوری که در الکل‌های یک عاملی تا ۵ اتم کربن، نیروی هیدروژنی غالب بوده اما در الکل‌هایی با تعداد اتم کربن بیشتر، نیروی وان‌دروالسی غالب می‌شود.

B ۱۷۷۳ ۴ این استر از واکنش یک الکل سه‌عاملی با سه کربوکسیلیک اسید تک‌عاملی تولید شده است. در اثر ترکیب شدن هر یک از کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی با الکل، یک مولکول آب تولید می‌شود، بنابراین در تشکیل این استر، سه مولکول آب تولید می‌شود. در این ترکیب بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد؛ در نتیجه نیروی بین‌مولکولی از نوع وان‌دروالسی بوده و ترکیب در آب نامحلول است.



B ۱۷۷۴ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گروه R، یک زنجیر هیدروکربنی بوده و قسمت ناقطبی این مولکول است. عبارت (ب): گروه R، یک گروه آلکیل ده کربنه، با فرمول $C_{10}H_{21}$ می‌باشد، برای نوشتن فرمول این گروه آلکیل، یک اتم هیدروژن از آلکان هم‌کربن آن با فرمول $C_{10}H_{22}$ کم کردیم.

فرمول مولکولی استر $= C_6H_5O_6 + 3(C_{10}H_{21}) = C_{36}H_{68}O_6$

عبارت (پ): بخش ناقطبی این مولکول، گروه R می‌باشد که دارای اتم‌های کربن و هیدروژن است. عبارت (ت): بر اثر آب‌کافت هر گروه عاملی استر، یک گروه عاملی کربوکسیل و یک گروه عاملی هیدروکسیل تولید می‌شود. ترکیب مورد نظر، دارای سه گروه عاملی استر است، بنابراین با آب‌کافت یک مول از آن، سه مول کربوکسیلیک اسید با فرمول $(RCOOH)$ تولید می‌شود.

B ۱۷۷۵ ۳ به نکتهٔ زیر توجه کنید:

★ **نکته** برای تشخیص فرمول استر حاصل از واکنش اسیدهای آلی و الکل‌های یک یا چند عاملی کافی است، شمار اتم‌های موجود در فرمول الکل و اسیدها را با هم جمع کرده و به تعداد گروه‌های عاملی استری ایجاد شده در مولکول از مجموع اتم‌ها مولکول کم کنید. (در فرمول زیر، n تعداد گروه‌های عاملی استری است.)

فرمول مولکولی استر = فرمول مولکولی اسیدها + فرمول مولکولی الکل $- n(2H+O)$

فرمول کلی اسید چرب n کربنی یک‌عاملی با گروه R سیرشده به صورت $C_nH_{2n}O_2$ است، پس اسید چربی با ۱۸ اتم کربن که فاقد پیوند دوگانه کربن - کربن است به صورت $C_{18}H_{36}O_2$ می‌باشد. همان‌طور که می‌دانید به ازای هر پیوند دوگانه در مادهٔ آلی، ۲ اتم هیدروژن از فرمول آن کاسته می‌شود؛ پس می‌توان گفت فرمول مولکولی پالمیوتیک اسید، لینولنیک اسید و لینولئیک اسید به ترتیب به صورت $C_{18}H_{34}O_2$ ، $C_{18}H_{30}O_2$ و $C_{18}H_{32}O_2$ است؛ از واکنش این سه اسید چرب با یک الکل سه عاملی، سه گروه استری ایجاد می‌شود که برای تشکیل هر گروه عاملی، یک مولکول H_2O از مولکول‌ها جدا می‌شود؛ پس برای رسیدن به فرمول مولکولی استر حاصل، باید اتم‌های الکل سه‌عاملی و اسیدها را با هم جمع کنیم و سه مولکول H_2O از آن کم کنیم.

فرمول مولکولی استر $= C_3H_8O_3 + (C_{18}H_{34}O_2 + C_{18}H_{30}O_2 + C_{18}H_{32}O_2) - 3(2H+O) = C_{57}H_{98}O_6$

معادلهٔ واکنش اسیدها و گلیسیرین به صورت مقابل است:

$$C_{18}H_{34}O_2 + C_{18}H_{30}O_2 + C_{18}H_{32}O_2 + C_3H_8O_3 \rightarrow \underbrace{C_{57}H_{98}O_6}_{\text{استر سنگین}} + 3H_2O$$

C ۱۷۷۶ ۲ فرمول مولکولی استرهای بلند زنجیر سه‌عاملی که سه پیوند دوگانهٔ $(C=O)$ در ساختار خود دارند، به صورت $C_nH_{2n-4}O_6$ است؛ بنابراین:

تعداد اتم‌های هیدروژن $= 2n-4 = 98 \Rightarrow n = 51$

از این‌رو فرمول مولکولی این استر به صورت $C_{51}H_{98}O_6$ است. معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن این استر به صورت زیر است:

$$2C_{51}H_{98}O_6 + 145O_2 \rightarrow 102CO_2 + 98H_2O$$

برای حل مسئله، ابتدا باید حجم مولی گازها را از جرم و حجم گاز کلر به دست آوریم:

$$?\,L\,Cl_2 = 1\,mol\,Cl_2 \times \frac{71\,g\,Cl_2}{1\,mol\,Cl_2} \times \frac{8/7\,L\,Cl_2}{26/625\,g\,Cl_2} = 23/2\,L$$

حجم مولی گازها در شرایط آزمایش برابر $23/2\,L.mol^{-1}$ است. اکنون حجم گاز اکسیژن مصرفی و کربن دی‌اکسید تولیدی به ازای مصرف استر با خلوص P٪ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,O_2 = 470\,g\,\text{استر ناخالص} \times \frac{P\,g\,\text{استر}}{100\,g\,\text{استر ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,\text{استر}}{806\,g\,\text{استر}} \times \frac{145\,mol\,O_2}{2\,mol\,\text{استر}} \times \frac{23/2\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2} = (9/8P)\,L\,O_2$$

محاسبهٔ حجم گاز کربن دی‌اکسید تولیدی به ازای مصرف مقدار خالص استر:

$$?\,L\,CO_2 = 470\,g\,\text{استر ناخالص} \times \frac{P\,g\,\text{استر}}{100\,g\,\text{استر ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,\text{استر}}{806\,g\,\text{استر}} \times \frac{102\,mol\,CO_2}{2\,mol\,\text{استر}} \times \frac{23/2\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = (6/9P)\,L\,CO_2$$

از آنجا که تفاوت حجم O_2 مصرفی و CO_2 تولیدی برابر ۱۲۴/۷ لیتر است، می‌توانیم مقدار P را محاسبه کنیم:

$$\text{تفاوت حجم } O_2 \text{ و } CO_2 = ۹/۸P - ۶/۹P = ۱۲۴/۷ \Rightarrow ۲/۹P = ۱۲۴/۷ \Rightarrow P = ٪۴۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم استر خالص} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تفاوت حجم } O_2 \text{ و } CO_2}{\text{حجم مولی گازها} \times \text{تفاوت ضریب}} \Rightarrow \frac{۴۷۰ \times \frac{P}{۱۰۰}}{۲ \times ۸۰۶} = \frac{۱۲۴/۷}{(۱۴۵-۱۰۲) \times ۲۳/۲} \Rightarrow P = ٪۴۳$$

۱۷۷۷ A ۴ کلوئیدها، مخلوط‌هایی ناهمگن و پایدار هستند؛ در حالی که محلول‌ها، مخلوطی همگن و پایدارند و خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن‌ها یکسان است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مخلوط‌ها نقش بسیار بزرگی در زندگی ما دارند به‌طوری که اغلب موادی که در زندگی روزانه با آن‌ها سروکار داریم، از مخلوط دو یا چند ماده تشکیل شده‌اند. گزینه‌های (۲) و (۳): آب دریا، هوا، نوشیدنی‌ها، انواع رنگ‌ها، سرامیک‌ها، چسب‌ها، شوینده‌ها و داروها همگی مخلوط هستند. مخلوط‌ها خواص متفاوتی دارند، برای نمونه محلول مس (II) سولفات (کات کبود) در آب، مخلوطی همگن است در حالی که شربت معده یک سوسپانسیون است؛ مخلوطی ناهمگن که ته‌نشین می‌شود.

۱۷۷۸ A ۳ کلوئیدها پایدار هستند و اجزای تشکیل دهندهٔ آن‌ها ته‌نشین نمی‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): رنگ‌های پوششی، نمونه‌ای از کلوئیدها هستند. کلوئیدها، مخلوطی ناهمگن و پایدار هستند. گزینهٔ (۲): ذره‌های تشکیل دهندهٔ کلوئیدها، توده‌های مولکولی با اندازهٔ متفاوت هستند. گزینهٔ (۴): کلوئیدها برخلاف محلول‌ها شفاف نیستند؛ بنابراین مسیر نور در کلوئیدها قابل مشاهده است.

۱۷۷۹ B ۲ عبارت‌های دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: به‌طور کلی کلوئیدها مخلوط‌هایی کدر هستند که برخلاف محلول‌ها بخشی از نور را از خود عبور نمی‌دهند. عبارت سوم: مقایسهٔ اندازهٔ ذره‌های سازندهٔ انواع مخلوط‌ها به‌صورت «محلول < کلوئید < سوسپانسیون» است. عبارت چهارم: آب گل‌آلود نمونه‌ای از سوسپانسیون است. عبارت (مواد حل‌شده) در مورد سوسپانسیون‌ها نادرست است؛ زیرا سوسپانسیون‌ها مخلوط‌هایی ناپایدار و ناهمگن هستند و در آن‌ها مواد در یکدیگر حل نمی‌شوند.

۱۷۸۰ B ۳ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی موارد:** مورد (الف): ذره‌های سازندهٔ کلوئیدها، توده‌های مولکولی و ذره‌های سازندهٔ سوسپانسیون‌ها، ذره‌های ریزماده هستند، از این‌رو ذره‌های موجود در سوسپانسیون‌ها، درشت‌تر از ذره‌های موجود در کلوئیدها هستند. عبارت (ب): سوسپانسیون‌ها و کلوئیدها، ناهمگن هستند و مسیر عبور نور در آن‌ها معلوم بوده و نور را پخش می‌کنند. عبارت (پ): کلوئیدها، پایدار و سوسپانسیون‌ها، ناپایدار هستند، از این‌رو در صورت ساکن بودن، اجزاء کلوئیدها برخلاف سوسپانسیون‌ها ته‌نشین نمی‌شوند. عبارت (ت): کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها، ناهمگن هستند، از این‌رو خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن‌ها یکسان نیست.

۱۷۸۱ A ۱ محلول‌ها برخلاف کلوئیدها، شفاف و همگن هستند و نور را پخش نمی‌کنند. همچنین اندازهٔ ذرات در کلوئیدها بزرگ‌تر از محلول‌ها است. کلوئیدها و محلول‌ها، موادی ناخالص بوده و پایدار می‌باشند.

* **توجه** مخلوط‌ها در هر نوعی که باشند، حداقل از دو نوع ماده تشکیل شده‌اند، از این‌رو همهٔ مخلوط‌ها ناخالص هستند.

۱۷۸۲ B ۱ کلوئیدها برخلاف محلول‌ها، ناهمگن هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): مسیر عبور نور در کلوئیدها برخلاف محلول‌ها، قابل تشخیص است. گزینهٔ (۳): در ظرف (۱) یک مادهٔ کلوئید و در ظرف (۲) یک مادهٔ محلول وجود دارد. ژله یک کلوئید و مخلوط عسل در آب، یک محلول است. گزینهٔ (۴): ذرات تشکیل دهندهٔ کلوئیدها نسبت به محلول‌ها، اندازهٔ بزرگ‌تری دارند و همین پخش شدن نور در کلوئیدها را توجیه می‌کند.

۱۷۸۳ B ۱ فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کلوئیدها مخلوط ناهمگن و محلول‌ها مخلوط همگن هستند. عبارت (ب): هم سوسپانسیون و هم کلوئید، قادر به پخش نور هستند و مسیر عبور نور از داخل آن‌ها قابل رویت است. عبارت (پ): ذرات سازندهٔ کلوئیدها پایدار هستند و ته‌نشین نمی‌شوند. عبارت (ت): ذرات سازندهٔ کلوئیدها را نمی‌توان به کمک صافی از هم جدا کرد.

۱۷۸۴ A ۴ صابون‌های جامد، نمک سدیم (Na^+) اسیدهای چرب و صابون‌های مایع نمک پتاسیم (K^+) یا آمونیوم (NH_4^+) اسیدهای چرب هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فرمول کلی صابون‌های جامد به صورت $RCOONa$ بوده که در آن‌ها R بیانگر زنجیر بلند هیدروکربنی است. گزینهٔ (۲): صابون‌ها دارای دو بخش قطبی و ناقطبی هستند. زنجیر هیدروکربنی، بخش ناقطبی بوده و آب‌گریز و چربی‌دوست است. گزینهٔ (۳): برای تولید صابون از کربوکسیلیک اسیدها، باید از کربوکسیلیک اسیدهای سنگین که شمار زیادی اتم کربن دارند استفاده نمود.

$$\underbrace{R}_{\text{بخش ناقطبی}} \underbrace{-COO^-Na^+}_{\text{بخش قطبی}}$$

(آب‌گریز- چربی‌دوست) (آب‌دوست- چربی‌گریز)

۱۷۸۵ A ۴ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نمک سدیم اسیدهای چرب که دارای گروه COO^-Na^+ هستند، صابون‌های جامد را تشکیل می‌دهند. عبارت (ب): دم هیدروکربنی این مولکول، بخش ناقطبی آن را می‌سازد که دارای ۱۷ اتم کربن است. دقت کنید کربنی که با اکسیژن پیوند دوگانه دارد، جزء بخش قطبی محسوب می‌شود. عبارت (پ): صابون از واکنش یک کربوکسیلیک اسید و یک باز (مانند NaOH) تولید می‌شود عبارت (ت): از آنجا که این مولکول دارای دو بخش قطبی و ناقطبی است، می‌تواند هم در چربی (یک مادهٔ ناقطبی) و هم در آب (یک مادهٔ قطبی) حل شود.

۱۷۸۶ B ۳

نکته‌ترکیبی **پاک‌کننده‌های صابونی:** پاک‌کننده‌های صابونی، نمک‌های سدیم (Na^+)، پتاسیم (K^+) یا آمونیوم (NH_4^+) اسیدهای چرب هستند که موارد دوم و سوم در تولید صابون‌های مایع به‌کار می‌روند. فرمول عمومی این صابون‌ها در صورتی که از یک اسید چرب گروه R سیرشده با n اتم کربن در ساختار خود استفاده شود به صورت‌های زیر است:

نمک سدیم اسید چرب: $C_nH_{2n-1}O_2Na$

نمک آمونیوم اسید چرب: $C_nH_{2n-1}O_2NH_4$ یا $C_nH_{2n+3}NO_2$

نمک پتاسیم اسید چرب: $C_nH_{2n-1}O_2K$

واکنش اسید چرب با سدیم هیدروکسید به‌صورت روبه‌رو است:

$$RCOOH + NaOH \rightarrow RCOONa + H_2O$$

فرمول عمومی زنجیر R که یک گروه آلکیل است، به‌صورت (C_nH_{2n+1}) می‌باشد. نسبت شمار اتم‌های کربن زنجیر R به شمار اتم‌های اکسیژن اسید، برابر ۷ است، پس زنجیر R دارای ۱۴ اتم کربن است. $(۲ \times ۷ = ۱۴)$

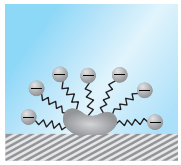
$$C_{14}H_{29}COOH + NaOH \rightarrow C_{14}H_{29}COONa + H_2O$$

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{\text{جرم مولی کربن} \times \text{تعداد اتم کربن}}{\text{جرم مولی ترکیب}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۵ \times ۱۲}{۲۶۴} \times ۱۰۰ \simeq ٪۶۸$$

۱۷۸۷ B ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مادهٔ X دارای سه گروه عاملی هیدروکسیل (OH) است، پس یک الکل سه‌عاملی می‌باشد.
عبارت (ب): مولکول‌های قطبی عسل با مولکول‌های مادهٔ X که به دلیل داشتن سه گروه OH، قطبی هستند، پیوند هیدروژنی برقرار کرده و در سراسر آن پخش می‌شوند.
عبارت (پ): در استر داده شده در صورت سؤال، قسمت $(CH_2)_{16}CH_3$ همان زنجیر R است که فرمول آن به‌صورت $(C_{17}H_{35})$ بوده و یک گروه آلکیل سیرشدهٔ ۱۷ کربنی می‌باشد. عبارت (ت): در یک مولکول صابون، تنها یک بخش قطبی (COO^-) وجود دارد اما در یک مولکول از مادهٔ X، سه بخش قطبی (OH) وجود دارد. عبارت (ث): با توجه به معادلهٔ واکنش داریم:

$$?\,g\ \text{صابون} = 89g\ \text{استر} \times \frac{1\,mol\ \text{استر}}{890g\ \text{استر}} \times \frac{3mol\ \text{صابون}}{1\,mol\ \text{استر}} = 0/3mol\ \text{صابون}$$

۱۷۸۸ B ۳ A جزء آنیونی صابون است که از سمت زنجیر کربنی خود (C) که ناقطبی است، چربی را به خود جذب کرده و از سمت B $(-COO^-)$ که قطبی است، مولکول‌های قطبی آب را به خود جذب می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نیروهای جاذبهٔ تشکیل شده بین C (زنجیر هیدروکربنی بخش آنیونی) و مولکول‌های روغن از نوع وان‌دروالسی است. گزینهٔ (۲): C (زنجیر هیدروکربنی بخش آنیونی) بخش ناقطبی و چربی‌دوست و B $(-COO^-)$ بخش قطبی و آب‌دوست صابون را تشکیل می‌دهد. گزینهٔ (۴): در شکل B جهت‌گیری جزء آنیونی صابون در اطراف روغن درست نمایش داده نشده است. نمایش درست به‌صورت روبه‌رو است. در واقع چربی ناقطبی است و جذب زنجیر هیدروکربنی جزء آنیونی صابون می‌شود.



۱۷۸۹ A ۴ با افزودن صابون به آب، مولکول‌های صابون در آب حل می‌شوند و وقتی در مجاورت لکهٔ چربی قرار می‌گیرند، از بخش ناقطبی خود با مولکول‌های چربی جاذبه برقرار می‌کنند و تعدادی از آن‌ها را در آب حل می‌کنند. با ادامهٔ این عمل همهٔ لکهٔ چربی از روی لباس زدوده می‌شود. دقت کنید که مولکول‌های صابون مانند پلی بین مولکول‌های آب و چربی قرار گرفته و سبب پخش شدن چربی در آب می‌شود.

۱۷۹۰ B ۴ موارد (پ) و (ت) درست هستند. در شکل‌های داده شده، a به دلیل داشتن گروه عاملی کربوکسیل و داشتن گروه R بزرگ، یک اسید چرب $(RCOOH)$ است. b به دلیل داشتن گروه‌های عاملی استری و داشتن گروه‌های R بزرگ جزء استرهای سنگین است و c به دلیل داشتن فرم $RCOO^-M^+$ یک پاک کنندهٔ صابونی است. با توجه به توضیحات، به سراغ بررسی هر یک از عبارت‌ها می‌رویم: **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): چربی‌ها مخلوطی از اسیدهای چرب و استرهای سنگین، یعنی مولکول‌های a و b، هستند. عبارت (ب): a یک اسید چرب است که به دلیل داشتن بخش هیدروکربنی بزرگ، در آب نامحلول و در چربی محلول است. این در حالی است که c یک پاک‌کنندهٔ صابونی $(RCOO^-M^+)$ بوده و در آب و چربی محلول می‌باشد. عبارت (پ): از واکنش اسیدهای چرب (a) و استرهای سنگین (b) با محلول بازی سدیم هیدروکسید، در شرایط مناسب می‌توان پاک‌کنندهٔ صابونی (c) را تولید نمود. عبارت (ت): استرهای سنگین (b) به دلیل داشتن بخش ناقطبی بزرگ، در آب نامحلول‌اند. مخلوط استرهای سنگین و آب را می‌توان با اضافه کردن پاک‌کننده‌های صابونی (c) به کلوئید تبدیل کرد. در این مخلوط کلوئیدی، مولکول‌های صابون مانند پلی میان استرهای سنگین و آب قرار می‌گیرند و سبب پخش شدن این دو ماده در یکدیگر می‌شوند. عبارت (ث): با توجه به توضیحات بالا، c یک پاک کنندهٔ صابونی است؛ زیرا فرم کلی آن به صورت $RCOO^-M^+$ می‌باشد؛ این در حالی است که فرم کلی پاک‌کننده‌های غیرصابونی به صورت $RC_6H_4SO_3^-M^+$ می‌باشد.

۱۷۹۱ B ۲ اگر به مخلوط آب و روغن مقداری صابون اضافه کرده و آن را به هم بزنیم، یک مخلوط پایدار تشکیل می‌شود که به ظاهر همگن است. دقت کنید که آب و روغن (مخلوط شکل (الف)) مخلوطی ناهمگن است و محلول به شمار نمی‌رود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مخلوط شکل (الف)، مخلوط آب و روغن را نشان می‌دهد که ناپایدار است و از دو لایهٔ مجزا تشکیل شده است. گزینهٔ (۳): در شکل (ب) صابون پلی بین مولکول‌های آب و روغن تشکیل داده و مانع از جمع شدن ذرات روغن در کنار یکدیگر می‌شود، در واقع شکل (ب) کلوئید پایدار شدهٔ آب و روغن با استفاده از صابون را نمایش می‌دهد. گزینهٔ (۴): در اثر اضافه کردن صابون به مخلوط آب و روغن، روغن در آب پخش می‌شود و دیگر از روی ظاهر نمی‌توان آب و روغن را تفکیک کرد.

۱۷۹۲ B ۳ عبارت‌های دوم و سوم درست هستند. از اطلاعات داده شده در می‌یابیم که مادهٔ C نوعی صابون است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: از آنجایی که مخلوط مواد A و B یک مخلوط ناپایدار است، این مخلوط نمی‌تواند یک کلوئید باشد. عبارت دوم: از آنجایی که مادهٔ C یک صابون است و صابون‌ها توانایی انحلال در هر دو نوع حلّال‌های قطبی و ناقطبی را دارند، مادهٔ C می‌تواند در حلّال‌های A و B حل شود. عبارت سوم: صابون جامد را از گرم کردن مخلوط روغن‌های گوناگون یا چربی مانند روغن زیتون، نارگیل و پیه با سدیم هیدروکسید تهیه می‌کنند. صابون‌های مایع، نمک پتاسیم یا آمونیوم اسیدهای چرب هستند. عبارت چهارم: مخلوط نهایی یک کلوئید است. کلوئیدها همانند سوسپانسیون‌ها توانایی پخش نور را دارند. دقت کنید که مخلوط نهایی یک کلوئید است نه یک محلول!

۱۷۹۳ B ۳ شکل داده شده، مولکول‌های صابون در مخلوط چربی و آب را نشان می‌دهد. C بخش قطبی صابون، B بخش ناقطبی صابون، D که به سمت بخش قطبی صابون است، آب و A که به سمت بخش ناقطبی صابون است، مولکول‌های چربی است. C بخش قطبی (COO^-) است، پس مولکول‌های آب از سمت بخش مثبت خود (اتم هیدروژن) به آن نزدیک می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): صابون از سمت بخش قطبی خود، یعنی C، با مولکول‌های آب برهم‌کنش دارد و از سمت بخش ناقطبی خود، یعنی B، با مولکول‌های چربی برهم‌کنش می‌کند. پس D مولکول‌های آب و A مولکول‌های روغن هستند. گزینهٔ (۲): مخلوط آب و روغن ناپایدار است اما به محض اضافه کردن صابون به این مخلوط، یک مخلوط پایدار و ناهمگن حاوی توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوت به نام کلوئید به وجود می‌آید که قابلیت پخش نور را دارد. گزینهٔ (۴): بین بخش B (زنجیر ناقطبی هیدروکربنی) و مولکول‌های بخش A (روغن) نیروی وان‌دروالسی برقرار است.

۱۷۹۴ B ۴ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اوره، اتم هیدروژن متصل به نیتروژن و عسل، اتم هیدروژن متصل به اکسیژن را دارد درحالی که در پاک‌کننده‌های صابونی اتم H متصل به F، O و N وجود ندارد. عبارت (ب): این استر ۶ اتم اکسیژن و ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی دارد. عبارت (پ): عسل ماده‌ای قطبی و روغن زیتون ماده‌ای ناقطبی است، پس عسل در روغن زیتون حل نمی‌شود و مخلوطی همگن و یکنواخت (محلول) ایجاد نمی‌کند، اما اتیلن گلیکول و اوره هر دو ترکیب‌هایی قطبی هستند که می‌توانند با یکدیگر پیوند هیدروژنی برقرار کنند و مخلوطی همگن و یکنواخت ایجاد کنند. عبارت (ت): در آب سخت یون‌های Mg^{2+} و Ca^{2+} با صابون تشکیل رسوب داده و تعدادی از آن‌ها را از محیط عمل خارج می‌کنند، به همین دلیل شمار مولکول‌های صابون باقی‌مانده در آب سخت کمتر از آب معمولی است.

۱۷۹۵ B ۴ صابون‌های جامد نمک سدیم و صابون‌های مایع نمک آمونیوم یا پتاسیم اسیدهای چرب می‌باشند. پس مادهٔ بازی موجود در واکنش، NaOH است در ادامه مقدار مول اسید چرب را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\ \text{اسید چرب} = 8g\ NaOH \times \frac{1\,mol\ NaOH}{40g\ NaOH} \times \frac{1\,mol\ \text{اسید چرب}}{1\,mol\ NaOH} = 0/2mol\ \text{اسید چرب}$$

سپس جرم مولی اسید چرب را به‌دست می‌آوریم:

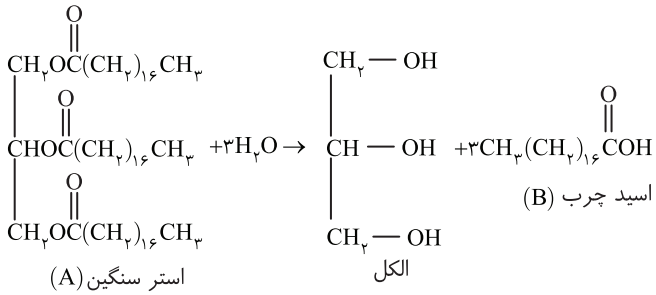
$$\text{مول}=\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم}}{\text{مول}}=\frac{۵۶/۸}{۰/۲}=۲۸۴\,g.mol^{-۱}$$

فرمول عمومی اسیدهای چرب با زنجیرهٔ آلکیل سیرشده به صورت $C_nH_{۲n}O_۲$ می‌باشد. پس:

$$\text{جرم مولی اسید چرب}=۱۲(n)+۱(۲n)+۲\times۱۶=۲۸۴\Rightarrow n=۱۸$$

۱۷۹۶ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت‌های (الف) و (پ): معادلهٔ آبکافت ترکیب (A) به‌صورت مقابل است:



همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، از آبکافت استر (A) اسید چرب (B) تولید می‌شود. جرم مولی الکل تولید شده برابر ۹۲ گرم بر مول و جرم مولی ترکیب (B) برابر ۲۸۴ گرم بر مول است که تفاوت آن‌ها برابر $۱۹۲\,g.mol^{-۱}$ است. عبارت (ب): میان مولکول‌های (B)، نیروی بین‌مولکولی از نوع وان‌درواسی و هیدروژنی وجود دارد که به دلیل زیاد بودن جرم آن، نیروی بین‌مولکولیِ غالب در آن، وان‌درواسی است.

عبارت (ت): معادلهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$C_{۱۷}H_{۳۵}CO_۲H+NaOH\rightarrow\underbrace{C_{۱۷}H_{۳۵}CO_۲Na}_{\text{صابون جامد}}+H_۲O$$

$$?\,g\ \text{صابون جامد}=۰/۴mol\ \text{اسید چرب}\times\frac{۱\,mol\ \text{صابون جامد}}{۱\,mol\ \text{اسید چرب}}\times\frac{۳۰۶g\ \text{صابون جامد}}{۱\,mol\ \text{صابون جامد}}=۱۲۲/۴g\ \text{صابون جامد}$$

۱۷۹۷ ۲ از ۱۷ کربن موجود ۱۶ تا در بخش R و یک کربن در قسمت COO^- داریم و وقتی قسمت R سیرشده است فرمول کلی $C_nH_{۲n+۱}$ دارد ولی طبق گفتهٔ سؤال، پاک‌کننده سه پیوند دوگانه دارد که باید توجه کنیم یک پیوند دوگانه در قسمت $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O$ و دو پیوند دوگانه در قسمت R داریم که هر پیوند دوگانه در قسمت R دو واحد از تعداد Hها کاهش می‌دهد پس فرمول R با احتساب کاهش ۴ اتم هیدروژن به صورت $C_nH_{۲n-۳}$ می‌باشد و چون n برابر ۱۶ است R می‌شود $C_{۱۶}H_{۲۹}$ و فرمول کلی این پاک‌کننده $C_{۱۶}H_{۲۹}COONH_۴$ می‌باشد و آمونیوم تنها کاتیونی بین صابونی‌ها می‌باشد که فلز نیست و این پاک‌کننده در مجموع ۵۳ اتم دارد. در ضمن فرمول مولکولی گریس که نوعی آلکان ۱۸ کربنه است به صورت $C_{۱۸}H_{۳۸}$ می‌باشد. پس تفاوت شمار اتم‌های هیدروژن در این دو ترکیب برابر ۵ (۳۳−۳۸) است.

۱۷۹۸ ۲ قسمت اول: محاسبهٔ حجم گاز $H_۲$ تولیدی:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,H_۲=۱۹۵g\,NaCl\times\frac{\text{۷۵g NaCl خالص}}{\text{۱۰۰NaCl ناخالص}}\times\frac{۱\,mol\,NaCl}{۵۸/۵g\,NaCl}\times\frac{۲mol\,Na}{۲mol\,NaCl}\times\frac{۱\,mol\,H_۲}{۲mol\,Na}\times\frac{۲۲/۴L\,H_۲}{۱\,mol\,H_۲}\times\underbrace{\frac{۴۰}{۱۰۰}}_{\text{بازدهٔ واکنش}}=۱۱/۲L\,H_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم NaCl}\times\text{درصد خلوص}\times\text{بازده درصدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم }H_۲}{\text{ضریب}\times۲۲/۴}\Rightarrow\frac{۱۹۵\times۰/۷۵\times۰/۴}{۵۸/۵\times۲}=\frac{x\,L\,H_۲}{۲۲/۴\times۱}\Rightarrow x=۱۱/۲L\,H_۲$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه زنجیرهٔ هیدروکربنی دارای ۱۸ کربن و سیر شده است، فرمول صابون مورد نظر به‌صورت $C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲^-Na^+$ است. (توجه داشته باشید که فرمول عمومی پاک‌کننده‌های صابونی جامد در صورت سیرشده بودن به‌صورت $C_nH_{۲n-۱}O_۲^-Na^+$ است)

روش اول (کسر تبدیل): به دلیل وجود مادهٔ مشترک برای رسیدن مستقیم از جرم سدیم کلرید به جرم صابون، باید واکنش سوم را در عدد ۲ ضرب کنیم:

$$?\,g\,C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲Na=۱۹۵g\,NaCl\times\frac{\text{۷۵g NaCl خالص}}{\text{۱۰۰NaCl ناخالص}}\times\frac{\text{مقدار عملی ۴۰}}{\text{مقدار نظری ۱۰۰}}\times\frac{۱\,mol\,NaCl}{۵۸/۵g\,NaCl}\times\frac{۲mol\,Na}{۲mol\,NaCl}$$

$$\times\frac{۲mol\,NaOH}{۲mol\,Na}\times\frac{۲mol\,C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲Na}{۲mol\,NaOH}\times\frac{۳۲۰g\,C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲Na}{۱\,mol\,C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲Na}=۳۲۰g\,C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲Na$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم NaCl}\times\text{درصد خلوص}\times\text{بازده درصدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲Na}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{۱۹۵\times۰/۷۵\times۰/۴}{۵۸/۵\times۲}=\frac{x\,g\,C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲Na}{۳۲۰\times۲}\Rightarrow x=۳۲۰g\,C_{۱۹}H_{۳۷}O_۲Na$$

۱۷۹۹ ۴ همهٔ موارد درست هستند. صابون‌های مایع، نمک پتاسیم (K^+) یا آمونیوم $(NH_۴^+)$ اسیدهای چرب هستند و چون گفته شده صابون دارای اتم فلزی است و یک پیوند دوگانه دارد؛ بنابراین فرمول مولکولی این صابون به صورت $C_{۱۷}H_{۳۳}COOK$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): درصد جرمی اتم پتاسیم در صابون $(C_{۱۷}H_{۳۳}COOK)$ برابر است با:

$$\text{درصد جرمی اتم K در صابون}=\frac{۳۹}{(۱۸\times۱۲)+(۳۳\times۱)+(۲\times۱۶)+(۱\times۳۹)}\times۱۰۰\simeq٪۱۲$$

عبارت (ب): نسبت شمار اتم‌های هیدروژن به اتم‌های کربن در هر مولکول آن برابر $\frac{۳۳}{۱۸}(۱/۸۳)$ است. عبارت (پ): معادلهٔ واکنش تولید صابون از اسید چرب و محلول پتاس به صورت مقابل است:

$$C_{۱۷}H_{۳۳}COOH(s)+KOH(aq)\rightarrow C_{۱۷}H_{۳۳}COOK(l)+H_۲O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,KOH\ \text{محلول}=۰/۰۵mol\ \text{صابون}\times\frac{۱\,mol\,KOH}{۱\,mol\ \text{صابون}}\times\frac{۵۶g\,KOH}{۱\,mol\,KOH}\times\frac{۱۰۰g\,KOH\ \text{محلول}}{۲/۸g\,KOH}=۱۰۰g\,KOH\ \text{محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول صابون}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم محلول KOH}\times\frac{\text{درصد جرمی KOH}}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۰/۰۵}{۱}=\frac{x\times\frac{۲/۸}{۱۰۰}}{۱\times۵۶}\Rightarrow x=۱۰۰g\ \text{محلول KOH}$$

عبارت (ت): در بخش قطبی مولکول صابون، یک اتم اکسیژن، دو جفت ناپیوندی و اتم اکسیژن دیگر، دارای سه جفت ناپیوندی است. تعداد پیوندهای دوگانهٔ هر مولکول صابون برابر ۲ $(C=O$ و $C=C)$ است؛ بنابراین نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به شمار پیوندهای دوگانه برابر ۲/۵ $(\frac{۵}{۲})$ است.

A ۱۸۰۰ ۲ قدرت پاک‌کنندگی صابون به نوع آب نیز وابسته است.

A ۱۸۰۱ ۳ آب‌هایی که حاوی یون‌های کلسیم و منیزیم هستند، به آب سخت معروف‌اند. صابون در این آب‌ها به خوبی کف نمی‌کند و قدرت پاک‌کنندگی کمی دارد، زیرا تعدادی از مولکول‌های صابون با یون‌های موجود در آب رسوب می‌دهند و مقدار آن‌ها در محلول کاهش می‌یابد.

A ۱۸۰۲ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در اثر واکنش صابون‌ها با یون‌های $Mg^{۲+}$ موجود در آب، ترکیب نامحلول $(RCOO)_۲Mg$ ایجاد می‌شود که به‌صورت رسوبی سفید رنگ ظاهر می‌شود؛ این در حالی‌است که صابون‌های جامد و مایع در آب محلول هستند. عبارت (ب): به دلیل وجود یون‌های $Mg^{۲+}$ و $Ca^{۲+}$ در آب سخت، صابون‌ها به میزان بیشتری در آن حل می‌شوند. زیرا بخشی از صابون در واکنش با این یون‌ها مصرف می‌شوند. ضمناً پاک‌کننده‌های صابونی در آب سخت قدرت پاک‌کنندگی کمتری دارند. عبارت (پ): به آبی که در آن غلظت یون‌های منیزیم $(Mg^{۲+})$ و کلسیم $(Ca^{۲+})$ زیاد است، آب سخت می‌گویند. عبارت (ت): پاک‌کننده‌های صابونی دارای یک سر قطبی و یک سر ناقطبی هستند که به واسطهٔ سر قطبی خود با مولکول‌های آب، نیروی جاذبهٔ یون- دوقطبی و از طریق سر ناقطبی خود با مولکول‌های چربی نیروی جاذبهٔ وان‌دروالسی برقرار کرده و باعث پخش شدن چربی در آب می‌شوند.

A ۱۸۰۳ ۴ از فصل سوم شیمی یازدهم به یاد دارید که الیاف پلی‌استری از جمله الیاف ساختگی (مصنوعی) هستند. هر چه درصد این الیاف در پارچه بیشتر باشد، به دلیل برقراری پیوند قوی‌تر با مولکول‌های چربی، لکه‌های چربی از این سطح پارچه سخت‌تر پاک می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): افزودن آنزیم قدرت پاک‌کنندگی صابون‌ها را افزایش می‌دهد. گزینهٔ (۲): افزودن برخی افزودنی‌ها مانند آنزیم‌ها و نمک‌های فسفات، سبب افزایش قدرت پاک‌کنندگی پاک‌کننده‌های صابونی می‌شود. گزینهٔ (۳): افزودن مواد کلردار به پاک‌کننده‌های صابونی، قدرت پاک‌کنندگی این مواد را افزایش نمی‌دهد.

B ۱۸۰۴ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با افزایش دما در صورت ثابت بودن سایر عوامل مؤثر بر میزان پاک‌کنندگی، قدرت پاک‌کنندگی افزایش می‌یابد. بنابراین درصد لکهٔ باقی‌مانده در ردیف دوم نسبت به ردیف اول باید کمتر باشد. عبارت (ب): نوع پارچه، دما، نوع آب، استفاده از آنزیم و مقدار صابون بر روی قدرت پاک‌کنندگی صابون تأثیرگذار است. عبارت (پ): در نمودار داده شده با افزایش کمیت محور افقی، درصد لکهٔ باقی‌مانده روی پارچه کاهش می‌یابد. بنابراین محور افقی می‌تواند مربوط به دما، مقدار صابون و درصد آنزیم باشد.

* **توجه** با افزایش درصد پلی‌استر موجود در پارچه قدرت پاک‌کنندگی صابون کاهش می‌یابد.

عبارت (ت): با توجه به اینکه در دمای ۴۰° درصد لکهٔ باقی‌مانده بر روی پارچهٔ نخی کمتر از درصد لکهٔ باقی‌مانده بر روی پارچه پلی‌استری است، می‌توان نتیجه گرفت که میزان چسبندگی لکه‌های چربی بر روی پارچهٔ نخی کمتر از پارچهٔ پلی‌استری است.

B ۱۸۰۵ ۱ فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): افزایش دما باعث افزایش سرعت جنب و جوش ذرات و پخش شدن سریع‌تر ذرات آلودگی در آب می‌شود، از این‌رو قدرت پاک‌کنندگی صابون را افزایش می‌دهد. عبارت (ب): صابون در آب‌های سخت به خوبی کف نمی‌کند و قدرت پاک‌کنندگی آن کاهش می‌یابد؛ زیرا صابون با یون‌های موجود در آب سخت رسوب تشکیل می‌دهند. لکه‌های سفیدی که پس از شستن لباس یا صابون روی آن‌ها برجای می‌ماند، نشانه‌ای از تشکیل چنین رسوب‌هایی است. عبارت (پ): آب دریا و آب‌های مناطق کویری که شور هستند، مقادیر چشمگیری از یون‌های کلسیم $(Ca^{۲+})$ و منیزیم $(Mg^{۲+})$ دارند. چنین آب‌هایی به آب سخت معروف هستند. یون‌های $Ca^{۲+}$ و $Mg^{۲+}$، یون پایدار عناصر دوره‌های سوم و چهارم گروه دوم جدول دوره‌ای هستند. عبارت (ت): فرمول مولکولی وازلین و گریس به ترتیب به صورت $C_{۲۵}H_{۵۲}$ و $C_{۱۸}H_{۳۸}$ است. از آنجا که زنجیر هیدروکربنی در وازلین بزرگ‌تر است، چسبندگی بیشتری دارد؛ از این‌رو هنگامی که با صابون شسته شود، مقدار بیشتری از آن روی پارچه باقی می‌ماند. عبارت (ث): افزودن آنزیم، سبب افزایش قدرت پاک‌کنندگی صابون‌ها می‌شود.

B ۱۸۰۶ ۲ هر مول NaCl پس از انحلال در آب، یک مول یون Na^{+} و یک مول یون Cl^{-} (در مجموع دو مول یون) تولید می‌کند. با محاسبهٔ مقدار مول NaCl، می‌توان تعداد مول یون‌ها را به‌دست آورد. صابون $(RCOONa)$ در مجموع ۱۸ اتم کربن دارد که یک اتم کربن مربوط به گروه کربوکسیل و ۱۷ اتم کربن مربوط به زنجیر هیدروکربنی R می‌باشد. R یک آلکیل سیرشده با فرمول عمومی $(C_nH_{۲n+۱})$ است. برای محاسبهٔ جرم مولی $(C_{۱۷}H_{۳۵}COONa)$، داریم:

$$\text{جرم مولی}=(۱۸\times۱۲)+(۳۵\times۱)+(۲\times۱۶)+۲۳=۳۰۶g.mol^{-۱},\ ?\,mol\ \text{یون}=۶۱۲g\ \text{صابون}\times\frac{۱\,mol\ \text{صابون}}{۳۰۶g\ \text{صابون}}\times\frac{۲mol\ NaCl}{۲mol\ \text{صابون}}\times\frac{۲\,mol\ \text{یون}}{۱mol\,NaCl}=۴mol\ \text{یون}$$

B ۱۸۰۷ ۳ معادلهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

$$۲RCOONa(aq)+CaCl_۲(aq)\rightarrow(RCOO)_۲Ca(s)+۲NaCl(aq)$$

برای محاسبهٔ جرم مولی $((RCOO)_۲Ca)$، ابتدا جرم زنجیر R را به‌صورت تابعی از n که همان تعداد اتم کربن است، محاسبه کرده و با جرم سایر اتم‌ها جمع می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی}\ (C_nH_{۲n+۱}COO)_۲Ca=((۱۲n+۲n+۱+۱۲+۳۲)\times۲)+۴۰=(۲۸n+۱۳۰)g.mol^{-۱}$$

$$۱۲۱/۲g\,(RCOO)_۲Ca=۱۰۰۰mL\,CaCl_۲\times\frac{۱\,L\,CaCl_۲}{۱۰۰۰mL\,CaCl_۲}\times\frac{۰/۲mol\,CaCl_۲}{۱\,L\,CaCl_۲}\times\frac{۱\,mol\,(RCOO)_۲Ca}{۱\,mol\,CaCl_۲}\times\frac{(۲۸n+۱۳۰)g}{۱\,mol\,(RCOO)_۲Ca}\Rightarrow n=۱۷$$

عدد ۱۷ تعداد کربن زنجیر R را نشان می‌دهد، پس شمار اتم‌های کربن صابون برابر ۱۸ می‌باشد. زیرا در گروه قطبی (COO^{-}) نیز یک اتم کربن وجود دارد.

B ۱۸۰۸ ۳

$$۴\,L\ \text{آب دریا} \times \frac{۱۰۰۰\,g\ \text{آب دریا}}{۱\,L\ \text{آب دریا}} \times \frac{۱۲۰۰\,g\ Mg^{۲+}}{۱۰^{۶}\,g\ \text{آب دریا}} \times \frac{۱\,mol\ Mg^{۲+}}{۲۴\,g\ Mg^{۲+}} \times \frac{۲\,mol\ C_{۱۸}H_{۳۵}O_{۲}Na}{۱\,mol\ Mg^{۲+}} = ۰/۴\,mol\ C_{۱۸}H_{۳۵}O_{۲}Na$$

$$۴\,L\ \text{آب دریا} \times \frac{۱۰۰۰\,g\ \text{آب دریا}}{۱\,L\ \text{آب دریا}} \times \frac{۴۰۰\,g\ Ca^{۲+}}{۱۰^{۶}\,g\ \text{آب دریا}} \times \frac{۱\,mol\ Ca^{۲+}}{۴۰\,g\ Ca^{۲+}} \times \frac{۲\,mol\ C_{۱۸}H_{۳۵}O_{۲}Na}{۱\,mol\ Ca^{۲+}} = ۰/۸\,mol\ C_{۱۸}H_{۳۵}O_{۲}Na$$

بنابراین در مجموع ۰/۴۸ مول صابون مصرف می‌شود که جرم آن برابر است با:

$$\text{جرم صابون رسوب کرده} = ۰/۴۸\,mol\ C_{۱۸}H_{۳۵}O_{۲}Na \times \frac{۳۰۶\,g\ C_{۱۸}H_{۳۵}O_{۲}Na}{۱\,mol\ C_{۱۸}H_{۳۵}O_{۲}Na} = ۱۴۶/۸۸\,g\ C_{۱۸}H_{۳۵}O_{۲}Na$$

بنابراین $۱۰۰\,g\ (۲۴۶/۸۸ - ۱۴۶/۸۸)$ صابون قدرت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کند.

C ۱۸۰۹ ۴

ابتدا باید فرمول شیمیایی صابون جامد را به‌دست آوریم. فرمول عمومی صابون‌های جامد با بخش آب‌گریز سیرشده و خطی به صورت $C_nH_{۲n+۱}COONa$ است. قسمت آب‌گریز این صابون، $C_nH_{۲n+۱}$ است.

$$\text{مجموع شمار اتم ها در بخش آب‌گریز} = n + ۲n + ۱ = ۳n + ۱ = ۶۴ \Rightarrow n = ۲۱$$

بنابراین فرمول شیمیایی صابون مورد نظر به صورت $C_{۲۱}H_{۴۳}COONa$ است. معادلهٔ واکنش این صابون با ترکیب منیزیم سولفات به صورت زیر است:

$$۲C_{۲۱}H_{۴۳}COONa(aq) + MgSO_{۴}(aq) \rightarrow (C_{۲۱}H_{۴۳}COO)_{۲}Mg(s) + Na_{۲}SO_{۴}(aq)$$

باید جرم منیزیم سولفات مصرف شده در این واکنش را محاسبه کنیم.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ MgSO_{۴} = ۳/۶۲\,g\ C_{۲۱}H_{۴۳}COONa \times \frac{۱\,mol\ C_{۲۱}H_{۴۳}COONa}{۳۶۲\,g\ C_{۲۱}H_{۴۳}COONa} \times \frac{۱\,mol\ MgSO_{۴}}{۲\,mol\ C_{۲۱}H_{۴۳}COONa} \times \frac{۱۲۰\,g\ MgSO_{۴}}{۱\,mol\ MgSO_{۴}} = ۰/۶\,g\ MgSO_{۴}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم صابون}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } MgSO_{۴}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۳/۶۲}{۲ \times ۳۶۲} = \frac{x}{۱ \times ۱۲۰} \Rightarrow x = ۰/۶\,g\ MgSO_{۴}$$

$$ppm = \frac{\text{جرم } MgSO_{۴}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^{۶} = \frac{۰/۶\,g}{۲/۴\,L \times \frac{۱۰۰۰\,mL}{۱\,L} \times \frac{۱\,g}{۱\,mL}} \times ۱۰^{۶} = ۲۵۰\,ppm$$

$$\frac{۳/۶۲ \times ۱۲۰ \times ۱۰^{۶}}{۳۶۲ \times ۲ \times ۲/۴ \times ۱۰۰۰} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{\overset{۱۰۰}{۳/۶۲} \times \overset{۱۰۰}{۱۲۰} \times \overset{۱۰^{۳}}{۱۰^{۶}}}{\underset{۱۰۰}{۳۶۲} \times \underset{۲}{۲} \times ۲/۴ \times ۱۰۰۰} = \frac{۱۰۰ \times \overset{۱۰^{۳}}{۱۰^{۶}}}{۱۰۰ \times ۲ \times ۲ \times ۱۰۰۰} = \frac{۱۰^{۳}}{۴} = ۲۵۰$$

توضیح محاسبات

C ۱۸۱۰ ۲

صابون‌ها در آب سخت، طبق معادلهٔ زیر با یون‌های منیزیم و کلسیم $(X^{۲+})$ واکنش داده و رسوب سفید رنگی را ایجاد می‌کنند و خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهند.

$$۲RCOONa(aq) + XCl_{۲}(aq) \rightarrow (RCOO)_{۲}X(s) + ۲NaCl(aq)$$

باتوجه به غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم و حجم نمونه آب، ابتدا تعداد مول‌های هر یک از این دو یون را به دست می‌آوریم:

$$?\,mol\ Mg^{۲+} = ۲/۵\,L\ \text{آب} \times \frac{۱۰^{۳}\,mL\ \text{آب}}{۱\,L\ \text{آب}} \times \frac{۱\,g\ \text{آب}}{۱\,mL\ \text{آب}} \times \frac{۲۶۴\,g\ Mg^{۲+}}{۱۰^{۶}\,g\ \text{آب}} \times \frac{۱\,mol\ Mg^{۲+}}{۲۴\,g\ Mg^{۲+}} = ۲/۷۵ \times ۱۰^{-۲}\,mol\ Mg^{۲+}$$

$$?\,mol\ Ca^{۲+} = ۲/۵\,L\ \text{آب} \times \frac{۰/۰۰۲۵\,mol\ Ca^{۲+}}{۱\,L\ \text{آب}} = ۶/۲۵ \times ۱۰^{-۳}\,mol\ Ca^{۲+}$$

قسمت اول: با توجه به یکسان بودن بار یون‌های منیزیم و کلسیم $(X^{۲+})$، از مجموع مول این دو یون، می‌توانیم مقدار صابونی که رسوب می‌کند و خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهد را به‌دست آوریم:

$$\text{مجموع مول یون‌های } Mg^{۲+} \text{ و } Ca^{۲+} = ۲/۷۵ \times ۱۰^{-۲} + ۶/۲۵ \times ۱۰^{-۳} = ۳/۳۷۵ \times ۱۰^{-۲}\,mol$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{جرم صابون رسوب‌شده} = ۳/۳۷۵ \times ۱۰^{-۲}\,mol\ X^{۲+} \times \frac{۲\,mol\ \text{صابون}}{۱\,mol\ X^{۲+}} \times \frac{۳۰۰\,g\ \text{صابون}}{۱\,mol\ \text{صابون}} = ۲۰/۲۵\,g\ \text{صابون}$$

اکنون درصدی از صابون که خاصیت پاک‌کنندگی خود را در آب سخت از دست داده است را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد صابون رسوب کرده} = \frac{۲۰/۲۵\,g}{۲۷\,g} \times ۱۰۰ = ٪۷۵$$

روش دوم (تناسب): به این منظور درصدی از صابون که خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهد را $٪X$ در نظر می‌گیریم، پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم صابون} \times \frac{x}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد مول } (Ca^{۲+} \text{ و } Mg^{۲+})}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۲۷ \times \frac{x}{۱۰۰}}{۲ \times ۳۰۰} = \frac{۳/۳۷۵ \times ۱۰^{-۲}}{۱} \Rightarrow x = ٪۷۵$$

قسمت دوم: باتوجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به ازای هر مول از یون‌های $Mg^{۲+}$ و $Ca^{۲+}$، ۲ مول Na^{+} مبادله می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ Na^{+} = ۳/۳۷۵ \times ۱۰^{-۲}\,mol\ (Ca^{۲+} \text{ و } Mg^{۲+}) \times \frac{۲\,mol\ Na^{+}}{۱\,mol\ (Ca^{۲+}, Mg^{۲+})} \times \frac{۲۳\,g\ Na^{+}}{۱\,mol\ Na^{+}} \simeq ۱/۵۵\,g\ Na^{+}$$

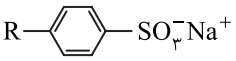
روش دوم (تناسب):

$$۱\,mol(Mg^{۲+}\text{ و }Ca^{۲+}) \sim ۲\,mol\,Na^{+}$$

$$\frac{\text{تعداد مول }(Ca^{۲+}\text{ و }Mg^{۲+})}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }Na^{+}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۳/۳۷۵\times۱۰^{-۲}}{۱}=\frac{\text{جرم }Na^{+}}{۲\times۲۳}\Rightarrow\text{جرم }Na^{+}\simeq۱/۵۵g\,Na^{+}$$

A ۱۸۱۱ ۴ شیمی‌دان‌ها توانستند از بنزن و دیگر مواد اولیه در صنایع پتروشیمیایی، پاک‌کننده‌های غیرصابونی را تولید کنند.

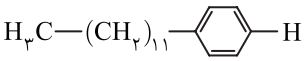
B ۱۸۱۲ ۲ موارد اول و پنجم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: مولکول نشان داده شده، یک پاک‌کنندهٔ غیرصابونی است که فرمول ساختاری آن به‌صورت روبه‌رو است. مورد دوم: گروه $RC_۶H_۴$ جزء بخش ناقطبی این مولکول است.



مورد سوم: پاک‌کننده‌های غیرصابونی برخلاف صابون‌ها در آب‌های سخت نیز خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند. مورد چهارم: پاک‌کننده‌های غیرصابونی به دلیل نداشتن اتم هیدروژن متصل به N، O یا F، توانایی برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود را ندارند. مورد پنجم: قسمت (الف) همان بخش ناقطبی و قسمت (ب) همان بخش قطبی پاک‌کنندهٔ غیرصابونی است. بخش (الف) نیروی جاذبهٔ وان‌دروالسی و بخش (ب) که قطبی بوده و دارای بار منفی است، می‌تواند جاذبهٔ یون - دوقطبی ایجاد کند.

B ۱۸۱۳ ۱ تمام عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ترکیب نشان داده شده، یک پاک‌کنندهٔ غیرصابونی بدون شاخهٔ فرعی است. عبارت (ب): سر قطبی این مولکول $(-SO_۳^{-})$ سبب پخش شدن چربی‌ها در آب می‌شود. عبارت (پ): فرمول شیمیایی آن $(C_{۱۸}H_{۲۹}SO_۳Na)$ می‌باشد. عبارت (ت): لکه‌های چربی به سر ناقطبی (زنجیر هیدروکربنی) این ترکیب می‌چسبند.

B ۱۸۱۴ ۱ با جایگزینی بخش یونی $(-SO_۳^{-}Na^{+})$ ترکیب صورت سؤال با اتم H، ترکیب مقابل حاصل می‌شود:



فرمول شیمیایی ترکیب حاصل $C_{۱۸}H_{۳۰}$ است. فرمول مولکولی متیل متانوات به‌صورت $C_۲H_۴O_۲$ است:

$$\text{جرم مولی }C_۲H_۴O_۲=۲\times(۱۲)+۴\times(۱)+۲\times(۱۶)=۶۰g.mol^{-۱},\quad \text{جرم مولی }C_{۱۸}H_{۳۰}=۱۸\times(۱۲)+۳۰\times(۱)=۲۴۶g.mol^{-۱}$$

نسبت جرم مولی $C_{۱۸}H_{۳۰}$ به $C_۲H_۴O_۲$ برابر $۴/۱\left(\frac{۲۴۶}{۶۰}\right)$ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): طی این فرایند پاک‌کنندهٔ غیرصابونی که یک ترکیب یونی است به یک ترکیب مولکولی که یک ترکیب آلی سیرنشده است تبدیل شده و اتفاقاً قابلیت سوختن آن در هوا افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۳): فرمول مولکولی آلکین مورد نظر $C_{۱۸}H_{۳۴}$ است که ۴ اتم هیدروژن از ترکیب مورد نظر یعنی $C_{۱۸}H_{۳۰}$ بیشتر داشته و در نتیجه جرم مولی آن‌ها یکسان نیست.

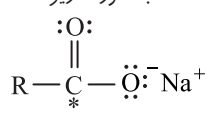
گزینهٔ (۴): ترکیب نخست یک شوینده غیرصابونی است که می‌تواند از سرقطبی خود به راحتی در آب حل شود. اما ترکیب حاصل یک هیدروکربن است که گشتاور دوقطبی آن نزدیک به صفر بوده و در آب نامحلول است.

A ۱۸۱۵ ۱ فقط مورد چهارم به درستی بیان شده است. پاک‌کننده‌های غیرصابونی همانند پاک‌کننده‌های صابونی دارای دو بخش آب‌دوست و آب‌گریز هستند، با این تفاوت که پاک‌کننده‌های غیرصابونی از واکنش مواد پتروشیمیایی در صنعت تولید می‌شوند، اما پاک‌کننده‌های صابونی از واکنش چربی‌ها (اسیدهای چرب) با موادی مانند سدیم هیدروکسید و ... . هر دو پاک‌کنندهٔ صابونی و غیرصابونی می‌توانند در آب، لکه‌ها و چربی‌ها را زدوده و آن‌ها را پاک نمایند.

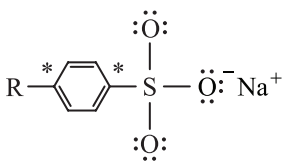
B ۱۸۱۶ ۴ پاک‌کنندهٔ (۱) یک پاک‌کنندهٔ غیرصابونی است و پاک‌کننده‌های غیرصابونی با یون‌های کلسیم و منیزیم وارد واکنش نمی‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): پاک‌کننده‌های غیرصابونی طی واکنش‌های پیچیده از مواد پتروشیمی تهیه می‌شوند. گزینهٔ (۲): به دلیل حضور یون سدیم (Na^{+})، پاک‌کنندهٔ (۱) همانند پاک‌کنندهٔ (۲)، در دمای اتاق به حالت جامد است. گزینهٔ (۳): با افزودن نمک‌های فسفات به یک پاک‌کنندهٔ صابونی، یون‌های فسفات با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب، تشکیل رسوب می‌دهند و سبب بهبود خاصیت پاک‌کنندگی این پاک‌کننده‌ها می‌شوند.

B ۱۸۱۷ ۲ موارد دوم، سوم، چهارم و ششم، جمله را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی موارد:** مورد اول: در ساختار هر دو پاک‌کننده، کاتیون یک بار مثبت و آنیون یک بار منفی دیده می‌شود. این آنیون در پاک‌کننده‌های صابونی گروه $(-COO^{-})$ و در گروه پاک‌کننده‌های غیرصابونی گروه $(-SO_۳^{-})$ است. مورد دوم: در ساختار هر دو پاک‌کننده، دم هیدروکربنی (گروه R) دیده می‌شود. مورد سوم: در ساختار پاک‌کنندهٔ غیرصابونی، حلقهٔ بنزنی دیده می‌شود. مورد چهارم: پاک‌کننده‌های صابونی از مواد طبیعی و پاک‌کننده‌های غیرصابونی از مواد پتروشیمیایی به‌دست می‌آیند. مورد پنجم: پاک‌کننده‌های صابونی برخلاف پاک‌کننده‌های غیرصابونی، در آب سخت، قدرت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهند. مورد ششم: پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی با ذرات آلاینده، فقط بر هم کنش بین ذره‌ای دارند.

B ۱۸۱۸ ۲ ساختار لوویس این پاک‌کننده‌ها به‌صورت زیر است:



پاک‌کنندهٔ صابونی (۵ جفت‌الکترون ناپیوندی)



پاک‌کنندهٔ غیرصابونی (۹ جفت‌الکترون ناپیوندی)

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): پاک‌کننده‌های غیر صابونی دارای یک حلقهٔ بنزن هستند. این حلقهٔ بنزن دارای سه پیوند دوگانه است. در یک مول پاک‌کنندهٔ غیر صابونی برای تبدیل این سه پیوند دوگانه به پیوند یگانه، به سه مول گاز هیدروژن که جرمی معادل ۶ گرم دارد، نیاز داریم. گزینهٔ (۳): اتم‌های کربنی که با ستاره مشخص شده‌اند، با هیچ اتم هیدروژنی پیوند اشتراکی ندارند که این تعداد در پاک‌کنندهٔ غیرصابونی، دو اتم کربن و در پاک‌کنندهٔ صابونی، یک اتم کربن است. گزینهٔ (۴): اگر گروه R این دو ترکیب یکسان باشد، فرمول و جرم مولکولی آن‌ها برابر است با:

$$\text{پاک‌کنندهٔ صابونی: }RCOONa\Rightarrow\text{جرم مولی}=\text{جرم مولی}R+۱۲+۲(۱۶)+۲۳=\text{جرم مولی}R+۶۷$$

$$\text{پاک‌کنندهٔ غیرصابونی: }RC_۶H_۴SO_۳Na\Rightarrow\text{جرم مولی}=\text{جرم مولی}R+(۶\times۱۲)+(۴\times۱)+(۱\times۳۲)+(۳\times۱۶)+(۱\times۲۳)=\text{جرم مولی}R+۱۷۹$$

$$\text{اختلاف جرم مولی}=۱۷۹-۶۷=۱۱۲g.mol^{-۱}$$

A ۱۸۱۹ ۲

نکته ترکیبی پاک‌کننده‌های غیرصابونی: پاک‌کننده‌های غیر صابونی، نمک‌هایی از سدیم هستند که در ساختار خود علاوه‌بر یک زنجیر هیدروکربنی (R)، یک گروه بنزنی  نیز دارند. این مواد برخلاف پاک‌کننده‌های صابونی، در آب‌های سخت نیز قدرت پاک‌کنندگی خود را حفظ کرده و رسوب نمی‌دهند. فرمول عمومی این مواد در صورتی که زنجیر کربنی آن‌ها خطی و سیرشده با n اتم کربن باشد، به صورت $C_nH_{2n-7}SO_3Na$ یا $C_nH_{(2n+1)}C_6H_4SO_3Na$ است.

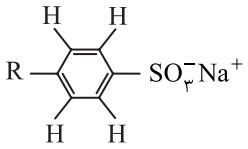
می‌دانیم فرمول کلی پاک‌کننده‌های غیرصابونی با گروه هیدروکربنی سیرشده به‌صورت $(C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3Na)$ است. ابتدا با استفاده از درصد جرمی اکسیژن، n را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن}=\frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم کل اتم‌ها}}\times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی اکسیژن}=\frac{3\times 16}{((n+6)\times 12)+((2n+5)\times 1)+32+3\times 16+23}\times 100$$

$$\Rightarrow 15=\frac{3\times 16}{14n+180}\times 100 \Rightarrow n=10$$

بنابراین فرمول این پاک‌کنندهٔ غیرصابونی به‌صورت $(C_{10}H_{21}C_6H_4SO_3Na)$ یا $(C_{16}H_{25}SO_3Na)$ است و در هر مولکول آن، ۱۶ اتم کربن وجود دارد.

B ۱۸۲۰ ۱ فرم کلی پاک‌کننده‌های غیرصابونی به صورت روبه‌رو است:



شمار اتم‌های هیدروژن حلقهٔ بنزنی در این پاک‌کننده، برابر با ۴ بوده و طبق اطلاعات سؤال، شمار اتم‌های هیدروژن در پاک‌کنندهٔ صابونی برابر ۳۵ (۳۱+۴) است. با توجه به فرمول کلی پاک‌کنندهٔ صابونی جامد دارای زنجیر هیدروکربنی سیرشده خواهیم داشت:

$$C_nH_{2n+1}COO^-Na^+ \Rightarrow 2n+1=35 \Rightarrow n=17$$

فرمول صابون جامد مورد نظر به صورت $C_{17}H_{35}COONa$ بوده و جرم مولی آن برابر $306\,g.mol^{-1}$ است. با استفاده از اطلاعات داده شده نمی‌توان فرمول مولکولی بخش R پاک‌کنندهٔ غیرصابونی را تعیین کرد و در نتیجه مقایسه‌های انجام شده در گزینه‌های ۲ تا ۴ قابل بررسی نیستند!

B ۱۸۲۱ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند.

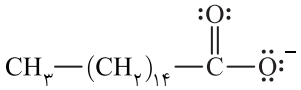
ترکیب (۱) ⟸ صابون جامد — ترکیب (۲) ⟸ پاک‌کنندهٔ غیرصابونی

ترکیب (۳) ⟸ استر سنگین سه عاملی — ترکیب (۴) ⟸ اسید چرب

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شوینده‌های غیرصابونی به علت واکنش ندادن با یون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} موجود در آب سخت، در مقایسه با پاک‌کننده‌های صابونی قدرت پاک‌کنندگی بیشتری دارند. عبارت (ب):

$$\left.\begin{array}{l}\text{ترکیب (۱)}: CH_3(CH_2)_{14}COONa=278\,g.mol^{-1}\\ \text{ترکیب (۲)}: CH_3(CH_2)_{11}C_6H_4SO_3Na=348\,g.mol^{-1}\end{array}\right\} \Rightarrow \text{تفاوت جرم مولی}=348-278=70\,g.mol^{-1}$$

چهارمین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، C_5H_8 است. جرم مولی این ترکیب برابر $68\,g.mol^{-1}$ است. عبارت (پ): ساختار آنیون ترکیب (۱) به‌صورت زیر است:



فرمول شیمیایی بخش آنیونی زیر به‌صورت $C_{16}H_{31}O_2^-$ است:

$$\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}=\frac{(C\times 4)+(H\times 1)+(O\times 2)+(\text{بارگونه})}{2}=\frac{(16\times 4)+(31\times 1)+(2\times 2)+(-1)}{2}=49$$

نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}}=\frac{49}{5}=9/8$$

عبارت (ت): دقت کنید که در واکنش هر مول از استرهای سنگین سه عاملی با مقدار کافی سود، ۳ مول صابون تولید می‌شود و از واکنش هر مول اسید چرب با مقدار کافی شود، یک مول صابون تولید می‌شود.

B ۱۸۲۲ ۳ اگر شمار اتم‌های کربن زنجیرهٔ هیدروکربنی پاک‌کنندهٔ غیرصابونی را M در نظر بگیریم، با توجه به اینکه صابون مورد نظر در مجموع دارای ۳ پیوند دوگانه است و ۲ اتم کربن در زنجیرهٔ هیدروکربنی خود بیشتر از پاک‌کنندهٔ غیرصابونی دارد، می‌توان فرمول هر دو پاک‌کننده را به‌صورت زیر نوشت:

$$C_{(M+3)}H_{(2M+1)}O_2^-NH_4^+ \Rightarrow \text{جرم مولی}=12(M+3)+1(2M+1)+2(16)+1(14)+4(1)=(14M+87)\,g.mol^{-1}$$

$$C_{(M+6)}H_{(2M+5)}SO_3^-Na^+ \Rightarrow \text{جرم مولی}=12(M+6)+1(2M+5)+1(32)+3(16)+1(23)=(14M+180)\,g.mol^{-1}$$

اختلاف جرم مولی این دو ماده برابر $93\,g.mol^{-1}$ است.

C ۱۸۲۳ ۲ قسمت اول: پاک‌کنندهٔ صابونی با یون‌های Mg^{2+} واکنش داده و رسوب ایجاد می‌کند. معادلهٔ واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$2C_{17}H_{35}CO_2Na(aq)+Mg^{2+}(aq)\rightarrow(C_{17}H_{35}CO_2)_2Mg(s)+2Na^+(aq)$$

ابتدا جرم صابون را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ \text{صابون}=23/6\,g\ \text{رسوب}\times\frac{1\,mol\ \text{رسوب}}{590\,g\ \text{رسوب}}\times\frac{2\,mol\ \text{صابون}}{1\,mol\ \text{رسوب}}\times\frac{306\,g\ \text{صابون}}{1\,mol\ \text{صابون}}=24/48\,g\ \text{صابون}$$

درصد پاک‌کنندهٔ غیرصابونی برابر است با:

$$\text{درصد پاک کنندهٔ غیرصابونی}=\frac{200-24/48}{200\,g}\times 100=\%87/76$$

قسمت دوم: در ادامه جرم یون Mg^{2+} موجود در آب را به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,Mg^{2+}=۲۳/۶g\,\text{رسوب}\times\frac{۱\,mol\,\text{رسوب}}{۵۹۰g\,\text{رسوب}}\times\frac{۱\,mol\,Mg^{2+}}{۱\,mol\,\text{رسوب}}\times\frac{۲۴g\,Mg^{2+}}{۱\,mol\,Mg^{2+}}=۰/۹۶g\,Mg^{2+}$$

در آخر غلظت ppm یون Mg^{2+} را محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{جرم }Mg^{2+}}{\text{جرم آب}}\times۱۰^{۶}=\frac{۰/۹۶g}{۵\times۱۰^{۳}g}\times۱۰^{۶}=۱۹۲ppm$$

C ۱۸۲۴ ۲ فرض می‌کنیم که شمار گروه‌های CH_2 در پاک‌کنندهٔ غیرصابونی برابر x و در پاک‌کنندهٔ صابونی برابر $(x+۵)$ باشد. در نتیجه

فرمول پاک کنندهٔ صابونی: $CH_3(CH_2)_{x+۵}\underbrace{(CH)_2}_{\text{به علت وجود پیوند دوگانه}}COONa$

فرمول پاک کنندهٔ غیرصابونی: $CH_3(CH_2)_xC_6H_4SO_3Na$

نسبت شمار اتم‌های C به O در پاک کنندهٔ صابونی $=\frac{۹+x}{۲}$

نسبت شمار اتم‌های C به O در پاک کنندهٔ غیرصابونی $=\frac{۷+x}{۳}$

$$\frac{\frac{۷+x}{۳}}{\frac{۹+x}{۲}}=۰/۶\Rightarrow\frac{۱۴+۲x}{۲۷+۳x}=\frac{۳}{۵}\Rightarrow۷۰+۱۰x=۸۱+۹x\Rightarrow x=۱۱$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{شمار اتم‌های هیدروژن در پاک کنندهٔ غیرصابونی}=۲x+۴+۳=۲x+۷=۲(۱۱)+۷=۲۹\\ \text{شمار اتم‌های هیدروژن در پاک کنندهٔ صابونی}=۳+۲x+۱۰+۲=۲x+۱۵=۲(۱۱)+۱۵=۳۷\end{array}\right\}\Rightarrow\text{اختلاف شمار اتم‌های هیدروژن}=۳۷-۲۹=۸$$

A ۱۸۲۵ ۲ برای تهیهٔ این صابون، پیه گوسفند و سود سوزآور (سدیم هیدروکسید) را در دیگ‌های بزرگ با آب برای چندین ساعت می‌جوشانند.

B ۱۸۲۶ ۳ برای از بین بردن جوش صورت و قارچ‌های پوستی از صابون گوگرددار و برای افزایش خاصیت میکروب‌کشی از صابون کلردار استفاده می‌شود. بنابراین A عنصر گوگرد و B عنصر کلر است. عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هر دو عنصر گوگرد و کلر در تناوب سوم قرار دارند. عبارت (ب): گوگرد در دمای اتاق به‌صورت جامدی زرد رنگ دیده می‌شود و از طریق تشکیل آنیون S^{2-} به آرایش گاز نجیب آرگون می‌رسد. عبارت (پ): برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده از نمک فسفات استفاده می‌شود. اتم مرکزی این آنیون، اتم فسفر است که در تناوب سوم قرار دارد. عبارت (ت): فلوئور فعال‌ترین هالوژن جدول تناوبی است.

B ۱۸۲۷ ۴ برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده، به آن‌ها نمک‌های فسفات (PO_4^{3-}) می‌افزایند. معادلهٔ واکنش یون‌های فسفات با یون‌های کلسیم و منیزیم (X^{2+}) موجود در آب سخت به صورت مقابل است:

$$۳X^{2+}(aq)+۲PO_4^{3-}(aq)\rightarrow X_3(PO_4^{3-})_2(s)$$

مقدار مول مصرفی یون X^{2+} به ازای مصرف ۴×۱۰^{-۳} مول یون PO_4^{3-} برابر است با:

$$?\,mol\,X^{2+}(\text{مصرفی})=۴\times۱۰^{-۳}\,mol\,PO_4^{3-}\times\frac{۳mol\,X^{2+}}{۲mol\,PO_4^{3-}}=۶\times۱۰^{-۳}\,mol\,X^{2+}(\text{مصرفی})$$

معادلهٔ واکنش یون‌های موجود در آب سخت با صابون به صورت مقابل است:

$$۲C_{۱۷}H_{۳۵}COO^-Na^+ + X^{2+}\rightarrow(C_{۱۷}H_{۳۵}COO)_2X+۲Na^+$$

جرم صابون مصرفی به ازای مصرف ۶×۱۰^{-۳} مول از یون X^{2+} برابر است با:

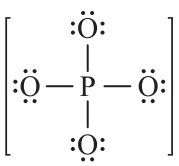
روش اول (کسر تبدیل):

$$۶\times۱۰^{-۳}\,mol\,X^{2+}\times\frac{۲mol\,\text{صابون}}{۱\,mol\,X^{2+}}\times\frac{۳۰۶g\,\text{صابون}}{۱\,mol\,\text{صابون}}=۳/۶۷۲g\,\text{صابون}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }X^{2+}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم صابون}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۶\times۱۰^{-۳}}{۱}=\frac{x\,g\,\text{صابون}}{۲\times۳۰۶}\Rightarrow x=۳/۶۷۲g\,\text{صابون}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): نمک‌های فسفات با یون‌های کلسیم و منیزیم آب سخت واکنش می‌دهند. فسفات با فرمول شیمیایی PO_4^{3-}، یونی چند اتمی است. گزینهٔ (۲): ساختار لوویس یون فسفات (PO_4^{3-}) به صورت مقابل است:



همان‌طور که مشاهده می‌کنید همهٔ اتم‌های موجود در این یون به آرایش هشت‌تایی رسیده‌اند. گزینهٔ (۳): با توجه به ساختار لوویس فسفات، تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی یون فسفات برابر ۱۲ و تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی آن برابر ۴ است؛ بنابراین نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی برابر $۳\,(\frac{۱۲}{۴})$ است.

B ۱۸۲۸ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ظرف (۲) دارای آب دریا است. عبارت دوم: به دلیل رسوب ایجاد شده، شستن لباس‌ها با محلول ظرف (۲) سبب این اتفاق می‌شود. عبارت سوم: افزایش دما، ارتفاع کف را زیاد می‌کند. بنابراین با افزایش دمای آب موجود در ظرف (۱)، اختلاف ارتفاع کف‌ها بیشتر می‌شود. عبارت چهارم: یون فسفات با کاتیون‌های کلسیم و منیزیم واکنش می‌دهد. بنابراین با استفاده از یون فسفات، اختلاف ارتفاع کف کاهش می‌یابد.

C ۱۸۲۹ ۴ موارد (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند.

- صابون‌های گوگرددار برای از بین بردن جوش‌های صورت و قارچ های پوستی استفاده می‌شوند، از این‌رو عنصر X همان گوگرد $(_{۱۶}S)$ است.
- ترکیبات کلردار به منظور افزایش خاصیت ضدعفونی کنندگی و میکروب‌کشی صابون‌ها به آن‌ها افزوده می‌شوند، بنابراین عنصر Y همان کلر $(_{۱۷}Cl)$ است.
- برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده به آن‌ها نمک‌های فسفات می‌افزایند، از این‌رو عنصر Z همان $(_{۱۵}P)$ است.

بررسی موارد: مورد (الف): فسفر، گوگرد و کلر سه عنصر متوالی هستند و ترتیب عدد اتمی آن‌ها به صورت: $_{15}P<{}_{16}S<{}_{17}Cl$ است. مورد (ب): عناصر گوگرد و کلر به رنگ زرد دیده می‌شوند. در دمای اتاق گوگرد و فسفر حالت جامد داشته، اما کلر حالت گازی دارد. مورد (پ): رنگ شعلهٔ سوختن گوگرد، آبی و رنگ شعلهٔ حاصل از محلول نمک‌های Cu^{2+}، سبز است. انرژی رنگ آبی بیشتر از سبز است؛ بنابراین طول موج رنگ آبی کوتاه‌تر از سبز است. مورد (ت): همهٔ پاک‌کننده‌های صابونی از واکنش یک باز با چربی تولید می‌شوند.

C ۱۸۳۰ | ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است:

$$3CaCl_2+2Na_3PO_4\rightarrow Ca_3(PO_4)_2+6NaCl \qquad 2RCOONa+CaCl_2\rightarrow (RCOO)_2Ca+2NaCl$$

ابتدا جرم مولی رسوب $(RCOO)_2Ca$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی رسوب } (RCOO)_2Ca: (255\times2)+40=550 g.mol^{-1} \qquad \text{جرم مولی } RCOO^- = 278-23=255 g.mol^{-1}$$

سپس جرم یون Ca^{2+} موجود در آب چشمه را به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,Ca^{2+}=27/5 g\,(RCOO)_2Ca\times\frac{1 mol\,(RCOO)_2Ca}{550 g\,(RCOO)_2Ca}\times\frac{1 mol\,CaCl_2}{1 mol\,(RCOO)_2Ca}\times\frac{1 mol\,Ca^{2+}}{1 mol\,CaCl_2}\times\frac{40 g\,Ca^{2+}}{1 mol\,Ca^{2+}}=2 g\,Ca^{2+}$$

در ادامه غلظت ppm یون Ca^{2+} را محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{گرم } Ca^{2+}}{\text{گرم محلول}}\times10^6=\frac{2}{1000}\times10^6=2000$$

برای قسمت دوم مسئله خواهیم داشت:

$$?\,mol\,Na_3PO_4=27/5 g\,(RCOO)_2Ca\times\frac{1 mol\,(RCOO)_2Ca}{550 g\,(RCOO)_2Ca}\times\frac{1 mol\,CaCl_2}{1 mol\,(RCOO)_2Ca}\times\frac{2 mol\,Na_3PO_4}{3 mol\,CaCl_2}\simeq0/033 mol\,Na_3PO_4$$

توضیح محاسبات

$$\frac{27/5\times2}{550\times3}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{\overset{2/5}{\overbrace{27/5\times2}}}{\underset{50}{\underbrace{550}}\times3}=\frac{\overset{10}{\overbrace{2/5\times2}}}{50\times3}=\frac{1}{30}\simeq0/033$$

B ۱۸۳۱ | ۱ رسوب تشکیل شده بر روی دیوارهٔ کتری، لوله‌ها، آب‌راه‌ها و دیگ‌های بخار آن‌چنان به این سطح‌ها می‌چسبند که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زدوده نمی‌شوند.

B ۱۸۳۲ | ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. نوعی پاک‌کننده که به شکل پودر عرضه می‌شود؛ شامل مخلوط سدیم هیدروکسید و پودر آلومینیم است. این پاک‌کننده برای باز کردن مجاری مسدود شده در برخی وسایل و دستگاه‌های صنعتی استفاده می‌شود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): این پاک‌کننده با چربی‌ها و رسوبات موجود در لوله‌ها و مسیرهای مسدود شده واکنش می‌دهد، از این‌رو پاک‌کنندهٔ خورنده محسوب می‌شود. این پاک‌کننده مخلوطی از پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید است.
عبارت (ب): معادلهٔ واکنش این پاک‌کننده با آب به صورت مقابل است: $2NaOH(s)+2Al(s)+6H_2O(l)\rightarrow3H_2(g)+2NaAl(OH)_4(aq)+Q$
طی این واکنش گاز هیدروژن تولید می‌شود و سبب افزایش قدرت پاک‌کنندگی این پودر می‌شود. عبارت (پ): فرایند انجام شده گرماده است و گرمای تولید شده باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی مخلوط می‌شود. عبارت (ت): این پاک‌کننده به دلیل وجود سدیم هیدروکسید خاصیت بازی دارد و در واکنش با چربی‌های موجود در لوله صابون تولید می‌کند که خود نوعی پاک‌کننده است.

B ۱۸۳۳ | ۲ رسوب لوله‌ها آن‌چنان به سطح لوله‌ها می‌چسبند که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زدوده نمی‌شوند، این نوع آلاینده‌ها را با استفاده از پاک‌کننده‌های خورنده می‌زدایند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): محلول جوهر نمک و سرکهٔ سفید خاصیت اسیدی دارند، رنگ کاغذ pH در محیط اسیدی قرمز است. گزینهٔ (۳): واکنش پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید با آب گرماده بوده، گرمای تولید شده باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی می‌شود. گزینهٔ (۴): گاز هیدروژن تولید شده در طی واکنش پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید با آب، با ایجاد فشار باعث از بین بردن و کندن رسوب‌ها از سطح لوله می‌شود.

B ۱۸۳۴ | ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به صورت مقابل است: $2Al(s)+2NaOH(s)+6H_2O(l)\rightarrow3H_2(g)+2NaAl(OH)_4(aq)$
مجموع ضرایب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده در این واکنش برابر ۱۵ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): گاز هیدروژن تولید شده در طی این واکنش، با ایجاد فشار و کندن رسوبات باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی مخلوط می‌شود. گزینهٔ (۳): از این پودر برای باز کردن لوله‌ها و مسیرهایی استفاده می‌شود که بر اثر ایجاد رسوب و تجمع چربی‌ها بسته شده‌اند. گزینهٔ (۴): این پودر علاوه‌بر بر هم کنش فیزیکی با آلاینده‌ها، بر هم کنش شیمیایی نیز دارد، از این‌رو پاک‌کنندهٔ خورنده است و واکنش آن با آب گرماده است.

B ۱۸۳۵ | ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): واکنش مخلوط آلومینیم و سود با آب همانند واکنش سوختن، یک واکنش گرماده می‌باشد و علامت Q در هر دو واکنش منفی است. عبارت (ب): لکه‌های سفیدی که بعد از شستن لباس با صابون روی آن‌ها بر جای می‌ماند، رسوب‌هایی هستند که یون‌های محلول در آب سخت با مولکول‌های صابون تولید کرده‌اند و در آب حل نمی‌شوند. عبارت (پ): دم هیدروکربنی اسیدهای چرب همیشه سیرشده نیستند. ممکن است در این قسمت پیوندهای دوگانه و سه‌گانهٔ کربن - کربن دیده شود. عبارت (ت): با گذشت زمان سرعت رشد میزان امید به زندگی در مناطق کم‌برخوردار بیشتر از مناطق برخوردار می‌باشد، به همین دلیل فاصلهٔ میان نمودار امید به زندگی در این دو منطقه با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

B ۱۸۳۶ | ۴ عبارت‌های سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: بخش گوگرددار در یک پاک‌کنندهٔ غیرصابونی مربوط به بخش آنیونی است. عبارت دوم: برای برطرف کردن رسوب تشکیل شده روی دیوارهٔ کتری‌ها، باید از پاک‌کننده‌های خورنده استفاده کرد. عبارت سوم: پاک‌کننده‌های غیرصابونی برخلاف پاک‌کننده‌های صابونی، قدرت پاک‌کنندگی خود را در آب سخت از دست نمی‌دهند. (زیرا با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب سخت، وارد واکنش نمی‌شوند.) عبارت چهارم: وجود یون‌های پتاسیم و یا آمونیوم در ساختار یک پاک‌کنندهٔ صابونی، سبب می‌شود که آن پاک‌کننده در دمای اتاق حالت مایع داشته باشد. عبارت پنجم: به منظور باز کردن مجاری مسدود شده توسط چربی، باید از پاک‌کنندهٔ خورندهٔ NaOH استفاده کرد.

۱۸۳۷ **B** **۱** ابتدا شمار اتم‌های کربن موجود در گروه R پاک‌کنندهٔ غیرصابونی را محاسبه می‌کنیم: $C_nH_{2n+1}COOH+NaOH\rightarrow C_nH_{2n+1}COONa+H_2O$

$$۱۲/۵g\ NaOH\ \text{ناخالص}\times\frac{۸۰g\ NaOH\ \text{خالص}}{۱۰۰g\ NaOH\ \text{ناخالص}}\times\frac{۱mol\ NaOH}{۴۰g\ NaOH}\times\frac{۱mol\ C_nH_{2n+1}COOH}{۱mol\ NaOH}\times\frac{(۱۲n+۲n+۱+۱۲+۳۲+۱)g\ C_nH_{2n+1}COOH}{۱mol\ C_nH_{2n+1}COOH}$$

$$=۷۱g\ C_nH_{2n+1}COOH \qquad ۷۱=\frac{۱}{۴}\times(۱۴n+۴۶)\Rightarrow ۲۸۴=۱۴n+۴۶\Rightarrow n=۱۷$$

اکنون فرمول شیمیایی صابون را نوشته و جرم مولی آن را محاسبه می‌کنیم: $C_{۱۷}H_{۳۵}COONa=۳۰۶g.mol^{-۱}$

۱۸۳۸ **C** **۱** عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی موارد:** مورد (الف): با توجه به واکنش موازنه شده تفاوت ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها، برابر ۵ است. $۲Al(s)+۲NaOH(aq)+۶H_2O(l)\rightarrow ۲NaAl(OH)_4+۳H_2$

مورد (ب): واکنش بالا یک واکنش گرماده است (علامت آنتالپی منفی) در صورتی که واکنش فتوسنتز، واکنشی گرماگیر است (علامت آنتالپی مثبت) مورد (پ): گاز A همان گاز هیدروژن است که در اثر واکنش آهن با هیدروکلریک اسید نیز به‌دست می‌آید. $Fe(s)+۲HCl(aq)\rightarrow FeCl_2(aq)+H_2(g)$

مورد (ت): طبق واکنش موازنه شده داریم: $?L\ H_2=۰/۵L\ NaOH\times\frac{۲mol\ NaOH}{۱L\ NaOH}\times\frac{۳mol\ H_2}{۲mol\ NaOH}\times\frac{۲۲/۴L\ H_2}{۱mol\ H_2}=۳۳/۶L\ H_2$

مورد (ث): مخلوط پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید برخلاف پاک‌کننده‌های غیرصابونی، در دستهٔ پاک‌کننده‌های خورنده قرار می‌گیرد.

۱۸۳۹ **A** **۲** در میان موارد، فقط مورد (ب) نادرست است. **بررسی عبارت دوم:** برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک، به آن آهک می‌افزایند.

۱۸۴۰ **A** **۳** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت (ب):** دلیل سوزش معده که درد شدیدی در ناحیهٔ سینه ایجاد می‌کند، برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لولهٔ مری است.

۱۸۴۱ **B** **۱** **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۲): رنگ کاغذ pH در محلول‌های اسیدی به رنگ سرخ است. گزینهٔ (۳): اسیدها با اغلب فلزها واکنش می‌دهند و گاز H_2 آزاد می‌کنند. گزینهٔ (۴): اکسیدهای نافلزی در صورت حل‌شدن در آب، pH آب را کاهش می‌دهند، به همین دلیل به آن‌ها اکسیدهای اسیدی گفته می‌شود؛ مانند SO_2 و N_2O_5. اکسیدهای فلزی در صورت حل‌شدن در آب، pH آب را افزایش می‌دهند و به آن‌ها اکسیدهای بازی می‌گویند؛ مانند Na_2O و MgO.

۱۸۴۲ **B** **۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت (ت):** هیدروکسید فلزهای قلیایی و برخی فلزهای قلیایی خاکی جزء بازهای قوی به شمار می‌آیند.

۱۸۴۳ **B** **۱** فقط مورد سوم درست است. **بررسی موارد:** مورد اول: همهٔ پاک‌کننده‌ها، یعنی پاک‌کننده‌های خورنده و پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی، با ذرات آلودگی برهم‌کنش‌های فیزیکی دارند، اما فقط پاک‌کننده‌های خورنده هستند که علاوه‌بر برهم‌کنش‌های فیزیکی با ذرات آلودگی برهم‌کنش شیمیایی دارند. مورد دوم: از صابون گوگرددار، برای از بین بردن جوش‌های صورت و همچنین قارچ‌های پوستی استفاده می‌شود. مورد سوم: پارچه‌های پلی‌استری برخلاف پارچه‌های نخی پیوندهای O — H ندارند، از این‌رو خاصیت ناقطبی و چربی‌دوستی بیشتری از پارچه‌های نخی دارند و جاذبهٔ قوی‌تری با لکه‌های چربی ایجاد می‌کنند. مورد چهارم: اوره دارای پیوندهای N — H و اتیلن گلیکول دارای پیوندهای O — H است، از این‌رو هر دو با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی ایجاد می‌کنند. مورد پنجم: اسیدها با اغلب فلزها واکنش می‌دهند و در تماس با پوست سوزش ایجاد می‌کنند؛ در حالی که بازها در سطح پوست همانند صابون، احساس لیزی ایجاد می‌کنند و به آن نیز آسیب می‌رسانند.

۱۸۴۴ **A** **۲** **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): شواهد بسیاری در تاریخ علم وجود دارد که نشان می‌دهد پیش از آن‌که ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون‌بر ویژگی‌های اسیدها و بازها با برخی واکنش‌های آن‌ها نیز آشنا بودند. گزینهٔ (۳): دقت کنید که محلول اسیدها و بازها رسانای جریان برق هستند ولی لزوماً خود اسید یا باز رسانای جریان برق نیستند. به عنوان مثال، سدیم اکسید (Na_2O) یک جامد یونی بوده و رسانای جریان برق نیست اما پس از انحلال در آب، یون‌های سدیم و هیدروکسید تولید کرده و محلول آبی آن، رسانای جریان برق است. گزینهٔ (۴): طبق پژوهش‌های آرنیوس میزان رسانایی الکتریکی اسیدها و بازهای مختلف، با یکدیگر متفاوت است.

۱۸۴۵ **B** **۱** فقط عبارت سوم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت سوم: محلول اکسیدهای فلزی در آب خاصیت بازی دارد و یون $OH^-(aq)$ را تولید می‌کند. محلول اکسیدهای نافلزی در آب خاصیت اسیدی دارد و یون $H_3O^+(aq)$ را تولید می‌کند. عبارت پنجم: طبق نظریهٔ آرنیوس، اسید و باز حتماً باید محلول در آب باشند. اسیدها در اثر حل‌شدن در آب یون H^+ و بازها در اثر حل‌شدن در آب، یون OH^- تولید می‌کنند.

نکته ترکیبی **نظریهٔ آرنیوس و برخی نارسایی‌های آن:** آرنیوس، نخستین دانشمندی بود که اسیدها و بازها را بر یک مبنای علمی توصیف کرد. او معتقد بود که اسیدها و بازها هنگام انحلال در آب به ترتیب غلظت H^+ و OH^- آب را افزایش می‌دهند. از این‌رو محلول حاوی این مواد، دارای رسانایی‌الکتریکی هستند. نظریهٔ اسید و باز آرنیوس با وجود انقلابی بودن و ایجاد تحول بسیار در علم شیمی دو اشکال عمده داشت: ۱- در این نظریه صرفاً به شناسایی اسید یا باز بودن یک ماده پرداخته می‌شود و به میزان اسیدی یا بازی بودن یک ماده یا محلول توجهی نمی‌شود. لذا نمی‌توان تعریف pH را به این نظریه نسبت داد. ۲- بسیاری از واکنش‌های اسیدها و بازها ممکن است در فاز محلول انجام نشود و در حالت گازی رخ دهد. از آنجا که نظریهٔ آرنیوس بر اساس رسانایی الکتریکی محلول‌ها مطرح شده است، توجیهی برای چنین واکنش‌هایی ندارد.

۱۸۴۶ **B** **۱** **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): محلول شمارهٔ (۱) خاصیت بازی و محلول شمارهٔ (۳) خاصیت اسیدی دارد؛ بنابراین رنگ کاغذ pH در محلول شمارهٔ (۱) آبی و در محلول شمارهٔ (۳) قرمز است. گزینهٔ (۲): علت رنگ قرمز کاغذ pH در محلول شمارهٔ (۲) به علت خاصیت اسیدی محلول است که ناشی از حضور یون H_3O^+ است. گزینهٔ (۳): معادلهٔ واکنش انجام شده در شکل (۴) به‌صورت گفته شده است. گزینهٔ (۴): با توجه به شکل، در محلول‌های (۲) و (۴) برخلاف محلول‌های (۱) و (۳)، علاوه‌بر یون، مولکول حل‌شونده نیز مشاهده می‌شود.

۱۸۴۷ **B** **۲** گاز هیدروژن کلرید، یک اسید آرنیوس به شمار می‌آید زیرا در آب یون H_3O^+ تولید می‌کند. سدیم هیدروکسید جامد، یک باز آرنیوس به حساب می‌آید، زیرا در آب یون OH^- تولید می‌کند. حواستان باشد که انحلال الکل‌ها در آب کاملاً به صورت مولکولی بوده و در آب یون هیدرونیوم و هیدروکسید ایجاد نمی‌کنند؛ از این‌رو الکل‌ها اسید یا باز آرنیوس نیستند.

B ۱۸۴۸ ۲ عبارت‌های دوم و پنجم نادرست هستند. نام $H_3O^+(aq)$، یون هیدرونیوم بوده و دارای ۱۰ الکترون است:

$$\text{تعداد الکترون‌های } H_3O^+ = (3\times1)+(1\times8)-1=10$$

دقت کنید که همهٔ اسیدهای آرنیوس در ساختار خود H^+ ندارند. برای نمونه اکسیدهای اسیدی فاقد این یون در ساختار خود هستند ولی هنگام انحلال در آب، یون هیدرونیوم تولید می‌کنند.

B ۱۸۴۹ ۱ شکل درست و موازنه شدهٔ ۳ واکنش نادرست به‌صورت زیر است:

گزینهٔ (۲): $BaO(s)+H_2O(l)\rightarrow \underline{Ba(OH)_2(aq)}$

گزینهٔ (۳): $N_2O_5(s)+H_2O(l)\rightarrow \underline{2HNO_3(aq)}$ گزینهٔ (۴): $SO_3(g)+H_2O(l)\rightarrow \underline{H_2SO_4(aq)}$

B ۱۸۵۰ ۲ موارد اول، دوم و سوم، جمله را به‌درستی کامل می‌کنند. معادلهٔ انحلال ترکیب‌ها در آب به‌صورت زیر است:

مورد اول: ۲ مول یون، $HBr(aq)\rightarrow H^+(aq)+Br^-(aq)$

مورد دوم: ۴ مول یون، $N_2O_5(s)+H_2O(l)\rightarrow 2H^+(aq)+2NO_3^-(aq)$

مورد سوم: ۳ مول یون، $CaO(s)+H_2O(l)\rightarrow Ca^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$

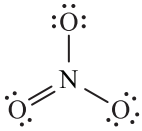
مورد چهارم: ۴ مول یون، $K_2O(s)+H_2O(l)\rightarrow 2K^+(aq)+2OH^-(aq)$

مورد پنجم: کمتر از ۲ مول یون، $NH_4OH(aq)\rightleftharpoons NH_4^+(aq)+OH^-(aq)$

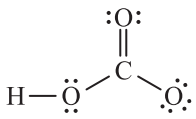
$NH_3(g)+H_2O(l)\rightarrow NH_4OH(aq)$

مورد ششم: کمتر از ۲ مول یون، $HF(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq)$

B ۱۸۵۱ ۴ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در میان ترکیب‌های داده شده، CO_2 و N_2O_5 اسید آرنیوس هستند و رنگ کاغذ pH را قرمز می‌کنند. عبارت (ب): در اثر انحلال کلسیم در آب، محلول کلسیم هیدروکسید و گاز هیدروژن تولید می‌شود. گاز هیدروژن خاصیت اسیدی یا بازی ندارد. عبارت (پ): در اثر انحلال N_2O_5 در آب HNO_3 و در اثر انحلال CO_2 در آب، H_2CO_3 تولید می‌شود. ساختار لوویس آنیون NO_3^- و HCO_3^- به‌صورت زیر است:



$$\frac{\text{شمار جفت‌الکترون ناپیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون پیوندی}}=2$$



$$\frac{\text{شمار جفت‌الکترون ناپیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون پیوندی}}=\frac{7}{5}$$

عبارت (ت): معادلهٔ انحلال پتاسیم اکسید (K_2O) در آب به‌صورت روبه‌رو است: $K_2O(s)+H_2O(l)\rightarrow 2K^+(aq)+2OH^-(aq)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,ion:28/2\,g\,K_2O\times\frac{1\,mol\,K_2O}{94\,g\,K_2O}\times\frac{4\,mol\,ion}{1\,mol\,K_2O}=1/2\,mol\,ion$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم پتاسیم اکسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول یون}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{28/2}{94\times1}=\frac{x}{4}\Rightarrow x=1/2\,mol\,ion$$

B ۱۸۵۲ ۴ واکنش b در حالت محلول آبی قرار ندارد؛ بنابراین قابل توجیه با نظریهٔ آرنیوس نیست.

B ۱۸۵۳ ۳ شیمی‌دان‌ها به کمک مدل آرنیوس نتوانستند اسیدها و بازهای ضعیف و قوی را شناسایی کنند. در نظریهٔ آرنیوس نمی‌توان در مورد میزان اسیدی یا بازی بودن محلول اظهار نظر کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): برخی اکسیدها با آب واکنش می‌دهند. اکسیدهایی مثل CO وارد واکنش با آب نمی‌شوند. گزینهٔ (۲): مطابق نظریهٔ آرنیوس، باز ماده‌ای است که هنگام حل‌شدن در آب یون هیدروکسید پدید می‌آورد. این ماده الزاماً در ساختار خود یون هیدروکسید ندارد. گزینهٔ (۴): در اثر حل‌شدن فلزها در آب باز تولید می‌شود. مطابق واکنش روبه‌رو: گاز هیدروژن + هیدروکسید فلز ← آب + فلز

چون این واکنش در یک محلول آبی انجام می‌شود، به کمک نظریهٔ آرنیوس قابل توجیه است.

B ۱۸۵۴ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نیتریک اسید (HNO_3) از انحلال ترکیب N_2O_5 طبق واکنش زیر تولید می‌شود:

$$N_2O_5(s)+H_2O(l)\rightarrow \underbrace{2H^+(aq)+2NO_3^-(aq)}_{2HNO_3(aq)}$$

با انحلال N_2O_5 در آب، غلظت یون هیدرونیوم افزایش می‌یابد، از این‌رو این اکسید نافلزی یک اسید آرنیوس محسوب می‌شود. عبارت (ب): معادلهٔ واکنش انحلال Li_2O در H_2O به صورت مقابل است: $Li_2O(s)+H_2O(aq)\rightarrow 2LiOH(aq)$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، مجموع ضرایب در معادلهٔ این واکنش برابر ۴ است. عبارت (پ): اکسیدهای فلزی مثل BaO، با انحلال در آب باعث افزایش غلظت یون هیدروکسید (OH^-) می‌شوند. معادلهٔ واکنش انحلال این اکسید در آب به صورت مقابل است: $BaO(s)+H_2O(l)\rightarrow Ba(OH)_2(aq)$

عبارت (ت): اکسیدهای نافلزی مثل N_2O_5 با انحلال در آب باعث افزایش غلظت یون هیدرونیوم می‌شوند و یک محلول اسیدی ایجاد می‌کنند؛ بنابراین کاغذ pH را به رنگ سرخ درمی‌آورند. اکسیدهای فلزی مثل BaO و Li_2O با انحلال در آب باعث افزایش غلظت یون هیدروکسید می‌شوند و محلول بازی ایجاد می‌کنند، از این‌رو کاغذ pH را به رنگ آبی درمی‌آورند، پس از بین محلول اکسیدهای موردنظر، در دو مورد کاغذ pH آبی رنگ و در یک مورد کاغذ pH سرخ رنگ است.

۱۸۵۵ B ۳ معادلهٔ واکنش انحلال هر یک از اکسیدها در آب به صورت زیر است:

$$I)\ Na_2O(s)+H_2O(l)\rightarrow \underbrace{2Na^+(aq)+2OH^-(aq)}_{2NaOH(aq)}$$

$$II)\ BaO(s)+H_2O(l)\rightarrow \underbrace{Ba^{2+}(aq)+2OH^-(aq)}_{Ba(OH)_2(aq)}$$

$$III)\ N_2O_5(g)+H_2O(l)\rightarrow \underbrace{2H^+(aq)+2NO_3^-(aq)}_{2HNO_3(aq)}$$

$$IV)\ SO_3(g)+H_2O(l)\rightarrow \underbrace{2H^+(aq)+SO_4^{2-}(aq)}_{H_2SO_4(aq)}$$

بررسی همهٔ موارد: مورد اول: یون‌های OH^-، H_3O^+، NO_3^- و SO_4^{2-}، یون‌های چنداتمی هستند؛ بنابراین در همهٔ واکنش‌ها یون چنداتمی تولید می‌شود. مورد دوم: در واکنش (II) به ازای انحلال یک مول BaO، دو مول OH^- و یک مول Ba^{2+} و در واکنش (IV) به ازای انحلال یک مول SO_3، دو مول H^+ و یک مول SO_4^{2-} تولید می‌شود؛ پس مجموع غلظت یون‌های موجود در محلول واکنش‌های (II) و (IV) برابر است. مورد سوم: در هیچ یک از واکنش‌ها، گاز دواتمی تولید نمی‌شود. مورد چهارم: هر یک از محلول‌های (III) و (IV) دارای خاصیت اسیدی هستند، از این‌رو رنگ کاغذ pH را به رنگ قرمز تغییر می‌دهند.

۱۸۵۶ C ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرمول عمومی این رسوب‌ها به صورت $(RCOO)_2Mg$ با $(RCOO)_2Ca$ است. در این رسوب‌ها نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با ۲ است. عبارت (ب): این مخلوط، یک کلوئید است. کلوئیدها پایدار هستند و ته‌نشین نمی‌شوند و نور را پخش می‌کنند. عبارت (پ): معادلهٔ انحلال این دو اکسید در آب به صورت زیر است:

$$SrO(s)+H_2O(l)\rightarrow Sr(OH)_2(aq)$$

$$?\,ion=1\,mol\,SrO\times\frac{1\,mol\,Sr(OH)_2}{1\,mol\,SrO}\times\frac{3\,mol\,ion}{1\,mol\,Sr(OH)_2}\times\frac{N_A\,ion}{1\,mol\,ion}=3N_a\,ion$$

$$K_2O(s)+H_2O(l)\rightarrow KOH(aq)$$

$$?\,ion=0/5\,mol\,K_2O\times\frac{2\,mol\,KOH}{1\,mol\,K_2O}\times\frac{2\,mol\,ion}{1\,mol\,KOH}\times\frac{N_A\,ion}{1\,mol\,ion}=2N_A\,ion$$

$$\text{اختلاف شمار یون‌ها}=3N_A-2N_A=N_A=6/02\times10^{23}$$

عبارت (ت): فرمول عمومی پاک‌کننده‌های غیرصابونی با زنجیر هیدروکربنی خطی و سیرشده به صورت $C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3Na$ است. $2n+5=33\Rightarrow n=14$

$$\text{شمار اتم‌های کربن}=n+6=14+6=20$$

عبارت (ث): برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک (CaO) اضافه می‌کنند. مجموع n و l الکترون‌های ظرفیت در $_{20}Ca$ برابر است با:

$$_{20}Ca:[_{18}Ar]\ \underbrace{4s^2}_{\text{لایهٔ ظرفیت}}\Rightarrow \text{مجموع n و l الکترون‌های ظرفیت}=2(\underbrace{4}_{4s}+0)=8$$

۱۸۵۷ C ۱ معادلهٔ کلی یونش اکسیدهای فلزی با فرمول شیمیایی MO به صورت مقابل است:

$$MO+H_2O\rightarrow M^{2+}(aq)+2OH^-$$

در اثر انحلال هر مول از این اکسید دو مول یون هیدروکسید تولید می‌شود. معادلهٔ یونش دی‌نیتروژن پنتا اکسید (N_2O_5) به صورت زیر است:

$$N_2O_5+H_2O\rightarrow 2H^+(aq)+2NO_3^-(aq)$$

در اثر انحلال هر مول از این اکسید نافلزی ۲ مول یون هیدرونیوم تولید می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تعداد مول‌های برابری از این دو اکسید حل شده است.

$$n_{MO}=n_{N_2O_5}\Rightarrow\frac{m_{MO}}{M_{MO}}=\frac{m_{N_2O_5}}{M_{N_2O_5}}\Rightarrow\frac{m_{N_2O_5}}{m_{MO}}=\frac{M_{N_2O_5}}{M_{MO}}=2/68$$

اکنون جرم مولی MO را به‌دست می‌آوریم:

$$2/68=\frac{108}{M_{MO}}\Rightarrow M_{MO}=40/3\,g.mol^{-1}$$

بنابراین جرم مولی فلز M برابر $24/3\,g.mol^{-1}$ $(40/3-16)$ است.

۱۸۵۸ A ۴ رسانایی الکتریکی محلول‌های الکترولیت به میزان یون‌هایی که در آب ایجاد می‌کنند، وابسته است. هرچه تعداد یون تولید شده توسط یک محلول الکترولیت در آب بیشتر باشد، رسانایی الکتریکی محلول بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در محلول‌های الکترولیت به دلیل وجود یون‌ها و حرکت آن‌ها، بارهای الکتریکی جابه‌جا می‌شوند. گزینهٔ (۲): اگر محلول‌های الکترولیت در یک مدار الکتریکی قرار گیرند، با حرکت یون‌ها به سوی قطب‌های ناهم‌نام، جریان الکتریکی برقرار می‌شود. گزینهٔ (۳): انحلال مواد الکترولیت قوی در آب کاملاً به‌صورت یونی است.

۱۸۵۹ B ۱ فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ترکیب‌های مولکولی و محلول در آب بسیاری مثل گلوکز، متانول، اتانول، استون و ... وجود دارند که غیرالکترولیت هستند. عبارت (ب): مولکول‌هایی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، مولکول‌های قطبی هستند. تعداد زیادی از مولکول‌های قطبی مثل الکل‌ها، شکر و ... غیرالکترولیت محسوب می‌شوند. عبارت (پ): ترکیب‌هایی مثل NH_3 و HCl از مولکول ساخته شده‌اند و به‌ترتیب، الکترولیت ضعیف و الکترولیت قوی هستند. عبارت (ث): تمام فلزها همانند گرافیت رسانای الکترونی هستند زیرا رسانایی آن‌ها به وسیلهٔ الکترون‌ها انجام می‌شود.

۱۸۶۰ B ۳ محلول شمارهٔ (۱)، یک محلول الکترولیت قوی (محلول آبی سدیم کلرید) و محلول شمارهٔ (۲)، یک محلول غیرالکترولیت (محلول آبی شکر) است. با توجه به اینکه انحلال محلول شمارهٔ (۱) کاملاً به‌صورت یونی و انحلال محلول شمارهٔ (۲) به‌صورت مولکولی است، رسانایی محلول شمارهٔ (۱) بیشتر است. **بررسی گزینهٔ (۳):** در محلول آبی سدیم کلرید یون‌های Na^+ و Cl^- با جنبش‌های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر محلول پراکنده‌اند. با توجه به اینکه در اغلب ترکیب‌ها شعاع آنیون بزرگ‌تر از شعاع کاتیون است، یون‌های بزرگ‌تر در محلول شمارهٔ (۱) آنیون‌ها هستند که به سمت قطب مثبت حرکت می‌کنند.

۱۸۶۱ A ۳ اتیلن گلیکول غیرالکترولیت و نارسانا است. آمونیاک الکترولیت ضعیف و رسانای ضعیف است. سایر ترکیب‌ها الکترولیت قوی هستند. در غلظت‌های یکسان از محلول‌های الکترولیت قوی، هر محلولی که تعداد بیشتری یون ایجاد کند، رسانای قوی‌تری است. سدیم فسفات در آب ۴ یون، سدیم سولفید در آب ۳ یون و لیتیم نیترات در آب ۲ یون تولید می‌کند. بنابراین سدیم فسفات بیشترین رسانایی را دارد.

B ۱۸۶۲ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): به موادی مانند اتانول (C_2H_5OH) و شکر $(C_{12}H_{22}O_{11})$ که انحلال آن‌ها در آب به شکل کاملاً مولکولی است، غیرالکترولیت و به محلول آن‌ها، محلول غیرالکترولیت می‌گویند. عبارت (ب): اسید HF، یک اسید ضعیف بوده و محلول آن یک الکترولیت ضعیف است. رسانایی محلول‌های حاوی الکترولیت‌های ضعیف با افزایش غلظت، اندکی افزایش می‌یابد. عبارت (پ): رسانایی الکتریکی محلول شمارهٔ (۲) به یون‌های K^+ و OH^- وابسته است؛ از این‌رو این محلول یک رسانای یونی است. به اجسامی که رسانایی آن‌ها به الکترون‌ها وابسته است (مثل فلزها و گرافیت)، رسانای الکترونی می‌گویند. عبارت (ت): ترکیبات KOH و NaCl در محلول به‌طور کامل به آنیون و کاتیون تفکیک می‌شوند، از این‌رو جایگزینی KOH با همان غلظت از NaCl، تغییر محسوسی در رسانایی الکتریکی ایجاد نمی‌کند. در واقع هر دو مقدار مول یکسانی از یون‌ها را ایجاد می‌کنند.

B ۱۸۶۳ ۴ در میان چند الکترولیت قوی با غلظت‌های متفاوت، محلولی که حاصل عبارت زیر برای آن بزرگ‌تر باشد، رسانای قوی‌تری است.

[غلظت مولی محلول × تعداد یون‌های حاصل از تفکیک یونی]

دقت کنید که حجم محلول، تأثیری در روند محاسبات ندارد. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): $K_3PO_4 \rightarrow 0/3\times 4=1/2$ گزینهٔ (۲): $Ca(NO_3)_2 \rightarrow 0/25\times 3=0/75$

گزینهٔ (۳): $NH_4Cl \rightarrow 2\times 0/6=1/2$ گزینهٔ (۴): $Al_2(SO_4)_3 \rightarrow 5\times 0/26=1/3$

بنابراین بیشترین رسانایی مربوط به محلول گزینهٔ (۴) و کمترین رسانایی مربوط به محلول گزینهٔ (۲) است.

B ۱۸۶۴ ۳ اسیدها با حل‌شدن در آب یون تولید می‌کنند اما بعضی از آن‌ها اسید ضعیف بوده و الکترولیت ضعیفی هستند.

B ۱۸۶۵ ۱ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست می‌باشند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): یون‌ها عامل برقراری جریان الکتریکی در محلول‌ها هستند و هرچه تعداد آن‌ها در یک محلول بیشتر باشد، آن محلول رسانایی بیشتری دارد. عبارت (ب): HF الکترولیت ضعیف و NaCl الکترولیت قوی است و بنابراین در غلظت یکسان، محلول NaCl رسانایی الکتریکی بیشتری دارد. عبارت (پ): در غلظت‌های یکسان از دو محلول الکترولیت قوی، هرچه تعداد یون ایجاد شده توسط یک محلول بیشتر باشد، آن محلول رسانایی الکتریکی بالاتری دارد. عبارت (ث): یکی از روش‌هایی که برای تعیین غلظت یون هیدرونیوم می‌توان به‌کار برد، سنجش رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی است.

B ۱۸۶۶ ۲ انحلال سدیم اکسید در آب باعث تولید باز می‌شود؛ زیرا اکسیدهای فلزی خاصیت بازی دارند و بازها نیز الکترولیت محسوب می‌شوند. اما دقت کنید که اگر محلول خیلی رقیق باشد، نمی‌تواند رسانای جریان برق باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): محلول اسیدها و بازهای قوی الکترولیت قوی و محلول اسیدها و بازهای ضعیف، الکترولیت ضعیف محسوب می‌شوند. گزینهٔ (۳): شکر به صورت مولکولی در آب حل شده و پس از انحلال، یونی در آب تولید نمی‌کند، پس محلول آن غیرالکترولیت است؛ اما نمک خوراکی $(NaCl)$ در آب حل شده و تولید یون می‌کند، در نتیجه محلول آن الکترولیت است. گزینهٔ (۴): معادلهٔ انحلال کلسیم کلرید و سدیم کلرید به صورت زیر است:

$NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq)+Cl^-$ (۲ یون) $\qquad CaCl_2(s) \rightarrow Ca^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)$ (۳ یون)

در شرایط یکسان رسانایی الکتریکی $CaCl_2$ بیشتر است؛ زیرا یون بیشتری در آب تولید می‌کند.

B ۱۸۶۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست و عبارت (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل شمارهٔ (۱) یک محلول الکترولیت قوی و شکل شمارهٔ (۲) یک محلول الکترولیت ضعیف را نشان می‌دهد. بنابراین شکل شمارهٔ (۱) می‌تواند متعلق به HCl باشد. عبارت (ب): با توجه به اینکه یون‌های H^+ اندازهٔ کوچک‌تری نسبت به آنیون‌ها دارد، یونی که به سمت قطب (الف) در حال حرکت است یون H^+ و یونی که به سمت قطب (ب) در حال حرکت است، آنیون Cl^- می‌باشد. در نتیجه علامت قطب (الف) منفی و علامت قطب (ب) مثبت است. عبارت (پ): شکل (۲) نشان‌دهندهٔ یک محلول الکترولیت ضعیف است که انحلال آن بیشتر به‌صورت مولکولی است درحالی که انحلال در شکل (۱) کاملاً به‌صورت یونی است. عبارت (ت): غلظت یون هیدرونیوم در محلول (۱) بیشتر است؛ از این‌رو محلول (۱) اسیدی‌تر از محلول (۲) است.

B ۱۸۶۸ ۴ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: در محلول‌های الکترولیت به دلیل وجود یون‌ها و امکان جابه‌جایی آزادانهٔ آن‌ها، رسانایی الکتریکی پدید می‌آید.

مورد دوم: در محلول همهٔ اسیدهای قوی تک‌پروتون‌دار، غلظت آنیون‌ها با کاتیون‌ها برابر است، اما در محلول اسیدهای قوی چندپروتونی مانند H_2SO_4، غلظت کاتیون‌ها بیشتر از آنیون‌ها است:

$$H_2SO_4(aq) \rightarrow 2H^+(aq)+SO_4^{2-}(aq)$$

مورد سوم: در محلول اسیدهای ضعیف، شمار ناچیزی از یون‌های آب‌پوشیده همزمان با شمار زیادی از مولکول‌های اسید یونیده نشده حضور دارند.

نکته ترکیبی **رسانایی الکتریکی محلول اسیدها و بازها:** در یک محلول حاوی الکترولیت‌ها، رسانایی الکتریکی به دو عامل نوع حل‌شونده و غلظت محلول وابسته است. در غلظت‌های یکسان، رسانایی الکتریکی محلول یک الکترولیت قوی (اسید یا باز قوی)، بیشتر از الکترولیت ضعیف (اسید یا باز ضعیف) است؛ دقت کنید در صورتی که غلظت محلول الکترولیت ضعیف خیلی بیشتر از محلول الکترولیت قوی باشد به‌طوری که غلظت یون‌های موجود در آن بیشتر باشد، رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت ضعیف بیشتر است. همهٔ نمک‌ها جزء الکترولیت‌های قوی هستند. برای مقایسهٔ میزان رسانایی چند نمک، کافی است غلظت آن‌ها را در تعداد یون‌های موجود در فرمول شیمیایی آن‌ها ضرب کنید. هر چه حاصل آن بیشتر باشد، غلظت یون‌ها در آن بیشتر بوده و رسانایی الکتریکی محلول بیشتر خواهد بود.

مورد چهارم: رسانایی الکتریکی محلول به میزان یون‌های موجود در آن‌ها بستگی دارد؛ پس رسانایی الکتریکی محلول اسید ضعیف لزوماً کمتر از اسید قوی نیست؛ زیرا ممکن است غلظت اسید قوی به قدری کم باشد که غلظت یون‌ها در محلول اسید ضعیف بیشتر از آن باشد.

C ۱۸۶۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در هر دو محلول (الف) و (ب)، یون‌ها به صورت آزاد وجود دارند؛ از این‌رو هر دو محلول، رسانایی الکتریکی دارند. عبارت (ب): معادلهٔ یونش اسیدهای تک‌پروتون‌دار قوی و ضعیف به صورت زیر است:

یونش اسیدهای ضعیف تک‌پروتونی: $HB(aq) \rightleftharpoons H^+(aq)+B^-(aq)$ $\qquad$ یونش اسیدهای قوی تک‌پروتونی: $HA(aq) \rightarrow H^+(aq)+A^-(aq)$

چون ضریب استوکیومتری آنیون و کاتیون در هر دو واکنش برابر است، به ازای یونش مقدار مشخصی از این اسیدها، شمار یون‌های مثبت و منفی برابر است. عبارت (پ): در میان عناصر دورهٔ دوم جدول تناوبی، تنها اتم F می‌تواند با اتم H تشکیل یک اسید ضعیف به فرم HA بدهد؛ از این‌رو یون اطراف قطب مثبت محلول (ب)، می‌تواند F^- باشد.

مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های لایهٔ آخر F^- برابر ۲۲ است:

$$_9F^-: 1s^2/2s^2 2p^6 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ زیرلایه‌ها} = \underbrace{2(2+0)}_{2s}+\underbrace{6(2+1)}_{2p}=22$$

عبارت (ت): محلول (ب)، به دلیل یونش کم اسید و غلظت پایین یون‌ها یک محلول الکترولیت ضعیف است و لامپ متصل به این محلول به حالت نیمه‌روشن درخواهد آمد، در حالی که محلول اتانول یک محلول غیرالکترولیت بوده و نمی‌تواند لامپ را روشن کند. عبارت (ث): محلول (ب)، محلول یک اسید ضعیف است، تنها هالوژنی که می‌تواند یک محلول اسیدی ضعیف ایجاد کند، فلوئور (F) است؛ از این‌رو هالید موجود در محلول (الف)، در هر صورت خصلت نافلزی کمتری از فلوئور دارد.

C ۱۸۷۰ ۲ موارد (الف) و (پ) همواره در HCl بیشتر از HF است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): درجهٔ یونش HCl بزرگ‌تر از HF است؛ از این‌رو در غلظت‌های یکسان، میزان تبدیل شدن به یون در محلول HCl بیشتر از محلول HF است. عبارت (ب): در HF به دلیل وجود اتم هیدروژن متصل به فلوئور، میان مولکول‌های آن پیوند هیدروژنی وجود دارد؛ از این‌رو نیروهای بین‌مولکولی HF قوی‌تر از HCl بوده و دمای جوش آن نیز بالاتر است. عبارت (پ): درجهٔ یونش و ثابت یونش HCl بزرگ‌تر از HF است؛ از این‌رو در غلظت‌های یکسان از محلول این دو اسید، خاصیت اسیدی محلول HCl بیشتر از محلول HF است. عبارت (ت): خاصیت نافلزی اتم $_{9}F$ از اتم $_{17}Cl$ بیشتر است؛ از این‌رو تمایل به گرفتن الکترون و تبدیل شدن به آنیون در اتم F بیشتر از اتم Cl است. عبارت (ث): شعاع اتمی و خاصیت نافلزی اتم F از اتم Cl بیشتر است؛ از این‌رو طول پیوند H — F از طول پیوند H — Cl کوچک‌تر است و قطبیت پیوند HF از HCl بیشتر است و انرژی لازم برای شکستن یک مول از پیوندهای H — F بیشتر از H — Cl است.

B ۱۸۷۱ ۲ به اسیدهایی که هر مولکول آن‌ها در آب تنها می‌تواند یک یون هیدرونیوم (H^+) تولید کند، اسید تک‌پروتون‌دار می‌گویند.

A ۱۸۷۲ ۴ با توجه به نمودار یونش اسید HX، چون پس از یونش اسید HX، شمار بسیار زیادی از مولکول‌های اسید، یونیده نشده باقی‌مانده‌اند، می‌توان دریافت که اسید مربوطه ضعیف است و بنابراین گزینه‌های (۱) و (۳) که در آن‌ها اسید HX به‌طور کامل یونش یافته است نادرست‌اند. در هنگام برقراری جریان الکتریکی در محلول‌های الکترولیت، یون‌ها به سمت قطب‌های ناهمنام حرکت می‌کنند. بنابراین گزینهٔ (۴) پاسخ صحیح خواهد بود؛ زیرا در گزینهٔ (۲) یون‌ها به سمت قطب‌های هم‌نام حرکت کرده‌اند.

B ۱۸۷۳ ۱ فقط عبارت (پ) نادرست است. اسید HX به‌طور کامل یونیده می‌شود؛ در نتیجه الکترولیت قوی و اسید قوی محسوب می‌شود. HCl هم یک اسید قوی است. اسید HA به‌طور جزئی یونیده می‌شود؛ در نتیجه الکترولیت ضعیف و اسید ضعیف به حساب می‌آید. HF هم یک اسید ضعیف است. **بررسی عبارت (پ):** محلول آبی HA الکترولیت ضعیف است.

B ۱۸۷۴ ۱ در زندگی روزانه با انواع اسیدها سروکار داریم که برخی قوی و اغلب آن‌ها ضعیف هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در محلول اسیدهای قوی مولکول‌های یونیده نشده یافت نمی‌شود و این محلول‌ها فقط شامل یون‌های آب‌پوشیده هستند. گزینهٔ (۳): در محلول اسیدهای ضعیف، بیشتر مولکول‌های اسید به‌صورت یونیده نشده باقی می‌مانند و تنها تعداد کمی از مولکول‌ها یونش می‌یابند. گزینهٔ (۴): در محلول اسیدهای ضعیف اندک یون‌های موجود در محلول با مولکول‌های یونیده نشدهٔ اسید در تعادل قرار دارند، می‌دانیم در حالت تعادل غلظت تمام گونه‌ها ثابت است.

B ۱۸۷۵ ۳ مطالب گزینهٔ (۳) برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. در مورد اسیدهای قوی می‌توان گفت: $[H_3O^+]=[A^-]=[HA]$

در مورد اسیدهای ضعیف می‌توان گفت: $[H_3O^+]=[A^-]<[HA]$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): اسید موجود در ریواس یک اسید ضعیف است و در نتیجه: $[H_3O^+]<1\ mol.L^{-1}$

گزینهٔ (۲): هیدروکلریک اسید یک اسید قوی است، بنابراین: $[H_3O^+]=[Cl^-]=0/3\ mol.L^{-1}$

گزینهٔ (۳): سرکه اسید ضعیف به حساب می‌آید. در نتیجه: $[CH_3COO^-]=[H_3O^+]<0/8\ mol.L^{-1}$

گزینهٔ (۴): نیتریک اسید، یک اسید قوی است. بنابراین: $[H_3O^+]=[NO_3^-]=0/75\Rightarrow[H_3O^+]+[NO_3^-]=0/75+0/75=1/5\ mol.L^{-1}$

B ۱۸۷۶ ۴ اسید موجود در سرکهٔ سیب، بنزوئیک اسید و فورمیک اسید جزء کربوکسیلیک اسیدها هستند و اسید ضعیف به شمار می‌آیند درحالی که HCl یک اسید قوی است. **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): در اسیدهای ضعیف حضور همزمان مولکول‌های یونیده نشده و یون‌های آب‌پوشیده دیده می‌شود. پرسش (ب): در مورد اسیدهای قوی می‌توان گفت:

$$[H_3O^+]=[A^-]=[HA]_{\text{اولیه}}\Rightarrow\frac{[H_3O^+]+[A^-]}{[HA]}=\frac{2[HA]}{[HA]}=2$$

فقط HCl یک اسید قوی است. پرسش (پ): نمودار نشان‌دهندهٔ یونش جزئی یک اسید ضعیف است و می‌تواند مربوط به کربوکسیلیک اسیدها باشد.

A ۱۸۷۷ ۳ HCl، اسیدی قوی و واکنش آن با آب یک‌طرفه است، اما HF اسیدی ضعیف بوده و واکنش آن با آب دوطرفه است.

$$HCl(aq)\rightarrow H^+(aq)+Cl^-(aq)\qquad HF(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq)$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): در اثر انحلال هر مولکول از HF، HCl و CH_3COOH تنها یک یون هیدرونیوم می‌تواند تولید شود؛ از این‌رو جزء اسیدهای تک‌پروتون‌دار هستند. گزینهٔ (۴): در رابطهٔ درجهٔ یونش به جای شمار مولکول‌ها، می‌توان شمار مول‌ها یا غلظت مولی گونه‌ها را قرار داد.

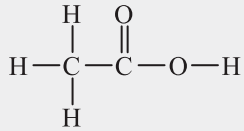
$$\text{درجهٔ یونش}=\frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار مولکول‌های حل شده}}=\frac{\text{مول مولکول‌های یونیده شده}}{\text{مول مولکول‌های حل شده}}=\frac{\text{غلظت مولی مولکول‌های یونیده شده}}{\text{غلظت مولی مولکول‌های حل شده}}$$

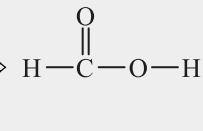
B ۱۸۷۸ ۳ همهٔ موارد به‌جز مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی موارد:** مورد اول: $\alpha=0$: انحلال ترکیب در آب کاملاً به‌صورت مولکولی است. مورد دوم: $\alpha=100\%$: انحلال ترکیب در آب به‌صورت کاملاً یونی است. مورد سوم: $0<\alpha<100\%$: انحلال ترکیب در آب به‌صورت یونی - مولکولی است. مورد چهارم: اگر درصد یونش یک ترکیب $\alpha\%$ باشد، یعنی به میزان $\alpha\%$ از مولکول‌های آن یونیده شده و به‌صورت یونی حل شده و $(100-\alpha)\%$ به‌صورت مولکولی حل شده‌اند. مورد پنجم: اگر درصد یونش یک ماده کوچک‌تر از ۱۰۰ باشد، یعنی بخشی از آن به صورت یونی و بخش دیگر به صورت مولکولی حل می‌شود؛ از این‌رو این ماده جزء الکترولیت‌های ضعیف است.

B ۱۸۷۹ ۲ درجهٔ یونش اسید A بین صفر و یک است، پس این اسید به‌صورت یونی - مولکولی در آب حل شده است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): چون اسید A، به‌صورت جزئی یونیده شده، پس یک اسید ضعیف است. گزینهٔ (۲): اسید A به‌صورت جزئی یونیده شده، پس الکترولیت ضعیف است و لامپ را با روشنایی کم، روشن نگه می‌دارد. گزینهٔ (۳): اگر α به یک نزدیک‌تر باشد، انحلال بیشتر به‌صورت یونی است (بیشتر یونیده می‌شود) و اسید قوی‌تر است. اگر α به صفر نزدیک‌تر باشد، انحلال بیشتر به‌صورت مولکولی است (کمتر یونیده می‌شود) و اسید ضعیف‌تر است. گزینهٔ (۴): این اسید، یک اسید ضعیف مانند HF یا استیک اسید است.

B ۱۸۸۰ ۴

نکته‌ترکیبی **قدرت اسیدی کربوکسیلیک اسیدها:** کربوکسیلیک اسیدها، دسته‌ای از مواد آلی هستند که ضمن انحلال در آب، یونش یافته و کاتیون و آنیون ایجاد می‌کنند. ۱- همهٔ کربوکسیلیک اسیدها، اسیدهای ضعیف هستند. ۲- در میان اتم‌های هیدروژن موجود در کربوکسیلیک اسید، فقط اتم هیدروژن موجود در گروه کربوکسیل اسیدی هستند و سایر هیدروژن‌ها اسیدی نیستند! ۳- هر چه تعداد اتم‌های کربن کربوکسیلیک اسید بیشتر باشد، قدرت اسیدی آن کمتر است. برای مثال قدرت اسیدی متانوئیک (فرمیک) اسید از اتانوئیک (استیک) اسید بیشتر است.

اتانوئیک (استیک) اسید ⇒ 

متانوئیک (فرمیک) اسید ⇒ 

عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): همهٔ کربوکسیلیک اسیدها، اسید ضعیف هستند و در محلول آن‌ها شمار ناچیزی از یون‌های آب‌پوشیده همزمان با شمار زیادی از مولکول‌های اسید یونیده نشده حضور دارند، از این‌رو درجهٔ یونش آن‌ها کمتر از یک است. عبارت (ب): کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل $(COOH)$ آن‌ها می‌تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود. عبارت (پ): اسیدهای موجود در سیب، انگور، ریواس و مرکبات مانند پرتقال و لیمو و نیز انواع سرکه، از جمله اسیدهای خوراکی و ضعیف هستند. عبارت (ت): نمودار نشان داده شده مربوط به یونش اسیدهای قوی با $\alpha=1$ است، در حالی که کربوکسیلیک اسیدها، جزء اسیدهای ضعیف هستند. عبارت (ث): ثابت یونش اسیدها و بازهای ضعیف به غلظت و دمای محلول وابسته است؛ به‌طوری‌که با کاهش غلظت و افزایش دما، درجهٔ یونش اسیدها و بازهای ضعیف افزایش می‌یابد.

B ۱۸۸۱ ۴ با کاهش غلظت اسیدهای ضعیف، درصد یونش افزایش پیدا می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در دمای معین، غلظت گونه‌ها در محلول‌های اسیدهای ضعیف ثابت است. گزینهٔ (۲): با افزودن آب خالص، غلظت یون‌ها کاهش یافته و رسانایی الکتریکی نیز کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۳): درصد یونش را می‌توان طبق محاسبات مقابل تعیین کرد:

$$\text{درصد یونش}\ (\alpha\%)=\frac{\text{شمار مول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مول‌های حل‌شده}}\times 100=\frac{4}{6}\times 100=\%66/67$$

B ۱۸۸۲ ۴ حجم حل شده از هر یک از گازها و حجم آب یکسان است، از این‌رو غلظت مولی محلول هیدروکلریک اسید با محلول هیدروفلوئوریک اسید برابر است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): معادلهٔ یونش HF به صورت مقابل است:

$$HF\rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq)$$

از ۵ مولکول HF موجود در محلول (ب)، تنها یک مولکول به H^+ و F^- یونش یافته است، پس درجهٔ یونش و درصد آن برابر است با:

$$\text{درجهٔ یونش}\ (\alpha)=\frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار مولکول‌های حل شده}}=\frac{1}{5}=0/2\Rightarrow\%\alpha=\%20$$

گزینهٔ (۲): رسانایی الکتریکی محلول‌ها به غلظت یون‌ها وابسته است؛ از این‌رو غلظت یون‌ها در محلول (ب) از محلول (الف) کمتر است، از این‌رو رسانایی الکتریکی محلول (ب) از محلول (الف) کمتر است. گزینهٔ (۳): درجهٔ یونش هیدروکلریک اسید برابر ۱ و درجهٔ یونش هیدروفلوئوریک اسید برابر ۰/۲ است؛ از این‌رو نسبت درجهٔ یونش آن‌ها برابر ۵ $\left(\frac{1}{0/2}\right)$ است.

B ۱۸۸۳ ۱ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اتم عنصرهایی که عدد اتمی آن‌ها از ۱۸ تا ۳۰ است، دارای ۱۲ الکترون در زیرلایهٔ p هستند. این عنصر می‌تواند پتاسیم $(_{19}K)$ باشد، فرمول اکسید این عنصر به صورت K_2O بوده و چون با انحلال در آب باعث افزایش غلظت یون هیدروکسید می‌شود، یک باز آرنیوس است.

$$K_2O(s)+H_2O(l)\rightarrow\underbrace{2K^+(aq)+2OH^-(aq)}_{2KOH(aq)}$$

عبارت (ب): شواهد بسیاری نشان می‌دهند که پیش از آن‌که ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون‌بر ویژگی‌های اسیدها و بازها با برخی واکنش‌های آن‌ها نیز آشنا بودند. عبارت (پ): به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می‌تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، اسید تک‌پروتون‌دار می‌گویند. اما دقت کنید که از انحلال یک مول از همهٔ اسیدهای تک‌پروتون‌دار در آب، یک مول یون هیدرونیوم تولید نمی‌شود و این از ویژگی‌های اسیدهای تک‌پروتون‌دار قوی است. عبارت (ت): معادلهٔ یونش HF به صورت مقابل است:

$$HF\rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq)$$

ضریب استوکیومتری H^+ و F^- در این معادله برابر است، از این‌رو نسبت شمار یون‌های هیدرونیوم به یون‌های فلوئورید برابر یک است. عبارت (ث): غلظت یون هیدرونیوم با غلظت استیک اسید یونیده شده برابر است؛ بنابراین:

$$\text{درصد یونش}=\frac{\text{غلظت مولی مولکول‌های یونیده شده}}{\text{غلظت مولی کل مولکول‌های حل‌شده}}\times 100=\frac{1/35\times10^{-3}}{10^{-1}}\times 100=\%1/35$$

B ۱۸۸۴ ۴ در ظرف (۱):

$$\text{تعداد مولکول‌های یونیده شده}=500-488=12\ =\ \text{تعداد کل مولکول‌های حل شده}\ -\ \text{تعداد مولکول‌های HA}$$

$$\alpha_1=\frac{\text{تعداد مولکول‌های یونیده شده}}{\text{تعداد کل مولکول‌های حل شده}}=\frac{12}{500}$$

در ظرف (۲): هر مولکول HB، ۲ یون H_3O^+ و B^- تولید می‌کند، حال ۱۲ یون تولید شده، پس یعنی ۶ مولکول HB یونیده شده است:

$$\alpha_2=\frac{\text{تعداد مولکول‌های یونیده شده}}{\text{تعداد کل مولکول‌های حل شده}}=\frac{6}{200}\Rightarrow\frac{\alpha_2}{\alpha_1}=\frac{\frac{6}{200}}{\frac{12}{500}}=1/25$$

B ۱۸۸۵ ۱ با توجه به اینکه انحلال HA در آب به‌صورت $H_2O+HA\rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$ است، هر یون (A^-) تولید شده، حاصل از انحلال یک مولکول HA است، پس ۲۰ یون A^- تولید شده، حاصل از انحلال ۲۰ مولکول HA است. ۱۴۰ مولکول HA نیز به‌صورت مولکولی باقی مانده است، پس شمار کل مولکول‌های HA حل شده برابر با ۱۶۰=۲۰+۱۴۰ است.

$$\text{درصد یونش}=\frac{\text{تعداد HA یونیده شده}}{\text{تعداد کل HA حل شده}}\times 100=\frac{20}{160}\times 100=\%12/5$$

۱۸۸۶ ۳ قسمت اول: شکل، محلول آبی HA را پس از فرایند یونش نشان می‌دهد که یک یون A^- و یک یون H_3O^+ در آن وجود دارد، پس یک مولکول HA یونیده شده و ۷ مولکول HA نیز به‌صورت مولکولی باقی مانده است. یعنی تعداد کل مولکول‌های HA حل شده برابر ۸=۱+۷ است.

$$\text{درصد یونش}=\frac{\text{تعداد مولکول‌های یونیده شده}}{\text{تعداد کل مولکول‌های حل شده}}\times ۱۰۰=\frac{۱}{۸}\times ۱۰۰=٪۱۲/۵$$

قسمت دوم: ابتدا جرم A^- موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,A^-=۱\text{ ذره}\times\frac{۰/۰۱\,mol\,A^-}{۱\text{ ذره}}\times\frac{۱۹\,g\,A^-}{۱\,mol\,A^-}=۰/۱۹\,g\,A^-$$

با توجه به اینکه محلول آبی بوده و رقیق است، چگالی آن برابر $۱\,g.mL^{-۱}$ است:

$$\text{جرم محلول}=\text{محلول}\,mL\times\frac{\text{محلول}\,g}{\text{محلول}\,mL}=۵۰۰\,g$$

$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم}\,A^-}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰^۶=\frac{۰/۱۹}{۵۰۰}\times ۱۰^۶=۳۸۰\,ppm$$

۱۸۸۷ ۳ با توجه به واکنش، $CH_3COOH(aq)+H_2O(l)\rightleftharpoons CH_3COO^-(aq)+H_3O^+(aq)$، هر مول استیک اسید در آب، ۲ مول یون تولید می‌کند.

پس $۳/۶\times ۱۰^{-۴}$ مول یون تولید شده، حاصل از یونیده شدن $۱/۸\times ۱۰^{-۴}$ $\left(\frac{۳/۶\times ۱۰^{-۴}}{۲}\right)$ مول استیک اسید است.

$$\alpha=\frac{\text{تعداد مول‌های اسید یونیده شده}}{\text{تعداد کل مول‌های اسید حل شده}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۰/۰۶=\frac{۱/۸\times ۱۰^{-۴}}{x}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۰/۳\,mol$$

$$\text{حجم محلول}=\frac{\text{تعداد کل مول‌های اسید حل شده}}{\text{غلظت اسید حل شده}}=\frac{۰/۳}{۲/۴}=۰/۱۲۵\,L\times\frac{۱۰۰۰\,mL}{۱\,L}=۱۲۵\,mL$$

۱۸۸۸ ۳ ابتدا غلظت هیدروفلوئوریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$M=\frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times ۱۰}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow M=\frac{۱۰\times ۲/۵\times ۱}{۲۰}=۱/۲۵\,mol.L^{-۱}$$

سپس غلظت یون F^- را به‌دست می‌آوریم:

$$٪\alpha=۲/۴\Rightarrow\alpha=۲/۴\times ۱۰^{-۲}\ ,\ [H^+]=[F^-]=M\times\alpha\Rightarrow[F^-]=۱/۲۵\times ۲/۴\times ۱۰^{-۲}=۳\times ۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

حال باید غلظت یون F^- را برحسب ppm به‌دست آوریم: **روش اول:** غلظت مولار یون F^- برابر ۳×۱۰^{-۲} مول بر لیتر است؛ بنابراین در یک لیتر از آن ۳×۱۰^{-۲} مول یون F^- داریم؛ لذا اگر حجم محلول را برابر یک لیتر در نظر بگیریم می‌توانیم جرم یون F^- را به‌دست آوریم:

$$?\,g\,F^-=۱\,L\text{ محلول}\times\frac{۳\times ۱۰^{-۲}\,mol\,F^-}{۱\,L\text{ محلول}}\times\frac{۱۹\,g\,F^-}{۱\,mol\,F^-}=۰/۵۷\,g\,F^-$$

حال با استفاده از رابطهٔ محاسبه ppm، غلظت ppm یون F^- را به‌دست می‌آوریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰^۶\Rightarrow ppm=\frac{۰/۵۷}{۱۰۰۰}\times ۱۰^۶=۵۷۰\,ppm$$

روش دوم: از رابطهٔ میان غلظت مولی و غلظت ppm استفاده می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{چگالی}\times\text{غلظت ppm}}{\text{جرم مولی}\times ۱۰۰۰}\Rightarrow ۳\times ۱۰^{-۲}=\frac{ppm\times ۱}{۱۹\times ۱۰۰۰}\Rightarrow ppm=۵۷۰$$

۱۸۸۹ ۲ قسمت اول: ابتدا جدول تغییر غلظت را رسم می‌کنیم:

طبق جدول تغییر غلظت و نمودار داده شده در صورت سؤال x و M را به دست می‌آوریم:

$$[HCOO^-]=x=۰/۰۱\,mol.L^{-۱}$$

$$[HCOOH]=M-x=۰/۲۴\,mol.L^{-۱}\Rightarrow M=۰/۲۵\,mol.L^{-۱}$$

در ادامه درصد یونش اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\alpha=\frac{x}{M}=\frac{۰/۰۱}{۰/۲۵}=۰/۰۴\Rightarrow٪\alpha=٪۴$$

$$HCOOH(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+HCOO^-(aq)$$

غلظت اولیه	M	۰	۰
تغییر غلظت	−x	+x	+x
غلظت نهایی	M−x	x	x

قسمت دوم: با توجه به مقدار غلظت اولیهٔ اسید، یعنی M، حجم محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mL\text{ محلول}=۲/۳\,g\,HCOOH\times\frac{۱\,mol\,HCOOH}{۴۶\,g\,HCOOH}\times\frac{۱\,L\text{ محلول}}{۰/۲۵\,mol\,HCOOH}\times\frac{۱۰۰۰\,mL\text{ محلول}}{۱\,L\text{ محلول}}=۲۰۰\,mL\text{ محلول}$$

توضیح محاسبات پاسخ از جنس عدد ۲ است. (پاسخ: ۲۰۰)

$$\frac{۲/۳\times ۱۰۰۰}{۴۶\times ۰/۲۵}=?\xrightarrow[\text{در نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}}\frac{۲۳}{۴۶\times ۲۵}=\frac{۱}{۵۰}=۰/۰۲$$

۱۸۹۰ ۱ با توجه به رابطهٔ $[H^+]=M.\alpha$ در محلول اسیدهای تک‌پروتون‌دار که در آن M غلظت اولیهٔ اسید است، می‌توان نوشت:

$$\frac{[H^+]_X}{[H^+]_Y}=\frac{X\cdot\alpha}{Y\cdot\alpha}\Rightarrow\frac{۱۰^{-۲}}{۱۰^{-۳}}=\frac{X\times ۱۰^{-۱/۳}}{Y\times ۱۰^{-۰/۷}}\Rightarrow ۱۰=\frac{X}{Y}\times ۱۰^{-۰/۶}\Rightarrow\frac{X}{Y}=۱۰^{۱/۶}=۱۰^۱\times ۱۰^{۰/۶}=۱۰\times(۱۰^{۰/۳})^۲=۱۰\times ۴=۴۰$$

۱۸۹۱ ۳ ابتدا درجه یونش اسید HA را به‌دست می‌آوریم:

حال با توجه به نسبت داده شده:

$$\frac{\text{غلظت HA یونیده نشده}}{\text{غلظت یون}}=\frac{1-x}{x+x}=9/5\Rightarrow 20x=1\Rightarrow x=0/05$$

$$\text{درجهٔ یونش HA}=\frac{[H^+]}{M_{HA}}=\frac{0/05}{1}=0/05$$

$$HA(aq)\Leftrightarrow H^+(aq)+A^-(aq)$$

غلظت اولیه	1	0	0
غلظت تعادلی	$1-x$	x	x

با توجه به اطلاعات داده شده درجهٔ یونش اسید HB را حساب می‌کنیم:

از مجموع داده شده در می‌یابیم:

$$\text{درجهٔ یونش HB}=\frac{0/1}{2}=0/05 \qquad 2-y+y+y=2/1\Rightarrow y=0/1$$

$$HB(aq)\leftrightarrow H^+(aq)+B^-(aq)$$

مول اولیه	2	0	0
مول تعادلی	$2-y$	y	y

بنابراین نسبت درجهٔ یونش اسید HA به اسید HB برابر ۱ است.

۱۸۹۲ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم همانند عبارت داده شده درست هستند. **بررسی جملهٔ داده شده:**

$$HX(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+A^-(aq)$$

پس از یونش داریم:

$$\frac{[HX]}{[H^+]+[A^-]}=500\xrightarrow{[H^+]=[A^-]}\frac{[HX]}{2[H^+]}=500\Rightarrow[HX]=1000[H^+]$$

اکنون درصد یونش اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\%\alpha=\frac{[H^+]}{M_{\text{اولیه}}}\times 100=\frac{[H^+]}{[HA]+[H^+]}\times 100=\frac{[H^+]}{1000[H^+]+[H^+]}\times 100\simeq \%0/1$$

عبارت اول: فورمیک اسید $(HCOOH)$، اسیدی ضعیف بوده و درجهٔ یونش آن کمتر از یک است، در حالی که هیدرویدیک اسید (HI) اسیدی قوی بوده و درجهٔ یونش آن برابر یک است. عبارت دوم: هیدروکلریک اسید، اسیدی قوی است و به‌طور کامل در آب یونیده می‌شود، بنابراین اسید HA که یونش جزئی دارد، نمی‌تواند هیدروکلریک اسید باشد. عبارت سوم: محلول سرکه حاوی اسید ضعیف است بنابراین در این محلول افزون‌بر اندک یون‌های آب‌پوشیده شده، مولکول‌های اسید نیز یافت می‌شود در حالی که نیتریک اسید یک اسید قوی است که در محلول آن اسیدهای یونیده شده یافت نمی‌شود. عبارت چهارم: اسید موجود در پرتقال و HF، اسیدهای ضعیفی هستند که در این اسیدها رابطهٔ $[HA]>[H_3O^+]$ برقرار است در حالی که هیدروبرمیک اسید یک اسید قوی است که یونش آن کامل بوده و در آن غلظت یون هیدرونیوم با غلظت اسید برابر است.

۱۸۹۳ ۴ معادلهٔ یونش اسید ضعیف HA به صورت مقابل است:

$$HA(aq)+H_2O(l)\rightleftharpoons H_3O^+(aq)+A^-(aq)$$

ابتدا با استفاده از حجم محلول و غلظت اولیهٔ HA، تعداد مول اولیهٔ آن را به دست می‌آوریم:

$$?\,\text{mol HA}=0/5\text{L محلول}\times\frac{0/1\,\text{mol HA}}{1\,\text{L محلول}}=0/05\text{mol HA}$$

$$\text{درجهٔ یونش}=\text{درصد یونش}\times 100\Rightarrow\alpha=\frac{5}{100}=0/05$$

$$\alpha=\frac{\text{تعداد مول‌های یونش یافته}}{\text{تعداد کل مول‌های حل‌شده}}\Rightarrow 0/05=\frac{\text{تعداد مول‌های یونش یافته}}{0/05}\Rightarrow\text{تعداد مول‌های یونش یافته}=0/05\times 0/05=25\times 10^{-4}\,\text{mol}$$

با توجه به معادلهٔ یونش، از هر مول HA که یونش می‌یابد، ۰/۰۵ مول H_3O^+ و ۰/۰۵ مول A^- در محلول تولید می‌شود. بعد از یونش HA و رسیدن به حالت تعادل، سه ذره را در محلول داریم: ۱- مولکول‌های HA که یونش پیدا نکرده‌اند. ۲- یون‌های H_3O^+ تولید شده. ۳- یون‌های A^- تولید شده.

$$\text{مجموع تعداد مول‌های موجود در محلول، بعد از یونش}=(0/05-25\times 10^{-4})+(25\times 10^{-4})+(25\times 10^{-4})=0/05+25\times 10^{-4}=5/25\times 10^{-2}\,\text{mol}$$

در آغاز، ۰/۰۵ مول HA در ظرف وجود داشته است و اکنون، $5/25\times 10^{-2}$ مول ذرهٔ محلول در آب در ظرف وجود دارد. بنابراین، اختلاف تعداد مول‌های ذرات محلول در آب قبل و بعد از یونش به صورت روبه‌رو، قابل محاسبه است:

$$5/25\times 10^{-2}-0/05=25\times 10^{-4}\,\text{mol}$$

۱۸۹۴ ۴ اگر به پاسخ درست نرسیدید، حتماً درسنامه را مطالعه نمایید.

۱۸۹۵ ۲ فقط مورد پنجم درست است. **بررسی موارد:** مورد اول: برخی از واکنش‌های برگشت‌پذیر با سرعت بالا و بعضی دیگر با سرعت کم انجام می‌شوند. سرعت واکنش ارتباطی با انجام‌پذیر بودن و یا برگشت‌پذیر بودن یک واکنش ندارد. مورد دوم: در واکنش‌های برگشت‌پذیر، واکنش‌های رفت و برگشت لزوماً به صورت همزمان انجام نمی‌شوند. برای نمونه هنگام استفاده از موبایل، باتری آن در حال دشارژ شدن است. مورد سوم: بعضی از واکنش‌های برگشت‌پذیر مانند تولید O_3 از O_2، گرماگیر و برخی دیگر مانند تولید آمونیاک از عناصر سازنده‌اش گرماده هستند. مورد چهارم: در واکنش‌های برگشت‌پذیر، سرعت واکنش رفت لزوماً با سرعت واکنش برگشت برابر نیست. مورد پنجم: با افزایش دما، میزان جنب و جوش مواد شرکت‌کننده بیشتر شده و میزان برخورد آن‌ها با یکدیگر افزایش می‌یابد؛ از این‌رو با افزایش دما، همواره سرعت واکنش‌ها افزایش می‌یابد.

۱۸۹۶ ۳ همهٔ واکنش‌ها و فرایندها به جز مورد دوم برگشت‌پذیر هستند. واکنش زنگ زدن آهن یک واکنش برگشت‌ناپذیر است. واکنش‌های تبدیل اوزون به اکسیژن، واکنش‌های درون باتری قابل شارژ، تغییر حالت‌های فیزیکی مانند ذوب، فرایند انحلال ترکیبات یونی در آب و واکنش تولید آمونیاک از عناصر سازنده‌اش واکنش‌های برگشت‌پذیر هستند.

۱۸۹۷ ۴ واکنش تعادلی فرضی $A(g)\rightleftharpoons 2B(g)$ را در نظر بگیرید. در این واکنش سرعت تولید یا مصرف مادهٔ B، دو برابر سرعت تولید یا مصرف مادهٔ A است؛ زیرا ضریب استوکیومتری مادهٔ B دو برابر A است.

$$\frac{\bar{R}(B)}{\bar{R}(A)}=\frac{2}{1}=2$$

واکنش‌های برگشت‌پذیر می‌توانند در هر دو جهت انجام شوند. این نوع واکنش‌ها در شرایط مناسب همزمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند تا اینکه لحظه‌ای فرا می‌رسد که غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند. این ویژگی تنها هنگامی رخ می‌دهد که سرعت واکنش رفت و برگشت برابر شود؛ زیرا در این شرایط، هر مقداری از فراورده‌ها که در واحد زمان تولید می‌شوند همزمان به همان مقدار از آن‌ها مصرف می‌شود، برای واکنش‌دهنده‌ها نیز چنین است. به چنین سامانه‌هایی در شیمی، سامانهٔ تعادلی می‌گویند. واکنش‌های رفت و برگشت در سامانه‌های تعادلی به طور پیوسته و با سرعت برابر انجام می‌شوند و به همین دلیل مقدار مواد شرکت‌کننده در سامانه ثابت می‌ماند.

A ۱۸۹۸ ۳ در واکنش‌های تعادلی، لزوماً در لحظهٔ تعادل غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها با هم برابر نمی‌شوند، فقط غلظت آن‌ها ثابت می‌ماند، زیرا هر مقداری از واکنش‌دهنده‌ها که در واحد زمان مصرف می‌شود، به همان میزان در واکنش برگشت نیز تولید می‌شود و در مورد فراورده‌ها نیز این موضوع صادق است. برابر بودن سرعت واکنش‌های رفت و برگشت و ثابت بودن خواص ماکروسکوپی نیز از ویژگی‌های یک واکنش تعادلی است.

B ۱۸۹۹ ۳ واکنش‌های برگشت‌پذیری که می‌توانند در شرایط مناسب، همزمان و با سرعت برابر، واکنش‌های رفت و برگشت را انجام دهند، واکنش‌های تعادلی هستند. برخی واکنش‌های برگشت‌پذیر نیز فقط در جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند ولی به سرعت‌های برابر نمی‌رسند و تعادلی نیستند.

B ۱۹۰۰ ۱ موارد (ب) و (ث) جمله را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی موارد:** مورد (الف): در واکنش‌های تعادلی، افزایش سرعت واکنش برگشت، نتیجهٔ افزایش غلظت فراورده‌ها است. مورد (ب): در واکنش‌های تعادلی، کاهش سرعت واکنش رفت، نتیجهٔ افزایش غلظت فراورده‌ها است، زیرا هرچه غلظت واکنش‌دهنده‌ها کاهش یابد، غلظت فراورده‌ها افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش رفت کاهش و سرعت واکنش برگشت افزایش می‌یابد. مورد (پ): در واکنش‌های تعادلی، افزایش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، نتیجهٔ انجام واکنش در جهت برگشت است. مورد (ت) و (ث): در واکنش‌های تعادلی، ثابت شدن غلظت مواد شرکت‌کننده و به دنبال آن ثابت ماندن خواص ماکروسکوپی، نتیجهٔ برابر شدن سرعت واکنش‌های رفت و برگشت است.

C ۱۹۰۱ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در واکنش، در لحظهٔ تعادل، غلظت فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها به مقدار ثابتی می‌رسد و لزوماً با هم برابر نمی‌شوند، پس غلظت SO_3 الزاماً با غلظت واکنش‌دهنده‌ها برابر نمی‌شود. عبارت (ب): در لحظهٔ تعادل، با توجه به اینکه ضریب O_2 در معادلهٔ واکنش برابر ۱ و ضریب SO_2 برابر ۲ می‌باشد، می‌توان گفت که غلظت SO_2، دو برابر O_2 می‌باشد. عبارت (پ): هر دو مول SO_3 مصرف شده، ۳ مول گاز O_2 و SO_2 تولید می‌کند، پس تعداد مولکول‌ها در ظرف افزایش می‌یابد. عبارت (ت): برای مقایسهٔ سرعت دو ماده باید به ضرایب استوکیومتری آن‌ها توجه کرد، بنابراین می‌توان گفت که سرعت مصرف SO_2 دو برابر سرعت مصرف O_2 است. عبارت (ث): از ابتدای واکنش تا رسیدن سامانه به تعادل، تعداد مول گازی افزایش می‌یابد؛ از این‌رو فشار نیز افزایش می‌یابد.

B ۱۹۰۲ ۴ در هنگام تعادل، سرعت تولید هر گونه با سرعت مصرف آن برابر است.

B ۱۹۰۳ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): برای محاسبهٔ درجهٔ یونش از اطلاعات یکی از ردیف‌های جدول استفاده می‌کنیم. توجه داشته باشید که به تقریب می‌توان غلظت HF اولیه را برابر غلظت HF تعادلی در نظر گرفت زیرا میزان یونش آن بسیار کم است. به‌عنوان مثال، ردیف اول:

$$\text{درجهٔ یونش}=\frac{\text{غلظت یون } H^+}{\text{غلظت HF}}=\frac{۱/۷۵\times۱۰^{-۲}}{۵۲\times۱۰^{-۲}}\simeq ۰/۰۳ \xrightarrow{\alpha<۱} \text{اسید ضعیف است}$$

عبارت (ب): کسر داده شده در ستون آخر را عبارت ثابت تعادل می‌نامند که مقدار آن فقط به دما وابسته است. با توجه به اینکه در شرایط هر سه محلول، دما یکسان است، مقدار عددی ثابت تعادل نیز در هر سه آزمایش برابر می‌باشد، در نتیجه کافی است مقدار آن را فقط برای یکی از ردیف‌های جدول محاسبه کنیم:

$$K=\frac{[H^+][F^-]}{[HF]}=\frac{(۱/۳۱\times۱۰^{-۲})(۱/۳۱\times۱۰^{-۲})}{۰/۲۹}\simeq ۵/۹\times۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱}$$

عبارت (پ): با توجه به ثابت ماندن دما، مقدار عددی ثابت تعادل نیز تغییری نخواهد کرد. عبارت (ت): واکنش یونش HF پس از رسیدن به تعادل متوقف نمی‌شود؛ بلکه واکنش‌های رفت و برگشت به‌طور پیوسته و با سرعت‌های برابر در حال انجام شدن هستند و در سطح میکروسکوپی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها مدام در حال تبدیل شدن به یکدیگر هستند.

B ۱۹۰۴ ۲ مورد دوم درست و سایر موارد نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** مورد اول: ممکن است یک واکنش تعادلی در جهت رفت پیشرفت خوبی داشته باشد (K بزرگ) ولی سرعت رسیدن به تعادل و تولید فراورده(ها) در آن کم باشد. مورد دوم: هرچه یک واکنش تعادلی در جهت رفت پیشرفت بهتری داشته باشد، ثابت تعادل واکنش (نسبت غلظت فراورده‌ها به غلظت واکنش‌دهنده‌ها در لحظهٔ تعادل) بیشتر خواهد بود. مورد سوم: اگر یک واکنش تعادلی در جهت رفت سرعت بالایی داشته باشد، لزوماً نمی‌توان گفت که تعداد زیادی از مولکول‌های واکنش‌دهنده‌ها به مولکول‌های فراورده تبدیل شده‌اند زیرا ممکن است K کوچک باشد ولی سرعت رسیدن به تعادل زیاد باشد. مورد چهارم: اگر سرعت واکنش در جهت رفت بالا باشد، تا رسیدن به لحظهٔ تعادل و کاهش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش رفت (تولید فراورده‌ها) کاهش می‌یابد.

B ۱۹۰۵ ۳ عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی موارد:** عبارت (الف): K برابر نسبت غلظت فراورده‌ها به توان ضریب استوکیومتری آن‌ها به غلظت واکنش‌دهنده‌ها به توان ضریب استوکیومتری آن‌ها است، پس هرچه K بزرگ‌تر باشد، غلظت فراورده‌ها در لحظهٔ تعادل بیشتر از غلظت واکنش‌دهنده‌ها است. عبارت (ب): هرچه K بزرگ‌تر باشد، واکنش بیشتر در جهت رفت پیش می‌رود و واکنش‌دهنده‌ها بیشتر به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند. عبارت (پ): سرعت رسیدن به تعادل، رابطه‌ای با ثابت تعادل ندارد و بزرگ یا کوچک بودن ثابت تعادل تأثیری بر سرعت رسیدن به تعادل ندارد. عبارت (ت): هرچه K بزرگ‌تر باشد، واکنش در جهت رفت پیشرفت بهتری دارد. عبارت (ث): میزان فراوردهٔ تولیدی در یک سامانهٔ تعادلی به ثابت تعادل و سرعت رسیدن به تعادل وابسته است. و نمی‌توان گفت صرفاً هر چه K بزرگ‌تر باشد، در زمان کوتاه‌تر می‌توان فراوردهٔ بیشتری تولید کرد؛ زیرا ممکن است سرعت رسیدن به تعادل کم باشد.

B ۱۹۰۶ ۴ جملهٔ مورد نظر درست است. **بررسی جمله:** معادلهٔ واکنش تعادلی مقابل را در نظر بگیرید:

$$۲A(g)+۳B(g)\rightleftharpoons D(g)+۴C(g)$$

اگر مقدار مول تعادلی مواد شرکت‌کننده را n_A، n_B، n_C و n_D مول و حجم ظرف واکنش را V لیتر فرض کنیم؛ عبارت ثابت تعادل به صورت زیر خواهد بود:

$$K=\frac{[C]^۴\times[D]}{[A]^۲\times[B]^۳}\Rightarrow K=\frac{(\frac{n_C}{V})^۴\times(\frac{n_D}{V})}{(\frac{n_A}{V})^۲\times(\frac{n_B}{V})^۳}=\frac{\frac{(n_C)^۴\times(n_D)}{V^۵}}{\frac{(n_A)^۲\times(n_B)^۳}{V^۵}}=\frac{(n_C)^۴\times(n_D)}{(n_A)^۲\times(n_B)^۳}$$

بنابراین اگر در یک واکنش تعادلی، مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها برابر بود، می‌توان در رابطهٔ ثابت تعادل، به جای غلظت تعادلی از مول تعادلی مواد استفاده کرد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): موادی که در آب سبب افزایش غلظت یون هیدرونیوم $(H_۳O^+)$ می‌شوند، اسید آرنیوس و موادی که در آب سبب افزایش غلظت یون هیدروکسید (OH^-) می‌شوند، باز آرنیوس هستند. گزینهٔ (۲): رسانایی الکتریکی محلول اسیدها و بازها به میزان یون‌های موجود در آن‌ها بستگی دارد. غلظت یون در محلول اسیدها و بازها به غلظت اولیه و درجهٔ یونش آن‌ها وابسته است و برای مقایسهٔ رسانایی الکتریکی محلول‌های حاوی اسیدها و بازها باید غلظت و درجهٔ یونش را به صورت همزمان بررسی کرد و تنها با دانستن یک عامل نمی‌توان اظهار نظر نمود.

گزینهٔ (۳): در یک واکنش برگشت‌پذیر، سرانجام مقدار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌شود، اما لزوماً مقدار آن‌ها با یکدیگر برابر نمی‌شود. گزینهٔ (۴): ثابت تعادل یک واکنش تابع دماست و طبق رابطهٔ ثابت تعادل، هرچه میزان ثابت تعادل بیشتر باشد، فراوردهٔ بیشتری تولید می‌شود و درصد فراورده‌ها در سامانهٔ تعادلی بیشتر است.

B ۱۹۰۷ **۴** با توجه به واکنش داده شده، عبارت ثابت تعادل به‌صورت $K=\frac{[C]^۲}{[B]^۲[A]}$ است و با توجه به نمودار، مول‌های تعادلی A، B و C به‌ترتیب برابر ۶، ۲/۷ و ۱/۸ هستند: (ضریب استوکیومتری B دو برابر A می‌باشد بنابراین منحنی نزولی با شیب بیشتر مربوط به مادهٔ B است.)

$$\frac{۴}{۳}=\frac{(\frac{۱/۸}{V})^۲}{(\frac{۲/۷}{V})^۲\times(\frac{۶}{V})}\Rightarrow\frac{۴}{۳}=\frac{(۱/۸)^۲V}{(۲/۷)^۲\times۶}\Rightarrow V=\frac{۴\times(۲/۷)^۲\times۶}{۳\times(۱/۸)^۲}=۱۸L$$

$$\frac{۴\times(۲/۷)^۲\times۶}{۳\times(۱/۸)^۲}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{۴\times(۲/۷)^{\overset{۳^۲}{۲}}\times۶}{۳\times(۱/۸)^{\underset{۲^۲}{۲}}}=\frac{۴\times۳^{\overset{۳}{۲}}\times۶}{۲^{\underset{۳}{۲}}\times۳}=۳\times۶=۱۸$$

توضیح محاسبات

B ۱۹۰۸ **۱** در واکنش $۲SO_۲(g)+O_۲(g)\rightleftharpoons ۲SO_۳(g)$، با توجه به ثابت تعادل و غلظت‌های تعادلی $SO_۲$ و $SO_۳$، غلظت تعادلی $O_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$K_۱=\frac{[SO_۳]^۲}{[O_۲][SO_۲]^۲}\Rightarrow ۱۲/۵=\frac{(۰/۹)^۲}{(۰/۳)^۲\times[O_۲]}\Rightarrow[O_۲]=۰/۷۲M$$

برای محاسبهٔ غلظت $O_۲$ در واکنش $O_۲(g)+N_۲(g)\rightleftharpoons ۲NO(g)$ نیز از $K_۲$ استفاده می‌کنیم: $K_۲=\frac{[NO]^۲}{[N_۲][O_۲]}\Rightarrow ۳۶=\frac{(۳/۶)^۲}{۰/۴\times[O_۲]}\Rightarrow[O_۲]=۰/۹M$

اختلاف غلظت‌های $O_۲$: $|۰/۷۲-۰/۹|=۰/۱۸$

B ۱۹۰۹ **۴** معادلهٔ موازنه شدهٔ تعادلی به صورت $A_۲(g)+B_۲(g)\rightleftharpoons ۲AB(g)$ است. این واکنش در لحظهٔ $t=۵h$ به تعادل می‌رسد و چون مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها با فراورده برابر است، می‌توان در عبارت ثابت تعادل به جای غلظت تعادلی از مقدار مول تعادلی استفاده کرد:

$$K=\frac{[AB]^۲}{[A_۲]\times[B_۲]}=\frac{n(AB)^۲}{n(A_۲)\times n(B_۲)}=\frac{(۰/۲)^۲}{(۰/۰۵)\times(۰/۰۵)}=۱۶$$

C ۱۹۱۰ **۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** با توجه به اینکه از غلظت A و B کاسته شده و به غلظت C افزوده می‌شود، A و B واکنش‌دهنده و C فراورده است. میزان تغییرات غلظت A و C، دو برابر B است، پس ضریب استوکیومتری A و C، دو برابر B است: $۲A+B\rightleftharpoons ۲C$ و به همین دلیل سرعت متوسط تولید C با سرعت متوسط مصرف A برابر است و نمودار نشان می‌دهد که در ثانیهٔ ۴۰، غلظت‌ها ثابت شده و واکنش به تعادل رسیده است (گزینهٔ (۳)). ثابت تعادل واکنش به‌صورت روبه‌رو محاسبه می‌شود:

$$K=\frac{[C]^۲}{[A]^۲[B]}=\frac{۲^۲}{۴^۲\times۱}=۰/۲۵$$

سرعت متوسط واکنش برابر است با: $\Delta[C]=۲-۰=۲mol.L^{-۱}$ $\Delta t=۴۰s=۴۰s\times\frac{۱min}{۶۰s}=\frac{۲}{۳}min$

$$\overline{R}(\text{واکنش})=\frac{\overline{R}(C)}{C(\text{ضریب})}=\frac{\frac{\Delta[C]}{\Delta t}}{C(\text{ضریب})}=\frac{\frac{۲mol.L^{-۱}}{\frac{۲}{۳}min}}{۲}=\frac{۳}{۲}=۱/۵mol.L^{-۱}.min^{-۱}$$

B ۱۹۱۱ **۴** ثابت تعادل یونش HF عددی کوچک است، پس واکنش یونش HF، در جهت رفت پیشرفت کمی دارد و مقدار کمی از آن به یون‌ها تبدیل می‌شود، ولی واکنش یونش $H_۲SO_۴$ و HCl (اسیدهای قوی) پیشرفت بسیار زیادی داشته و این اسیدها به‌طور کامل به یون‌ها تبدیل می‌شوند (واکنش یونش برگشت‌ناپذیر).

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): ثابت یونش به‌صورت $K_a=\frac{[H_۳O^+][F^-]}{[HF]}$ و K_a عددی کوچک است، پس $[F^-]_{\text{تعادلی}}$ و $[H_۳O^+]$ کمتر از $[HF]_{\text{تعادلی}}$ است. گزینهٔ (۲): واکنش رفت متوقف نخواهد شد و تنها پس از رسیدن به تعادل، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر می‌شود و خواص ماکروسکوپی محلول ثابت می‌شود. گزینهٔ (۳): ثابت یونش اسید HF عددی کوچک است، پس مقدار زیادی از مولکول‌های HF یونیده نشده باقی می‌مانند و تعداد کمی از آن‌ها به $H_۳O^+$ و F^- تبدیل می‌شوند.

A ۱۹۱۲ **۲** در شرایط یکسان از نظر دما و غلظت، هرچه تعداد یون‌های هیدرونیوم $H_۳O^+$ در محلول اسید بیشتر باشد، ثابت یونش اسید بزرگ‌تر و اسید قوی‌تر است. در شکل (۳)، بیشترین تعداد یون هیدرونیوم مشاهده می‌شود، پس مربوط به محلول هیدروبرمیک اسید است. در شکل (۱)، کمترین تعداد یون هیدرونیوم مشاهده می‌شود، پس مربوط به محلول هیدروسیانیک اسید است. شکل (۲)، مربوط به محلول استیک اسید است که ضعیف‌تر از محلول هیدروبرمیک اسید و قوی‌تر از محلول هیدروسیانیک اسید است.

B ۱۹۱۳ **۴** اضافه کردن اسید قوی باعث افزایش غلظت یون H^+ می‌گردد و چون در دمای ثابت مقدار K_a ثابت می‌ماند، پس غلظت یون A^- در محلول کاهش می‌یابد.

$$K_a=\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}\xrightarrow{[H^+]\uparrow}[A^-]\downarrow$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): ثابت یونش اسید HA، بزرگ‌تر از اسید HB بوده؛ از این‌رو قدرت اسیدی آن نیز بیشتر است. گزینهٔ (۲): چون ثابت یونش اسید HA بزرگ‌تر است، پس در شرایط یکسان از نظر دما و غلظت، غلظت یون‌ها و رسانایی الکتریکی در محلول اسید HA از محلول اسید HB بیشتر است. گزینهٔ (۳): چون ثابت یونش اسید HB کمتر است، در محلول‌هایی با غلظت یکسان از دو اسید، غلظت یون H^+ در محلول HB کمتر است.

B ۱۹۱۴ ۲ مقایسهٔ قدرت اسیدی، اسیدهای قوی و ضعیف در کتاب درسی به صورت زیر است:

$$\underbrace{HI > HBr > HCl > H_2SO_4 > HNO_3}_{\text{اسیدهای قوی}} > \underbrace{HF > HNO_2 > HCOOH > CH_3COOH > H_2CO_3 > HCN}_{\text{اسیدهای ضعیف}}$$

بنابراین موارد (ب) و (پ) درست هستند.

B ۱۹۱۵ ۴ برای حل این تست، به این نکته توجه کنید که تعادل در واکنش‌های میان اسیدها و بازها همواره از اسید و باز قوی‌تر به سمت اسید و باز ضعیف‌تر جابه‌جا می‌شود. به عبارت دیگر تعادل در سمتی قرار می‌گیرد که اسید و باز ضعیف‌تری وجود دارد. اکنون با توجه به توضیحات داده شده، به بررسی هر تعادل می‌پردازیم. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): HCl قوی‌تر از HF است؛ بنابراین حرکت این واکنش در جهت برگشت خواهد بود که منجر به تولید اسید ضعیف‌تر یعنی HF می‌شود. گزینهٔ (۲): H_2SO_4 قوی‌تر از HCN است؛ بنابراین حرکت این واکنش در جهت برگشت خواهد بود که منجر به تولید اسید ضعیف‌تر یعنی HCN می‌شود. گزینهٔ (۳): HNO_3 قوی‌تر از HNO_2 است؛ بنابراین حرکت این واکنش در جهت برگشت خواهد بود که منجر به تولید اسید ضعیف‌تر یعنی HNO_2 می‌شود. گزینهٔ (۴): HBr قوی‌تر از CH_3COOH است. در این واکنش برخلاف سه واکنش دیگر، حرکت این واکنش در جهت رفت خواهد بود که منجر به تولید اسید ضعیف‌تر یعنی CH_3COOH می‌شود.

B ۱۹۱۶ ۴ همهٔ عبارت‌های بیان شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: HCl یک اسید قوی و HF یک اسید ضعیف است، با توجه به یکسان بودن حجم محلول‌ها، برای اینکه pH دو محلول یکسان باشد، شمار مول‌های HF حل‌شده در آب باید بیشتر از شمار مول‌های HCl حل‌شده در آب باشد. عبارت دوم: محلول HCl یک اسید قوی است و تقریباً تمام مولکول‌های HCl در آن به یون تبدیل می‌شوند؛ اما HF یک اسید ضعیف است و بخش عمده‌ای از مولکول‌ها به صورت یونش‌نیافته در محلول باقی می‌مانند؛ بنابراین شمار مولکول‌ها در محلول هیدروفلوئوریک اسید (محلول (II)) بیشتر است. عبارت سوم: با توجه به برابری pH در دو محلول و یکسان بودن حجم دو محلول، غلظت H^+ و در نتیجه غلظت آنیون‌ها در هر دو محلول یکسان است. به علت برابری غلظت یون‌ها در هر دو محلول، رسانایی الکتریکی نیز در دو محلول یکسان می‌باشد. عبارت چهارم: در بررسی عبارت‌های دوم و سوم، گفته شد که شمار یون‌ها در هر دو محلول با هم برابر است، اما شمار مولکول‌ها در محلول هیدروفلوئوریک اسید (محلول (II)) بیشتر بوده و به همین دلیل مجموع شمار ذرات در محلول (II) بیشتر می‌باشد.

A ۱۹۱۷ ۲ از آنجایی که ثابت یونش نیترو اسید از استیک اسید بیشتر است، در غلظت یکسان غلظت یون‌های هیدرونیوم در محلول آن بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به K_a این دو اسید، استیک اسید نسبت به نیترو اسید اسید ضعیف‌تری است. گزینهٔ (۳): استیک اسید نسبت به متانوئیک اسید قدرت اسیدی کمتری دارد. بنابراین تفاوت ثابت یونش نیترو اسید با متانوئیک اسید کمتر است. گزینهٔ (۴): با تغییر غلظت استیک اسید، ثابت یونش تغییری نمی‌کند.

B ۱۹۱۸ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): از واکنش اسیدها با فلزها، برای مقایسهٔ قدرت اسیدها می‌توان استفاده کرد. عبارت (ب): فراوردهٔ این واکنش‌ها، گاز H_2 و نمک فلز است. عبارت (پ): اغلب فلزها با محلول اسیدها واکنش می‌دهند ولی سرعت و شدت واکنش به قدرت اسید بستگی دارد، هرچه اسید قوی‌تر باشد و یون H_3O^+ بیشتری تولید کند، شدت و سرعت واکنش نیز بیشتر است. عبارت (ت): هرچه سرعت تولید گاز H_2 بیشتر باشد، اسید مورد نظر، قوی‌تر بوده و واکنش‌پذیری بیشتری دارد. عبارت (ث): میزان گاز هیدروژن تولید شده در ظرف (۱) بیشتر از ظرف (۲) است؛ در نتیجه سرعت واکنش در ظرف (۱) بیشتر از ظرف (۱) است و اسید موجود در ظرف (۱) قوی‌تر است.

B ۱۹۱۹ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): چون ثابت یونش و قدرت اسیدی، هیدروکلریک اسید از استیک اسید بیشتر است، در حجم و غلظت یکسان از دو اسید، سرعت واکنش فلز منیزیم با محلول هیدروکلریک اسید بیشتر از محلول استیک اسید است. عبارت (ب): در واکنش فلزها با اسیدها، گاز هیدروژن و نمک فلز تولید می‌شود. از آنجا که قدرت اسیدی هیدروکلریک اسید بیشتر از استیک اسید است، پس سرعت تولید گاز هیدروژن در واکنش فلز منیزیم با هیدروکلریک اسید بیشتر از سرعت واکنش آن با استیک اسید است. عبارت (پ): از آنجا که ثابت یونش هیدروکلریک اسید بیشتر از استیک اسید است، پس در غلظت یکسان از آن‌ها غلظت یون‌های هیدرونیوم در محلول هیدروکلریک اسید بیشتر از محلول استیک اسید است. عبارت (ت): چون حجم و غلظت دو اسید با هم برابر است، در واکنش با فلز منیزیم، مقدار یکسانی گاز هیدروژن تولید می‌شود.

B ۱۹۲۰ ۲ غلظت H_3O^+ تولید شده از انحلال یک اسید، به غلظت اسید اولیه بستگی دارد، اگر غلظت اسید ضعیف‌تر (نمودار A) زیاد باشد و غلظت اسید قوی (نمودار B) کم باشد، غلظت H_3O^+ حاصل از محلول A بیشتر از محلول B است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اسید HB به‌طور کامل یونیده شده، پس اسید قوی است و معادلهٔ یونش آن کامل و برگشت‌ناپذیر است. اسید HA به‌طور جزئی یونیده شده، پس اسیدی ضعیف است و معادلهٔ یونش آن تعادلی می‌باشد. گزینهٔ (۳): اسید HB یک اسید قوی (تفکیک کامل) و اسید HA یک اسید ضعیف (تفکیک جزئی) است، پس در دما و غلظت یکسان، سرعت و شدت واکنش اسید HB با سدیم بیشتر از اسید HA است. گزینهٔ (۴): اسید HB، اسید قوی است، پس در شرایط یکسان در واکنش با فلز Mg، میزان H_2 آزاد شده بر اثر واکنش این اسید بیشتر است.

B ۱۹۲۱ ۱ همان‌طور که می‌دانید، شمار مولکول‌ها در اسیدهای قوی تقریباً برابر صفر است؛ زیرا یونش اسیدهای قوی در آب تقریباً کامل و برگشت‌ناپذیر است:

$$HX\ (\text{اسید قوی}) \xrightarrow{\text{آب}} H^+(aq) + X^-(aq)$$

این درحالی است که در اسیدهای بسیار ضعیف، میزان یونش بسیار اندک است و تقریباً همهٔ مولکول‌های اسید به صورت یونیده نشده در محلول باقی می‌مانند:

$$HA\ (\text{اسید بسیار ضعیف}) \underset{\text{آب}}{\rightleftharpoons} H^+(aq) + A^-(aq)$$

بنابراین برای پیدا کردن گزینه‌ای که در آن تفاوت شمار مولکول‌ها در محلول سه اسید در آب بیشترین باشد، باید به دنبال گزینه‌ای باشیم که در آن یک اسید قوی (فاقد مولکول اسید در محلول)، یک اسید بسیار ضعیف (دارای بیشترین مولکول اسید در محلول) و یک اسید نیمه ضعیف یعنی اسیدی که K_a متوسطی داشته باشد (تعداد متوسطی مولکول اسید در محلول) وجود داشته باشد. در میان گزینه‌ها فقط گزینهٔ (۱) این ویژگی را دارد. HBr یک اسید بسیار قوی، HCN یک اسید بسیار ضعیف و H_2CO_3 یک اسید نیمه ضعیف است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): H_2SO_4 و HNO_3 هر دو اسیدهای قوی هستند و در محلول آن‌ها، تقریباً مولکولی وجود ندارد. گزینهٔ (۳): C_2H_5COOH، $HCOOH$ و HNO_2 هر سه اسیدهایی ضعیف با ثابت یونش اسیدی نزدیک به یکدیگر هستند و شمار مولکول‌ها در محلول هرسهٔ آن‌ها تقریباً یکسان است. گزینهٔ (۴): C_6H_5COOH و CH_3COOH هر دو جزء کربوکسیلیک‌اسیدها هستند. ثابت یونش اسیدی کربوکسیلیک‌اسیدها بسیار به یکدیگر نزدیک است، پس در محلول این دو اسید، شمار مولکول‌ها تقریباً یکسان است.

B ۱۹۲۲ ۳ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هرچه K_a اسیدی بزرگ‌تر باشد، قدرت اسیدی آن بیشتر است، در نتیجه قدرت اسیدی HA بیشتر از HB است. عبارت (ب): با غلظت یکسان، هرچه اسید قوی‌تر باشد، خاصیت اسیدی و $[H_3O^+]$ آن بیشتر است، پس HA خاصیت اسیدی بیشتری دارد. عبارت‌های (پ) و (ث): با توجه به اینکه $K_a(HA)$ بزرگ‌تر از $K_a(HB)$ است، اسید HA قوی‌تر از اسید HB است. ولی خاصیت اسیدی محلول و رسانایی الکتریکی آن به غلظت اسید وابسته است، اگر غلظت‌ها برابر باشد، خاصیت اسیدی اسید با K_a بزرگ‌تر، بیشتر است. عبارت (ت): با توجه به اینکه K_a مربوط به HA بزرگ‌تر از HB است، در غلظت برابر از هر دو اسید، غلظت H_3O^+ در اسید HA بیشتر از HB است.

B ۱۹۲۳ ۴ یک واکنش تعادلی زیر مجموعه‌ای از واکنش‌های برگشت‌پذیر است. توجه کنید که یک واکنش تعادلی قطعاً برگشت‌پذیر است اما یک واکنش برگشت‌پذیر الزاماً به تعادل نمی‌رسد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اغلب اسیدهایی که در زندگی روزمره با آن‌ها سروکار داریم مانند اسید موجود در میوه‌ها یا سرکه از نوع اسیدهای ضعیف هستند و برخی دیگر مانند هیدروکلریک اسید از نوع قوی هستند. گزینهٔ (۲): در دمای یکسان ثابت یونش وابسته به غلظت ماده نیست و با تغییر در غلظت مقدار آن تغییری نمی‌کند بنابراین در دمای یکسان، ثابت یونش محلول ۲ مولار استیک اسید با محلول ۱ مولار استیک اسید برابر است. توجه داشته باشید که ثابت یونش برای یک اسید معین تنها تابع دما است. گزینهٔ (۳): ترتیب قدرت اسیدی چند اسید ضعیف به صورت زیر است:

$$HF > HNO_2 > HCOOH > CH_3COOH > HCN$$

بنابراین در شرایط یکسان، قدرت اسیدی محلول هیدروفلوئوریک اسید از قدرت اسیدی محلول نیترو اسید بیشتر است.

B ۱۹۲۴ ۱ تمامی‌عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: قدرت اسیدی HA از HC بیشتر است. بنابراین این دو اسید به‌ترتیب می‌توانند به‌ترتیب فورمیک اسید و کربنیک اسید باشند. عبارت دوم: با توجه به آنکه غلظت یون‌ها در محلول اسید HB بیشتر است، این عبارت درست است. عبارت سوم: درصد یونش محلول اسید HA برابر ۵۰ درصد $(\frac{۲}{۴}\times ۱۰۰)$ و درصد یونش محلول اسید HC برابر ۲۵ درصد $(\frac{۱}{۴}\times ۱۰۰)$ است. بنابراین این اختلاف برابر ۲۵ درصد است. عبارت چهارم: HB قوی‌ترین اسید و HC ضعیف‌ترین اسید است.

B ۱۹۲۵ ۴ **پاسخ درست پرسش‌ها:** پرسش (الف): محلول اسیدهای قوی، رسانایی الکتریکی بالایی دارند و زمانی که در یک مدار الکتریکی قرار بگیرند، می‌توانند لامپ خاموش را پر نور کنند. HBr و H_2SO_4 اسیدهایی قوی هستند. پرسش (ب): اسیدهای ضعیف، درجهٔ یونش کوچک‌تر از یک دارند و به‌طور کامل یونیده نمی‌شوند. HCN و فورمیک اسید، اسیدهای ضعیف هستند. دقت کنید که اسید نشان داده شده تک‌پروتون‌دار می‌باشد، بنابراین H_2CO_3 نمی‌تواند پاسخ باشد. پرسش (پ): در شرایط یکسان، هرچه مقدار درجهٔ یونش و ثابت یونش اسیدی کمتر باشد، غلظت یون‌های تولیدی در واکنش یونش آن اسید کمتر خواهد بود. در میان اسیدهای ذکر شده، HCN کمترین میزان درجهٔ یونش و ثابت یونش را دارد و آنیون تولیدی در اثر یونش آن (CN^-) کمترین غلظت را خواهد داشت. پرسش (ت): ثابت یونش نیتریک اسید (بزرگ) و ثابت یونش H_2SO_4 و HBr (بسیار بزرگ) است؛ در نتیجه میزان پیشرفت واکنش یونش اسیدهای HBr و H_2SO_4 بیشتر از نیتریک اسید است.

C ۱۹۲۶ ۱ موارد دوم و پنجم درست هستند. **بررسی موارد:** عبارت‌های اول و دوم: در شکل (الف)، مولکول‌های اسید یونیده نشده وجود دارد، پس اسید موجود در شکل (الف) یک اسید ضعیف است. در شکل (ب)، همهٔ مولکول‌های اسید یونیده شده‌اند، پس اسید در شکل (ب)، یک اسید قوی است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش فلز منیزیم با اسید موجود در شکل (ب) بیشتر از اسید موجود در شکل (الف) است. شکل (ب) می‌تواند مربوط به اسید قوی HCl و شکل (الف) می‌تواند مربوط به اسید ضعیف CH_3COOH باشد. عبارت سوم: غلظت اسیدها، نامعلوم است؛ بنابراین نمی‌توان گفت همواره غلظت H^+ در کدام ظرف بیشتر است، اگر غلظت اسیدها برابر باشد، می‌توان گفت غلظت H^+ در ظرف (ب) (حاوی اسید قوی) بیشتر است. عبارت چهارم: اسید موجود در ظرف (الف)، اسیدی ضعیف است، پس تمایل آن برای تولید هیدرونیوم کمتر از اسید موجود در ظرف (ب) است. عبارت پنجم: در محلول (ب)، همهٔ مولکول‌های اسید یونیده شده‌اند، پس درجهٔ یونش اسید آن برابر ۱ است ولی در محلول (الف)، از ۶ مولکول اسید، یک مولکول یونیده شده است، پس درجهٔ یونش آن برابر $\frac{۱}{۶}$ است.

$$\frac{\alpha((\text{محلول})\text{ب})}{\alpha((\text{محلول})\text{الف})}=\frac{۱}{\frac{۱}{۶}}=۶$$

B ۱۹۲۷ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): به‌ازای یونش هر مول از HA، ۱ مول از هر کدام از یون‌ها، تولید می‌شود. گزینهٔ (۲): براساس اطلاعات مربوط به محلول شمارهٔ (۱)، ثابت تعادل را به‌دست می‌آوریم که با ثابت تعادل در محلول‌های شمارهٔ (۲) و (۳) برابر است:

$$K_a=\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}=\frac{(۰/۰۰۸)^۲}{۰/۰۴}=۱/۶\times ۱۰^{-۳}$$

طبق محلول (۲):

$$K_a=\frac{[A^-][H^+]}{[HA]}\Rightarrow ۱/۶\times ۱۰^{-۳}=\frac{X\times W}{۰/۰۱}\xrightarrow{X=W}۱۶\times ۱۰^{-۶}=X^۲\Rightarrow ۴\times ۱۰^{-۳}=X$$

طبق محلول (۳):

$$Y=۰/۰۰۲\Rightarrow ۱/۶\times ۱۰^{-۳}=\frac{۰/۰۰۲\times ۰/۰۰۲}{Z}\Rightarrow Z=۲/۵\times ۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

گزینهٔ (۳): ثابت تعادل فقط تابع دما است. گزینهٔ (۴): در هر سه آزمایش دما ثابت است، بنابراین ثابت تعادل نیز ثابت خواهد بود که براساس اطلاعات محلول شمارهٔ (۱)، ثابت تعادل برابر $۱/۶\times ۱۰^{-۳}$ می‌باشد.

۱۹۲۸ ۱ در لحظهٔ تعادل، رابطهٔ $[CH_3COO^-]=[H_3O^+]$ برقرار است. در نتیجه غلظت یون استات نیز برابر با $0/0006\ mol.L^{-1}$ است. برای محاسبهٔ ثابت تعادل به‌صورت روبه‌رو عمل می‌کنیم: معادلهٔ یونش اسید $CH_3COOH(aq)+H_2O(l)\rightleftharpoons CH_3COO^-(aq)+H_3O^+(aq)$

$$K_a=\frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}=\frac{(0/0006)^2}{0/02}=1/8\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

۱۹۲۹ ۳ غلظت اولیهٔ اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ mol\ HA=50\ g\ HA\times\frac{1\ mol\ HA}{100\ g\ HA}=0/5 mol\ HA\Rightarrow M=\frac{0/5\ mol}{0/5\ L}=1\ mol.L^{-1}$$

درجهٔ یونش این اسید برابر 10^{-2} و با توجه به این مقدار، ثابت یونش این اسید برابر است با:

$$K_a=M.\alpha^2=1\times(10^{-2})^2=10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

۱۹۳۰ ۲ غلظت اولیهٔ اسید ۱ مولار و غلظت نهایی آن ۰/۴ مولار است، پس ۰/۶ مولار آن به یون‌های هیدرونیوم و آنیون اسید تبدیل شده است. درجهٔ یونش (α) اسید را محاسبه می‌کنیم: $\alpha=\frac{0/6}{1}=0/6$. با توجه به میزان α از رابطهٔ روبه‌رو برای محاسبهٔ ثابت یونش اسید استفاده می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M.\alpha^2}{1-\alpha}=\frac{1\times(0/6)^2}{1-0/6}=0/9 mol.L^{-1}$$

۱۹۳۱ ۲ تعداد مول یونیده نشدهٔ اسید برابر است با:

$$\text{مول اسید یونیده نشده}=1/806\times10^{23}\ \text{مولکول}\times\frac{1\ mol}{6/02\times10^{23}\ \text{مولکول}}=0/3 mol\Rightarrow \text{تعداد مول یونیده شده}=0/5-0/3=0/2 mol$$

درجهٔ یونش اسید برابر است با: $\frac{\text{تعداد مول یونیده شده}}{\text{تعداد مول اسید اولیه}}=\frac{0/2}{0/5}=0/4$ درجهٔ یونش. غلظت اولیهٔ اسید برابر است با:

$$M=\frac{0/5\ mol}{2\ L}=0/25\ mol.L^{-1}$$

با توجه به میزان α و M از رابطهٔ روبه‌رو برای محاسبهٔ ثابت یونش اسید استفاده می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M.\alpha^2}{1-\alpha}=\frac{0/25\times(0/4)^2}{1-0/4}=6/67\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

۱۹۳۲ ۲ غلظت یون هیدرونیوم را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]=\frac{0/75 mol}{2/5 L}=0/3 mol.L^{-1}$$

درجهٔ یونش این اسید برابر با ۰/۳ است و با توجه به مقدار آن، ثابت یونش اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M.\alpha^2}{1-\alpha}\Rightarrow K_a=\frac{M\alpha\times\alpha}{1-\alpha}=\frac{[H^+]\times\alpha}{1-\alpha}=\frac{0/3\times(0/3)}{1-0/3}=1/28\times10^{-1}\ mol.L^{-1}$$

۱۹۳۳ ۴ غلظت تعادلی هیدرونیوم را x فرض می‌کنیم، پس غلظت نهایی اسید برابر $(0/09-x)$ می‌شود و با توجه به اختلاف آن‌ها، x به‌دست می‌آید:

$$0/09-x-x=0/01\Rightarrow x=0/04 mol.L^{-1}$$

درجهٔ یونش اسید برابر است با: $\alpha=\frac{0/04}{0/09}=\frac{4}{9}$. با توجه به درجهٔ یونش اسید، از رابطهٔ زیر برای به‌دست آوردن ثابت یونش اسید استفاده می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M.\alpha^2}{1-\alpha}=\frac{0/09\times(\frac{4}{9})^2}{1-\frac{4}{9}}=0/032\ mol.L^{-1}$$

توضیح محاسبات

پاسخ از جنس ۳۲ است. (پاسخ: ۰/۰۳۲)

$$\frac{0/09\times(\frac{4}{9})^2}{1-\frac{4}{9}}=?\xrightarrow[\text{در نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}}\frac{9\times\frac{4}{9}\times\frac{4}{9}}{\frac{5}{9}}=\frac{9\times4\times\frac{4}{9}}{5}=\frac{9\times4\times4}{9\times5}=\frac{16}{5}=3/2$$

۱۹۳۴ ۲ ابتدا مقدار مول اولیهٔ اسید HX را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ mol\ HX=10\ g\ HX\times\frac{1\ mol\ HX}{20\ g\ HX}=0/5 mol\ HX$$

سپس به کمک جدول تغییر مول، مقدار مول تعادلی گونه‌ها را به دست می‌آوریم:

$$HX(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+X^-(aq)$$

مول اولیه	0/5	0	0
تغییرات مول	−x	+x	+x
مول تعادلی	0/5−x	x	x

در ادامه با توجه به اطلاعات مسئله مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{(0/5-x)+x+x}{0/5-x}=3\Rightarrow x=0/25 mol$$

سپس غلظت تعادلی گونه‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$[HX]=\frac{0/5-x}{V}=\frac{(0/5-0/25)mol}{1\ L}=0/25 mol.L^{-1}$$

$$[H^+]=[X^-]=\frac{x}{V}=\frac{0/25 mol}{1\ L}=0/25 mol.L^{-1}$$

و در آخر، مقدار عددی ثابت یونش اسید HX را به دست می‌آوریم:

$$K=\frac{[H^+]\times[X^-]}{[HA]}=\frac{(0/25)\times(0/25)}{(0/25)}=\frac{1}{4}$$

B ۱۹۳۵ ۳ معادلهٔ یونش اسیدهای ضعیف مانند HY به‌صورت زیر است:

$$HY(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+Y^-(aq) \qquad K_a=\frac{[H^+][Y^-]}{[HY]}=\frac{(۰/۰۰۳)(۰/۰۰۳)}{(۰/۰۲)}=۴/۵\times۱۰^{-۴}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): همان‌طور که می‌دانید، هر چه غلظت OH^- در یک محلول بیشتر باشد، pH آن محلول بزرگ‌تر است. مقایسهٔ pH این سه محلول به‌صورت «اسید معده < آب گازدار < آمونیاک» است؛ بنابراین مقایسهٔ غلظت OH^- در این سه محلول به‌صورت «اسید معده < آب گازدار < آمونیاک» می‌باشد.

گزینهٔ (۲): معادلهٔ یونش HX به‌صورت $HX(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+X^-(aq)$ است؛ بنابراین:

$$\%\alpha=\frac{[X^-]}{M_{HX}}\times۱۰۰=\frac{۱/۶\times۱۰^{-۲}}{۰/۸}\times۱۰۰=\%۲$$

گزینهٔ (۴): در اسیدها و بازها، هر چه یک اسید یا یک باز ضعیف‌تر باشد، pH آن به عدد ۷ نزدیک‌تر است؛ بنابراین اختلاف pH محلول‌های یک مولار استیک اسید (اسید ضعیف) و آمونیاک (باز ضعیف) کمتر از اختلاف pH محلول‌های یک مولار هیدرویدیک اسید (اسید قوی) و سدیم هیدروکسید (باز قوی) است.

B ۱۹۳۶ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): HCl اسیدی قوی است.

$$HCl\rightarrow H^+ +Cl^- \Rightarrow \text{غلظت کل یون‌ها}=۰/۰۲mol.L^{-۱}$$

گزینهٔ (۲): HA اسید ضعیفی می‌باشد. برای تعیین غلظت یون‌ها، جدول تغییرات را تنظیم می‌کنیم:

$HA\rightleftharpoons H^+ +A^-$		
$۰/۲-x$	x	x

$$K_a=\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}\Rightarrow ۰/۱=\frac{x^۲}{۰/۲-x}\Rightarrow x=۰/۱\,mol.L^{-۱}$$

$$\text{غلظت کل یون‌ها}=۲x=۰/۲mol.L^{-۱}$$

گزینهٔ (۳): در محلول HX غلظت $H_۳O^+$ با غلظت X^- برابر است. (درجهٔ یونش $\alpha=۰/۰۲$)

$$[H_۳O]^+=M\times\alpha=۰/۵\times۰/۰۲=۰/۰۱ \qquad \text{غلظت کل یون‌ها}=۲\times۰/۰۱=۰/۰۲mol.L^{-۱}$$

گزینهٔ (۴): $HNO_۳$ اسید قوی به‌شمار می‌آید.

$$mol\,HNO_۳=۰/۳۱۵g\,HNO_۳\times\frac{۱\,mol\,HNO_۳}{۶۳g\,HNO_۳}=۰/۰۰۵mol\,HNO_۳$$

$$[HNO_۳]=\frac{۰/۰۰۵mol}{۰/۵L}=۰/۰۱\,mol.L^{-۱}\Rightarrow \text{غلظت کل یون‌ها}=۰/۰۲mol.L^{-۱}$$

B ۱۹۳۷ ۱ غلظت یون‌های هیدرونیوم و آنیون اسید با یکدیگر برابر است، پس غلظت یون هیدرونیوم برابر است با:

$$[H^+]=\frac{\frac{۲/۷\times۱۰^{-۱}}{۲}\,mol\,H^+}{۱/۳۵L}=۰/۱\,mol.L^{-۱}$$

با توجه به رابطهٔ $[H^+]=M.\alpha$، درجهٔ یونش اسید را از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آوریم:

$$K_a=\frac{M.\alpha^۲}{۱-\alpha}=\frac{[H^+]\times\alpha}{۱-\alpha}\Rightarrow ۹\times۱۰^{-۲}=\frac{۰/۱\alpha}{۱-\alpha}\Rightarrow\alpha=\frac{۹}{۱۹}$$

در نتیجه، غلظت اسید اولیه به‌دست می‌آید:

$$[H^+]=M.\alpha\Rightarrow M=\frac{[H^+]}{\alpha}=\frac{۱۹}{۹۰}\,mol.L^{-۱}$$

با استفاده از حجم ظرف و غلظت اولیهٔ اسید، تعداد مول اولیهٔ اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{۱۹}{۹۰}=\frac{n\,mol}{۱/۳۵L}\Rightarrow n=۰/۲۸۵mol$$

C ۱۹۳۸ ۲ عبارت‌های دوم و سوم نادرست‌اند. در اسیدهای آلی، هر چه شمار اتم‌های کربن افزایش یابد، قدرت اسیدی کمتر می‌شود؛ بنابراین ثابت یونش فورمیک اسید، ۱۰ برابر استیک اسید است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: برای محاسبهٔ غلظت H^+ یک محلول با استفاده از غلظت اولیهٔ اسید (M) و ثابت یونش اسید (K_a) می‌توان از فرمول تستی مقابل استفاده نمود.

$$[H^+]=\sqrt{K_a.M.(۱-\alpha)}$$

حال به کمک این رابطه، نسبت غلظت H^+ را در دو محلول به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}}=\frac{\sqrt{K_{a_I}.M_I.(۱-\alpha_I)}}{\sqrt{K_{a_{II}}.M_{II}.(۱-\alpha_{II})}}\xrightarrow[M_I=M_{II}]{K_{a_I}=۱۰K_{a_{II}}}\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}}=\frac{\sqrt{۱۰K_{a_{II}}.M_{II}.(۱-\alpha_I)}}{\sqrt{K_{a_{II}}.M_{II}.(۱-\alpha_{II})}}=\frac{\sqrt{۱۰(۱-\alpha_I)}}{\sqrt{۱-\alpha_{II}}}=\sqrt{۱۰}\times\sqrt{\frac{۱-\alpha_I}{۱-\alpha_{II}}}$$

از آنجا که فورمیک اسید از استیک اسید قوی‌تر است، پس α_I از α_{II} بزرگ‌تر بوده و حاصل «$۱-\alpha_I$» از «$۱-\alpha_{II}$» کوچک‌تر است و $\sqrt{\frac{۱-\alpha_I}{۱-\alpha_{II}}}$ کوچک‌تر از واحد بوده و در نتیجه نسبت $\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}}$ که برابر $\sqrt{۱۰}\times\sqrt{\frac{۱-\alpha_I}{۱-\alpha_{II}}}$ است، کوچک‌تر از $\sqrt{۱۰}$ است.

$$\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}}=\sqrt{۱۰}\times\underbrace{\sqrt{\frac{۱-\alpha_I}{۱-\alpha_{II}}}}_{\text{کوچک‌تر از ۱}}<\sqrt{۱۰}$$

عبارت دوم: در بالا، نسبت غلظت H^+ در دو محلول را کمتر از $\sqrt{۱۰}$ به‌دست آوردیم؛ بنابراین نسبت شمار یون‌ها در دو محلول که معادل نسبت غلظت یون‌ها در دو محلول است، برابر است با:

$$\begin{cases}[H^+]_I=[HCOO^-]\\ [H^+]_{II}=[CH_۳COO^-]\end{cases}\Rightarrow\frac{[H^+]_I+[HCOO^-]}{[H^+]_{II}+[CH_۳COO^-]}=\frac{۲[H^+]_I}{۲[H^+]_{II}}<\sqrt{۱۰}$$

عبارت سوم: ثابت یونش تنها به دما وابسته است و با تغییر غلظت، همچنان ثابت باقی می‌ماند.

عبارت چهارم: با توجه به اینکه غلظت و دمای محلول هر دو اسید یکسان است و فورمیک اسید (محلول (I)) قوی‌تر است، پس شمار مولکول‌های اسید یونیده شده در آن بیشتر و در نتیجه شمار مولکول‌های اسید یونیده نشده کمتر است.

محلول استیک اسید (محلول (II)) > محلول فورمیک اسید (محلول (I)) : مقایسهٔ شمار مولکول‌های یونیده شده

محلول استیک اسید (محلول (II)) < محلول فورمیک اسید (محلول (I)) : مقایسهٔ شمار مولکول‌های یونیده نشده

بنابراین نسبت شمار مولکول‌های یونیده نشده در محلول (II) به شمار این مولکول‌ها در محلول (I) بزرگ‌تر از یک است.

C ۱۹۳۹ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. اطلاعات مربوط به ۳ محلول اسیدی در جدول زیر آورده شده است: (دقت کنید که در شکل محلول HY، تعداد یون‌های حاصل از یونش اسید با تعداد یون‌های هیدرونیوم برابر نیست و شکل این محلول به وضوح ایراد دارد!) **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: محلول HX، کوچک‌ترین درجهٔ یونش را در میان اسیدها دارد و در نتیجه با توجه به یکسان بودن غلظت محلول هر سه اسید، کمترین قدرت اسیدی را دارد. عبارت دوم: هر سه اسید درجهٔ یونش کوچک‌تر از یک دارند و یونش آن‌ها در آب به‌صورت تعادلی است. عبارت سوم: اگرچه مقدار ثابت یونش اسید HY را نداریم و درجهٔ یونش اسیدها به غلظت اولیهٔ آن‌ها وابسته است، اما اتانوئیک اسید یک اسید بسیار ضعیف بوده و درجهٔ یونش آن قطعاً از درجهٔ یونش HY (۰/۸ یا $\alpha=0/75$) کوچک‌تر است. عبارت چهارم: با توجه به جدول مقابل، این عبارت درست است. عبارت پنجم: با توجه به درجهٔ یونش به‌دست آمده در جدول مقابل، HZ قوی‌تر از HX است و همچنین قدرت اسیدی هیدروفلوئوریک اسید از هیدروسیانیک اسید بیشتر است؛ بنابراین اگر HX هیدروسیانیک اسید باشد، HZ می‌تواند هیدروفلوئوریک اسید باشد.

اسید	HZ	HY	HX
تعداد مولکول یونیده‌شده	۲	۶ یا ۸	۱
تعداد مولکول یونیده‌نشده	۸	۲	۹
درجهٔ یونش	۰/۲	۰/۷۵ یا ۰/۸	۰/۱

C ۱۹۴۰ ۲ با انحلال هیدروژن یدید در آب، هیدرویدیک اسید HI(aq) به وجود می‌آید که به‌طور کامل یونیده می‌شود.

$$[HI]_{\text{اولیه}}=\frac{0/05}{0/5}=0/1\,mol.L^{-1} \qquad ?\,mol\,HI=6/4g\,HI\times\frac{1\,mol\,HI}{128g\,HI}=0/05\,mol\,HI$$

$$HI\rightarrow H^+ + I^-$$

	HI	H^+	I^-
غلظت نهایی	۰/۱−۰/۱	+۰/۱	+۰/۱

از آنجا که HI به‌طور کامل در آب یونیده می‌شود، تا قبل از حل شدن نیترو اسید $[H^+]$ برابر ۰/۱ مولار می‌باشد:

$$[HNO_2]_{\text{اولیه}}=\frac{0/1}{0/5}=0/2\,mol.L^{-1} \qquad ?\,mol\,HNO_2=5g\,HNO_2\,\text{ناخالص}\times\frac{94g\,\text{خالص}}{100g\,\text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,HNO_2}{47g\,HNO_2}=0/1\,mol\,HNO_2$$

تغییرات غلظت HNO_2 را تا رسیدن به تعادل بررسی می‌کنیم. غلظت $H^+(aq)$ موجود در محلول برابر حاصل جمع غلظت یون H^+ تولید شده بر اثر یونش HI و غلظت H^+ تولید شده بر اثر یونش HNO_2 است. در عبارت ثابت تعادل، باید غلظت H^+ تولید شده توسط دو اسید را قرار دهیم.

$$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$$

	HNO_2	H^+	NO_2^-
غلظت اولیه	۰/۲	۰/۱	۰
تغییرات غلظت	−x	+x	+x
غلظت تعادلی	۰/۲−x	۰/۱+x	x

$$K_{HNO_2}=\frac{[H^+][NO_2^-]}{[HNO_2]_{\text{تعادلی}}}\Rightarrow 0/05=\frac{(0/1+x)\,x}{0/2-x}\xrightarrow{0/05=\frac{1}{20}}20x^2+2x=0/2-x\Rightarrow 20x^2+3x-0/2=0$$

$$x=\frac{-3\pm\sqrt{9-4(20)(-0/2)}}{40}=\frac{-3\pm5}{40}=+0/05\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+]=0/1+x\xrightarrow{x=0/05}[H^+]=0/15\,mol.L^{-1}$$

C ۱۹۴۱ ۴

نکته ترکیبی **عوامل مؤثر بر ثابت یونش:** ثابت یونش اسیدها (K_a) فقط تابع دما می‌باشد و تا زمانی که دمای یک محلول حاوی اسید تغییر نکند، ثابت یونش ثابت خواهد ماند. این نکته در حل مسائل رقیق‌سازی اسیدهای ضعیف با آب بسیار مهم است؛ زیرا با توجه به آن می‌توان حدس زد که غلظت یون‌ها در این محلول‌ها صرفاً متناسب با حجم محلول تغییر نمی‌کند و علاوه بر حجم محلول باید به ثابت یونش هم توجه کرد.

برای حل این تست می‌توان از رابطهٔ تستی $K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}$ استفاده نمود. از آنجا که ثابت یونش فرمیک اسید کوچک‌تر از 10^{-3} است از این‌رو می‌توان از α در برابر عدد یک در عبارت ثابت تعادل صرف‌نظر کرد و در حل تست از رابطهٔ ساده‌تر $K_a=M\alpha^2$ استفاده نمود. ابتدا نسبت غلظت اولیه و نهایی فرمیک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$M_1V_1=M_2V_2\Rightarrow M_1\times 1\,mL=M_2\times(1+8)mL\Rightarrow M_2=\frac{1}{9}M_1$$

چون دما ثابت است؛ بنابراین مقدار ثابت تعادل تغییری نمی‌کند؛ از این‌رو حاصل $M\alpha^2$ برای اسید در دو حالت با هم برابر است:

$$M_1\alpha_1^2=M_2\alpha_2^2\Rightarrow M_1\alpha_1^2=\frac{1}{9}M_1\alpha_2^2\Rightarrow\frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2}=9\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{\alpha_2}{\alpha_1}=\sqrt{9}=3$$

A ۱۹۴۲ ۲ رنگ کاغذ pH نشان‌دهندهٔ pH تقریبی یک محلول است و نمی‌تواند pH دقیق محلول را نشان دهد.

A ۱۹۴۳ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (پ): معدهٔ انسان خاصیت اسیدی دارد اما خون جاری در بدن انسان با $pH=7/4$ تقریباً خنثی و مقدار بسیار کمی خاصیت بازی دارد. عبارت (ت): pH رودهٔ انسان بیشتر از ۷ بوده و خاصیت بازی دارد اما دهان انسان گسترهٔ pH متفاوت دارد که هر دو خاصیت اسیدی و بازی را شامل می‌شود.

A ۱۹۴۴ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) درست و عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کمیت pH به‌صورت منفی لگاریتم غلظت یون هیدرونیوم تعریف می‌شود. $pH=-\log[H^+]$

عبارت (ب): برای پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم از کمیت pH استفاده می‌شود زیرا اعدادی به مراتب ساده‌تر و قابل فهم‌تر ارائه می‌کند. عبارت (پ): کمیت pH برای محلول‌های آبی و در دمای اتاق، در گسترهٔ صفر تا ۱۴ بیان می‌شود. عبارت (ت): با افزایش غلظت یون هیدرونیوم مقدار pH کمتر می‌شود.

B ۱۹۴۵ **۳** ابتدا مقادیر A، B، C و D را محاسبه می‌کنیم:

شمارهٔ محلول	pH	$[H^+]$
۱	۲/۱۵	$A=۷\times۱۰^{-۳}$
۲	$B=۳/۴$	$۳/۶\times۱۰^{-۴}$
۳	۱۱/۴	$C=۴\times۱۰^{-۱۲}$
۴	۰	۱

محلول (۱): $pH=-\log[H^+]\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۲/۱۵}=۱۰^{-۳}\times۱۰^{+۰/۸۵}$

$\simeq ۷\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow$ اسیدی

محلول (۲): $pH=-\log[H^+]\Rightarrow pH=-\log(۳/۶\times۱۰^{-۴})=-\log۱۰^{-۵}-\log۳۶$

$=۵-۲\log۳-۲\log۲=۵-۲(۰/۵)-۲(۰/۳)\simeq ۳/۴$

محلول (۳): $pH=-\log[H^+]\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱۱/۴}=۱۰^{-۱۲}\times۱۰^{+۰/۶}$

$\simeq ۴\times۱۰^{-۱۲}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow$ بازی

محلول (۴): $pH=-\log[H^+]\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۰}=۱\,mol.L^{-۱}$

اکنون حاصل عبارت $\frac{A\times C}{B+D}$ را به دست می‌آوریم: $\frac{(۷\times۱۰^{-۳})\times(۴\times۱۰^{-۱۲})}{۳/۴+۱}=\frac{۲۸\times۱۰^{-۱۵}}{۴/۴}\simeq ۶/۳\times۱۰^{-۱۵}$

B ۱۹۴۶ **۱** pH محلول‌های (۲) و (۳) به‌ترتیب برابر با ۳/۴ و ۱۱/۴ است و اگر محلولی با pH برابر ۸ (۱۱/۴−۳/۴) داشته باشیم، این محلول خاصیت بازی دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): اختلاف pH محلول‌های (۳) و (۱) برابر با ۹/۲۵ (۱۱/۴−۲/۱۵) است.

$$[H^+]=\frac{[H^+]_۳}{[H^+]_۱}=\frac{۴\times۱۰^{-۱۲}}{۷\times۱۰^{-۳}}=(\frac{۴}{۷}\times۱۰^{-۹})\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(\frac{۴}{۷}\times۱۰^{-۹})=-\log۱۰^{-۹}-\log۴+\log۷=۹-۰/۶+۰/۸۵=۹/۲۵$$

گزینهٔ (۳): pH محلول (۲) برابر ۳/۴ است.

$$[H^+]=[H^+]_۱\times[H^+]_۴=۷\times۱۰^{-۳}\times۱=۷\times۱۰^{-۳}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(۷\times۱۰^{-۳})=-\log۱۰^{-۳}-\log۷=۳-۰/۸۵=۲/۱۵<۳/۴$$

گزینهٔ (۴): محلول (۱) خاصیت اسیدی داشته و اگر غلظت یون هیدرونیوم موجود در آن با غلظت یون هیدرونیوم یک محلول اسیدی دیگر جمع شود، باز هم خاصیت اسیدی دارد.

B ۱۹۴۷ **۳** **بررسی پرسش‌ها:** عبارت (الف): $[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۲/۷}=۱۰^{-۳+۰/۳}=۱۰^{-۳}\times۱۰^{۰/۳}=۲\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$

عبارت (ب): $pH=-\log[H^+]=-\log(۲/۵\times۱۰^{-۴})=-\log(۲۵\times۱۰^{-۵})=۵-۲\log۵=۵-۲(۰/۷)=۳/۶$

عبارت (پ): $[H^+]=\frac{۱}{۱۰۰۰۰}\times۱۰^{-۴/۵}=۱۰^{-۸/۵}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log۱۰^{-۸/۵}=۸/۵$

B ۱۹۴۸ **۲** عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): برای آنکه غلظت یون هیدرونیوم در دو محلول برابر باشد، درجهٔ یونش اسید HA باید ۰/۱ برابر درجهٔ یونش اسید HB باشد. عبارت (ب): قدرت اسیدی HB بیشتر است زیرا غلظت آن کمتر است. عبارت (پ): HA یک اسید ضعیف و HB می‌تواند یک اسید قوی باشد. بنابراین این دو اسید می‌توانند به‌ترتیب HF و HCl باشند. عبارت (ت): از آنجایی که غلظت یون‌ها در دو محلول یکسان است، قدرت رسانایی الکتریکی محلول‌ها نیز برابر است.

C ۱۹۴۹ **۳** استیک اسید $(CH_۳COOH)$ یک اسید آلی و ضعیف با ثابت یونش $K_a=۱/۸\times۱۰^{-۵}$ است؛ بنابراین در محلول آن، اسید به‌طور عمده به شکل مولکولی حل شده و شمار یون‌ها اندک است؛ این در حالی است که نیتریک اسید $(HNO_۳)$ یک اسید قوی با ثابت یونش بزرگ است و در محلول آن همهٔ مولکول‌های اسید به صورت یون‌های H^+ و $NO_۳^-$ وجود دارند. با توجه به توضیحات، به بررسی هر کدام از گزینه‌ها می‌پردازیم: گزینهٔ (۱): غلظت یون‌ها در محلول اسیدهای قوی (محلول II) بیشتر از غلظت آن‌ها در محلول اسیدهای ضعیف (محلول I) است. (به شرطی که هر دو محلول از نظر غلظت و دما یکسان باشند.) گزینهٔ (۲): با افزایش دما، غلظت H^+ در محلول نیتریک اسید (اسید قوی) ثابت است، در نتیجه pH این محلول تغییر نمی‌کند، ولی با افزایش دما، درجهٔ یونش استیک اسید (اسید ضعیف) افزایش و در نتیجه غلظت H^+ در آن افزایش می‌یابد و به این ترتیب pH محلول کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۳): درجهٔ یونش نیتریک اسید (اسید قوی) برابر یک است و با افزایش دما تغییر چندانی نمی‌کند ولی با افزایش دما، درجهٔ یونش استیک اسید (اسید ضعیف) که بسیار کوچک است، افزایش می‌یابد و درنتیجه شمار بیشتری از مولکول‌های استیک‌اسید به یون تبدیل می‌شوند، پس با افزایش دمای دو محلول به یک‌اندازه، غلظت یون‌ها در محلول نیتریک اسید ثابت ولی غلظت یون‌ها در محلول استیک اسید افزایش می‌یابد و به این ترتیب تفاوت آن‌ها کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۴): درصد یونش اسیدهای قوی مانند نیتریک اسید تقریباً برابر ۱۰۰٪ است و با افزایش غلظت تغییر چندانی نمی‌کند. این در حالی است که درصد یونش اسیدهای ضعیف مانند استیک اسید که بسیار کوچک است، با افزایش غلظت، کاهش می‌یابد. پس با افزایش غلظت، تفاوت درصد یونش دو محلول افزایش می‌یابد. این در حالی است که ثابت یونش اسیدها مستقل از غلظت آن‌ها است و با افزایش غلظت آن‌ها، ثابت یونش اسیدی تغییر نمی‌کند و تفاوت آن‌ها ثابت می‌ماند.

* **توجه** ثابت یونش اسیدها و بازها فقط به دما وابسته است و به غلظت اسیدها و بازها ارتباطی ندارد.

C ۱۹۵۰ **۲** موارد (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): چون غلظت یون هیدرونیوم از رابطهٔ $[H^+]=M\alpha$ به دست می‌آید علاوه‌بر درجهٔ یونش، غلظت مولار اسید نیز بر روی غلظت یون هیدرونیوم تأثیرگذار است و ممکن است تحت شرایطی غلظت یون هیدرونیوم هر ۲ اسید برابر باشد که باعث می‌شود pH برابر داشته باشند حتی ممکن است در شرایطی pH اسید HA از pH اسید HB بزرگ‌تر باشد. عبارت (ب): چون غلظت مولار اولیهٔ ۲ اسید داده نشده است لذا این نتیجه‌گیری همواره درست نیست و غلظت یون هیدرنیوم علاوه‌بر ثابت یونش به غلظت مولار اولیه نیز بستگی دارد.

عبارت (پ): در شـرایط یکسـان از نظر دما و غلظت، هر چه ثابت یونش اسـید بزرگ‌تر باشد غلظت یون هیدرونیوم تولید شدهٔ آن بیشتر و pH محلول آبی آن کوچک‌تر خواهد بود. $pH_{(HB)} > pH_{(HA)}$

عبارت (ت): با توجه به آنکه هر دو اسید ضعیف هستند لذا هر دو معادلهٔ یونش در اسیدها تعادلی است. عبارت (ث):

$$\frac{[H^+]_{HA}}{[H^+]_{HB}} = ۱۰ \xrightarrow{-\log} -\log\frac{[H^+]_{HA}}{[H^+]_{HB}} = -\log ۱۰ \Rightarrow -\log[H^+]_{HA} - (-\log[H^+]_{HB}) = -۱ \Rightarrow pH_{HA} - pH_{HB} = -۱ \Rightarrow pH_{HB} = pH_{HA} + ۱$$

۱۹۵۱ B ۳ عبارت‌های اول، دوم، سوم و پنجم درست هستند. بررسی موارد سوم و چهارم: معادلهٔ واکنش یونش آب به صورت $H_۲O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$ بوده و برای آب و محلول‌های آبی در دمای اتاق رابطهٔ مقابل برقرار است: $[H^+] \times [OH^-] = ۱ \times ۱۰^{-۱۴}$

۱۹۵۲ B ۱ مادهٔ X می‌تواند یک مادهٔ بازی مانند آمونیاک باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): از میان مواد ذکر شده، هیدروکلریک اسید (HCl) و استیک اسید $(CH_۳COOH)$ می‌توانند مادهٔ Y (که یک مادهٔ اسیدی است) باشند. گزینهٔ (۳): در محلول اسیدهای ضعیف، غلظت یون هیدرونیوم از یون هیدروکسید بیشتر بوده و شمار مولکول‌های یونش نیافته، از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید بیشتر است. گزینهٔ (۴): در دمای ثابت، حاصل ضرب یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید مقداری ثابت است و با افزودن اسیدها و بازها تغییری نمی‌کند.

۱۹۵۳ B ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اندازه‌گیری‌ها نشان داده که در دمای اتاق، در محلول‌های آبی رابطهٔ $[OH^-][H^+] = ۱۰^{-۱۴}$ برقرار است. عبارت (ب):

$$[OH^-]_{\text{اسید معده}} = ۱۰^{-۱۳}\ mol.L^{-۱} \Rightarrow [H^+]_{\text{اسید معده}} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۱۳}} = ۱۰^{-۱}\ mol.L^{-۱} \Rightarrow pH = -\log ۱۰^{-۱} = ۱$$

$$[H^+]_{\text{محلول آمونیاک}} = ۱۰^{-۱۱}\ mol.L^{-۱} \Rightarrow pH = -\log ۱۰^{-۱۱} = ۱۱$$

اختلاف pH این دو محلول برابر با ۱۰=۱−۱۱ است.

عبارت (پ):

$$[H^+]_{\text{آب گازدار}} = ۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱} \Rightarrow [OH^-]_{\text{آب گازدار}} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۴}} = ۱۰^{-۱۰}\ mol.L^{-۱} \Rightarrow \frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{۱۰^{-۴}}{۱۰^{-۱۰}} = ۱۰^۶$$

عبارت (ت):

$$[H^+]_{\text{اسید معده}} = ۱۰^{-۱}\ mol.L^{-۱} \Rightarrow [OH^-]_{\text{آب گازدار}} = ۱۰^{-۱۰}\ mol.L^{-۱} \Rightarrow \frac{[H^+]_{\text{اسید معده}}}{[OH^-]_{\text{آب گازدار}}} = \frac{۱۰^{-۱}}{۱۰^{-۱۰}} = ۱۰^۹$$

۱۹۵۴ B ۲ موارد دوم و پنجم برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب نیستند. مورد اول: هرچه $[H^+]$ در یک محلول بیشتر باشد، با توجه به اینکه $pH = -\log[H^+]$ است، pH محلول کمتر است. مورد دوم: هرچه میزان بازی بودن در یک محلول بیشتر باشد، غلظت $OH^-(aq)$ و pH آن محلول بیشتر است. مورد سوم: هرچه $[H^+]$ در یک محلول بیشتر باشد، با توجه به اینکه $[H^+] \times [OH^-]$ مقداری ثابت دارد، $[OH^-]$ کمتر می‌شود. مورد چهارم: هرچه میزان اسیدی بودن در یک محلول بیشتر باشد، $[H^+]$ در آن بیشتر و $[OH^-]$ در آن محلول کمتر است. مورد پنجم: هر چه pH یک محلول اسیدی بیشتر باشد، خاصیت اسیدی یا غلظت یون هیدرونیوم در آن کمتر است. خاصیت اسیدی یک محلول به غلظت اسید و ثابت یونش آن وابسته است و نمی‌توان بدون دانستن غلظت، در مورد ثابت یونش آن اظهارنظر کرد.

۱۹۵۵ B ۳ ابتدا pH این نمونه آب را محاسبه می‌کنیم: $pH = -\log[H^+] = -\log(۵ \times ۱۰^{-۵}) = ۵ - \log ۵ = ۵ - ۰/۷ = ۴/۳$

pH این نمونه آب از ۴/۷ کمتر است و برای ماهی‌ها مناسب نیست.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): مرجان‌ها اسکلت آهکی دارند، بنابراین آب اسیدی برای زندگی مرجان‌ها مناسب نیست. گزینهٔ (۲): pH این نمونه آب برابر ۴/۳ است. گزینهٔ (۴): غلظت یون هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم: $[OH^-][H^+] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [OH^-] \times ۵ \times ۱۰^{-۵} = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [H^+] = ۲ \times ۱۰^{-۱۰}\ mol.L^{-۱}$

۱۹۵۶ B ۱ نمودارهای (الف) و (پ) به درستی رسم شده‌اند. **بررسی نمودارها:** نمودار (الف): حاصل‌ضرب غلظت $OH^-(aq)$ در غلظت $H^+(aq)$ در دمای معین عدد ثابتی است؛ بنابراین با کاهش غلظت H^+، غلظت OH^- به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. $K = [H^+][OH^-] \Rightarrow [OH^-] = \frac{K(\text{ثابت})}{[H^+]}$

نمودار (ب): با افزایش خاصیت اسیدی محلول، $[H^+]$ افزایش و pH کاهش می‌یابد. نمودار (پ): با افزایش $[H^+]$، pH محلول کاهش می‌یابد و زمانی که $[H^+] = ۱$ باشد، داریم: $pH = -\log[H^+] = -\log ۱ = ۰$

نمودار (ت): با کاهش $[OH^-]$ در محلول، خاصیت بازی محلول نیز کاهش می‌یابد.

۱۹۵۷ B ۴ آب خالص، همواره خنثی است و در آن غلظت یون H^+ با یون OH^- برابر است: $[OH^-] = [H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۶}\ mol.L^{-۱}$

از آنجا که غلظت H^+ و OH^- در آب خالص یکسان است، پس در دمای ۶۰°C حاصل ضرب $[H^+]$ در $[OH^-]$ برابر است با:

$$[H^+] \times [OH^-] = ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{-۶} = ۱۰^{-۱۲}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در دمای اتاق، برای آب خالص، رابطهٔ روبه‌رو برقرار است: $[H^+]\times[OH^-]=1\times10^{-14}$

از آنجا که در آب خالص که خنثی است، غلظت H^+ با غلظت OH^- برابر است؛ از این‌رو غلظت یون هیدرونیوم بسیار کم و برابر $10^{-7}\,mol.L^{-1}$ است.

$$[H^+]\times[OH^-]=1\times10^{-14}\xrightarrow{[H^+]=[OH^-]}[H^+]^2=10^{-14}\Rightarrow[H^+]=10^{-7}\,mol.L^{-1}$$

گزینهٔ (۲): بیشترین غلظت یون H^+، در محلول‌های با pH کمتر و بیشترین غلظت یون OH^- در محلول‌های با pH بیشتر دیده می‌شود. پس بیشترین غلظت H^+ و OH^- به ترتیب در محلول‌های A و D وجود دارد. گزینهٔ (۳): HBr یک اسید آرنیوس است و اضافه کردن آن به آب باعث افزایش غلظت H^+ و در نتیجه کاهش pH می‌شود. در دمای ثابت، ثابت یونش آب ثابت است.

B ۱۹۵۸ ۱ پرسش اول:

$$[OH^-][H^+]=10^{-14}\Rightarrow5\times10^{-12}\times[H^+]=10^{-14}\Rightarrow[H^+]=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$\begin{cases}pH_{(HA)}=-\log(2\times10^{-3})=3-0/3=2/7\\pH_{(HB)}=-\log(5\times10^{-2})=2-0/7=1/3\end{cases}\Rightarrow\text{اختلاف}=pH_{(HA)}-pH_{(HB)}=2/7-1/3=1/4$$

پرسش دوم:

$$[OH^-][H^+]=10^{-14}\Rightarrow[OH^-]\times5\times10^{-2}=10^{-14}\Rightarrow[OH^-]=2\times10^{-13}\,mol.L^{-1}\qquad\frac{[H^+]}{[OH^-]}=\frac{2\times10^{-3}}{2\times10^{-13}}=10^{10}$$

پرسش سوم: غلظت یون‌ها در محلول HB بیشتر است. بنابراین رسانایی الکتریکی بیشتری دارد.

B ۱۹۵۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با مصرف غذاهای اسیدی، pH اسید معده کاهش یافته و مقدار ضدّ اسید معده مصرف شده باید بیشتر شود. عبارت (ب): این ماده می‌تواند همراه با $Mg(OH)_2$ به کار رود. عبارت (پ): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت زیر است:

$$Al(OH)_3(s)+3HCl(aq)\rightarrow AlCl_3(aq)+3H_2O(l)$$

عبارت (ت):

$$pH=-\log[H^+]=1/5\Rightarrow[H^+]=3\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,mol\,Al(OH)_3=0/5L\,HCl\times\frac{3\times10^{-2}\,mol\,HCl}{1\,L\,HCl}\times\frac{1\,mol\,Al(OH)_3}{3\,mol\,HCl}=5\times10^{-3}\,mol\,Al(OH)_3$$

B ۱۹۶۰ ۱ ابتدا غلظت $[H^+]$ را با استفاده از K به‌دست آورده و سپس pH را محاسبه می‌کنیم:

$$K=[H^+][OH^-]\Rightarrow[H^+]=\frac{10^{-13/2}}{\frac{1}{36}\times10^{-9/2}}=36\times10^{-4}\,mol.L^{-1},\quad pH=-\log[H^+]=-\log(36\times10^{-4})=4-\log6^2=4-2(\log2+\log3)=2/4$$

B ۱۹۶۱ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول:

$$\frac{[OH^-]\text{ در شیر منیزی}}{[OH^-]\text{ در شیر}}=\frac{10^{-4}}{10^{-8}}=10^4$$

عبارت دوم:

$$\begin{cases}pH\,(\text{آب باتری خودرو})=-\log[H^+]=-\log(10^{-1})=1\\pH\,(\text{شیر منیزی})=-\log[H^+]=-\log(10^{-10})=10\end{cases}\Rightarrow10+1=11$$

عبارت سوم: نسبت $\frac{[H^+]}{[OH^-]}$ را در هر سه محلول به‌دست می‌آوریم:

در شیر: $[H^+]=10^{-6}\,mol.L^{-1}$, $[OH^-]=\frac{K}{[H^+]}=\frac{10^{-14}}{10^{-6}}=10^{-8}\,mol.L^{-1}\Rightarrow\frac{[H^+]}{[OH^-]}=\frac{10^{-6}}{10^{-8}}=100$

در آب باتری خودرو: $[H^+]=10^{-1}\,mol.L^{-1}$, $[OH^-]=\frac{10^{-14}}{10^{-1}}=10^{-13}\,mol.L^{-1}\Rightarrow\frac{[H^+]}{[OH^-]}=\frac{10^{-1}}{10^{-13}}=10^{12}$

در شیر منیزی: $[H^+]=10^{-10}\,mol.L^{-1}$, $[OH^-]=\frac{10^{-14}}{10^{-10}}=10^{-4}\,mol.L^{-1}\Rightarrow\frac{[H^+]}{[OH^-]}=\frac{10^{-10}}{10^{-4}}=10^{-6}$

ترتیب مقایسهٔ این نسبت به‌صورت «شیر منیزی < شیر < آب باتری خودرو» است. عبارت چهارم:

$$\frac{[H^+]\text{ در آب باتری خودرو}}{[H^+]\text{ در شیر منیزی}}=\frac{10^{-1}}{10^{-10}}=10^9$$

C ۱۹۶۲ ۱

نکته‌ترکیبی **جدول تغییر مول یا غلظت:** در مسائل اسید-باز که غلظت تعادلی گونه‌ها در محلول داده نشده و یا نسبت، تفاوت و یا مجموع غلظت‌های تعادلی گونه‌ها داده شده، برای حل سریع‌تر، می‌توان از جدول تغییرات غلظت یا مول استفاده نمود. به این منظور فرض کنید واکنشی به صورت مقابل داریم: $aA+bB\rightarrow cC+dD$

اگر به ترتیب m و n مول از واکنش‌دهنده‌های A و B داشته باشیم، جدول تغییرات مول یا غلظت به صورت زیر است:

	aA	+ bB	→ cC	+ dD
مول یا غلظت اولیه	m	n	۰	۰
تغییر مول یا غلظت	−ax	−bx	+cx	+dx
مول یا غلظت نهایی	m−ax	n−bx	cx	dx

اگر با یک واکنش تعادلی روبه‌رو باشیم، می‌توانیم پس از محاسبهٔ غلظت مواد با استفاده از مقدار مول نهایی آن‌ها، ثابت تعادلی واکنش را محاسبه کنیم و یا اینکه با تقسیم مول مصرفی بر مول اولیهٔ هر کدام از واکنش‌دهنده‌ها ضربدر ۱۰۰ بازدهٔ درصدی آن‌ها را محاسبه کنیم. کاربرد دیگر این جدول این است که مقدار تغییر هر ماده را بر زمان تولید آن تقسیم کرده و سرعت متوسط مصرف یا تولید آن را محاسبه کرد و کلی کاربرد دیگر!

تعداد مول‌های HA در شروع $=1\,mol.L^{-1}\times0/2L=0/2mol$

اسید ضعیف HA به صورت تعادلی یونیده می‌شود.

$$HA(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+A^-(aq)$$

بیش از یونش	۰/۲mol	۰	۰
پس از یونش	۰/۲−x	+x	+x

$$۰/۲۵=۰/۲-x+x+x\Rightarrow x=۰/۰۵$$

$$[H^+]=[A^-]=\frac{۰/۰۵mol}{۰/۲L}=۰/۲۵mol.L^{-۱}$$

$$[HA]_{\text{تعادلی}}=\frac{۰/۲-۰/۰۵}{۰/۲L}=۰/۷۵mol.L^{-۱}$$

$$K_a=\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}=\frac{(۰/۲۵)^۲}{۰/۷۵}\simeq ۸۳\times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱},\quad [OH^-]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{[H^+]}=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۰/۲۵}=۴\times ۱۰^{-۱۴}\,mol.L^{-۱},\quad \frac{[H^+]}{[OH^-]}=\frac{۰/۲۵}{۴\times ۱۰^{-۱۴}}=۶۲۵\times ۱۰^{۱۰}$$

C ۱۹۶۳ ۴ ابتدا باید ثابت یونش اسید HA را در دمای ۲۵°C به‌دست آوریم:

$$K_a(۴۵^\circ C)=K_a(۲۵^\circ C)+\frac{۲\times ۱۲/۵}{۱۰۰}K_a(۲۵^\circ C)=۱/۲۵K_a(۲۵^\circ C)\Rightarrow ۲\times ۱۰^{-۴}=۱/۲۵K_a(۲۵^\circ C)\Rightarrow K_a(۲۵^\circ C)=۱/۶\times ۱۰^{-۴}$$

برای محاسبهٔ غلظت یون هیدرونیوم (H^+) می‌توانیم از رابطه $[H^+]=\sqrt{K_a\times\underbrace{M(۱-\alpha)}_{[HA]}}$ استفاده کنیم:

$$[H^+]=\sqrt{K_a\times[HA]}\Rightarrow[H^+]=\sqrt{۱/۶\times ۱۰^{-۴}\times ۶}\Rightarrow[H^+]=(۴\times ۱۰^{-۲}\times\sqrt{۰/۶})mol.L^{-۱}$$

حال با توجه به اینکه در دمای ۲۵°C حاصل‌ضرب غلظت H^+ در OH^- برای یک محلول برابر $۱۰^{-۱۴}$ است، غلظت یون OH^- موجود در محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[OH^-]=(\frac{۱۰^{-۱۴}}{۴\times ۱۰^{-۲}\sqrt{۰/۶}})mol.L^{-۱}$$

در انتها نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{[OH^-]}{[H^+]}=\frac{\frac{۱۰^{-۱۴}}{۴\times ۱۰^{-۲}\sqrt{۰/۶}}}{۴\times ۱۰^{-۲}\sqrt{۰/۶}}=\frac{۱۰^{-۱۴}}{(۴\times ۱۰^{-۲}\sqrt{۰/۶})^۲}=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۶\times ۱۰^{-۴}\times ۰/۶}\simeq ۱/۱\times ۱۰^{-۱۱}$$

در مورد قسمت دوم این تست، با توجه به اطلاعات مسئله، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دمای محلول، K_a افزایش یافته و غلظت OH^- کاهش و غلظت H^+ افزایش می‌یابد، پس در دمای ۳۰°C نسبت به دمای ۲۰°C، نسبت شمار یون‌های OH^- به شمار یون‌های H^+ کمتر است.

C ۱۹۶۴ ۴ همان‌طور که می‌دانید در دمای ثابت، ثابت یونش یک اسید با تغییر غلظت محلول آن تغییر نمی‌کند و ثابت است؛ از این‌رو ابتدا ثابت یونش اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}\Rightarrow K_a=\frac{۶\times(۰/۲۵)^۲}{۱-۰/۲۵}=\frac{۱}{۲}$$

همان‌طور که گفته شد، در دمای ثابت، ثابت یونش تغییر نمی‌کند؛ از این‌رو از مقدار K_a، می‌توان درصد یونش اسید در محلول دوم را محاسبه کرد:

$$K_a=\frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}\Rightarrow\frac{۱}{۲}=\frac{۱\times\alpha^۲}{۱-\alpha}\Rightarrow ۲\alpha^۲+\alpha-۱=۰\Rightarrow(۲\alpha-۱)(\alpha+۱)=۰\Rightarrow\alpha=-۱\text{ غ.ق.ق},\ \alpha=۰/۵\text{ ق.ق}$$

پس درصد یونش اسید در محلول دوم برابر ۵۰٪ است. در ادامه غلظت یون هیدرونیوم موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم: $[H^+]=M.\alpha=۱\times ۰/۵=۰/۵mol.L^{-۱}$

سپس غلظت یون هیدروکسید موجود در محلول را به دست می‌آوریم: $[H^+]\times[OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow ۰/۵\times[OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[OH^-]=۲\times ۱۰^{-۱۴}\,mol.L^{-۱}$

در آخر نسبت غلظت یون هیدرونیوم به هیدروکسید را در محلول محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]}=\frac{۰/۵}{۲\times ۱۰^{-۱۴}}=۲/۵\times ۱۰^{۱۳}$$

A ۱۹۶۵ ۲ محلول‌های بازی قوی مثل NaOH و KOH موادی خورنده به‌شمار می‌روند نه همهٔ بازها!

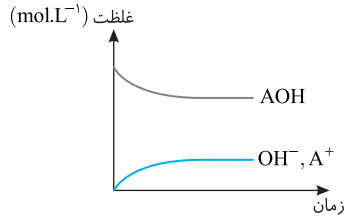
A ۱۹۶۶ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آمونیاک از جمله بازهای ضعیف است، به‌طوری که در محلول آن، شمار زیادی از مولکول‌های آمونیاک یافت می‌شود. عبارت (ت): آمونیاک باز ضعیفی است و یونش آن در آب به‌صورت جزئی انجام می‌شود به همین دلیل در محلول آمونیاک یون‌های $NH_۴^+$ و OH^- با مولکول‌های یونیده نشده باز در تعادل هستند.

B ۱۹۶۷ ۲ بازهایی که ثابت یونش زیادی دارند، به مقدار زیاد یونیده شده و غلظت $OH^-(aq)$ در محلول آن‌ها زیاد است پس الکترولیت قوی محسوب می‌شوند.
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): محلول بازها با ثابت یونش زیاد، به‌طور کامل یونش یافته و واکنش یونیده شدن آن‌ها پیشرفت خوبی دارد. گزینهٔ (۳): هیدروکسید فلزهای گروه اول و دوم به‌جز $Be(OH)_۲$ و $Mg(OH)_۲$ بازهایی قوی هستند و ثابت یونش بازی آن‌ها زیاد است. گزینهٔ (۴): معادلهٔ تفکیک بازهای قوی با ثابت یونش بازی زیاد، یک‌طرفه و برگشت‌ناپذیر است.

نکته‌ترکیبی **رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت‌ها:** در یک محلول حاوی الکترولیت، رسانایی الکتریکی به دو عامل زیر وابسته است:
۱- نوع حل‌شونده و درجهٔ یونش یا میزان تفکیک آن ۲- غلظت اولیهٔ محلول: در غلظت یکسان، رسانایی الکتریکی محلول یک الکترولیت که درجهٔ یونش یا تفکیک بیشتری دارد، بالاتر است. در صورتی که غلظت محلول الکترولیت ضعیف خیلی بیشتر از محلول الکترولیت قوی باشد، به‌طوری که غلظت یون‌های تشکیل شدهٔ آن بیشتر باشد، اتفاقاً رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت ضعیف بیشتر است.

۱۹۶۸ B ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): لامپ متصل به محلول (۱) پرنورتر است؛ از این‌رو با توجه به یکسان بودن شرایط (غلظت و دما)، مادهٔ موجود در محلول (۱) الکترولیت قوی‌تری است. عبارت (ب): لامپ متصل به محلول (۲) کم‌نورتر است؛ بنابراین با توجه به یکسان بودن شرایط (غلظت و دما)، قدرت بازی و ثابت یونش مادهٔ حل شده در محلول (۲) کمتر است. عبارت (پ): در شرایط یکسان، لامپ متصل به محلول (۱) پرنورتر است؛ از این‌رو غلظت یون‌ها مانند یون هیدروکسید و pH در آن بیشتر است. عبارت (ت): با افزایش دما، ثابت یونش و به دنبال آن درجهٔ یونش اسید موجود در محلول (۲) افزایش می‌یابد و به عدد یک نزدیک می‌شود و درجهٔ یونش باز موجود در محلول‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شود. عبارت (ث): لامپ متصل به محلول (۲) کم‌نورتر است؛ از این‌رو میزان غلظت یون‌های آن کمتر بوده و میزان مولکول‌های باز یونیده نشدهٔ آن بیشتر است.

۱۹۶۹ B ۲ با توجه به نمودار مشخص است که تعداد زیادی از مولکول‌های باز، یونیده نشده و تعداد کمی از مولکول‌های باز یونیده شده‌اند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): تعداد مولکول‌های باز یونیده شده کم است، پس واکنش یونیده شدن پیشرفت ناچیزی داشته و ثابت تعادل آن نیز کم است. گزینهٔ (۲): میزان OH^- تولید شده در محلول به غلظت بازها بستگی دارد، در اینجا به غلظت AOH و NaOH اشاره نشده است، پس نمی‌توان غلظت OH^- را در محلول آن‌ها مقایسه کرد. ممکن است غلظت $OH^-(aq)$ در محلول AOH بیشتر از NaOH باشد. گزینهٔ (۳): باز نشان داده شده یک الکترولیت ضعیف بوده و محلول غلیظ آن می‌تواند رسانای الکتریکی باشد. گزینهٔ (۴): چون تعداد کمی از مولکول‌های باز یونیده شده‌اند، ثابت تعادل بازی آن کوچک است و غلظت تعادلی فراورده (A^+ و OH^-) از غلظت تعادلی واکنش‌دهنده (AOH) کمتر است. نمودار «غلظت - زمان» آن به‌صورت نمایش داده شده می‌باشد.



۱۹۷۰ B ۳ همهٔ نمودارهای داده شده درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: در دمای اتاق، در محلول‌های آبی، میان pH و pOH رابطهٔ زیر برقرار است:

$$pH+pOH=۱۴$$

از این‌رو رابطهٔ بین pH و pOH خطی بوده و با افزایش هر یک، دیگری کاهش می‌یابد.

$$\underbrace{pH}_{y}=-\underbrace{pOH}_{x}+۱۴$$

مورد دوم: معادلهٔ یونش باز $Ba(OH)_۲$ به صورت مقابل است:

$$Ba(OH)_۲(aq)\rightarrow Ba^{۲+}(aq)+۲OH^-(aq)$$

از این‌رو میزان تغییرات غلظت دوگونهٔ $Ba(OH)_۲$ و $Ba^{۲+}$ با هم برابر و نصف تغییرات غلظت OH^- است. $Ba(OH)_۲$ واکنش‌دهنده بوده و غلظت آن کم می‌شود، در حالی که $Ba^{۲+}$ و OH^- فراورده هستند و غلظت آن‌ها زیاد می‌شود. مورد سوم: در دمای اتاق، در محلول‌های آبی، میان غلظت یون H^+ و یون OH^- رابطهٔ مقابل برقرار است:

$$[H^+]\times[OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[H^+]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{[OH^-]}$$

بنابراین رابطهٔ میان این دو به صورت هموگرافیک بوده و با افزایش هر یک، دیگری کاهش می‌یابد. مورد چهارم: در دمای $۲۵^\circ C$، حاصل‌ضرب غلظت یون H^+ در غلظت یون OH^- در حجم‌های مختلف ثابت و برابر $۱۰^{-۱۴}$ است.

۱۹۷۱ B ۲ چون BOH باز قوی‌تری است، بنابراین در شرایط یکسان در مقایسه با AOH بیشتر یونش یافته و درجهٔ یونش بزرگ‌تری دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه ثابت یونش BOH از AOH بزرگ‌تر است، پس BOH باز قوی‌تری است. گزینهٔ (۳): از آنجا که در شرایط یکسان، BOH به میزان بیشتری یونش می‌یابد در نتیجه در محلول آن غلظت OH^- بیشتر و غلظت H^+ کمتر بوده و pH محلول آن در مقایسه با محلول AOH بیشتر خواهد بود. گزینهٔ (۴): BOH در مقایسه با AOH باز قوی‌تری است. بنابراین در شرایط یکسان به میزان بیشتری یونیده می‌شود و ذرات یونش نیافته در محلول آن کمتر از محلول AOH خواهد بود.

۱۹۷۲ B ۲ موارد اول، دوم و چهارم نادرست و مورد سوم درست است. **بررسی موارد:** مورد اول: سرعت واکنش یک محلول بازی با $CO_۲$، به غلظت OH^- محلول بازی وابسته است. حواستان باشد که غلظت OH^- در یک محلول افزون‌بر ثابت یونش به غلظت باز نیز بستگی دارد، از این‌رو ممکن است سرعت واکنش AOH با $CO_۲$ بیشتر از سرعت واکنش BOH با $CO_۲$ باشد. مورد دوم: pH محلول یک اسید علاوه‌بر ثابت یونش به غلظت باز هم وابسته است؛ از این‌رو ممکن است محلولی از AOH که غلظت بالاتری دارد pH بزرگ‌تری داشته باشد. مورد سوم: در غلظت مولی برابر، از آنجا که ثابت یونش محلول AOH کوچک‌تر از BOH است، میزان یون‌ها در محلول BOH بیشتر از AOH است و غلظت $A^+(aq)$ کمتر از غلظت $B^+(aq)$ است. مورد چهارم: با افزودن مقداری اسید به محلول‌های بازی، pH هر دو محلول کاهش می‌یابد، اما ثابت یونش آن‌ها تغییر نمی‌کند؛ زیرا ثابت یونش فقط تابع دما است.

۱۹۷۳ B ۳ در واکنش یونش بازی با ثابت یونش برابر ۵×۱۰^{-۴} (کوچک)، همانند واکنش یونش HF (اسید ضعیف)، تعداد زیادی از مولکول‌های واکنش‌دهنده در واکنش یونیده نمی‌شوند، زیرا واکنش در جهت رفت پیشرفت خوبی ندارد. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت (الف): NaOH باز قوی بوده و به شدت با آب واکنش می‌دهد ولی $NH_۳$ به‌عنوان باز ضعیف، به میزان کمی در آب OH^- تولید می‌کند. عبارت (ب): واکنش یونش KOH (باز قوی) و سولفوریک اسید (اسید قوی) ثابت تعادل بزرگی دارند ولی واکنش یونش استیک اسید (اسید ضعیف) ثابت تعادل کوچکی دارد. عبارت (ت): در لحظهٔ تعادل در هر واکنش تعادلی، مانند واکنش یونش $NH_۳$ یا $CH_۳COOH$، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر است.

۱۹۷۴ B ۴ با افزودن آب خالص، غلظت یون‌های هیدروکسید کاهش یافته و pH محلول کاهش پیدا می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): متیل آمین ثابت یونش بازی بیشتری نسبت به آمونیاک دارد. گزینهٔ (۲): از آنجایی که ثابت یونش متیل آمین بیشتر از آمونیاک است، قدرت رسانایی الکتریکی محلول متیل آمین بیشتر خواهد بود. گزینهٔ (۳): متیل آمین و آمونیاک هر دو قطبی هستند.

۱۹۷۵ C ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: محلول (۱) یک باز ضعیف (آمونیاک) و محلول (۲) یک باز قوی (سدیم هیدروکسید) است، در نتیجه در دمای معین ثابت یونش محلول (۱) کمتر از محلول (۲) است. عبارت سوم: محلول (۲) یک باز قوی است، در نتیجه: $[NaOH]=[OH^-]$

$$[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱۳/۴}=۱۰^{-۱۴}\times۱۰^{+۰/۶}=۴\times۱۰^{-۱۴}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow[OH^-]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۴\times۱۰^{-۱۴}}=۰/۲۵mol.L^{-۱}$$

عبارت چهارم: محلول (۱) شامل یک باز ضعیف (NH_3) است و یونش آن در آب جزئی است در حالی که محلول (۲) شامل یک باز قوی ($NaOH$) است که یونش آن در آب کامل است. عبارت‌های دوم و پنجم: با توجه به شکل از ۱۱ ذرهٔ NH_3 موجود در محلول شمارهٔ (۱) دو مولکول یونیده شده‌اند؛ پس درجهٔ یونش این باز برابر $\frac{۲}{۱۱}$ است.

$$\alpha=\frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار مولکول‌های حل‌شده}}=\frac{۲}{۱۱}\Rightarrow ٪\alpha=\alpha\times ۱۰۰=\frac{۲}{۱۱}\times ۱۰۰\simeq ٪۱۸/۲$$

محاسبهٔ غلظت اولیهٔ باز، در صورتی که $pH=۱۰/۷$ باشد:

$$[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱۰/۷}=۱۰^{۰/۳}\times ۱۰^{-۱۱}=۲\times ۱۰^{-۱۱}\,mol.L^{-۱}$$

$$[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow(۲\times ۱۰^{-۱۱})\times[OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[OH^-]=۵\times ۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

$$\alpha=\frac{[H^+]}{M}\Rightarrow M=\frac{[H^+]}{\alpha}=\frac{۵\times ۱۰^{-۴}}{\frac{۲}{۱۱}}=\frac{۱۱\times ۵\times ۱۰^{-۴}}{۲}=۲/۷۵\times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

B ۱۹۷۶ ۱ قسمت اول: درجهٔ یونش برابر $\alpha=\frac{۱}{۱۰۰}$ است. با توجه به اینکه $K_b<۱۰^{-۳}$ و $\alpha<۰/۰۵$ است، داریم:

$$K_b=M.\alpha^۲\Rightarrow ۱۰^{-۶}=(۰/۰۱)^۲M\Rightarrow M=۰/۰۱\,mol.L^{-۱}$$

قسمت دوم:

$$[OH^-]=M\alpha=۰/۰۱\times\frac{۱}{۱۰۰}=۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

B ۱۹۷۷ ۴ قسمت اول:

$$K_b=\frac{[A^+][OH^-]}{[AOH]}=\frac{(M.\alpha)(M.\alpha)}{۰/۱-M.\alpha}\quad,\quad[OH^-]=M.\alpha\Rightarrow ۷\times ۱۰^{-۵}=۰/۱\times\alpha\Rightarrow\alpha=۷\times ۱۰^{-۴}\Rightarrow ٪\alpha=٪۰/۰۷$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه $\alpha<۰/۰۵$ است، می‌توانیم از رابطهٔ $K_b=\alpha^۲.M$ استفاده کنیم.

$$K_b=\alpha^۲.M=(۷\times ۱۰^{-۴})^۲\times ۰/۱=۴۹\times ۱۰^{-۹}$$

B ۱۹۷۸ ۲

غلظت اولیهٔ NH_4OH

$$[OH^-]=M.\alpha=۰/۳\,mol.L^{-۱},\quad K_b=\frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_4OH]}=\frac{(M.\alpha)^۲}{M-M.\alpha}=\frac{(۰/۳)^۲}{M-۰/۳}=۴/۵\times ۱۰^{-۲}\Rightarrow M=۲/۳\,mol.L^{-۱}$$

$$\text{غلظت تعادلی } NH_4OH=۲/۳-۰/۳=۲\,mol.L^{-۱}$$

$$?\,NH_4OH\text{ جرم}=۰/۴L\text{ محلول}\times\frac{۲mol\,NH_4OH}{۱L\text{ محلول}}\times\frac{۳۵g\,NH_4OH}{۱mol\,NH_4OH}=۲۸g\,NH_4OH$$

B ۱۹۷۹ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به رابطهٔ محاسبهٔ pH و pOH داریم:

$$pOH_۱=۱۴-۱۰/۷=۳/۳\Rightarrow[OH^-]_۱=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۳/۳}=۱۰^{-۴+۰/۷}=۱۰^{-۴}\times ۱۰^{۰/۷}=۵\times ۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

$$pOH_۲=۱۴-۱۳/۴=۰/۶\Rightarrow[OH^-]_۲=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۰/۶}=۱۰^{-۲+۱/۴}=۱۰^{-۲}\times ۱۰^{۱/۴}=۱۰^{-۲}\times(۱۰^{۰/۷})^۲=۲۵\times ۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

نسبت غلظت OH^- دو محلول برابر است با:

$$\frac{[OH^-]_۲}{[OH^-]_۱}=\frac{۲۵\times ۱۰^{-۲}}{۵\times ۱۰^{-۴}}=۵۰۰$$

عبارت (ب): با توجه به اینکه غلظت و دمای محلول دو باز یکسان است و pH محلول (۲) بزرگ‌تر از محلول (۱) است؛ پس میزان یون‌ها و ثابت یونش در محلول (۲) بیشتر از محلول (۱) است. عبارت (پ): pH محلول (۲) بزرگ‌تر از محلول (۱) است، از این‌رو میزان یون‌ها در محلول (۲) بیشتر بوده و رسانایی الکتریکی آن نیز بیشتر است. عبارت (ت): یکی از فراورده‌های واکنش بازهای قوی مانند NaOH که در شکل (۲) مشاهده می‌کنید، با مخلوط اسید چربی، پاک‌کنندهٔ صابونی ($RCOONa$) است.

B ۱۹۸۰ ۲ قسمت اول:

$$[OH^-]=\frac{۲\times ۱۰^{-۲}mol}{۱۰^{-۱}L}=۲\times ۱۰^{-۱}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow[H^+]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۲\times ۱۰^{-۱}}=۵\times ۱۰^{-۱۴}\,mol.L^{-۱}$$

قسمت دوم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(۵\times ۱۰^{-۱۴})=-\log ۱۰^{-۱۴}-\log ۵=۱۴-۰/۷=۱۳/۳$$

B ۱۹۸۱ ۳ نمودارهای (۲)، (۳)، (۴) و (۶) همواره برقرار هستند. نمودار (۱): برای اسیدهای قوی با $\alpha=۱$، هر چه غلظت اسید افزایش یابد، اندازهٔ درجهٔ یونش تغییری نمی‌کند. نمودار (۲): هر چه غلظت OH^- یک محلول بیشتر باشد، pH آن بیشتر خواهد بود. نمودار باید لگاریتمی باشد.

$$pH=-\log[H^+]=-\log(\frac{۱۰^{-۱۴}}{[OH^-]})=۱۴+\log[OH^-]$$

نمودار (۳): هر چه غلظت H^+ بیشتر باشد، اندازهٔ pH کوچک‌تر است، اگر غلظت H^+ در یک محلول بیشتر از $۱\,mol.L^{-۱}$ باشد، اندازهٔ pH منفی می‌شود. نمودار (۴): هر چه غلظت OH^- بیشتر باشد، اندازهٔ pOH کوچک‌تر است، اگر غلظت OH^- از $۱\,mol.L^{-۱}$ بیشتر شود، اندازهٔ pOH می‌تواند منفی شود. نمودار (۵): اندازهٔ K_a فقط تابع دما است و با تغییر غلظت H^+ در محلول یک اسید، مقدار K_a آن تغییر نمی‌کند. نمودار (۶): برای یک محلول آبی در دمای اتاق، میان pH و pOH رابطهٔ زیر برقرار است:

$$pH+pOH=۱۴\Rightarrow pH=-pOH+۱۴$$

از این‌رو رابطهٔ میان pH و pOH به صورت خطی است و با افزایش هر یک، دیگری کاهش می‌یابد.

C ۱۹۸۲ ۴ قسمت اول: برای محاسبهٔ غلظت یون هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول اسیدها و بازهای ضعیف، می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم:

برای اسید ضعیف $(K_a < ۱۰^{-۳})$: $HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq) \Rightarrow [A^-] = [H^+]$, $[HA] = M_a - [H^+] \simeq M_a$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^۲}{M_a} \Rightarrow ۲\times۱۰^{-۶} = \frac{[H^+]^۲}{۲\times۱۰^{-۲}} \Rightarrow [H^+] = ۲\times۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱}$$

$$XOH(aq) \rightleftharpoons X^+(aq) + OH^-(aq) \Rightarrow [X^+] = [OH^-], \quad [XOH] = M_b - [OH^-] \simeq M_b$$

$$K_b = \frac{[X^+][OH^-]}{[XOH]} = \frac{[OH^-]^۲}{M_b} \Rightarrow ۴\times۱۰^{-۴} = \frac{[OH^-]^۲}{۱۰^{-۲}} \Rightarrow [OH^-] = ۲\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

اکنون نسبت غلظت H^+ در محلول اسید به غلظت OH^- در محلول باز را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{غلظت مولار یون هیدرونیوم}}{\text{غلظت مولار یون هیدروکسید}} = \frac{۲\times۱۰^{-۴}}{۲\times۱۰^{-۳}} = ۰/۱$$

قسمت دوم: برای محاسبهٔ درصد یونش اسید و بازهای ضعیف نیز می‌توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

درصد یونش اسید HA: $\٪\alpha_a = \frac{[H^+]}{M_a}\times۱۰۰ = \frac{۲\times۱۰^{-۴}}{۲\times۱۰^{-۲}}\times۱۰۰ = \٪۱$ درصد یونش باز XOH: $\٪\alpha_b = \frac{[OH^-]}{M_b}\times۱۰۰ = \frac{۲\times۱۰^{-۳}}{۱۰^{-۲}}\times۱۰۰ = \٪۲۰$

نسبت درصد یونش باز به درصد یونش اسید برابر است با:

$$\frac{\text{درصد یونش باز}}{\text{درصد یونش اسید}} = \frac{\٪۲۰}{\٪۱} = ۲۰$$

C ۱۹۸۳ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در صورت رقیق کردن محلول یک اسید، غلظت OH^- موجود در آن افزایش می‌یابد. عبارت (ب): ترکیبات بازی مورد استفاده در شیشه پاک‌کن‌ها، $NH_۳$ (مولکولی) و ترکیبات بازی مورد استفاده در لوله بازکن‌ها، NaOH (یونی) می‌باشند. عبارت (پ): در دمای اتاق و نه در شرایط استاندارد که دما برابر صفر درجهٔ سلسیوس است. عبارت (ت): اگر با تغییر دما pH آب خالص را تغییر دهیم، باز هم خنثی خواهد بود. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نسبت شمار اتم‌های کربن به اکسیژن در ضد یخ $(C_۲H_۶O_۲)$ برابر ۱ است. گزینهٔ (۲): میزان pH پرتقال برابر ۳/۲ و بازهٔ میزان pH فضای دهان ۷/۱ - ۵/۲ می‌باشد و در نتیجه کمترین میزان pH فضای دهان برابر ۵/۲ می‌باشد و ۵/۲−۳/۲=۲ . گزینهٔ (۳): شیرمنیزی شامل $Mg(OH)_۲$ می‌باشد که در آن ۳ عنصر منیزیم، اکسیژن و هیدروژن وجود دارد. گزینهٔ (۴): جزء آنیونی بخش قطبی پاک‌کننده‌های غیرصابونی $SO_۳^-$ می‌باشد که تعداد اتم‌های آن برابر ۴ است.

C ۱۹۸۴ ۳ با توجه به رابطهٔ $K = \frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}$ برای هر کدام از بازها داریم: باز AOH: $(\alpha = ۰/۲۵)$

$$K_a = \frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha} \Rightarrow \frac{K_a}{M} = \frac{\alpha^۲}{۱-\alpha} = \frac{(۰/۲۵)^۲}{۱-۰/۲۵} = \frac{(۰/۲۵)^۲}{۰/۷۵}$$

باز BOH: $(\alpha = ۰/۲)$

$$K_a = \frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha} = \frac{K_a}{M} = \frac{\alpha^۲}{۱-\alpha} = \frac{(۰/۲)^۲}{۱-۰/۲} = \frac{(۰/۲)^۲}{۰/۸}$$

نسبت $\frac{K_a}{M}$ باز AOH به باز BOH برابر است با:

$$\frac{\frac{(۰/۲۵)^۲}{۰/۷۵}}{\frac{(۰/۲)^۲}{۰/۸}} = \frac{(۰/۲۵)^۲}{(۰/۲)^۲}\times\frac{۰/۸}{۰/۷۵} = (۱/۲۵)^۲\times\frac{۰/۸}{۰/۷۵} = ۱/۶۶$$

A ۱۹۸۵ ۲ واکنش انجام شده بین محلول‌های سدیم هیدروکسید و هیدروکلریک اسید به‌صورت زیر است و $NaCl(aq)$ یکی از فراورده‌های آن می‌باشد.

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_۲O(l)$$

B ۱۹۸۶ ۱ واکنش‌های داده شده همگی از واکنش‌های خنثی شدن اسید و باز هستند؛ اما شکل نشان داده شده، مربوط به واکنش یک اسید قوی تک‌پروتون‌دار و یک باز قوی با یک عامل OH^- می‌باشد، زیرا در شکل هر محلول، همهٔ مولکول‌های حل‌شونده، یونیده شده و به ازای هر یون مثبت یک یون منفی تولید شده است. پس واکنش‌های (الف) و (پ) می‌توانند به تصویر داده شده مربوط باشند. **بررسی سایر واکنش‌ها:** واکنش (ب): $HF(aq)$ یک اسید ضعیف است که مولکول‌های آن به‌طور جزئی یونیده می‌شوند. واکنش (ت): $Ca(OH)_۲$ یک باز قوی با دو عامل OH^- است و به ازای هر یون مثبت، دو یون منفی OH^- تولید می‌کند.

B ۱۹۸۷ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: واکنش خنثی شدن اسید و باز، مبنایی برای کاربرد شوینده‌ها و پاک‌کننده‌ها است؛ به‌طوری که با توجه به مادهٔ کثیفی که اسیدی یا بازی باشد، می‌توانیم شوینده‌های مناسب اسیدی یا بازی را انتخاب کنیم. عبارت دوم: اگر مسیر لوله‌ای با مخلوطی از اسیدهای چرب مسدود شده باشد، برای باز کردن آن از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید استفاده می‌کنیم: $RCOOH(s) + NaOH(aq) \rightarrow RCOONa(aq) + H_۲O(l)$

عبارت سوم: اگر موادی که سبب گرفتگی لوله‌ها و مجاری می‌شوند، خاصیت بازی داشته باشند، برای باز کردن آن‌ها می‌توان از محلول غلیظ هیدروکلریک اسید استفاده نمود. عبارت چهارم: فراوردهٔ واکنش شوینده‌های بازی با اسیدهای چرب، خود نوعی پاک‌کننده است که در آب حل می‌شود و می‌تواند چربی‌های اضافی را بزداید. عبارت پنجم: واکنش داده شده، واکنش تولید استر از یک کربوکسیلیک اسید و یک الکل بوده و جزء واکنش‌های خنثی شدن اسید - باز نیست.

B ۱۹۸۸ ۴ عنصر $X_{۲۰}$، کلسیم است. محلول اکسیدهای فلزی خاصیت بازی دارند و رنگ گل‌های گیاه ادریسی در خاکی که خاصیت بازی دارد به رنگ سرخ شکوفا می‌شوند. از انحلال هر مول کلسیم اکسید در آب، ۳ مول یون تولید می‌شود در حالی که از انحلال هر مول $N_۲O_۵$، ۴ مول یون تولید می‌شود:

$$CaO(s) + H_۲O(l) \rightarrow Ca^{۲+}(aq) + ۲OH^-(aq)$$

یک مول کلسیم اکسید با دو مول هیدروکلریک اسید خنثی می‌شود.

B ۱۹۸۹ ۱ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در واکنش خنثی شدن اسید و باز، یون‌های نمک حاصل نقش ناظر یا تماشاچی را دارند و واکنش اصلی بین یون‌های H^+ و OH^- می‌باشد. عبارت (ب): در برخی موارد که لوله‌ها با اسیدهای چرب گرفتگی داشته باشند برای رفع این گرفتگی باید از مواد بازی مانند NaOH استفاده کرد. عبارت (پ): HNO_3 برعکس CH_3COOH اسید قوی بوده و در غلظت و شرایط یکسان یون بیشتری تولید می‌کند و الکترولیت قوی‌تری است. عبارت (ت): هیدروژن کلرید ضمن حل‌شدن در آب یون $H^+(aq)$ تولید می‌کند و اسید آرنیوس می‌باشد. عبارت (ث):

$$pH=۲/۷\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-۲/۷}=۱۰^{-۳}\times۱۰^{۰/۳}=۲\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}\qquad [OH^-]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۲\times۱۰^{-۳}}=\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۱۱}=۵\times۱۰^{-۱۲}\,mol.L^{-۱}$$

A ۱۹۹۰ ۱ در بدن انسان بالغ روزانه در حدود ۲ تا ۳ لیتر شیر معده تولید می‌شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود $۰/۰۳mol.L^{-۱}$ است (رد گزینهٔ (۲)). دیوارهٔ داخلی معده به‌طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند (رد گزینهٔ (۳)). به هنگام مصرف مواد غذایی به دلیل ترشح هیدروکلریک اسید در معده، pH محیط درونی معده کاهش می‌یابد (رد گزینهٔ (۴)).

B ۱۹۹۱ ۱ فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ت): دیوارهٔ داخلی معده به‌طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند. این جذب سبب نابودی سلول‌های سازندهٔ دیوارهٔ معده می‌شود. حال اگر مقدار اسید معده به هر دلیلی بیش از اندازهٔ معمول شود، شمار یون‌های جذب شده توسط سلول‌های دیوارهٔ معده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می‌شود. عبارت (ث):

$$[H^+]=۰/۰۳mol.L^{-۱}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(۰/۰۳)=-\log(۳\times۱۰^{-۲})=۲-\log۳=۲-۰/۵=۱/۵$$

B ۱۹۹۲ ۳ شیر منیزی $(Mg(OH)_2)$ همان محلول هیدروکسید دومین فلز از گروه دوم جدول تناوبی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ضداسیدها خود خاصیت بازی دارند و واکنش آن‌ها با اسید معده (هیدروکلریک اسید) یکی از انواع واکنش‌های خنثی شدن اسید و باز است. گزینهٔ (۲): جدول زیر، مواد مؤثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می‌دهد که در کتاب درسی مطرح شده‌اند:

شمارهٔ ضد اسید	۱	۲	۳
مادهٔ مؤثر	$NaHCO_3$ ، $Al(OH)_3$	$Mg(OH)_2$ ، $Al(OH)_3$	$NaHCO_3$

بنابراین $NaHCO_3$ به تنهایی و همراه با $Al(OH)_3$ در بین مواد مؤثر برخی از ضداسیدها وجود دارد. گزینهٔ (۴): ضداسیدها مقدار اسید معده و غلظت یون هیدرونیوم معده را کاهش داده و pH درون معده را افزایش می‌دهند.

B ۱۹۹۳ ۲ گروهی از ضداسیدها، شامل سدیم هیدروژن کربنات هستند. از نظر آرنیوس هر ماده‌ای که در آب یون هیدروکسید ایجاد کند، باز می‌باشد. از این‌رو، سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین) یک مادهٔ بازی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مصرف غذاها و داروهای اسیدی، باعث اسیدی‌تر شدن معده می‌شوند. از این‌رو پزشکان برای رفع و کاهش عوارض آن‌ها، ضد اسیدها را تجویز می‌کنند. گزینهٔ (۳): شیر منیزی، یکی از رایج‌ترین ضد اسیدها است که شامل منیزیم هیدروکسید است. این دارو با اسید معده به شکل زیر واکنش داده و آن را خنثی می‌کند و سبب کاهش غلظت یون هیدرونیوم در محیط معده می‌شود.

$$۲HCl(aq)+Mg(OH)_2(aq)\rightarrow MgCl_2(aq)+۲H_2O(l)$$

گزینهٔ (۴): ضداسیدها می‌توانند همزمان شامل دو ماده با خاصیت بازی باشند. برای مثال شربت‌های «آلومینیم- ام جی» دارای دو مادهٔ $Al(OH)_3$ و $Mg(OH)_2$ به‌عنوان مادهٔ مؤثر هستند.

B ۱۹۹۴ ۴ جملهٔ داده شده درست است. **بررسی جملهٔ داده شده:**

$$[H^+]_{\text{ورود غذا}}=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱/۵}=۱۰^{۰/۵-۲}=۱۰^{۰/۵}\times۱۰^{-۲}=۳\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

$$[H^+]_{\text{استراحت}}=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۳/۷}=۱۰^{۰/۳-۴}=۱۰^{۰/۳}\times۱۰^{-۴}=۲\times۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

نسبت غلظت H^+ با ورود غذا به معده، ۱۵۰ برابر می‌شود $(\frac{۳\times۱۰^{-۲}}{۲\times۱۰^{-۴}}=۱۵۰)$. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): pH شیرهٔ معده کمتر از pH معدهٔ در حال استراحت است؛ پس غلظت یون هیدرونیوم آن بیشتر است. گزینهٔ (۲): نام دیگر سدیم هیدروژن کربنات، جوش شیرین است. گزینهٔ (۳): جوش شیرین مانند بازهای $Al(OH)_3$ و $Mg(OH)_2$ خاصیت بازی دارد؛ زیرا طبق معادلهٔ واکنش زیر در آب یون هیدروکسید تولید می‌کند.

$$HCO_3^-(aq)+H_2O(l)\rightarrow H_2CO_3(aq)+OH^-(aq)$$

گزینهٔ (۴): برای افزایش قدرت پاک کردن چربی‌ها، به شوینده‌ها جوش شیرین می‌افزایند؛ زیرا آنیون $HCO_3^-(aq)$ در محلول آبی یون هیدروکسید تولید کرده و محیط را بازی می‌کند. از طرفی یون هیدروکسید تولید شده با چربی‌ها واکنش داده و گروه‌های آب‌دوست در ساختار چربی ایجاد می‌کند. این موضوع باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی شوینده‌ها می‌شود.

B ۱۹۹۵ ۲ موارد اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی موارد نادرست:** مورد چهارم: به عنوان مثال نقض می‌توان به اسیدهای HCl و H_2CO_3 اشاره کرد. اتم‌های هیدروژن در H_2CO_3 بیشتر از HCl است ولی قدرت اسیدی H_2CO_3 کمتر بوده و در شرایط یکسان دما و غلظت، pH محلول را کمتر کاهش می‌دهد.
مورد پنجم: شواهد بسیاری نشان می‌دهند که پیش از آنکه ساختار اسیدها و بازها توسط آرینوس شناخته شود، شیمی‌دان‌ها با ویژگی‌های اسیدها و بازها آشنا بوده‌اند.

B ۱۹۹۶ ۴ ابتدا تعداد مول OH^- تولید شده از یک قاشق شربت را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,OH^-=۴۳۵mg\,Mg(OH)_2\times\frac{۱\,g\,Mg(OH)_2}{۱۰۰۰mg\,Mg(OH)_2}\times\frac{۱\,mol\,Mg(OH)_2}{۵۸\,g\,Mg(OH)_2}\times\frac{۲mol\,OH^-}{۱\,mol\,Mg(OH)_2}=۰/۰۱۵mol\,OH^-$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۴۳۵\times۲}{۱۰۰۰\times۵۸}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{۴۳۵\times۲}{۱۰۰۰\times۵۸}=\frac{۱۵\times۲}{۱۰۰۰\times۲}=۰/۰۱۵$$

این مقدار می‌تواند ۰/۰۱۵ مول یون هیدرونیوم را خنثی کند. غلظت یون هیدرونیوم موجود در اسید معده را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=-\log[H^+]\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱/۵}=۱۰^{-۲}\times۱۰^{+۰/۵}=۳\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

حجم اسید خنثی شده برابر است با:

$$۳\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}=\frac{۰/۰۱۵mol\,H^+}{V\,L}\Rightarrow V=۰/۵L$$

B ۱۹۹۷ ۳ محلول آمونیاک دارای خاصیت بازی است و از آن در شیشه پاک‌کن‌ها استفاده می‌شود. محلول آمونیاک یک باز ضعیف است و نمی‌توان از آن به عنوان لوله بازکن استفاده کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شیر ترش‌شده خاصیت اسیدی داشته و در صورت قرار دادن کاغذ pH در آن کاغذ به رنگ قرمز در می‌آید؛ اما مخلوط آب و صابون خاصیت بازی دارد و کاغذ pH در آن رنگ آبی به خود می‌گیرد. گزینهٔ (۲): از مخلوط آلومینیم هیدروکسید و سدیم هیدروژن کربنات می‌توان به عنوان ضد اسید بهره برد. گزینهٔ (۴): از واکنش سدیم هیدروژن کربنات و هیدروکلریک اسید گاز کربن دی‌اکسید آزاد می‌شود. گاز کربن دی‌اکسید مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است. افزایش بیش از حد گازهای گلخانه‌ای عاملی برای گرمایش کرهٔ زمین در سال‌های اخیر است.

C ۱۹۹۸ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): محلول شیشه پاک‌کن حاوی آمونیاک است. این محلول یک الکترولیت ضعیف است و همانند جوش شیرین خاصیت قلیایی دارد. آمونیاک از جمله بازهای ضعیف است به‌طوری که در محلول آن افزون‌بر مقدار کمی از یون‌های آب‌پوشیده، شمار بسیاری از مولکول‌های آمونیاک نیز یافت می‌شود. عبارت (ب): برابر شدن سرعت واکنش رفت و سرعت واکنش برگشت نشان‌دهندهٔ حالت برقراری تعادل است. در این واکنش در حالت تعادل، سرعت تولید یا مصرف SO_3 باید ۲ برابر سرعت تولید یا مصرف O_2 باشد. عبارت (پ):

$$\text{فرمول پاک کنندهٔ صابونی} = C_{24}H_{47}O_2Na \Rightarrow \frac{\text{تعداد کربن}}{\text{تعداد اتم اکسیژن}} = 12 \Rightarrow 2n-1=47 \Rightarrow n=24$$

در ساختار پاک‌کنندهٔ غیرصابونی، ۱۲ گروه CH_2 وجود دارد؛ بنابراین فرمول گروه R این پاک‌کننده $(CH_2)_{12}CH_3$ و فرمول پاک‌کنندهٔ غیرصابونی به صورت $CH_3(CH_2)_{12}C_6H_4SO_3Na$ است:

$$\text{جرم مولی} = 19(12)+31(1)+1(32)+3(16)+1(23) = 362\,g.mol^{-1}$$

عبارت (ت): ضداسیدها (مانند شربت معده) که برای خنثی کردن مقادیر اضافی از اسید معده به کار می‌روند، معمولاً سوسپانسیون هستند. سوسپانسیون‌ها مخلوط‌هایی ناهمگن و ناپایدار هستند و ذرات سازندهٔ آن‌ها ذره‌های ریز سازندهٔ ماده هستند. مولکول‌های بزرگ یا توده‌های مولکولی ذرات سازندهٔ کلوئیدها می‌باشند.

C ۱۹۹۹ ۴ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): جزء کاتیونی در صابون‌های مایع K^+ و NH_4^+ است که جرم مولی آن‌ها به ترتیب برابر ۳۹ و ۱۸ گرم بر مول است و pH محلول لوله بازکن و شیشه پاک‌کن به ترتیب برابر ۱۳/۴ و ۱۰/۷ است؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{39+18}{2} - (13/4+10/7) = 28/5 - 24/1 = 4/4$$

عبارت (ب): طبق متن کتاب درسی، در بدن انسان بالغ، روزانه بین ۲ تا ۳ لیتر محلول جوهر نمک (HCl) با غلظت ۰/۰۳ مولار تولید می‌شود؛ بنابراین:

$$\text{بیشترین مقدار HCl تولیدی در ۱ ماه} = \frac{30\text{ روز}}{1\text{ ماه}} \times \frac{3\text{ L محلول}}{1\text{ روز}} \times \frac{0/03\text{ mol HCl}}{1\text{ L محلول}} \times \frac{36/5\text{ g HCl}}{1\text{ mol HCl}} \simeq 99\text{ g HCl}$$

$$\text{کمترین مقدار HCl تولیدی در ۱ ماه} = \frac{30\text{ روز}}{1\text{ ماه}} \times \frac{2\text{ L محلول}}{1\text{ روز}} \times \frac{0/03\text{ mol HCl}}{1\text{ L محلول}} \times \frac{36/5\text{ g HCl}}{1\text{ mol HCl}} \simeq 66\text{ g HCl}$$

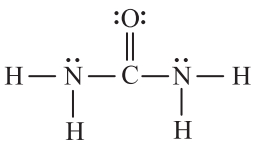
عبارت (پ): همهٔ گازهای نجیب در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود فاقد الکترون منفرد هستند و دومین گاز نجیب از نظر عدد اتمی نئون $(_{10}Ne)$ است. نئون با یون سدیم $(_{11}Na^+)$ که کاتیون صابون‌های جامد و با یون آمونیوم (NH_4^+) که کاتیون صابون‌های مایع است، هم‌الکترون می‌باشد. عبارت (ت): فرم کلی صابون‌های پتاسیم‌دار و پاک‌کننده‌های غیرصابونی به ترتیب به صورت $\underbrace{C_nH_{2n+1}}_{R}COOK$ و $\underbrace{C_nH_{2n+1}}_{R}C_6H_4SO_3Na$ است. در صورت یکسان بودن n در هر دو ترکیب، اختلاف جرم مولی این دو پاک‌کننده برابر است با:

$$\text{تفاوت جرم مولی} = [M_R+(6\times12)+(4\times1)+(1\times32)+(3\times16)+(1\times23)]-[M_R+(1\times12)+(2\times16)+(1\times39)] = [M_R+179]-[M_R+83] = 96\,g.mol^{-1}$$

pH آب گازدار برابر است با:

$$pH = -\log[H^+] = -\log(10^{-4}) = 4$$

نسبت خواسته شده برابر $24\ (\frac{96}{4})$ است. عبارت (ث): ساختار لوویس اوره $(CO(NH_2)_2)$ به صورت مقابل است. نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به شمار الکترون‌های پیوندی در اوره برابر $0/25\ (\frac{4}{16})$ است.



B ۲۰۰۰ ۳ محاسبهٔ pH محلول HCl: هیدروکلریک اسید، یک اسید قوی تک‌ظرفیتی است، پس:

$$[H^+] = M = 6\times10^{-2} \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(2\times3\times10^{-2}) = 2-0/3-0/5 = 1/2$$

محاسبهٔ pH محلول $Ba(OH)_2$: با توجه به اینکه $Ba(OH)_2$ یک باز قوی دوظرفیتی است:

$$[OH^-] = M.n = 4\times10^{-3}\times2 = 8\times10^{-3} \quad , \quad K = [H^+][OH^-] \Rightarrow [H^+] = \frac{K}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{8\times10^{-3}} = 1/25\times10^{-12}\,mol.L^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(1/25\times10^{-12}) = -\log(5^3\times10^{-14}) = (3\times-0/7)+14 = 11/9$$

تفاوت pH این دو محلول برابر $10/7\ (11/9-1/2)$ است.

B ۲۰۰۱ ۴ ابتدا تعداد مول H^+ را در اسید پیدا می‌کنیم:

$$?\,mol\,H^+ = 1120\,mL\,HBr \times \frac{1\,mol\,HBr}{22400\,mL\,HBr} \times \frac{1\,mol\,H^+}{1\,mol\,HBr} = 0/05\,mol\,H^+$$

حال غلظت H^+ را در محلول اسید به‌دست می‌آوریم. حجم محلول را تقریباً با حجم آب مقطر، برابر در نظر می‌گیریم:

$$[H^+] = \frac{mol\,H^+}{\text{حجم محلول}} = \frac{0/05}{0/5} = 0/1\,mol.L^{-1} \quad , \quad pH = -\log[0/1] = 1$$

در آب خالص در دمای $25^\circ C$، $pH=7$ است، پس میزان کاهش pH را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{میزان کاهش pH} = 7-1 = 6$$

B ۲۰۰۲ ۱ ابتدا با توجه به نسبت داده شده و مقدار K در دمای اتاق، pH محلول اسید HI را به‌دست می‌آوریم:

$[OH^-]=۴\times۱۰^{-۱۲}[H^+]\ ,\ [OH^-][H^+]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow ۴\times۱۰^{-۱۲}[H^+]^۲=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[H^+]=۰/۰۵\ mol.L^{-۱}$

سپس pH محلول سود (NaOH) را محاسبه می‌کنیم:

$pH=-\log[H^+]=-\log ۰/۰۵=۲-\log ۵=۱/۳$

$[OH^-]=M=۲/۵\times۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱}\ ,\ pOH=-\log[OH^-]=۵-۲\log ۵=۳/۶\ ,\ pH=۱۴-pOH=۱۴-۳/۶=۱۰/۴$

$\text{نسبت مورد نظر}=\frac{۱/۳}{۱۰/۴}=۰/۱۲۵$

B ۲۰۰۳ ۳ حالت (۱): pH محلول از ۷ (حالت خنثی) به ۴/۷ رسیده است. با توجه به pH ابتدا غلظت و سپس مقدار مادهٔ حل‌شونده در محلول را به‌دست می‌آوریم:

$pH=۴/۷\ \ ,\ \ pH=-\log[H^+]\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۴/۷}=۱۰^{-۵}\times۱۰^{+۰/۳}=۲\times۱۰^{-۵}\ mol.L^{-۱}$

$\text{اسید قوی}\Rightarrow[H^+]=M_{HNO_۳}=۲\times۱۰^{-۵}\ mol.L^{-۱}\Rightarrow ۲\times۱۰^{-۵}=\frac{n\ mol}{۲۰۰L}\Rightarrow n=۴\times۱۰^{-۳}\ mol,$

$?\ g\ HNO_۳=۴\times۱۰^{-۳}\ mol\ HNO_۳\times\frac{۶۳g\ HNO_۳}{۱\ mol\ HNO_۳}=۰/۲۵۲g\ HNO_۳$

حالت (۲): pH محلول از ۷ (حالت خنثی) به ۱۲ رسیده است. با توجه به pH ابتدا غلظت و سپس مقدار مادهٔ حل شده در محلول را به‌دست می‌آوریم.

$pH=۱۲\ \ ,\ \ pH=-\log[H^+]\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱۲}\ mol.L^{-۱}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}}[OH^-]=۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$

$\text{باز قوی}\Rightarrow[OH^-]=M_{KOH}=۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}\Rightarrow ۱۰^{-۲}=\frac{x\ mol}{۲۰۰L}\Rightarrow x=۲mol$

$?\ g\ KOH=۲mol\ KOH\times\frac{۵۶g\ KOH}{۱\ mol\ KOH}=۱۱۲g\ KOH$

B ۲۰۰۴ ۲ در واکنش فلز سدیم با آب، هر ۲ مول سدیم، ۲ مول باز قوی تک‌ظرفیتی NaOH تولید می‌کند. $۲Na(s)+۲H_۲O(l)\rightarrow ۲NaOH(aq)+H_۲(g)$

ابتدا غلظت سود تولید شده و سپس pOH و pH را محاسبه می‌کنیم:

$?\ mol\ NaOH=۹/۲g\ Na\times\frac{۷۰g\ \text{Na خالص}}{۱۰۰g\ \text{Na ناخالص}}\times\frac{۱\ mol\ Na}{۲۳g\ Na}\times\frac{۲mol\ NaOH}{۲mol\ Na}=۰/۲۸mol\ NaOH$

$M=\frac{۰/۲۸mol\ NaOH}{۲/۸L}=۰/۱\ mol.L^{-۱}\Rightarrow[OH^-]=M=۰/۱\ mol.L^{-۱}$

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(۰/۱)=۱\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pH=۱۴-۱=۱۳$

B ۲۰۰۵ ۴ قسمت اول: ابتدا pOH و غلظت OH^- را محاسبه می‌کنیم:

$pH=۱۳\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pOH=۱۴-۱۳=۱\Rightarrow[OH^-]=۱۰^{-pOH}=۰/۱\ mol.L^{-۱}$

با توجه به واکنش فلز Ba با آب می‌توان جرم Ba حل شده را محاسبه کرد:

$Ba(s)+۲H_۲O(l)\rightarrow Ba(OH)_۲(aq)+H_۲(g)$

$[OH^-]=n.M\xrightarrow{n=۲}M=\frac{۰/۱}{۲}=۰/۰۵mol.L^{-۱}$

$\text{Ba گرم}=۱۰L\ \text{محلول}\times\frac{۰/۰۵mol\ Ba(OH)_۲}{۱L\ \text{محلول}}\times\frac{۱\ mol\ Ba}{۱\ mol\ Ba(OH)_۲}\times\frac{۱۳۷g\ Ba}{۱\ mol\ Ba}=۶۸/۵g\ Ba$

قسمت دوم: با توجه به اینکه غلظت محلول باریم هیدروکسید $(Ba(OH_۲))$ برابر $۰/۰۵mol.L^{-۱}$ است، پس غلظت یون $Ba^{۲+}$ در محلول برابر $۰/۰۵mol.L^{-۱}$ است. در ادامه غلظت یون هیدرونیوم (H^+) را محاسبه می‌کنیم:

$[H^+][OH^-]=۱\times۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[H^+]=\frac{۱\times۱۰^{-۱۴}}{۰/۱}=۱۰^{-۱۳}\ mol.L^{-۱}$

نسبت غلظت $Ba^{۲+}$ به H^+ برابر $۵\times۱۰^{۱۱}\ (\frac{۰/۰۵}{۱۰^{-۱۳}})$ است.

B ۲۰۰۶ ۳ ابتدا تعداد مول OH^- حاصل از NaOH اضافه شده را به‌دست می‌آوریم:

$?\ mol\ OH^-\ \text{اضافه شده}=۰/۶mol\ NaOH\ \text{ناخالص}\times\frac{۸۰mol\ NaOH}{۱۰۰mol\ NaOH\ \text{ناخالص}}\times\frac{۱\ mol\ OH^-}{۱\ mol\ NaOH}=۰/۴۸\ mol\ OH^-$

$?\ mol\ OH^-\ \text{در محلول}=VL\ \text{محلول}\times\frac{۰/۳mol\ OH^-}{۱L\ \text{محلول}}=۰/۳V(mol\ OH^-)$

اکنون با داشتن pOH نهایی محلول می‌توان حجم محلول را محاسبه کرد:

$pH=۱۳/۸\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pOH=۱۴-۱۳/۸=۰/۲\xrightarrow{[OH^-]=۱۰^{-pOH}}[OH^-]=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۰/۲}=۱۰^{۰/۵-۰/۷}=\frac{۱۰^{۰/۵}}{۱۰^{۰/۷}}=\frac{۳}{۵}=۰/۶$

$[OH^-]=\frac{\text{تعداد کل مول‌های } OH^-}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow ۰/۶=\frac{۰/۴۸+۰/۳V}{V}\Rightarrow V=۱/۶L$

B ۲۰۰۷ ۲ قسمت اول: لیتیم اکسید (Li_2O) یک اکسید بازی است و خواص آن مشابه CaO و K_2O است. قسمت دوم: pH آب مقطر برابر با ۷ است؛ بنابراین pH محلول حاصل که ۵۰٪ بیشتر از pH آب مقطر است برابر $(7)(\frac{50}{100}+7)=10/5$ می‌باشد.

با توجه به pH محلول حاصل می‌توانیم غلظت یون‌های OH^- را به‌دست آوریم:

$$pH+pOH=14 \xrightarrow{pH=10/5} pOH=14-10/5=3/5$$

$$[OH^-]=10^{-pOH} \Rightarrow [OH^-]=10^{-3/5}=10^{-4}\times 10^{0/5}=3\times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

اکنون با توجه به معادلهٔ واکنش انحلال لیتیم اکسید در آب، جرم Li_2O را محاسبه می‌کنیم:

$$Li_2O(s)+H_2O(l)\rightarrow \underbrace{2Li^+(aq)+2OH^-(aq)}_{2LiOH}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ mg\ Li_2O=2/5L\ \text{محلول}\times\frac{3\times10^{-4}\ mol\ OH^-}{1\ L\ \text{محلول}}\times\frac{1\ mol\ Li_2O}{2\ mol\ OH^-}\times\frac{30g\ Li_2O}{1\ mol\ Li_2O}\times\frac{1000\ mg\ Li_2O}{1\ g\ Li_2O}=11/25mg\ Li_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\ OH^-\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\ Li_2O}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{3\times10^{-4}\times2/5}{2}=\frac{x\ g\ Li_2O}{1\times30}\Rightarrow x=11/25\times10^{-3}g\ Li_2O=11/25\ mg\ Li_2O$$

B ۲۰۰۸ ۴ با توجه به اینکه غلظت H^+ به‌صورت $[H^+]=10^{-pH}$ است، هرچه اختلاف pHها بیشتر و هرچه pH کوچک‌تر باشد، اختلاف غلظت H^+ بیشتر خواهد بود؛ پس به میزان بیشتری اسید برای تولید H^+ و کاهش pH نیاز است.

اختلاف غلظت H^+ در گزینهٔ (۴) بیشتر است:

$$[H^+]\ \text{اختلاف}=(10^{-2})-(10^{-3})=9\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): اختلاف غلظت H^+ برابر $9\times10^{-6}\ mol.L^{-1}$ است.

$$[H^+]\ \text{اختلاف}=(10^{-5})-(10^{-6})=9\times10^{-6}\ mol.L^{-1}$$

گزینهٔ (۲): اختلاف غلظت H^+ برابر $9\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$ است.

$$[H^+]\ \text{اختلاف}=(10^{-4})-(10^{-5})=9\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

گزینهٔ (۳): اختلاف غلظت H^+ برابر $9\times10^{-4}\ mol.L^{-1}$ است.

$$[H^+]\ \text{اختلاف}=(10^{-3})-(10^{-4})=9\times10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

B ۲۰۰۹ ۲ ابتدا غلظت مولی و تعداد مول اسید در ۶۴۰ میلی‌لیتر محلول اسید را به‌دست می‌آوریم:

$$pH=0/3\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-0/3}=0/5 mol.L^{-1}$$

$$M=0/5\ mol.L^{-1}\Rightarrow ?\ mol\ HNO_3=640mL\ \text{محلول}\times\frac{0/5mol\ HNO_3}{1000mL\ \text{محلول}}=0/32mol\ HNO_3$$

حال از حجم محلول HNO_3 به حجم محلول ۲۴٪ جرمی با چگالی $1/26g.mL^{-1}$ می‌رسیم:

$$?\ mL\ \text{محلول}=0/32mol\ HNO_3\times\frac{63g\ HNO_3}{1\ mol\ HNO_3}\times\frac{100g\ \text{محلول}}{24g\ HNO_3}\times\frac{1mL\ \text{محلول}}{1/26g\ \text{محلول}}\simeq67mL$$

B ۲۰۱۰ ۱ قسمت دوم: ابتدا غلظت H^+ را در محلول HCl محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]}=10^{12}\Rightarrow[OH^-]=\frac{[H^+]}{10^{12}}$$

$$[H^+]\times[OH^-]=10^{-14}\Rightarrow[H^+]\times\frac{[H^+]}{10^{12}}=10^{-14}\Rightarrow[H^+]=10^{-1}mol.L^{-1}$$

حال pH محلول HCl را حساب می‌کنیم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log10^{-1}=1$$

قسمت اول: معادلهٔ واکنش محلول HCl با $NaHCO_3$ به صورت مقابل است:

$$NaHCO_3(s)+HCl(aq)\rightarrow NaCl(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$$

مقدار گاز CO_2 تولیدی به ازای مصرف ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول HCl را به یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ L\ CO_2=500mL\ HCl\ \text{محلول}\times\frac{1\ L\ HCl\ \text{محلول}}{1000mL\ HCl\ \text{محلول}}\times\frac{10^{-1}mol\ HCl}{1\ L\ HCl\ \text{محلول}}\times\frac{1\ mol\ CO_2}{1\ mol\ HCl}\times\frac{22/4L\ CO_2}{1\ mol\ CO_2}=1/12L\ CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم}\ CO_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/5\times0/1}{1}=\frac{V\ L\ CO_2}{1\times22/4}\Rightarrow V=1/12L\ CO_2$$

B ۲۰۱۱ ۲ ابتدا تعداد مول K_2O تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$?\ mol\ K_2O=30/3g\ KNO_3\times\frac{1\ mol\ KNO_3}{101g\ KNO_3}\times\frac{2mol\ K_2O}{4mol\ KNO_3}=0/15mol\ K_2O$$

سپس غلظت K_2O و غلظت یون OH^- را محاسبه می‌کنیم:

$$K_2O(s)+H_2O(l)\rightarrow2K^+(aq)+2OH^-(aq)$$

$$M=\frac{0/15mol\ K_2O}{750mL}\times\frac{1000\ mL}{1\ L}=0/2mol.L^{-1}\ ,\quad [OH^-]=M.n=0/2\times2=0/4mol.L^{-1}$$

اکنون pH محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log0/4=0/4\Rightarrow pH=14-pOH=14-0/4=13/6$$

B ۲۰۱۲ ۳ $?\,mol\,NaOH=۰/۵mol\,RCOONa\times\frac{۱\,mol\,NaOH}{۱\,mol\,RCOONa}=۰/۵mol\,NaOH\Rightarrow M_{NaOH}=\frac{۰/۵mol}{۴L\,محلول}=۰/۱۲۵mol.L^{-۱}$

$[NaOH]=[OH^-]=۰/۱۲۵mol.L^{-۱}$

$[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[H^+]\times۰/۱۲۵=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[H^+]=۸\times۱۰^{-۱۴}\,mol.L^{-۱}$

$pH=-\log[H^+]=-\log(۸\times۱۰^{-۱۴})\Rightarrow pH=۱۴-۰/۹=۱۳/۱$

C ۲۰۱۳ ۲ با توجه به pH محلول حاصل داریم:

$pH=۱۳/۷\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱۳/۷}=۱۰^{-۱۴}\times۱۰^{۰/۳}=۲\times۱۰^{-۱۴}\,mol.L^{-۱}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}}[OH^-]=۰/۵mol.L^{-۱}$

$?\,mol\,OH^-=۰/۵mol\,محلول\times\frac{۰/۵mol\,OH^-}{۱\,L\,محلول}=۰/۲۵mol\,OH^-$

مول OH^- موجود در محلول نهایی برابر با مجموع مول OH^- حاصل از انحلال $K_۲O$ و $Na_۲O$ در آب است. ابتدا شمار مول OH^- حاصل از انحلال $K_۲O$ در آب را به دست می‌آوریم:

$?\,mol\,OH^-=۲/۳۵g\,K_۲O\times\frac{۱\,mol\,K_۲O}{۹۴g\,K_۲O}\times\frac{۲mol\,KOH}{۱\,mol\,K_۲O}\times\frac{۱\,mol\,OH^-}{۱\,mol\,KOH}=۰/۰۵mol\,OH^-$

پس شمار مول‌های OH^- حاصل از انحلال $Na_۲O$ در آب برابر با $۰/۲mol$ $(۰/۲۵-۰/۰۵)$ است و داریم:

$?\,g\,Na_۲O\,ناخالص=۰/۲mol\,OH^-\times\frac{۱\,mol\,NaOH}{۱\,mol\,OH^-}\times\frac{۱\,mol\,Na_۲O}{۲mol\,NaOH}\times\frac{۶۲g\,Na_۲O}{۱\,mol\,Na_۲O}\times\frac{۱۰۰}{P}=۱۵/۵\Rightarrow P=٪۴۰$

C ۲۰۱۴ ۲ قسمت اول: واکنش موازنه شده به صورت $Mg(s)+۲HCl(aq)\rightarrow MgCl_۲(aq)+H_۲(g)$ است. تغییر جرم تنها به دلیل مصرف Mg است.

بنابراین ابتدا از جرم Mg مصرفی، مقدار $[H^+]$ مصرفی را به‌دست می‌آوریم: $?\,mol\,H^+=۰/۳g\,Mg\times\frac{۱\,mol\,Mg}{۲۴g\,Mg}\times\frac{۲mol\,H^+}{۱\,mol\,Mg}=۰/۰۲۵mol\,H^+$ مصرفی

$[H^+]_{مصرفی}=\frac{n}{V}=\frac{۰/۰۲۵mol}{۰/۵L}=۰/۰۵mol.L^{-۱}$ $\qquad pH_{اولیه}=۱\Rightarrow[H^+]_{اولیه}=۱۰^{-۱}=۰/۱\,mol.L^{-۱}$

$pH_{نهایی}=-\log(۰/۰۵)=۱/۳$, غلظت H^+ باقی‌مانده $=$ غلظت H^+ اولیه $-$ غلظت H^+ مصرف شده $=۰/۱-۰/۰۵=۰/۰۵mol.L^{-۱}$

قسمت دوم: با توجه به اینکه ΔH واکنش برابر $-۱۲۰kJ$ است، مقدار گرمای آزاد شده به‌ازای مصرف $۰/۳g$ فلز Mg را به‌دست می‌آوریم:

$?\,kJ=۰/۳g\,Mg\times\frac{۱\,mol\,Mg}{۲۴g\,Mg}\times\frac{۱۲۰kJ}{۱\,mol\,Mg}=۱/۵kJ$

C ۲۰۱۵ ۲ قسمت اول: ابتدا تعداد مول باریم هیدروکسید و سپس مولاریتهٔ محلول آن را حساب می‌کنیم:

$?\,mol\,Ba(OH)_۲=۴۲۷/۵\times۱۰^{-۳}g\,Ba(OH)_۲\times\frac{۱\,mol\,Ba(OH)_۲}{۱۷۱g\,Ba(OH)_۲}=۲/۵\times۱۰^{-۳}mol$, $\quad Ba(OH)_۲\,مولاریته=\frac{۲/۵\times۱۰^{-۳}mol}{۲۵۰\times۱۰^{-۳}L}=۰/۰۱mol.L^{-۱}$

سپس با توجه به اینکه باریم هیدروکسید $(Ba(OH)_۲)$ یک باز قوی دوعاملی است، از غلظت مولی باریم هیدروکسید، غلظت یون هیدروکسید را حساب می‌کنیم:

$[OH^-]=M.n\xrightarrow{n=۲}[OH^-]=۲\times۱۰^{-۲}mol.L^{-۱}$

حال از غلظت OH^- محلول، غلظت H^+ موجود در محلول را محاسبه و سپس pH محلول را به‌دست می‌آوریم:

$[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}\xrightarrow{[OH^-]=۲\times۱۰^{-۲}}[H^+]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۲\times۱۰^{-۲}}=۵\times۱۰^{-۱۳}\,mol.L^{-۱}$

$pH=-\log[H^+]=-\log(۵\times۱۰^{-۱۳})=۱۳-\log۵=۱۳-۰/۷=۱۲/۳$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $۳Ba(OH)_۲(aq)+۲H_۳PO_۴(aq)\rightarrow Ba_۳(PO_۴)_۲(s)+۶H_۲O(l)$

روش اول (کسر تبدیل):

$?\,mg\,Ba_۳(PO_۴)_۲=۱۵۰\times۱۰^{-۳}L\,Ba(OH)_۲\,محلول\times\frac{۱۰^{-۲}mol\,Ba(OH)_۲}{۱L\,Ba(OH)_۲\,محلول}\times\frac{۱mol\,Ba_۳(PO_۴)_۲}{۳mol\,Ba(OH)_۲}\times\frac{۶۰۱g\,Ba_۳(PO_۴)_۲}{۱mol\,Ba_۳(PO_۴)_۲}\times\frac{۱۰^۳mg\,Ba_۳(PO_۴)_۲}{۱g\,Ba_۳(PO_۴)_۲}$

$=۳۰۰/۵mg\,Ba_۳(PO_۴)_۲$

روش دوم (تناسب):

$\frac{\text{غلظت مولی محلول}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{Ba_۳(PO_۴)_۲\,\text{جرم}\times}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{(۱۵۰\times۱۰^{-۳})\times۱۰^{-۲}}{۳}=\frac{xg\,Ba_۳(PO_۴)_۲}{۱\times۶۰۱}\Rightarrow x=۰/۳۰۰۵g=۳۰۰/۵\,mg\,Ba_۳(PO_۴)_۲$

C ۲۰۱۶ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید صابون به صورت مقابل است: $C_۳H_۵(C_{۱۸}H_{۳۵}O_۲)_۳+۳NaOH\rightarrow ۳C_{۱۷}H_{۳۵}CO_۲Na+C_۳H_۵(OH)_۳$

ابتدا مقدار مول NaOH لازم برای تولید ۴۸۹/۶ گرم صابون را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$?\,mol\,NaOH=۴۸۹/۶g\,صابون\times\frac{۱\,mol\,صابون}{۳۰۶g\,صابون}\times\frac{۳mol\,NaOH}{۳mol\,صابون}\times\frac{۱۰۰}{\underset{\text{بازده واکنش}}{۸۰}}=۲mol\,NaOH$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم صابون}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول NaOH} \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۴۸۹/۶}{۳ \times ۳۰۶} = \frac{x \times \frac{۸۰}{۱۰۰}}{۳} \Rightarrow x = ۲\text{mol NaOH}$$

سپس غلظت مولی محلول NaOH را از pH آن حساب می‌کنیم:

$$[H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۱۳/۷} = ۱۰^{-۱۴+۰/۳} = ۱۰^{-۱۴} \times ۱۰^{۰/۳} = ۲ \times ۱۰^{-۱۴}\ mol.L^{-۱}$$

$$[H^+] \times [OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow ۲ \times ۱۰^{-۱۴} \times [OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [OH^-] = ۰/۵ mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-] = M\alpha \Rightarrow M_{NaOH} = \frac{[OH^-]}{\alpha} \xrightarrow{\alpha=۱} M_{NaOH} = \frac{۰/۵}{۱} = ۰/۵ mol.L^{-۱}$$

اکنون حجم محلول NaOH مصرفی را حساب می‌کنیم:

$$?\,mL\ NaOH\ \text{محلول} = ۲mol\ NaOH \times \frac{۱\ L\ NaOH\ \text{محلول}}{۰/۵ mol\ NaOH} \times \frac{۱۰^۳\ mL\ NaOH\ \text{محلول}}{۱\ L\ NaOH\ \text{محلول}} = ۴ \times ۱۰^۳\ mL\ NaOH\ \text{محلول}$$

C ۲۰۱۷ ۳ ابتدا با توجه به pH نهایی محلول داریم:

$$pH = ۱/۳ \text{ و } [H^+] = ۱۰^{-pH} \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱/۳} = ۱۰^{-۲+۰/۷} = ۱۰^{-۲} \times ۱۰^{۰/۷} = ۵ \times ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$H^+\ \text{شمار مول} = ۱/۵L\ \text{محلول} \times \frac{۵ \times ۱۰^{-۲}\ mol\ H^+}{۱\ L\ \text{محلول}} = ۷/۵ \times ۱۰^{-۲}\ mol\ H^+$$

شمار مول‌های H^+ تولید شده برابر با شمار مول‌های HI یونیده شده است؛ بنابراین با توجه به رابطهٔ سرعت داریم:

$$\bar{R}_{(HI)} = \frac{-\Delta n\,(HI)}{\Delta t} \Rightarrow ۰/۰۲ = \frac{۷/۵ \times ۱۰^{-۲}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = ۳/۷۵\ min \text{ یا } ۲۲۵s$$

برای پاسخ به قسمت دوم سؤال از $[H^+]$ که در قسمت قبل محاسبه کردیم، استفاده می‌کنیم:

$$[H^+] = ۵ \times ۱۰^{-۲} \xrightarrow{[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴}} [OH^-] = \frac{۱}{۵} \times ۱۰^{-۱۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$OH^-\ \text{شمار مول} = ۵۰ \times ۱۰^{-۳}\ L\ \text{محلول} \times \frac{\frac{۱}{۵} \times ۱۰^{-۱۲}\ mol\ OH^-}{۱\ L\ \text{محلول}} = ۱۰^{-۱۴}\ mol\ OH^-$$

C ۲۰۱۸ ۴ همهٔ موارد درست هستند. ابتدا عدد $۱۰^{-۱۲/۷}$ را که برابر حاصل‌ضرب $[H^+]$ در $[OH^-]$ است به عددی استاندارد تبدیل می‌کنیم:

$$[H^+] \times [OH^-] = ۱۰^{-۱۲/۷} = ۱۰^{-۱۳+۰/۳} = ۱۰^{-۱۳} \times ۱۰^{۰/۳} = ۲ \times ۱۰^{-۱۳}$$

بررسی موارد: مورد اول: در آب خالص غلظت یون‌های H^+ و OH^- برابر است؛ بنابراین:

$$[H^+] \times [OH^-] = ۲ \times ۱۰^{-۱۳} \xrightarrow{[H^+] = [OH^-]} [H^+]^۲ = ۲ \times ۱۰^{-۱۳} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{۲ \times ۱۰^{-۱۳}} = \sqrt{۲} \times ۱۰^{-۶/۵}\ mol.L^{-۱}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(\sqrt{۲} \times ۱۰^{-۶/۵}) = -(\frac{۱}{۲}\log ۲ + \log ۱۰^{-۶/۵}) = -(۰/۱۵ - ۶/۵) = ۶/۳۵$$

مورد دوم: با توجه به مورد اول، محلول‌های آبی با pH بزرگ‌تر از ۶/۳۵ خاصیت بازی دارند، پس در این شرایط، محلول‌های آبی با pH بزرگ‌تر از ۷ همگی خاصیت بازی دارند. مورد سوم: معادلهٔ تفکیک باریم هیدروکسید در آب به صورت مقابل است:

$$Ba(OH)_۲(aq) \rightarrow Ba^{۲+}(aq) + ۲OH^-(aq)$$

ابتدا غلظت یون OH^- را حساب می‌کنیم:

$$[OH^-] = M.n.\alpha = (۱/۵ \times ۱۰^{-۲}) \times ۲ \times ۱ = ۳ \times ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

سپس غلظت یون H^+ را به دست می‌آوریم:

$$[H^+] \times [OH^-] = ۲ \times ۱۰^{-۱۳} \Rightarrow [H^+] \times ۳ \times ۱۰^{-۲} = ۲ \times ۱۰^{-۱۳} \Rightarrow [H^+] = \frac{۲}{۳} \times ۱۰^{-۱۱}\ mol.L^{-۱}$$

در آخر pH محلول باریم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$pH = -\log[H^+] = -\log(\frac{۲}{۳} \times ۱۰^{-۱۱}) = ۱۱ - \log ۲ + \log ۳ = ۱۱ - ۰/۳ + ۰/۵ = ۱۱/۲$$

مورد چهارم: ابتدا فرض می‌کنیم که هیدروفلوئوریک اسید یک اسید قوی است و pH محلول ۰/۰۱ مولار آن را حساب می‌کنیم:

$$pH = -\log[H^+] = -\log(۰/۰۱) = ۲ \qquad [H^+] = M.n.\alpha = ۰/۰۱ \times ۱ \times ۱ = ۰/۰۱\ mol.L^{-۱}$$

از آنجا که هیدروفلوئوریک اسید یک اسید ضعیف است؛ غلظت یون H^+ در آب کمتر از ۰/۰۱ مولار بوده و pH آن بزرگ‌تر از ۲ است.

C ۲۰۱۹ ۲ فلز مورد نظر $^{۲۴}_{۱۲}Mg$ بوده و معادلهٔ واکنش موازنه شده به صورت مقابل می‌باشد:

$$Mg(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow MgCl_۲(aq) + H_۲(g)$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): ۰/۶ مول اسید در واکنش مصرف می‌شود که غلظت آن در حجم ۲ لیتر برابر ۰/۳ مولار می‌باشد و در اسید قوی تک‌ظرفیتی $[H^+] = M = ۰/۳ mol.L^{-۱}$ بوده و در نتیجه داریم:

$$pH = -\log(۳ \times ۱۰^{-۱}) = ۱ - \log ۳ \simeq ۰/۵$$

گزینهٔ (۲):

$$?\,L\ H_۲ = ۷/۲g\ Mg \times \frac{۱\ mol\ Mg}{۲۴g\ Mg} \times \frac{۱\ mol\ H_۲}{۱\ mol\ Mg} \times \frac{۲۲/۴L\ H_۲}{۱\ mol\ H_۲} = ۶/۷۲L\ H_۲$$

گزینهٔ (۳): به‌ازای مصرف ۰/۳ مول فلز، ۰/۳ مول $MgCl_۲$ که حاوی ۰/۳ مول یون $Mg^{۲+}$ است، تولید می‌شود که با افزودن یون فسفات به رسوب تبدیل می‌شود.

$$?\,mol\ PO_۴^{۳-} = ۰/۳ mol\ Mg^{۲+} \times \frac{۲mol\ PO_۴^{۳-}}{۳mol\ Mg^{۲+}} = ۰/۲ mol\ PO_۴^{۳-}$$

$$۳Mg^{۲+}(aq) + ۲PO_۴^{۳-}(aq) \rightarrow Mg_۳(PO_۴)_۲(s)$$

گزینهٔ (۴): در مورد عنصر منیزیم از بین ۳ ایزوتوپ آن $^{۲۴}_{۱۲}Mg$ بیشترین درصد فراوانی و $^{۲۵}_{۱۲}Mg$ کمترین درصد فراوانی را داشته و درصد فراوانی $^{۲۶}_{۱۲}Mg$ مابین این دو می‌باشد.

C ۲۰۲۰ ۲ طبق اطلاعات سؤال، شرایطی مورد قبول است و باعث رشد جلبک می‌شود که pH نمونه در محدودهٔ ۵ تا ۸/۳ قرار داشته باشد. **بررسی موارد:** مورد اول: در اثر افزودن ۲۰ میلی‌لیتر محلول KOH حجم آن از ۲۰mL به ۲۰L می‌رسد و در واقع ۱۰۰۰ مرتبه رقیق‌تر می‌شود؛ پس pH آن به اندازهٔ $10^{3}=3$ واحد به pHهای خنثی نزدیک‌تر شده و از ۱۱ به ۸ می‌رسد ← رشد جلبک مورد دوم: ابتدا شمار مول‌های سدیم هیدروکسید را محاسبه کرده و pH محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,NaOH=0/4g\,NaOH_{\text{ناخالص}}\times\frac{60g\,NaOH_{\text{خالص}}}{100g\,NaOH_{\text{ناخالص}}}\times\frac{1\,mol\,NaOH}{40g\,NaOH}=6\times10^{-3}\,mol\,NaOH$$

$$[NaOH]=[OH^-]=\frac{NaOH\ \text{مول}}{\text{حجم محلول}}=\frac{6\times10^{-3}}{20}=3\times10^{-4}\,mol.L^{-1}$$

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log(3\times10^{-4})=4-\log3=4-0/5=3/5\xrightarrow{pH+pOH=14}pH=10/5\rightarrow$$ عدم رشد جلبک

مورد سوم: طی این فرایند حجم محلول HCl از 4mL به 20L رسیده و ۵۰۰۰ برابر شده است. پس مقدار pH آن به اندازهٔ $\log5000$ یعنی ۳/۷ به pHهای خنثی نزدیک شده و به ۶/۴ می‌رسد ← رشد جلبک مورد چهارم:

$$[HNO_3]=[H^+]=\frac{6/3g\,HNO_3\times\frac{1\,mol\,HNO_3}{63g\,HNO_3}}{20L}=5\times10^{-3}\,mol.L^{-1}\qquad pH=-\log(5\times10^{-3})=3-\log5=3-0/7=2/3\rightarrow$$ عدم رشد جلبک

B ۲۰۲۱ ۴ با داشتن تعداد مول H^+ و حجم محلول، ابتدا غلظت H^+ را به‌دست آورده و سپس با توجه به اینکه اسید ضعیف HA یک‌ظرفیتی است، می‌توان α را محاسبه کرد.

$$[H^+]=\frac{2/7\times10^{-4}\,mol\,H^+}{0/45L\ \text{محلول}}=6\times10^{-4}\,mol.L^{-1}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(6\times10^{-4})=4-\log2-\log3=4-0/3-0/5=3/2$$

$$[H^+]=\alpha.M\Rightarrow\alpha=\frac{6\times10^{-4}}{10^{-2}}=6\times10^{-2}\xrightarrow{\%\alpha=\alpha\times100}\%\alpha=6\times10^{-2}\times100=\%6$$

B ۲۰۲۲ ۴ ابتدا غلظت OH^- را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=11\xrightarrow{pH+pOH=14}pOH=3\xrightarrow{[OH^-]=10^{-pOH}}[OH^-]=10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

اکنون، غلظت مولی باز را پیدا می‌کنیم:

$$[OH^-]=\alpha.M\Rightarrow M=\frac{10^{-3}}{2\times10^{-4}}=5mol.L^{-1}\qquad\alpha=\frac{0/02}{100}=2\times10^{-4}$$

A ۲۰۲۳ ۱ قسمت اول:

$$[H^+]=M\alpha\Rightarrow10^{-4}=10^{-n}\times10^{-2}\Rightarrow n=2\qquad pH=-\log[H^+]=4\Rightarrow[H^+]=10^{-4}\,mol.L^{-1}$$

قسمت دوم:

$$[H^+]\times[OH^-]=10^{-14}\Rightarrow10^{-4}\times[OH^-]=10^{-14}\Rightarrow[OH^-]=10^{-10}\,mol.L^{-1},\quad\frac{[H^+]}{[OH^-]}=\frac{10^{-4}}{10^{-10}}=10^{6}$$

B ۲۰۲۴ ۴ کلسیم هیدروکسید یک باز قوی دوظرفیتی است، پس:

$$[OH^-]=M.n=6\times10^{-2}\times2=12\times10^{-2}\,mol.L^{-1}\xrightarrow{pOH=-\log[OH^-]}pOH=-\log(3\times2^2\times10^{-2})=2-0/5-2(0/3)=0/9$$

$$pH=14-pOH=14-0/9=13/1$$

استیک اسید، یک اسید ضعیف تک‌ظرفیتی است، پس:

$$\alpha=2/5\times10^{-2}$$

$$[H^+]=M.\alpha=1/2\times10^{-3}\times2/5\times10^{-2}=3\times10^{-5}\,mol.L^{-1}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=5-\log3=4/5,\quad\text{اختلاف pHها}=13/1-4/5=8/6$$

B ۲۰۲۵ ۴ ابتدا غلظت H^+ و سپس تعداد مول اسید را محاسبه کرده و در نهایت با استفاده از جرم مولی آن را می‌یابیم:

$$pH=4\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-4}\,mol.L^{-1},\quad\alpha=\frac{0/2}{100}=2\times10^{-3}$$

$$[H^+]=\alpha.M\Rightarrow M=\frac{10^{-4}}{2\times10^{-3}}=0/05mol.L^{-1},\quad?\,mol\,HA=0/5L_{\text{محلول}}\times\frac{0/05mol\,HA}{1L\ \text{محلول}}=25\times10^{-3}\,mol\,HA$$

$$25\times10^{-3}\,mol\,HA=1/95g\,HA\times\frac{1\,mol\,HA}{x\,g\,HA}\Rightarrow x=78g.mol^{-1}$$

B ۲۰۲۶ ۴ درجهٔ یونش اسیدهای قوی برابر ۱ است؛ بنابراین درجهٔ یونش اسید HY در این شرایط برابر ۰/۲۵ است؛ پس:

$$[H^+]=M_{(HX)}\alpha_{(HX)}=0/05\times1=5\times10^{-2}\qquad pH_{(HX)}=-\log[H^+]=-\log(5\times10^{-2})=2-0/7=1/3$$

$$[H^+]=M_{(HY)}\alpha_{(HY)}=0/1\times0/25=2/5\times10^{-2}\qquad pH_{(HY)}=-\log[H^+]=-\log(25\times10^{-3})=3-(2\times0/7)=1/6$$

$$pH_{(HY)}-pH_{(HX)}=1/6-1/3=0/3$$

اختلاف pH دو محلول برابر است با:

B ۲۰۲۷ ۱ قسمت اول: رابطهٔ میان غلظت اولیهٔ اسید، درجهٔ یونش و غلظت H^+ در محلول آن به صورت $[H^+]=M.\alpha$ است؛ بنابراین:

$$\frac{[H_3O^+]_{HA}}{[H_3O^+]_{HD}}=\frac{M_{HA}.\alpha_{HA}}{M_{HD}.\alpha_{HD}}\xrightarrow{M_{HA}=M_{HD}}\frac{[H_3O^+]_{HA}}{[H_3O^+]_{HD}}=\frac{\alpha_{HA}}{\alpha_{HD}}=\frac{8}{3/2}=2/5$$

قسمت دوم: ابتدا غلظت یون H_3O^+ موجود در محلول HA را محاسبه می‌کنیم تا بتوانیم غلظت یون H_3O^+ و pH محلول حاوی اسید HD را به‌دست آوریم:

$$pH_{HA}=۴\Rightarrow[H_3O^+]_{HA}=۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

از قسمت قبل داریم:
$$\frac{[H_3O^+]_{HA}}{[H_3O^+]_{HD}}=۲/۵\Rightarrow\frac{۱۰^{-۴}}{[H_3O^+]_{HD}}=۲/۵\Rightarrow[H_3O^+]_{HD}=۴\times۱۰^{-۵}\,mol.L^{-۱}$$

$$pH_{HD}=-\log[H_3O^+]=-\log(۴\times۱۰^{-۵})=۵-\log۴=۵-۲\log۲=۵-۲\times(۰/۳)=۴/۴$$

سپس pH محلول ۰/۲ مولار باز قوی و تک‌عاملی پتاسیم هیدروکسید $(n=۱,\alpha=۱)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$[OH^-]=M.n.\alpha=۰/۲\times۱\times۱=۰/۲mol.L^{-۱}\Rightarrow pOH=-\log[OH^-]=-\log(۰/۲)=۱-\log۲=۱-۰/۳=۰/۷$$
$$pH+pOH=۱۴\Rightarrow pH=۱۴-۰/۷=۱۳/۳$$

بنابراین نسبت pH محلول HD به محلول KOH برابر است با:
$$\frac{pH_{HD}}{pH_{KOH}}=\frac{۴/۴}{۱۳/۳}\simeq۰/۳۳$$

C ۲۰۲۸ ۲ مقیاس pH، یک مقیاس لگاریتمی است؛ بنابراین وقتی pH باز AOH یک واحد بیشتر از باز DOH است، پس غلظت یون هیدروکسید در AOH، ۱۰ برابر DOH است. همچنین غلظت یون هیدروکسید، حاصل‌ضرب غلظت اولیهٔ باز در درجهٔ یونش خواهد بود؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{[OH^-]_{AOH}}{[OH^-]_{DOH}}=\frac{M_{AOH}\times\alpha_{AOH}}{M_{DOH}\times\alpha_{DOH}}=۱۰\Rightarrow\frac{M_{AOH}}{M_{DOH}}=۱۰\times\frac{۰/۱۲}{۰/۳}=۴$$

B ۲۰۲۹ ۱ **پاسخ پرسش‌ها:** پرسش (الف): هر دو حل‌شونده، اسید آرنیوس هستند، زیرا در هر دو ظرف شاهد تولید یون هیدرونیوم (H_3O^+) هستیم. پرسش (ب): در ظرف (۱)، ۱۰ ذرهٔ اسید حل شده است و همگی یونیده شده‌اند و ۱۰ ذره یون هیدرونیوم و ۱۰ ذره آنیون اسید تولید شده است. پس درجهٔ یونش این اسید $\alpha_۱=۱$ است. در ظرف (۲)، ۱۰ ذرهٔ اسید حل شده است، اما فقط یک مولکول آن یونیده شده و ۱ ذره یون هیدرونیوم و ۱ ذره آنیون اسید تولید شده است، پس درجهٔ یونش این اسید $\alpha_۲=۰/۱$ است: $\alpha_۱-\alpha_۲=۰/۹$. پرسش (پ): ظرف (۱) حاوی ۱۰ ذره یون هیدرونیوم است، پس:

$$[H^+]=\frac{۱۰\times۱۰^{-۳}\,mol}{۵\times۱۰^{-۱}\,L}=۲\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow pH_۱=-\log(۲\times۱۰^{-۲})=۲-\log۲=۲-۰/۳=۱/۷$$

ظرف (۲) حاوی ۱ ذره یون هیدرونیوم است، پس:
$$[H^+]=\frac{۱\times۱۰^{-۳}\,mol}{۵\times۱۰^{-۱}\,L}=۲\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow pH_۲=-\log(۲\times۱۰^{-۳})=۳-\log۲=۳-۰/۳=۲/۷$$

$$pH_۱+pH_۲=۱/۷+۲/۷=۴/۴$$

B ۲۰۳۰ ۳ با توجه به اینکه نیتریک اسید (HNO_3) یک اسید قوی است؛ پس غلظت مولار محلول آن برابر $۰/۰۰۱\,mol.L^{-۱}$ است.

$$M_{HNO_3}=۰/۰۰۱\,mol.L^{-۱}$$

از آنجا که pH محلول دو اسید یکسان است، پس غلظت یون هیدرونیوم در دو محلول یکسان و برابر $۰/۰۰۱\,mol.L^{-۱}$ می‌باشد. اکنون با توجه به K_a و غلظت یون هیدرونیوم در محلول اسید HA، غلظت اولیهٔ آن را به‌دست می‌آوریم: $HNO_3(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+NO_3^-(aq),\quad [HNO_3]=[H^+]=۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$

$$pH_{(HNO_3)}=pH_{(HA)}\xrightarrow{pH=-\log[H^+]}[H^+]_{(HNO_3)}=[H^+]_{(HA)}=۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

$$K_a=\frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}\xrightarrow{K_a<۱۰^{-۳}}K_a=M\alpha^۲\Rightarrow۲\times۱۰^{-۴}=۱۰^{-۳}\alpha\Rightarrow\alpha=۰/۲,\quad [H^+]=M.n.\alpha\Rightarrow۱۰^{-۳}=M_{HA}\times۰/۲\Rightarrow M_{HA}=۵\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

اکنون نسبت خواسته شده در صورت سؤال را به‌دست می‌آوریم:
$$\frac{\text{غلظت محلول HA}}{\text{غلظت محلول }HNO_3}=\frac{۵\times۱۰^{-۳}}{۱۰^{-۳}}=۵$$

* **توجه** برخی دانش‌آموزان در حل این مسئله، به دلیل غلظت پایین اسید، در مخرج رابطهٔ $K_a=\frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}$، از α در برابر یک صرف‌نظر نکردند و برای α عدد دقیق‌تری به دست آوردند و در نهایت به گزینهٔ «۴» رسیدند ولی دقت کنید که چون در متن سؤال واژهٔ «به تقریب» آمده است، حتماً باید در مخرج این رابطه از α در برابر یک صرف‌نظر نموده و از رابطهٔ ساده‌تر $K_a=M\alpha^۲$ استفاده کرد.

B ۲۰۳۱ ۲ فرمول شیمیایی پروپانوییک اسید به‌صورت $C_3H_6O_2$ است، پس:

$$?\,mol\,C_3H_6O_2=۲/۶۴۸۸\times۱۰^{۲۳}\,\text{اتم}\times\frac{۱\,mol\,\text{اتم}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\text{اتم}}\times\frac{۱\,mol\,C_3H_6O_2}{۱۱\,mol\,\text{اتم}}=۰/۴\,mol\,C_3H_6O_2$$

حال با توجه به حجم محلول داریم:
$$\text{غلظت مولی}=\frac{n}{V}=\frac{۰/۴}{۰/۵}=۰/۸mol.L^{-۱}$$

برای محاسبهٔ درصد یونش اسید داریم:
$$[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۲/۴}=۱۰^{۰/۶-۳}=۱۰^{۰/۶}\times۱۰^{-۳}=(۱۰^{۰/۳})^۲\times۱۰^{-۲}=۴\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

$$[H^+]=M\alpha=[H^+]\Rightarrow۴\times۱۰^{-۳}=۰/۸\alpha\Rightarrow\alpha=۰/۰۰۵\Rightarrow٪\alpha=٪۰/۵$$

B ۲۰۳۲ ۲ با توجه به آنکه NaOH یک باز قوی تک‌ظرفیتی است، داریم:

$$pH=۱۲/۳\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-۱۲/۳}\Rightarrow[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[OH^-]=۱۰^{-۱/۷}\Rightarrow[OH^-]=۲\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱},\quad M_{NaOH}=۲\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

$$?\,g\,NaOH=۱۰۰mL\,\text{محلول}\times\frac{۱\,L\,\text{محلول}}{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}\times\frac{۰/۰۲mol\,NaOH}{۱\,L\,\text{محلول}}\times\frac{۴۰g\,NaOH}{۱mol\,NaOH}=۸\times۱۰^{-۲}\,g\,NaOH$$

برای محلول اسیدی می‌توان نوشت: $M=\frac{[H^+]}{\alpha}=\frac{۲\times۱۰^{-۵}}{۲\times۱۰^{-۲}}=۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$ $\quad pH=۴/۷\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-۴/۷}=۲\times۱۰^{-۵}$

$$?\,mg\,HA=۱۰۰mL\,\text{محلول}\times\frac{۱\,L\,\text{محلول}}{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}\times\frac{۱۰^{-۳}\,mol\,HA}{۱\,L\,\text{محلول}}\times\frac{۶۰g\,HA}{۱mol\,HA}\times\frac{۱۰۰۰mg\,HA}{۱g\,HA}=۶mg\,HA$$

B ۲۰۳۳ ۲ ابتدا جدول تغییر غلظت‌ها را رسم کرده و غلظت‌های پس از یونش را برحسب x به دست می‌آوریم.

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

قبل یونش	۶۰۰	۰	۰
بعد یونش	۶۰۰−x	x	x

سپس با توجه به اطلاعات مسئله، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$۶۰۰-x+x+x=۶۳۰\Rightarrow۶۰۰+x=۶۳۰\Rightarrow x=۳۰$$

قسمت اول: محاسبهٔ درجهٔ یونش اسید: $\alpha=\frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده}}=\frac{۳۰}{۶۰۰}=\frac{۱}{۲۰}=۰/۰۵$

قسمت دوم: محاسبهٔ pH محلول: $[H^+]=M\alpha=(۴\times۱۰^{-۲})\times(۵\times۱۰^{-۲})=۲۰\times۱۰^{-۴}=۲\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱},\quad pH=۳-\log۲=۲/۷$

محاسبهٔ غلظت OH^- محلول: $[OH^-]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۲\times۱۰^{-۳}}=\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۱۱}=۵\times۱۰^{-۱۲}\,mol.L^{-۱}$

به دست آوردن نسبت pH به $[OH^-]$ محلول: $\frac{pH}{[OH^-]}=\frac{۲/۷}{۵\times۱۰^{-۱۲}}=۰/۵۴\times۱۰^{۱۲}=۵/۴\times۱۰^{۱۱}$

B ۲۰۳۴ ۲ ابتدا با استفاده از غلظت ppm محلول به غلظت مولی اسید می‌رسیم:

$$M=\frac{۱۵mg\,CH_۳COOH}{۱\,L\,\text{محلول}}\times\frac{۱g}{۱۰۰۰mg}\times\frac{۱mol\,CH_۳COOH}{۶۰g\,CH_۳COOH}=۲/۵\times۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

سپس غلظت H^+ و درصد یونش را به‌دست می‌آوریم:

$$pH=۵/۱\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۵/۱}=۱۰^{-۶+۰/۹}=۸\times۱۰^{-۶}\,mol.L^{-۱}$$

$$[H^+]=M.\alpha\Rightarrow\alpha=\frac{۸\times۱۰^{-۶}}{۲/۵\times۱۰^{-۴}}=۳/۲\times۱۰^{-۲}\quad,\quad ٪\alpha=\alpha\times۱۰۰=٪۳/۲$$

B ۲۰۳۵ ۱ ابتدا غلظت مولی باز را به‌دست می‌آوریم: $\alpha=\frac{۱/۶}{۱۰۰}$

$$pH=۱۲/۶\Rightarrow pOH=۱۴-pH=۱۴-۱۲/۶=۱/۴\Rightarrow[OH^-]=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۱/۴}=۱۰^{-۲+۰/۶}=۴\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-]=M.\alpha\Rightarrow M=\frac{۰/۰۴}{۱/۶\times۱۰^{-۲}}=۲/۵mol.L^{-۱}$$

با توجه به اینکه گفته شده، انحلال‌پذیری BOH در ۱۰۰g آب، ۴۰ گرم است، می‌توان نتیجه گرفت که در ۱۴۰ گرم محلول، ۴۰ گرم BOH وجود دارد.

$$\text{غلظت مولی باز}=۲/۵mol.L^{-۱}=۱\,L\,\text{محلول}\times\frac{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}{۱\,L\,\text{محلول}}\times\frac{x\,g\,\text{محلول}}{۱mL\,\text{محلول}}\times\frac{۴۰g\,BOH}{۱۴۰g\,\text{محلول}}\times\frac{۱mol\,BOH}{۱۵۲g\,BOH}\Rightarrow x=۱/۳۳\Rightarrow\text{چگالی محلول}=۱/۳۳g.mL^{-۱}$$

C ۲۰۳۶ ۳ قسمت اول: ابتدا غلظت OH^- تولید شده را در این مدت زمان به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_{OH^-}=\frac{[OH^-]}{\Delta t}\Rightarrow۳/۷۵\times۱۰^{-۳}=\frac{[OH^-]}{۴۰}\Rightarrow[OH^-]=۰/۱۵mol.L^{-۱}$$

سپس غلظت H^+ را محاسبه می‌کنیم: $[H^+]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{[OH^-]}=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۰/۱۵}=\frac{۱۰^{-۱۲}}{۱۵}\,mol.L^{-۱}$

اکنون pH محلول را به دست می‌آوریم: $pH=-\log[H^+]=-\log\frac{۱۰^{-۱۲}}{۱۵}=۱۲+\log۱۵=۱۳/۲$

قسمت دوم: با توجه به شکل داریم: $M_{XOH\,\text{اولیه}}=[XOH]_{\text{تعادل}}+[OH^-]$

تعادل $\begin{cases}[OH^-]=۰/۱۵mol.L^{-۱}\\ [XOH]=۰/۱۵+۰/۳=۰/۴۵mol.L^{-۱}\end{cases}$

$$M_{XOH\,\text{اولیه}}=۰/۴۵+۰/۱۵=۰/۶mol.L^{-۱}$$

C ۲۰۳۷ ۴ ابتدا جدول تغییر مول را برای اسید HA رسم می‌کنیم: (مقدار مول اولیهٔ HA را برابر a mol در نظر می‌گیریم.) با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$$HA(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+A^-(aq)$$

مول اولیه	a	۰	۰
تغییر مول	−x	+x	+x
مول نهایی	a−x	x	x

$$\begin{cases}(a-x)+x+x=۱/۹۱۹\\ \frac{a}{۲x}=۵۰\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}a+x=۱/۹۱۹\\ a=۱۰۰x\end{cases}$$

$$\Rightarrow(۱۰۰x+x)=۱/۹۱۹\Rightarrow ۱۰۱x=۱/۹۱۹\Rightarrow x=۱/۹\times۱۰^{-۲}$$

قسمت اول: محاسبهٔ pH محلول HA: $[H^+]=\frac{۱/۹\times۱۰^{-۲}\,mol}{۹/۵L}=۲\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$ ، $pH=-\log[H^+]=-\log(۲\times۱۰^{-۳})=۳-\log۲=۳-۰/۳=۲/۷$

قسمت دوم: محاسبهٔ غلظت یون OH^-:

$$[H^+]\times[OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow(۲\times۱۰^{-۳})\times[OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[OH^-]=۵\times۱۰^{-۱۲}\,mol.L^{-۱}$$

C ۲۰۳۸ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت (ب) درست هستند. با توجه به داده‌های مسئله می‌توان روابط زیر را نوشت:

$$[H^+]=۱۰^{-pH}=M.\alpha$$

محلول HB: $M_۱.\alpha_۱=۱۰^{-pH_۱}\xrightarrow{M_۱=۰/۹۶}\alpha_۱=\frac{۱۰^{-pH_۱}}{۰/۹۶}$ ، محلول استیک اسید: $M_۲.\alpha_۲=۱۰^{-pH_۲}\xrightarrow{M_۲=۰/۱۶}\alpha_۲=\frac{۱۰^{-pH_۲}}{۰/۱۶}$

عبارت‌های (الف) و (پ): با توجه به اینکه $pH_۱=pH_۲-۱/۵$، نسبت $\frac{\alpha_۱}{\alpha_۲}$ را پیدا می‌کنیم:

$$\frac{\alpha_۱}{\alpha_۲}=\frac{\frac{۱۰^{-pH_۲+۱/۵}}{۰/۹۶}}{\frac{۱۰^{-pH_۲}}{۰/۱۶}}=\frac{۰/۱۶\times۱۰^{-pH_۲}\times۱۰\times۱۰^{۰/۵}}{۰/۹۶\times۱۰^{-pH_۲}}\simeq۵$$

با توجه به متفاوت بودن غلظت اولیهٔ اسیدها، برای مقایسهٔ قدرت اسیدی باید ثابت یونش آن‌ها را محاسبه کرده و با یکدیگر مقایسه کنیم:

$$K_{a(HB)}=M\alpha^۲=۰/۹۶\times(\frac{۱۰^{-pH_۱}}{۰/۹۶})^۲=۰/۹۶\times(\frac{۱۰^{-pH_۲+۱/۵}}{۰/۹۶})^۲=\frac{۱۰^{۳}\times۱۰^{-۲pH_۲}}{۰/۹۶}\simeq۱۰۴۲\times۱۰^{-۲pH_۲}$$

$$K_{a(\text{استیک اسید})}=M\alpha^۲=۰/۱۶\times(\frac{۱۰^{-pH_۲}}{۰/۱۶})^۲=\frac{۱۰^{-۲pH_۲}}{۰/۱۶}\simeq۶/۲۵\times۱۰^{-۲pH_۲}$$

با توجه به بزرگ‌تر بودن K_a اسید HB، پس HB اسید قوی‌تری است. عبارت (ب): با توجه به اینکه pH محلول HB کوچک‌تر است، پس خاصیت اسیدی محلول آن بیشتر بوده و کاغذ pH در آن پررنگ‌تر است. عبارت (ت): در غلظت و دمای یکسان، هر چه یک اسید قوی‌تر باشد، غلظت یون‌ها در آن بیشتر بوده و رسانایی الکتریکی بیشتری دارد.

B ۲۰۳۹ ۲ روش اول: معادلهٔ یونش هیدروسیانیک اسید به صورت مقابل است:

$$HCN(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+CN^-(aq)$$

ابتدا به کمک رابطهٔ ثابت یونش، غلظت H^+ موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$K=\frac{[H^+]\times[CN^-]}{[HCN]}\xrightarrow{[H^+]=[CN^-]}K=\frac{[H^+]^۲}{[HCN]}\Rightarrow۴/۹\times۱۰^{-۱۰}=\frac{[H^+]^۲}{۱۰^{-۱}}\Rightarrow[H^+]=۷\times۱۰^{-۶}\,mol.L^{-۱}$$

سپس pH محلول HCN را به دست می‌آوریم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(۷\times۱۰^{-۶})=۶-\log۷=۶-۰/۸۵=۵/۱۵$$

روش دوم (تستی): ابتدا به کمک رابطهٔ تستی زیر، مقدار α را محاسبه می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}\xrightarrow{K_a<۱۰^{-۳}}K_a=M\alpha^۲\Rightarrow۴/۹\times۱۰^{-۱۰}=۰/۱\alpha^۲\Rightarrow\alpha^۲=۴/۹\times۱۰^{-۹}\Rightarrow\alpha=\sqrt{۴/۹\times۱۰^{-۱۰}}=۷\times۱۰^{-۵}$$

سپس غلظت H^+ موجود در محلول را به دست می‌آوریم:

$$[H^+]=M.\alpha=۰/۱\times(۷\times۱۰^{-۵})=۷\times۱۰^{-۶}\,mol.L^{-۱}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(۷\times۱۰^{-۶})=۶-\log۷=۶-۰/۸۵=۵/۱۵$$

B ۲۰۴۰ ۲ روش اول: معادلهٔ تفکیک این باز به صورت مقابل است:

$$BOH(aq)\rightleftharpoons B^+(aq)+OH^-(aq)$$

ابتدا غلظت یون OH^- را در محلول حساب می‌کنیم:

$$K=\frac{[B^+]\times[OH^-]}{[BOH]_{\text{تعادلی}}}\xrightarrow{[B^+]=[OH]\text{ و }[BOH]_{\text{تعادلی}}=M-[OH^-]}K=\frac{[OH^-]^۲}{M-[OH^-]}$$

غ.ق.ق $[OH^-]=-۱/۵\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$ ، ق.ق $[OH^-]=۶\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$ ، $۹\times۱۰^{-۳}=\frac{[OH^-]^۲}{۱۰^{-۲}-[OH^-]}\Rightarrow[OH^-]^۲+۹\times۱۰^{-۳}[OH^-]-۹\times۱۰^{-۵}=۰\Rightarrow[OH^-]=۶\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$

سپس pH محلول باز را به دست می‌آوریم:

$$[H^+]\times[OH^-]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[H^+]\times۶\times۱۰^{-۳}=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[H^+]=\frac{۱}{۶}\times۱۰^{-۱۱}\,mol.L^{-۱}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(\frac{۱}{۶}\times۱۰^{-۱۱})=۱۱-\log\frac{۱}{۶}=۱۱+\log۲+\log۳=۱۱+۰/۳+۰/۵=۱۱/۸$$

روش دوم (تستی): ابتدا غلظت H^+ را محاسبه می‌کنیم:

$$K_b=\frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}\Rightarrow۹\times۱۰^{-۳}=\frac{۰/۱\alpha^۲}{۱-\alpha}\Rightarrow۰/۱\alpha^۲+(۹\times۱۰^{-۳})\alpha-۹\times۱۰^{-۳}=۰\Rightarrow\alpha=۰/۶\text{ ق.ق}\ ,\ \alpha=-۱/۵\text{ غ.ق.ق}$$

$$[OH^-]=M.\alpha=۰/۱\times۰/۶=۶\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow[H^+]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{[OH^-]}=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۶\times۱۰^{-۳}}=\frac{۱}{۶}\times۱۰^{-۱۱}\,mol.L^{-۱}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(\frac{۱}{۶}\times۱۰^{-۱۱})=۱۱+\log۲+\log۳=۱۱+۰/۳+۰/۵=۱۱/۸$$

B ۲۰۴۱ ۳ محاسبهٔ pH محلول اول:

$$K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{K_a<10^{-3}}K_a=M\alpha^2\Rightarrow 2/25\times10^{-4}=0/01\alpha^2\Rightarrow\alpha^2=225\times10^{-4}\Rightarrow\alpha=0/15$$

$$[H^+]=M.\alpha=0/01\times0/15=1/5\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(1/5\times10^{-3})=-(\log\frac{3}{2}+\log10^{-3})=3-\log3+\log2=3-0/5+0/3=2/8$$

محاسبهٔ pH محلول دوم:

$$K=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{K<10^{-3}}K=M\alpha^2\xrightarrow{[OH^-]=M\alpha}K=[OH^-]\times\alpha\Rightarrow2\times10^{-4}=[OH^-]\times2\times10^{-2}\Rightarrow[OH^-]=10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log(10^{-2})=2\Rightarrow pH=14-pOH=14-2=12$$

تفاوت pH دو محلول برابر ۹/۲ (۱۲−۲/۸) است.

B ۲۰۴۲ ۱ ابتدا غلظت مولی محلول اسید HA را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول}}{\text{حجم}}=\frac{4\times10^{-3}\,mol}{0/5L}=8\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,mol\,HA=0/32g\,HA\times\frac{1\,mol\,HA}{80g\,HA}=4\times10^{-3}\,mol\,HA$$

سپس درجهٔ یونش اسید HA را محاسبه می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{K_a<10^{-3}}K_a=M\alpha^2\Rightarrow1/25\times10^{-6}=8\times10^{-3}\times\alpha^2\Rightarrow\alpha=1/25\times10^{-2}$$

حال pH اسید HA را به دست می‌آوریم: $pH=-\log[H^+]=-\log10^{-4}=4$

$$[H^+]=M.\alpha=8\times10^{-3}\times1/25\times10^{-2}=10^{-4}\,mol.L^{-1}$$

B ۲۰۴۳ ۳ غلظت تعادلی HNO_2 برابر است با:

$$[H^+]=[NO_2^-]=\frac{0/06mol}{4L}=0/015mol.L^{-1}$$

$$K_a=\frac{[H^+][NO_2^-]}{[HNO_2]}\Rightarrow4/5\times10^{-4}=\frac{(0/015)^2}{[HNO_2]}\Rightarrow[HNO_2]=0/5mol.L^{-1}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): pH این محلول برابر است با:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(1/5\times10^{-2})=-\log(15\times10^{-3})=3-\log15=3-\log3-\log5=3-0/5-0/7=1/8$$

گزینه (۲): قدرت اسیدی کربنیک اسید از نیترو اسید کمتر است. گزینه (۴): نیترو اسید یک اسید ضعیف است و معادلهٔ یونش آن در دمای اتاق به صورت تعادلی و برگشت‌پذیر است.

B ۲۰۴۴ ۳ غلظت OH^- در محلول آمونیاک:

$$pH=9/5\Rightarrow pOH=14-pH=4/5\Rightarrow[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-4/5}=10^{-5+0/5}=3\times10^{-5}\,mol.L^{-1}$$

غلظت H^+ در محلول نیترو اسید:

$$K_a<10^{-3}\Rightarrow[H^+]=\sqrt{K_a.M}=\sqrt{6\times10^{-4}\times1/5}=0/03mol.L^{-1}$$

$$\text{نسبت مورد نظر}=\frac{3\times10^{-5}}{0/03}=10^{-3}$$

B ۲۰۴۵ ۴ قسمت اول: با توجه به اینکه دما ثابت است، مقدار عددی ثابت تعادل ثابت بوده و تغییری نمی‌کند و چون ثابت تعادل کوچک‌تر از 10^{-3} است، رابطهٔ $K_a=\frac{M.\alpha^2}{1-\alpha}$ را می‌توان به‌صورت $K_a=M.\alpha^2$ در نظر گرفت:

$$M_1.\alpha_1^2=M_2.\alpha_2^2\xrightarrow{M_2=25M_1}\frac{\alpha_2}{\alpha_1}=\sqrt{\frac{M_1}{M_2}}=\sqrt{\frac{1}{25}}=\frac{1}{5}\Rightarrow\alpha_2=\frac{1}{5}\alpha_1$$

محاسبهٔ درصد تغییرات درجهٔ یونش اسید:

$$\Delta\alpha=\frac{|\alpha_2-\alpha_1|}{\alpha_1}\times100=\frac{|\frac{1}{5}\alpha_1-\alpha_1|}{\alpha_1}\times100=\frac{\frac{4}{5}\alpha_1}{\alpha_1}\times100=\frac{4}{5}\times100=\%80$$

قسمت دوم: ابتدا نسبت غلظت H^+ در محلول (۲) به محلول (۱) را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{[H^+]_2}{[H^+]_1}=\frac{M_2.\alpha_2}{M_1.\alpha_1}\xrightarrow[\alpha_2=\frac{1}{5}\alpha_1]{M_2=25M_1}\frac{25M_1\times\frac{1}{5}\alpha_1}{M_1\times\alpha_1}=5$$

در این فرایند، غلظت H^+، ۵ برابر شده است؛ بنابراین pH به میزان ۰/۷ واحد تغییر می‌کند. $(\log5=0/7)$

C ۲۰۴۶ ۱

$$HF(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq),\quad pH=1/3\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/3}=10^{-2}\times\underbrace{10^{0/7}}_{5}=0/05mol.L^{-1}$$

$$HF:K_a=\frac{[H^+]\times[F^-]}{[HF]}\xrightarrow{[H^+]=[F^-]}5\times10^{-4}=\frac{(0/05)^2}{[HF]}\Rightarrow[HF]=5mol.L^{-1}$$

طبق متن تست، غلظت تعادلی HF در محلول، دو برابر غلظت تعادلی استیک اسید در محلول است:

$$[CH_3COOH]=\frac{[HF]}{2}=\frac{5}{2}=2/5\,mol.L^{-1}$$

$$K_a=\frac{[H^+]\times[CH_3COO^-]}{[CH_3COO^-]}\xrightarrow{[H^+]=[CH_3COO^-]}1/6\times10^{-6}=\frac{[CH_3COO^-]^2}{[CH_3COO]}\Rightarrow1/6\times10^{-6}=\frac{[CH_3COO^-]^2}{2/5}\Rightarrow[CH_3COO^-]^2=4\times10^{-6}$$

$$\Rightarrow[CH_3COO^-]=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

حال، می‌توانیم جرم آنیون‌های موجود در محلول $(CH_3COO^-\ ,\ F^-)$ و تفاوت جرم آن‌ها را محاسبه کنیم:

$$?\,g\,HF=1\,L\,\text{محلول}\times\frac{0/05\,mol\,F^-}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{19\,g\,F^-}{1\,mol\,F^-}=0/95\,g\,F^-$$

$$?\,g\,CH_3COO^-=1\,L\,\text{محلول}\times\frac{2\times10^{-3}\,mol\,CH_3COO^-}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{59\,g\,CH_3COO^-}{1\,mol\,CH_3COO^-}=0/118\,g\,CH_3COO^-$$

تفاوت جرم آنیون‌ها برابر $0/832\,g\ (0/118-0/95)$ است.

۲۰۴۷ B **۴**

$$?\,mol\,HA=280\,L\,HA\times\frac{1\,mol\,HA}{22/4\,L\,HA}=12/5\,mol\,HA \qquad M=\frac{12/5\,mol\,HA}{100\,L}=0/125\,mol.L^{-1}\ HA$$

با توجه به جدول زیر داریم:

$$(0/125-x)-x=0/075\Rightarrow 2x=0/05\Rightarrow[H^+]=x=0/025\,mol.L^{-1}$$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$		
$M-x$	x	x
$0/125-x$	x	x

$$K_a=\frac{[H^+]\times[F^-]}{[HF]}=\frac{0/025\times0/025}{0/1}=6/25\times10^{-3}$$

حال برای محاسبهٔ pH داریم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(25\times10^{-3})=-(\log25+\log10^{-3})=1/6$$

۲۰۴۸ C **۲** عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. ابتدا غلظت‌های دو اسید را به‌دست می‌آوریم:

$$mol\,HX=12\,g\,HX\times\frac{1\,mol\,HX}{150\,g\,HX}=0/08\,mol\Rightarrow M_{HX}=\frac{0/08\,mol}{1\,L}=0/08\,mol.L^{-1}$$

$$mol\,HY=8\,g\,HY\times\frac{1\,mol\,HY}{50\,g\,HY}=0/16\,mol\Rightarrow M_{HY}=\frac{0/16\,mol}{1\,L}=0/16\,mol.L^{-1}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به گفتهٔ سؤال pH دو محلول با هم برابر است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت یون هیدرونیوم موجود در دو محلول یکسان است:

$$pH_{HX}=pH_{HY}\Rightarrow[H^+]_{HX}=[H^+]_{HY}\Rightarrow M_{HX}\alpha_{HX}=M_{HY}\alpha_{HY}\Rightarrow0/08\alpha_{HX}=0/16\alpha_{HY}\Rightarrow\frac{\alpha_{HX}}{\alpha_{HY}}=2$$

اسید HX قوی‌تر است؛ زیرا درجهٔ یونش آن ۲ برابر درجهٔ یونش اسید HY است. عبارت (ب): برای مقایسهٔ قدرت اسیدی باید K_a دو اسید مقایسه شود نه غلظت آن‌ها.

عبارت (پ): با توجه به اینکه مقدار ثابت یونش HX و همین‌طور HY بسیار کوچک است، می‌توان از رابطهٔ $K_a=M.\alpha^2$ استفاده کرد:

$$\begin{cases}K_a(HX)=0/08\times\alpha^2_{HX}\\K_a(HY)=0/16\times\alpha^2_{HY}\end{cases}\Rightarrow\frac{K_a(HX)}{K_a(HY)}=\frac{0/08}{0/16}\times\frac{(2\alpha_{HY})^2}{\alpha^2_{HY}}=2\Rightarrow K_a(HX)=2K_a(HY)$$

عبارت (ت): با استفاده از مقدار pH می‌توان خاصیت اسیدی دو اسید را مقایسه کرد.

۲۰۴۹ B **۲** با توجه به رابطهٔ $[H^+]=M.\alpha$ و برابر بودن غلظت محلول اسیدهای HA و HB می‌توان رابطهٔ مقابل را نوشت: $pH_2=pH_1+1/2$

از آنجا که در هر دو اسید، $\alpha<0/05$ است؛ آن‌گاه

$$[H^+]_2=10^{-pH_1-1/2}=\sqrt{K_{a(HB)}.M_{HB}}\Rightarrow K_{a(HB)}=\frac{10^{-2pH_1}\times10^{-2/4}}{M_{HB}},\quad [H^+]_1=10^{-pH_1}=\sqrt{K_{a(HA)}.M_{(HA)}}\Rightarrow K_{a(HA)}=\frac{10^{-2pH_1}}{M_{HA}}$$

$$\xrightarrow{M_{HA}=M_{HB}}\frac{K_{a(HB)}}{K_{a(HA)}}=\frac{\frac{10^{-2pH_1}\times10^{-2/4}}{M_{HB}}}{\frac{10^{-2pH_1}}{M_{HA}}}=10^{-2/4}=10^{-3+0/6}=4\times10^{-3}$$

۲۰۵۰ B **۴** ابتدا pH محلول هیدروفلوئوریک اسید را به دست می‌آوریم:

$$M=\frac{mol\,HF}{V}=\frac{4\,g\,HF\times\frac{1\,mol\,HF}{20\,g\,HF}}{1\,L}=0/2\,mol.L^{-1} \qquad K_a=\alpha^2.M\Rightarrow1/25\times10^{-4}=\alpha^2(0/2)\Rightarrow\alpha=2/5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+]=M.\alpha=2/5\times10^{-2}\times0/2=5\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$pH=-\log(5\times10^{-3})=-(\log5-3)=2/3\Rightarrow\text{محلول سدیم هیدروکسید}\ pH=2/3+10/7=13,\quad [OH^-]_{\text{محلول NaOH}}=[NaOH]=10^{-1}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,g\,NaOH=1\,L\,NaOH\,\text{محلول}\times\frac{0/1\,mol\,NaOH}{1\,L\,NaOH\,\text{محلول}}\times\frac{40\,g\,NaOH}{1\,mol\,NaOH}=4\,g\,NaOH$$

۲۰۵۱ B **۱** ابتدا واکنش انجام شده را می‌نویسیم: $NaHCO_3(s)+HCl(aq)\rightarrow NaCl(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$

حال مقدار مول کربن دی‌اکسید تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,CO_2=21\,g\,NaHCO_3\times\frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,NaHCO_3}=0/25\,mol\,CO_2$$

با توجه به درصد انحلال‌پذیری گاز کربن دی‌اکسید:

$$?\,mol\,H_2CO_3=0/25\,mol\,CO_2\times\frac{0/4\,mol\,CO_2\,\text{حل‌شده}}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,H_2CO_3}{1\,mol\,CO_2\,\text{حل‌شده}}=0/1\,mol\,H_2CO_3$$

از آنجا که K_a واکنش مقدار کوچکی است، غلظت تعادلی اسید را به‌تقریب برابر غلظت اولیه در نظر می‌گیریم:

$$M=\frac{0/1}{0/25}=0/4\,mol.L^{-1}$$

$$K_a=\frac{[H^+]^2}{[H_2CO_3]}\Rightarrow 4\times10^{-7}=\frac{[H^+]^2}{0/4}\Rightarrow[H^+]=4\times10^{-4}\,mol.L^{-1}\qquad pH=-\log[H^+]=-\log(4\times10^{-4})=4-2\log2=4-0/6=3/4$$

۲۰۵۲ ۲ C

نکته ترکیبی ثابت انحلال‌پذیری: برای نمک‌های کم‌محلول یا نامحلول، علاوه‌بر مقدار انحلال‌پذیری که به صورت گرم نمک در ۱۰۰ گرم آب در دمای معین بیان می‌شود، نوع دیگری از انحلال‌پذیری داریم که به آن ثابت انحلال‌پذیری می‌گوییم. به معادلهٔ انحلال منیزیم هیدروکسید در زیر توجه کنید:

$$Mg(OH)_2(s)\rightleftharpoons Mg^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$$

انحلال این ترکیب یونی نامحلول در آب، ناچیز و به صورت تعادلی است، لذا می‌توان برای آن یک ثابت تعادل تحت عنوان ثابت انحلال‌پذیری در نظر گرفت:

$$K_{\text{انحلال‌پذیری}}=[Mg^{2+}][OH^-]^2$$

حواستان باشد که $[OH^-]$ لزوماً دو برابر $[Mg^{2+}]$ نیست؛ زیرا به علت مقادیر بسیار پایین، غلظت OH^- ناشی از یونش آب نیز در مقدار $[OH^-]$ محاسبه می‌شود.

ابتدا غلظت یون Fe^{2+} را به‌دست آورده و سپس با استفاده از رابطهٔ بین یون‌ها، می‌توان pH را به‌دست آورد:

$$?\,mol\,Fe^{2+}=1/4\,mg\,Fe^{2+}\times\frac{1\,g}{1000\,mg}\times\frac{1\,mol\,Fe^{2+}}{56\,g\,Fe^{2+}}=2/5\times10^{-5}\,mol\,Fe^{2+}\quad,\quad[Fe^{2+}]=\frac{2/5\times10^{-5}\,mol\,Fe^{2+}}{2L\ \text{محلول}}=1/25\times10^{-5}\,mol.L^{-1}$$

$$[Fe^{2+}][OH^-]^2=8\times10^{-16}\Rightarrow[OH^-]^2=\frac{8\times10^{-16}}{1/25\times10^{-5}}=6/4\times10^{-11}\Rightarrow[OH^-]=8\times10^{-6}\,mol.L^{-1}$$

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log2^3\times10^{-6}=5/1\xrightarrow{pH+pOH=14}pH=14-5/1=8/9$$

۲۰۵۳ ۳ C معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به صورت $2Na+2H_2O\rightarrow2NaOH+H_2$ است. ابتدا باید غلظت NaOH را به دست آوریم. برای این منظور باید ابتدا pH محلول را محاسبه کنیم:

$$K_a=\alpha^2.M\Rightarrow6/25\times10^{-8}=(1/25\times10^{-3})^2\times M\Rightarrow M=4\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+]=M.\alpha=4\times10^{-2}\times1/25\times10^{-3}=5\times10^{-5}\,mol.L^{-1},\quad pH=-\log[H^+]=-\log(5\times10^{-5})=-\log10^{-5}-\log5=5-0/7=4/3$$

pH محلول NaOH، سه برابر pH محلول HF است:

$$pH_{NaOH}=3\times4/3=12/9$$

$$pOH+pH=14\Rightarrow pOH=14-12/9=1/1\Rightarrow[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-1/1}=10^{-2}\times10^{0/9}=10^{-2}\times10^{3\log2}=10^{-2}\times8\,mol.L^{-1}$$

با توجه به اینکه NaOH یک باز قوی است، در آن $[OH^-]$ با غلظت محلول NaOH برابر است. بنابراین غلظت محلول NaOH برابر با $0/08\,mol.L^{-1}$ است.

تعداد مول NaOH در این محلول برابر است با:

$$M=\frac{mol}{V}\Rightarrow0/08=\frac{mol\,NaOH}{400\,mL\times\frac{1\,L}{1000\,mL}}\Rightarrow mol\,NaOH=0/032\qquad mol\,H_2=0/032\,mol\,NaOH\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,mol\,NaOH}=0/016\,mol\,H_2$$

$$\bar{R}_{H_2}=\frac{\Delta nH_2}{\Delta t}\Rightarrow2\times10^{-2}=\frac{0/016}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=0/8\,min\times\frac{60\,s}{1\,min}=48\,s$$

۲۰۵۴ ۳ C عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) نادرست هستند. برای هر محلول، ثابت یونش اسیدی و pH را محاسبه می‌کنیم:

$$[HX]=\frac{4\times0/03}{7/5}=0/016\,mol.L^{-1}$$

محلول HX:

$$[H^+]=[X^-]=\frac{6\times0/03}{7/5}=0/024\,mol.L^{-1}\Rightarrow pH=1/6,\quad K_a=\frac{\frac{24}{1000}\times\frac{24}{1000}}{\frac{16}{1000}}=3/6\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

محلول HY:

$$[HY]=\frac{5\times0/03}{5}=0/03\,mol.L^{-1},\quad[H^+]=[Y^-]=\frac{3\times0/03}{5}=0/018\,mol.L^{-1}\Rightarrow pH=1/7,\quad K_a=\frac{\frac{18}{1000}\times\frac{18}{1000}}{\frac{3}{100}}=1/08\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

محلول HZ:

$$[HZ]=\frac{4\times0/03}{1/5}=0/08\,mol.L^{-1},\quad[H^+]=[Z^-]=\frac{2\times0/03}{1/5}=0/04\,mol.L^{-1}\Rightarrow pH=1/4,\quad K_a=\frac{\frac{4}{100}\times\frac{4}{100}}{\frac{8}{100}}=2\times10^{-2}$$

عبارت (الف): مقدار عددی ثابت تعادل فاقد اطلاعات دربارهٔ سرعت به تعادل رسیدن واکنش می‌باشد. عبارت (ب): قدرت اسیدی با ثابت یونش اسیدها رابطهٔ مستقیم دارد. در نتیجه قوی‌ترین اسید، HX می‌باشد. عبارت (پ): $۱/۶+۱/۷+۱/۴=۴/۷$. عبارت (ت): میزان اسیدی بودن با مقدار pH اسیدها رابطهٔ عکس دارد. در نتیجه اسید HY کمترین میزان اسیدیته را دارد. عبارت (ث): $۰/۰۳۶+۰/۰۱۰۸+۰/۰۲=۰/۰۶۶۸$

B ۲۰۵۵ ۲ ابتدا باید مجموع مول‌های H^+ حاصل از هر یک از اسیدها را محاسبه کرده و بر حجم کل تقسیم کنیم تا غلظت H^+ نهایی را بیابیم و سپس pH محلول حاصل را محاسبه کنیم:

$$HCl:?\,mol\,H^+=۰/۰۷۵L_{محلول}\times\frac{۰/۰۳mol\,HCl}{۱\,L_{محلول}}\times\frac{۱\,mol\,H^+}{۱\,mol\,HCl}=۲/۲۵\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

$$HBr:?\,mol\,H^+=۰/۰۲۵L_{محلول}\times\frac{۰/۰۷mol\,HBr}{۱\,L_{محلول}}\times\frac{۱\,mol\,H^+}{۱\,mol\,HBr}=۱/۷۵\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

$$[H^+]_{نهایی}=\frac{مجموع\ مول‌های\ H^+}{حجم\ کل}=\frac{(۲/۲۵\times۱۰^{-۳})+(۱/۷۵\times۱۰^{-۳})}{۰/۱}=۰/۰۴mol.L^{-۱},\quad pH=-\log[H^+]=-\log(۲^۲\times۱۰^{-۲})=۲-۲\log۲=۱/۴$$

B ۲۰۵۶ ۴ ابتدا غلظت OH^- در محلول NaOH را محاسبه می‌کنیم:

$$[OH^-]=M=۰/۲mol.L^{-۱}$$

سپس غلظت OH^- در محلول KOH را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=۱۳\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pOH=۱\xrightarrow{[OH^-]=۱۰^{-pOH}}[OH^-]=۱۰^{-۱}mol.L^{-۱}$$

حال از رابطهٔ مقابل، غلظت OH^- و pH محلول نهایی را به‌دست می‌آوریم:

$$[OH^-]=\frac{M_۱V_۱+M_۲V_۲}{V_۱+V_۲}=\frac{(۰/۲\times۰/۳)+(۰/۱\times۰/۲)}{۰/۵}=۱۶\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log(۲^۴\times۱۰^{-۲})=۲-۴\log۲=۰/۸\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pH=۱۳/۲$$

B ۲۰۵۷ ۳ برای حل تست ابتدا مقدار مول H^+ را در هر یک از محلول‌های اسیدی محاسبه کرده و سپس غلظت H^+ و pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$HCl:pH=۱\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-۱}mol.L^{-۱}\Rightarrow?\,mol\,H^+=۰/۰۵L_{محلول}\times\frac{۱۰^{-۱}\,mol\,H^+}{۱\,L_{محلول}}=۵\times۱۰^{-۳}\,mol$$

$$HI:pH=۲\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-۲}mol.L^{-۱}\Rightarrow?\,mol\,H^+=۰/۲۵L_{محلول}\times\frac{۱۰^{-۲}\,mol\,H^+}{۱\,L_{محلول}}=۲/۵\times۱۰^{-۳}\,mol$$

$$[H^+]_{نهایی}=\frac{مجموع\ مول‌های\ H^+}{حجم\ کل}=\frac{(۵\times۱۰^{-۳})+(۲/۵\times۱۰^{-۳})}{۰/۳}=۲۵\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(۵^۲\times۱۰^{-۳})=۳-۲\log۵=۱/۶$$

B ۲۰۵۸ ۴ تعداد مول‌های OH^- حاصل از $Ca(OH)_۲$ و KOH را به‌طور جداگانه به‌دست می‌آوریم:

$$Ca(OH)_۲:[OH^-]=n.M=۲\times۲۵\times۱۰^{-۲}=۰/۵mol.L^{-۱}\quad,\quad?\,mol\,OH^-=۰/۴L_{محلول}\times\frac{۰/۵mol\,OH^-}{۱\,L_{محلول}}=۰/۲mol\,OH^-$$

$$KOH:?\,mol\,OH^-=۲۲۴mg\,KOH\times\frac{۱\,g\,KOH}{۱۰۰۰mg\,KOH}\times\frac{۱\,mol\,KOH}{۵۶g\,KOH}\times\frac{۱\,mol\,OH^-}{۱\,mol\,KOH}=۴\times۱۰^{-۳}\,mol\,OH^-$$

$$[OH^-]:غلظت\ OH^-\ در\ محلول\ حاصل=\frac{مجموع\ مول‌های\ OH^-}{حجم\ نهایی\ محلول}=\frac{۰/۲+۰/۰۰۴}{۰/۴}\simeq۰/۵mol.L^{-۱}$$

اکنون pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log۰/۵=۱-\log۵=۰/۳\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pH=۱۴-۰/۳=۱۳/۷$$

B ۲۰۵۹ ۲ ابتدا تعداد مول OH^- مورد نیاز برای افزایش pH از ۱۰/۵ به ۱۰/۷ را به‌دست می‌آوریم:

$$pH=۱۰/۵\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pOH=۳/۵\xrightarrow{[OH^-]=۱۰^{-pOH}}[OH^-]=۱۰^{-۳/۵}=۳\times۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

$$pH=۱۰/۷\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pOH=۳/۳\xrightarrow{[OH^-]=۱۰^{-pOH}}[OH^-]=۱۰^{-۳/۳}=۵\times۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

$$تعداد\ مول\ OH^-\ مورد\ نیاز=۶L_{محلول}\times\frac{(۵\times۱۰^{-۴}-۳\times۱۰^{-۴})mol\,OH^-}{۱\,L\ محلول}=۱۲\times۱۰^{-۴}\,mol$$

اکنون، جرم KOH مورد نیاز (برحسب میلی‌گرم) برای تولید این مقدار OH^- را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mg\,KOH=۱۲\times۱۰^{-۴}\,mol\,OH^-\times\frac{۱\,mol\,KOH}{۱\,mol\,OH^-}\times\frac{۵۶g\,KOH}{۱\,mol\,KOH}\times\frac{۱۰۰۰mg}{۱g}=۶۷/۲mg\,KOH$$

B ۲۰۶۰ ۱ ابتدا غلظت H^+ را در هر محلول محاسبه می‌کنیم:

$$HCl: ?\,mol\,H^+ = ۴/۴۸L\,HCl \times \frac{۱\,mol\,HCl}{۲۲/۴L\,HCl} \times \frac{۱\,mol\,H^+}{۱\,mol\,HCl} = ۰/۲mol\,H^+ \Rightarrow [H^+] = \frac{۰/۲mol\,H^+}{۵L} = ۰/۰۴mol.L^{-۱}$$

$$HBr: ?\,mol\,H^+ = ۱۶/۲g\,HBr \times \frac{۱\,mol\,HBr}{۸۱g\,HBr} \times \frac{۱\,mol\,H^+}{۱\,mol\,HBr} = ۰/۲mol\,H^+ \Rightarrow [H^+] = \frac{۰/۲mol\,H^+}{۲/۵L} = ۰/۰۸mol.L^{-۱}$$

حال با استفاده از رابطهٔ روبه‌رو، $[H^+]$ و pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+] = \frac{M_۱V_۱ + M_۲V_۲}{V_۱ + V_۲} = \frac{(۰/۰۴\times ۷۵۰) + (۰/۰۸\times ۳۷۵)}{۷۵۰ + ۳۷۵} = \frac{۴}{۷۵}\,mol.L^{-۱}$$

$$pH = -\log\frac{۴}{۷۵} = -\log ۲^۲ + \log(۵^۲\times ۳) = -۲\log ۲ + ۲\log ۵ + \log ۳ = -۰/۶ + ۱/۴ + ۰/۵ = ۱/۳$$

B ۲۰۶۱ ۳ جرم KOH مورد نیاز برای تولید محلول نهایی با $pH = ۱۱/۵$ به‌صورت مقابل محاسبه می‌شود: $[OH^-] = M = ۲\times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$:محلول KOH

$$pH_{\text{نهایی}} = ۱۱/۵ \xrightarrow{pH+pOH=۱۴} pOH = ۲/۵ \xrightarrow{[OH^-]=۱۰^{-pOH}} [OH^-] = ۱۰^{-۲/۵} = ۳\times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

x تعداد مول OH^- حاصل از اضافه نمودن KOH جامد به محلول است:

$$[OH^-] = \frac{\text{مجموع مول‌های } OH^-}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \frac{(۲\times ۱۰^{-۳}\times ۰/۵) + x}{۰/۵} = ۳\times ۱۰^{-۳} \Rightarrow x = ۵\times ۱۰^{-۴}\,mol\,OH^-$$

محاسبهٔ جرم KOH خالص به‌صورت مقابل است:

$$?\,g\,KOH = ۵\times ۱۰^{-۴}\,mol\,OH^- \times \frac{۱\,mol\,KOH}{۱\,mol\,OH^-} \times \frac{۵۶g\,KOH}{۱\,mol\,KOH} = ۲/۸\times ۱۰^{-۲}\,g\,KOH$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم خالص}}{\text{جرم ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۲/۸\times ۱۰^{-۲}}{۴/۴۸\times ۱۰^{-۲}} \times ۱۰۰ = ٪۶۲/۵$$

C ۲۰۶۲ ۲ هر دو اسید اولیهٔ ما قوی و تک‌ظرفیتی هستند و درجهٔ یونش آن‌ها به تقریب ۱ است. $(\alpha \simeq ۱)$. بنابراین غلظت یون هیدرونیوم محلول نهایی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{M_۱V_۱ + M_۲V_۲}{V_۱ + V_۲}$$

ابتدا غلظت یون هیدرونیوم محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$۱۰^{-pH} = [H^+] \Rightarrow ۱۰^{-۲/۷} = ۱۰^{-۳}\times ۱۰^{۰/۳} = ۲\times ۱۰^{-۳} = ۰/۰۰۲mol.L^{-۱}$$

در صورت تست گفته شده که pH محلول نیتریک اسید یک واحد بیشتر از pH محلول هیدروکلریک اسید است. این یعنی غلظت یون‌های هیدرونیوم آن ۰/۱ برابر غلظت یون‌های هیدرونیوم با غلظت اولیهٔ اسید برابر است. در نتیجه مولاریتهٔ محلول هیدروکلریک اسید را به صورت $(M_۱ = x)$ و مولاریتهٔ محلول نیتریک اسید را به صورت $(M_۲ = ۰/۱x)$ نمایش می‌دهیم.

$$۰/۰۰۲ = \frac{۰/۱x + ۰/۵(۰/۱x)}{۰/۱ + ۰/۵} \Rightarrow x = ۸\times ۱۰^{-۳} \Rightarrow M_۱ = [H^+] = ۸\times ۱۰^{-۳} \qquad pH = -\log(۸\times ۱۰^{-۳}) = ۳ - ۳\log ۲ = ۳ - ۳(۰/۳) = ۲/۱$$

B ۲۰۶۳ ۴ اگر حجم محلول n برابر شود، pH آن به اندازهٔ $(\log n)$ تغییر می‌کند:

$$\frac{V_{\text{جدید}}}{V_{\text{اولیه}}} = \frac{۱۰۰۰mL}{۱۰۰mL} = ۱۰ \Rightarrow pH_{\text{جدید}} - pH_{\text{اولیه}} = \log n = \log ۱۰ = ۱$$

چون محلول رقیق شده است، غلظت H^+ کاهش و pH افزایش می‌یابد.

B ۲۰۶۴ ۳ همهٔ موارد به جز مورد سوم جمله را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی موارد:**

مورد اول: $n = ۳ \Rightarrow pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} + \log ۳ = pH_{\text{اولیه}} + ۰/۵$ مورد دوم: $n = ۵ \Rightarrow pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} - \log ۵ = pH_{\text{اولیه}} - ۰/۷$

مورد سوم: $n = ۶ \Rightarrow pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} - \log ۶ = pH_{\text{اولیه}} - ۰/۸$ مورد چهارم: $n = ۲ \Rightarrow pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} + \log ۲ = pH_{\text{اولیه}} + ۰/۳$

B ۲۰۶۵ ۴ ابتدا (n) را پیدا می‌کنیم، pH محلول HBr از ۱/۱ به ۱/۵ رسیده است:

$$pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} + \log n = \log n = ۱/۵ - ۱/۱ = ۰/۴ \Rightarrow n = ۱۰^{۰/۴} = ۲/۵ \quad , \quad V_{\text{جدید}} = V_{\text{اولیه}} + V_{\text{آب}} = V_{\text{اولیه}} + ۲۰۰$$

$$n = \frac{V_{\text{جدید}}}{V_{\text{اولیه}}} \Rightarrow ۲/۵ = \frac{V_{\text{اولیه}} + ۲۰۰}{V_{\text{اولیه}}} \Rightarrow V_{\text{اولیه}} \simeq ۱۳۳mL$$

B ۲۰۶۶ ۴ در گزینه‌ها، برای آب خالص اضافه شده، دو حجم ۶۰۰mL و ۷۵۰mL وجود دارد. با هر یک از این حجم‌ها، می‌توان pH محلول نهایی را محاسبه کرد. با رقیق شدن یک محلول بازی، غلظت OH^- و در نتیجه pH کاهش می‌یابد: $[OH^-]_{\text{اولیه}} = M = ۰/۵mol.L^{-۱} \Rightarrow pOH = -\log ۰/۵ = ۰/۳ \Rightarrow pH = ۱۴ - ۰/۳ = ۱۳/۷$

اگر حجم آب خالص اضافه شده، برابر با ۷۵۰mL باشد:

$$pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} - \log ۶ = ۱۳/۷ - ۰/۸ = ۱۲/۹$$

$$V_{\text{جدید}} = ۱۵۰ + ۷۵۰ = ۹۰۰mL \Rightarrow n = \frac{V_{\text{جدید}}}{V_{\text{اولیه}}} = \frac{۹۰۰}{۱۵۰} = ۶$$

اگر حجم آب خالص اضافه شده برابر با ۶۰۰mL باشد:

$$V_{\text{جدید}}=۱۵۰+۶۰۰=۷۵۰mL\Rightarrow n=\frac{V_{\text{جدید}}}{V_{\text{اولیه}}}=\frac{۷۵۰}{۱۵۰}=۵ \qquad pH_{\text{جدید}}=pH_{\text{اولیه}}-\log ۵=۱۳/۷-۰/۷=۱۳$$

B ۲۰۶۷ ۱ قسمت اول: برای به دست آوردن تغییرات pH یک محلول حاوی اسید قوی، از رابطهٔ «$\Delta pH=\log N_V$» استفاده می‌کنیم. در این رابطه N_V مساوی با $\frac{V_۲}{V_۱}$ است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta pH=\log N_V=\log ۱۰=۱ \qquad N_V=\frac{V_۱+۹V_۱}{V_۱}=\frac{۱۰V_۱}{V_۱}=۱۰$$

بنابراین pH این محلول به میزان یک واحد افزایش می‌یابد.

قسمت دوم: pH اولیهٔ اسید قوی برابر است با: $pH_{\text{اسید قوی}}=-\log ۲\times ۱۰^{-۳}=۳-۰/۳=۲/۷$ ، $[H^+]_{\text{اسید قوی}}=M.\alpha.n=۲\times ۱۰^{-۳}\times ۱\times ۱=۲\times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$

در قسمت قبل دریافتیم که با رقیق کردن محلول اسید قوی، pH آن یک واحد افزایش یافته؛ پس pH آن به ۳/۷ می‌رسد و غلظت H^+ در محلول آن برابر $۱۰^{-۳/۷}$ یا ۲×۱۰^{-۴} مول بر لیتر می‌باشد.

$$[H^+]_{\text{اسید قوی رقیق}}=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۳/۷}=۱۰^{-۴}\times ۱۰^{۰/۳}=۲\times ۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

از آنجا که pH محلول اسید قوی رقیق شده با pH محلول اسید ضعیف HA برابر است، پس غلظت H^+ در محلول اسید ضعیف HA برابر ۲×۱۰^{-۴} مول بر لیتر است. به این ترتیب α٪ اسید HA را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{(HA)}=M.n.\alpha\Rightarrow ۲\times ۱۰^{-۴}=(۱\times ۱۰^{-۳})\times ۱\times \alpha\Rightarrow \alpha=۰/۲\Rightarrow ٪\alpha=۲۰$$

B ۲۰۶۸ ۴ قسمت اول: با ۱۰۰ برابر شدن حجم محلول یک اسید قوی، pH آن ۲ واحد افزایش می‌یابد؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{V_۲}{V_۱}=۱۰۰\Rightarrow\frac{V_۱+\Delta V}{V_۱}=۱۰۰\Rightarrow\frac{۰/۵+\Delta V}{۰/۵}=۱۰۰\Rightarrow\Delta V=۴۹/۵L$$

قسمت دوم: pH جدید این محلول برابر ۴ است، پس:

$$[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

$$[H^+]=M\alpha\Rightarrow ۱۰^{-۴}=M\times(۴\times ۱۰^{-۲})\Rightarrow M=۲/۵\times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

B ۲۰۶۹ ۳ قسمت اول: ابتدا مولاریتهٔ HCl را به کمک رابطهٔ تستی مقابل محاسبه می‌کنیم: $\text{مولاریته}=\frac{\text{درصد جرمی}\times\text{چگالی}\times ۱۰}{\text{جرم مولی}}=\frac{۱۰\times ۳/۶۵\times ۱/۲}{۳۶/۵}=۱/۲mol.L^{-۱}$

سپس حجم گاز HCl حل شده در شرایط STP در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,HCl=۲۰۰mL\,HCl_{\text{محلول}}\times\frac{۱\,L\,HCl_{\text{محلول}}}{۱۰۰۰mL\,HCl_{\text{محلول}}}\times\frac{۱/۲mol\,HCl}{۱\,L\,HCl_{\text{محلول}}}\times\frac{۲۲/۴L\,HCl}{۱\,mol\,HCl}=۵/۳۷۶L\,HCl$$

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول HCl را در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\,HCl=۰/۱\,L_{\text{محلول}}\times\frac{۱/۲mol\,HCl}{۱\,L_{\text{محلول}}}=۰/۱۲mol\,HCl$$

HCl یک اسید قوی است؛ پس غلظت HCl و H^+ موجود در محلول نهایی که pH آن برابر ۱ است، برابر $۱۰^{-۱}mol.L^{-۱}$ می‌باشد:

$$[H^+]_۲=۱۰^{-pH_۲}=۱۰^{-۱}mol.L^{-۱}$$

حال مقدار آب مقطر افزوده شده به محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]=\frac{\text{مول }H^+}{\text{حجم محلول نهایی}}\Rightarrow ۱۰^{-۱}=\frac{۰/۱۲mol}{۰/۱+V_{\text{آب}}}\Rightarrow V_{\text{آب}}=۱/۱\,L$$

C ۲۰۷۰ ۲ در محلول اول، برای پیدا کردن x، ابتدا غلظت H^+ در محلول نهایی و تعداد مول H^+ در محلول اولیه را به‌دست می‌آوریم:

$$pH_{\text{نهایی}}=۲pH_{\text{اولیه}}=۲\times ۱=۲\Rightarrow[H^+]_{\text{نهایی}}=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۲}=۰/۰۱mol.L^{-۱}$$

$$pH_{\text{اولیه}}=۱\Rightarrow[H^+]_{\text{اولیه}}=۱۰^{-pH}=۰/۱\,mol.L^{-۱}\Rightarrow\text{تعداد مول }H^+=۰/۱\,mol.L^{-۱}\times ۰/۰۲L=۲\times ۱۰^{-۳}\,mol$$

$$[H^+]_{\text{نهایی}}=\frac{\text{تعداد مول }H^+}{\text{حجم کل}}\Rightarrow ۰/۰۱=\frac{۲\times ۱۰^{-۳}}{۰/۰۲+x}\Rightarrow x=۰/۱۸L=۱۸۰mL$$

در محلول دوم، برای پیدا کردن y، ابتدا مول OH^- در محلول اولیه و غلظت OH^- در محلول نهایی را به‌دست می‌آوریم:

$$pH_{\text{نهایی}}=۱۱/۷\Rightarrow pOH_{\text{نهایی}}=۱۴-۱۱/۷=۲/۳\Rightarrow[OH^-]_{\text{نهایی}}=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۲/۳}=۱۰^{-۳}\times ۱۰^{+۰/۷}=۰/۰۰۵mol.L^{-۱}$$

$$pH_{\text{اولیه}}=۱۲\Rightarrow pOH_{\text{اولیه}}=۱۴-۱۲=۲\Rightarrow[OH^-]_{\text{اولیه}}=۱۰^{-۲}=۰/۰۱\,mol.L^{-۱}\Rightarrow\text{تعداد مول }OH^-_{\text{اولیه}}=۰/۰۱\times y=۰/۰۱\,y\,(mol)$$

$$[OH^-]_{\text{نهایی}}=\frac{\text{تعداد مول }OH^-}{\text{حجم کل}}\Rightarrow ۰/۰۰۵=\frac{۰/۰۱\,y}{۰/۰۷۵+y}\Rightarrow y=۰/۰۷۵L=۷۵mL \qquad \text{نسبت مورد نظر}: \frac{x}{y}=\frac{۱۸۰}{۷۵}=۲/۴$$

B ۲۰۷۱ ۲ ابتدا غلظت باز و اسید را از روی pH محلول‌های آن‌ها به‌دست می‌آوریم:

$$Ba(OH)_2: pH=13/3 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH=0/7 \xrightarrow{[OH^-]=10^{-0/7}} [OH^-]=0/2 mol.L^{-1},\ [OH^-]=M_b.n \Rightarrow M_b=\frac{0/2}{2}=0/1 mol.L^{-1}$$

$$HI: pH=1 \xrightarrow{[H^+]=10^{-pH}} [H^+]=10^{-1} mol.L^{-1} \xrightarrow{[H^+]=M_a} M_a=10^{-1} mol.L^{-1}$$

$$\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HI}=\overbrace{M_b.V_b.n_b}^{Ba(OH)_2} \Rightarrow 0/1\times V_a\times 1=0/1\times 40\times 2 \Rightarrow V_a=80 mL$$

به کمک رابطهٔ روبه‌رو، می‌توان حجم HI مورد نیاز را محاسبه کرد:

B ۲۰۷۲ ۱ ابتدا غلظت مولی اسید و باز را محاسبه می‌کنیم:

$$CH_3COOH: pH=3/3 \xrightarrow{[H^+]=10^{-pH}} [H^+]=10^{-3/3}=10^{-4+0/7}=5\times 10^{-4} mol.L^{-1},\ [H^+]=M_a.\alpha \Rightarrow M_a=\frac{5\times 10^{-4}}{2/5\times 10^{-2}}=0/02 mol.L^{-1}$$

$$Ba(OH)_2: pH=12 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH=2 \xrightarrow{[OH^-]=10^{-pOH}} [OH^-]=10^{-2} mol.L^{-1}$$

$$[OH^-]=M_b.n \Rightarrow M_b=\frac{10^{-2}}{2}=5\times 10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{CH_3COOH}=\overbrace{M_b.V_b.n_b}^{Ba(OH)_2} \Rightarrow 0/02\times 0/5\times 1=5\times 10^{-3}\times V_b\times 2 \Rightarrow V_b=1 L$$

از رابطهٔ خنثی شدن اسید و باز، حجم باز را به‌دست می‌آوریم:

B ۲۰۷۳ ۴ غلظت مولی KOH:

$$[H^+][OH^-]=10^{-14} \xrightarrow{\frac{[H^+]}{[OH^-]}=2/5\times 10^{-11}} 2/5\times 10^{-11}[OH^-]^2=10^{-14} \Rightarrow [OH^-]=2\times 10^{-2} mol.L^{-1}$$

$$KOH: [OH^-]=M_b \Rightarrow M_b=2\times 10^{-2} mol.L^{-1}$$

غلظت مولی HNO_2:

$$pH=3 \xrightarrow{[H^+]=10^{-pH}} [H^+]=10^{-3} mol.L^{-1},\quad [H^+]=M_a.\alpha \Rightarrow M_a=\frac{10^{-3}}{0/04}=25\times 10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HNO_2}=\overbrace{M_b.V_b.n_b}^{KOH} \Rightarrow 25\times 10^{-3}\times V_a\times 1=2\times 10^{-2}\times 25\times 1 \Rightarrow V_a=20 mL$$

B ۲۰۷۴ ۱ در واکنش اول، ابتدا غلظت مولی HCl را محاسبه می‌کنیم:

$$HCl: pH=0/7 \xrightarrow{[H^+]=10^{-pH}} [H^+]=10^{-0/7}=0/2 mol.L^{-1} \Rightarrow M_a=[H^+]=0/2 mol.L^{-1}$$

$$\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HCl}=\overbrace{M_b.V_b.n_b}^{KOH} \Rightarrow 0/2\times V_1\times 1=0/6\times 200\times 1 \Rightarrow V_1=600 mL$$

اکنون V_1 را پیدا می‌کنیم:

در واکنش دوم، غلظت مولی $Ba(OH)_2$ را محاسبه می‌کنیم:

$$Ba(OH)_2: pH=12 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH=2 \xrightarrow{[OH^-]=10^{-pOH}} [OH^-]=10^{-2} mol.L^{-1}$$

$$[OH^-]=M_b.n \Rightarrow M_b=\frac{10^{-2}}{2}=5\times 10^{-3} mol.L^{-1},\quad \overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HCl}=\overbrace{M_b.V_b.n_b}^{Ba(OH)_2} \Rightarrow 0/2\times V_2\times 1=5\times 10^{-3}\times 500\times 2 \Rightarrow V_2=25 mL$$

$$\text{نسبت مورد نظر}=\frac{V_1}{V_2}=\frac{600}{25}=24$$

B ۲۰۷۵ ۲ ابتدا غلظت مولی باز را به‌دست می‌آوریم:

$$KOH: pH=13 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH=1 \xrightarrow{[OH^-]=10^{-pOH}} [OH^-]=M_b=10^{-1} mol.L^{-1}$$

$$\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HCl}=\overbrace{M_b.V_b.n_b}^{KOH} \Rightarrow 2/5\times 10^{-2}\times V_a\times 1=10^{-1}\times 10\times 1 \Rightarrow V_a=40 mL$$

سپس حجم محلول HCl را محاسبه می‌کنیم:

طبق واکنش خنثی شدن $KOH(aq)+HCl(aq)\rightarrow KCl(aq)+H_2O(l)$، نمک KCl تولید می‌شود.

$$?\, mol\ KCl=40 mL\text{محلول}\times\frac{1 L\ \text{محلول}}{1000 mL\ \text{محلول}}\times\frac{2/5\times 10^{-2} mol\ HCl}{1 L\ \text{محلول}}\times\frac{1 mol\ KCl}{1 mol\ HCl}=0/001 mol\ KCl$$

$$[KCl]=\frac{0/001 mol\ KCl}{0/05 L}=0/02 mol.L^{-1}$$

B ۲۰۷۶ ۳ ابتدا غلظت H^+ را به‌دست می‌آوریم:

$$[H^+]=10^{-pH}=10^{-2/8}=16\times10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

از آنجا که $K_a<10^{-3}$ است، می‌توانیم برای محاسبهٔ M_a از رابطهٔ $[H^+]=\sqrt{K_aM_a}$ استفاده کنیم:

$$K_a<10^{-3}\Rightarrow[H^+]=\sqrt{K_aM_a}\Rightarrow M_a=\frac{[H^+]^2}{K_a}=\frac{(16\times10^{-4})^2}{3/2\times10^{-6}}=0/8\ mol.L^{-1}$$

اکنون، تعداد مول باز را پیدا می‌کنیم:

$$\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HA}=\overbrace{(mol_b)n_b}^{B(OH)_2}\Rightarrow0/8\times1/2\times1=(mol_b)\times2\Rightarrow mol_b=0/48\ mol\ B(OH)_2$$

$$\text{جرم مولی } B(OH)_2=\frac{35/52\ g\ B(OH)_2}{0/48\ mol\ Ba(OH)_2}=74\ g.mol^{-1}$$

جرم مولی اکسیژن و هیدروژن را از جرم مولی $B(OH)_2$ کم می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی } B=74-32-2=40\ g.mol^{-1}$$

B ۲۰۷۷ ۴

$$HNO_3:\ pH=1/3\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/3}=10^{-2+0/7}=0/05\ mol.L^{-1}\ ,\ [H^+]=M_a=0/05\ mol.L^{-1}$$

غلظت مولی باز NH_3:

$$\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HNO_3}=\overbrace{M_b.V_b.n_b}^{NH_3}\Rightarrow0/05\times800\times1=M_b\times160\times1\Rightarrow M_b=0/25\ mol.L^{-1}$$

ثابت یونش NH_3 (K_b):

$$NH_3:pH=11/3\xrightarrow{pH+pOH=14}pOH=14-11/3=2/7\Rightarrow[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-2/7}=10^{-3+0/3}=2\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

$$[OH^-]=M_b.\alpha\Rightarrow\alpha=\frac{[OH^-]}{M_b}=\frac{2\times10^{-3}}{0/25}=0/008\ mol.L^{-1}\qquad \alpha<0/05\Rightarrow[OH^-]=\sqrt{M_b.K_b}\Rightarrow K_b=\frac{(2\times10^{-3})^2}{0/25}=1/6\times10^{-5}$$

B ۲۰۷۸ ۴ ابتدا غلظت مولی سدیم (Na^+) را به‌دست می‌آوریم؛ با استفاده از آن غلظت NaOH نیز به‌دست می‌آید.

$$[Na^+]=\frac{13/8\ mg\ Na^+}{1\ L\ \text{محلول}}\times\frac{1\ g\ Na^+}{1000\ mg\ Na^+}\times\frac{1\ mol\ Na^+}{23\ g\ Na^+}=6\times10^{-4}\ mol.L^{-1}\ ,\quad M_b=[Na^+]=6\times10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

غلظت مولی نیتریک اسید را نیز می‌توان محاسبه کرد: $M_a=[H^+]=0/03\ mol.L^{-1}$, $pH=1/5\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/5}=10^{-2+0/5}=0/03\ mol.L^{-1}$

اکنون، از رابطهٔ خنثی شدن استفاده می‌کنیم:

$$\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HNO_3}=\overbrace{M_b.V_b.n_b}^{NaOH}\Rightarrow0/03\times V_a\times1=6\times10^{-4}\times350\times1\Rightarrow V_a=7\ mL\ HNO_3$$

B ۲۰۷۹ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2HBr(aq)+Ba(OH)_2(aq)\rightarrow2H_2O(l)+BaBr_2(aq)$$

قسمت اول: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\ mol\ Ba^{2+}=5/4\ g\ HBr\times\frac{1\ mol\ HBr}{81\ g\ HBr}\times\frac{1\ mol\ Ba(OH)_2}{2\ mol\ HBr}\times\frac{1\ mol\ Ba^{2+}}{1\ mol\ Ba(OH)_2}\times\frac{137\ g\ Ba^{2+}}{1\ mol\ Ba^{2+}}\simeq4/56\ g\ Ba^{2+}$$

روش دوم (تناسب): طبق معادلهٔ واکنش، به ازای مصرف ۲ مول HBr، یک مول $BaBr_2$ تولید می‌شود که محلول در آب است و یک مول Ba^{2+} ایجاد می‌کند؛

بنابراین:

$$2\ mol\ HBr\sim1\ mol\ Ba^{2+}\ ,\quad\frac{\text{جرم HBr}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }Ba^{2+}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{5/4}{2\times81}=\frac{x\ g\ Ba^{2+}}{1\times137}\Rightarrow x\simeq4/56\ g\ Ba^{2+}$$

قسمت دوم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\ mol\ BaBr_2=5/4\ g\ HBr\times\frac{1\ mol\ HBr}{81\ g\ HBr}\times\frac{1\ mol\ BaBr_2}{2\ mol\ HBr}=0/033\ mol\ BaBr_2\qquad \text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{0/033\ mol}{0/15\ L}=0/22\ mol.L^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم HBr}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{5/4}{2\times81}=\frac{\text{غلظت مولی}\times0/15}{1}\Rightarrow\text{غلظت مولی}=0/22\ mol.L^{-1}$$

B ۲۰۸۰ ۲ می‌دانیم که اسیدها رنگ کاغذ pH را سرخ و بازها رنگ کاغذ pH را به آبی تغییر می‌دهند؛ بنابراین ترکیبات A، M و X اسید و ترکیبات D، G و E باز هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): E یک باز و M یک اسید است به‌طوری که قدرت بازی E از قدرت اسیدی M بیشتر است. نکتهٔ مهمی که وجود دارد این است که در واکنش خنثی شدن، حاصل‌ضرب غلظت، حجم و ظرفیت اسید باید با این حاصل ضرب برای باز برابر باشد. با توجه به متن تست و عبارت، ظرفیت E و M برابر یک بوده ولی در مورد غلظت این دو حرفی زده نشده است، پس نمی‌توان در مورد مقایسهٔ حجم این دو محلول برای واکنش کامل این دو ماده با یک‌دیگر اظهار نظر نمود. گزینهٔ (۲): براساس نمودار، رسانایی الکتریکی محلول X، بیشتر از محلول D است؛ بنابراین چنان‌چه غلظت محلول‌ها را یکسان در نظر بگیریم، می‌توان نتیجه گرفت غلظت یون هیدرونیوم در محلول X، بیشتر از غلظت یون هیدروکسید در محلول D است و چون حاصل‌ضرب غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در دمای ثابت، مقداری ثابت است، داریم $[H_3O^+]_D>[OH^-]_X$. گزینهٔ (۳): با توجه به اینکه ظرفیت A و G مشخص نیست، اظهار نظری در رابطه با pH آن‌ها نمی‌توان کرد. گزینهٔ (۴): هیدروفلوئوریک اسید (HF) به نسبت هیدروسیانیک اسید (HCN)، اسید قوی‌تری است و در دما و غلظت یکسان، رسانایی الکتریکی محلول آن بیشتر است؛ بنابراین اگر X هیدروفلوئوریک اسید باشد، M هیدروسیانیک اسید است.

★ **نکته** در واکنش اسید و باز، صرف‌نظر از قدرت اسیدی و بازی، اسید و باز براساس نسبت‌های مولی واکنش موازنه شده آن‌ها به‌طور کامل با یک‌دیگر واکنش می‌دهند و درجهٔ یونش و ثابت یونش آن‌ها تأثیری در میزان مصرف آن‌ها ندارد. در واقع قدرت اسیدی و بازی، درجهٔ یونش و ... ، صرفاً نشان‌دهندهٔ شمار یون‌های ایجاد شده در محلول آبی این ترکیبات است و نه میزان واکنش‌پذیری آن‌ها با یکدیگر! رابطهٔ خنثی شدن کامل اسیدها و بازها به‌صورت مقابل است: $\underbrace{M_a.V_a.n_a}_{\text{مول } H^+ \text{ در اسید}} = \underbrace{M_b.V_b.n_b}_{\text{مول } OH^- \text{ در باز}}$

B ۲۰۸۱ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش محلول جوهر نمک و جوش شیرین به صورت زیر است:

$$NaHCO_3(aq)+HCl(aq)\rightarrow NaCl(aq)+H_2O(l)+CO_2(g)$$

ابتدا مقدار مول HCl موجود در محلول جوهر نمک را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,mol\,HCl=420\,mg\,NaHCO_3\times\frac{1\,g\,NaHCO_3}{1000\,mg\,NaHCO_3}\times\frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3}\times\frac{1\,mol\,HCl}{1\,mol\,NaHCO_3}=5\times10^{-3}\,mol\,HCl$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم } NaHCO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول HCl}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/42}{1\times84}=\frac{x\,mol\,HCl}{1}\Rightarrow x=5\times10^{-3}\,mol\,HCl$$

سپس غلظت H^+ و pH محلول HCl را محاسبه می‌کنیم:
$$[HCl]=[H^+]=\frac{5\times10^{-3}\,mol}{10^{-1}\,L}=5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$
$$pH=-\log[H^+]=-\log(5\times10^{-2})=2-\log5=2-0/7=1/3$$

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول گاز CO_2 تولیدی را حساب می‌کنیم:
$$?\,mol\,CO_2=5\times10^{-3}\,mol\,HCl\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,HCl}=5\times10^{-3}\,mol\,CO_2$$

سپس مقدار مول $Ba(OH)_2$ مصرفی را به دست می‌آوریم:
$$?\,mol\,Ba(OH)_2=5\times10^{-3}\,mol\,CO_2\times\frac{1\,mol\,Ba(OH)_2}{1\,mol\,CO_2}=5\times10^{-3}\,mol\,Ba(OH)_2$$

در ادامه غلظت محلول $Ba(OH)_2$ را از pH آن محاسبه می‌کنیم: $[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-1}\,mol.L^{-1}$ $pOH=14-pH=14-13=1$

$$[OH^-]=M.n.\alpha\Rightarrow10^{-1}=M_{Ba(OH)_2}\times2\times1\Rightarrow M_{Ba(OH)_2}=5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

در آخر حجم محلول باریم هیدروکسید مصرفی را حساب می‌کنیم:
$$\text{مولاریته } Ba(OH)_2=\frac{\text{مول } Ba(OH)_2}{\text{حجم محلول}}\Rightarrow5\times10^{-2}=\frac{5\times10^{-3}\,mol}{V\,L}\Rightarrow V=10^{-1}\,L=100\,mL \text{ محلول}$$

B ۲۰۸۲ ۱ ابتدا تعداد مول OH^- در ۱۰۰ لیتر از محلول باز قوی و تعداد مول H^+ در ۱۰۰ لیتر از محلول اسید قوی را به‌دست می‌آوریم:

باز قوی: $pH=10\Rightarrow pOH=14-pH=14-10=4\Rightarrow[OH^-]=10^{-4}\,mol.L^{-1}$
$$?\,mol\,OH^-=100\,L\times\frac{10^{-4}\,mol\,OH^-}{1\,L\text{ محلول}}=10^{-2}\,mol\,OH^-$$

اسید قوی: $pH=4\Rightarrow[H^+]=10^{-4}\,mol.L^{-1}$
$$?\,mol\,H^+=100\,L\times\frac{10^{-4}\,mol\,H^+}{1\,L\text{ محلول}}=10^{-2}\,mol\,H^+$$

دقت کنید که منظور از $pH=7$، در واقع خنثی شدن این دو محلول است. اکنون مقدار HNO_3 و NaOH مورد نیاز برای خنثی کردن به ترتیب محلول بازی حاوی 10^{-2} مول OH^- و محلول اسیدی حاوی 10^{-2} مول H^+ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,HNO_3=0/01\,mol\,OH^-\times\frac{1\,mol\,HNO_3}{1\,mol\,OH^-}\times\frac{63\,g\,HNO_3}{1\,mol\,HNO_3}=0/63\,g$$
$$HNO_3(aq)+OH^-(aq)\rightarrow H_2O(l)+NO_3^-(aq)$$

$$?\,g\,NaOH=0/01\,mol\,H^+\times\frac{1\,mol\,NaOH}{1\,mol\,H^+}\times\frac{40\,g\,NaOH}{1\,mol\,NaOH}=0/4\,g$$
$$NaOH(aq)+OH^-(aq)\rightarrow H_2O(l)+Na^+(aq)$$

نسبت جرم HNO_3 مصرفی به NaOH مصرفی برابر $1/575\,(\frac{0/63}{40})$ است.

C ۲۰۸۳ ۴ ابتدا $[H^+]$ برای محلول‌ها را می‌یابیم:

اسید اول: $[H^+]=10^{-1/4}=10^{-2}\times10^{0/6}\Rightarrow[H^+]=4\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$

اسید دوم: $[H^+]=10^{-1/7}=10^{-2}\times10^{0/3}\Rightarrow[H^+]=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$

حال مقدار مول H^+ را براساس a و b (حجم دو محلول) می‌نویسیم:
$$mol\,H^+=0/04\times(a\times10^{-3})+0/02\times(b\times10^{-3})=(2a+b)\times2\times10^{-5}\,mol\,H^+$$

در ادامه مقدار مول OH^- سدیم هیدروکسید را برای محاسبات خنثی‌سازی محاسبه می‌کنیم:
$$mol\,OH^-=0/2L\times0/3mol.L^{-1}=0/06mol\,OH^-$$

از برابری مول H^+ و مول OH^- داریم:
$$(2a+b)\times2\times10^{-5}=0/06\Rightarrow2a+b=3000\Rightarrow \underbrace{a+b}_{\text{خواستهٔ سوال}}+a=3000$$

در ادامه به بررسی هر کدام از گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینهٔ (۱): اگر $a+b=۵۰۰$ باشد: $a+b=۵۰۰, a<۵۰۰ \Rightarrow ۵۰۰+۵۰۰$ از عدد کوچک‌تر $\neq ۳۰۰۰$ ✗

گزینهٔ (۲): اگر $a+b=۱۰۰۰$ باشد: $a+b=۱۰۰۰, a<۱۰۰۰ \Rightarrow ۱۰۰۰+۱۰۰۰$ از عدد کوچک‌تر $\neq ۳۰۰۰$ ✗

گزینهٔ (۳): اگر $a+b=۲۵۰$ باشد: $a+b=۲۵۰, a<۲۵۰ \Rightarrow ۲۵۰+۲۵۰$ از عدد کوچک‌تر $\neq ۳۰۰۰$ ✗

گزینهٔ (۴): اگر $a+b=۲۰۰۰$ باشد: $a+b=۲۰۰۰, a<۲۰۰۰ \Rightarrow ۲۰۰۰+۲۰۰۰$ از عدد کوچک‌تر $= ۳۰۰۰$ (می‌تواند برقرار باشد)

C ۲۰۸۴ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. پیش از آنکه به بررسی عبارت‌ها بپردازیم، ابتدا غلظت اولیهٔ محلول KOH که معادل غلظت یون OH^- در محلول است را محاسبه می‌کنیم:

$$[KOH]=[OH^-]=\frac{۰/۷g\ KOH\times\frac{۱\ mol\ KOH}{۵۶g\ KOH}}{۰/۱۲۵L}=۰/۱\ mol.L^{-۱}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش خنثی شدن HCl توسط محلول KOH به‌صورت زیر است:

$$KOH(aq)+HCl(aq)\rightarrow KCl(aq)+H_۲O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ mol\ HCl=۲۵۰mL\ KOH\ محلول\times\frac{۱\ L\ KOH\ محلول}{۱۰۰۰mL\ KOH\ محلول}\times\frac{۰/۱\ mol\ KOH}{۱\ L\ KOH\ محلول}\times\frac{۱\ mol\ HCl}{۱\ mol\ KOH}=۲/۵\times۱۰^{-۲}\ mol\ HCl$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول } KOH}{\text{ضریب}}=\frac{mol\ HCl}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۰/۲۵\times۰/۱}{۱}=\frac{x\ mol\ HCl}{۱}\Rightarrow x=۲/۵\times۱۰^{-۲}\ mol\ HCl$$

عبارت دوم: در ابتدای پاسخ غلظت یون OH^- را برابر با $۰/۱\ mol.L^{-۱}$ به‌دست آوردیم. اکنون به کمک رابطهٔ زیر، غلظت H^+ موجود در محلول را محاسبه کرده و نسبت غلظت OH^- به H^+ را به‌دست می‌آوریم:

$$[OH^-]\times[H^+]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow۱۰^{-۱}\times[H^+]=۱۰^{-۱۴}\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-۱۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$\frac{[OH^-]}{[H_۳O^+]}=\frac{۱۰^{-۱}}{۱۰^{-۱۳}}=۱۰^{۱۲}$$

عبارت سوم: با توجه به تک‌عاملی بودن KOH، در محلول KOH غلظت OH^- و K^+ برابر بوده و مساوی $۰/۱\ mol.L^{-۱}$ می‌باشد؛ از این‌رو مجموع غلظت یون‌ها در این محلول برابر $(۲\times۰/۱)۰/۲\ mol.L^{-۱}$ می‌باشد؛ بنابراین:

$$?\ mol\ ion=۵۰mL\ محلول\times\frac{۱\ L\ محلول}{۱۰۰۰mL\ محلول}\times\frac{۰/۲mol\ ion}{۱\ L\ محلول}=۰/۰۱\ mol\ ion$$

عبارت چهارم: در محلول اولیه ۰/۷ گرم پتاسیم هیدروکسید وجود دارد. اگر ۱/۴ گرم پتاسیم هیدروکسید دیگر به این محلول اضافه کنیم، جرم پتاسیم هیدروکسید به ۲/۱ گرم می‌رسد که ۳ برابر مقدار اولیه (۰/۷ گرم) است و چون پتاسیم هیدروکسید یک باز قوی است، غلظت یون هیدروکسید نیز ۳ برابر می‌شود.

C ۲۰۸۵ ۱ در فرایند خنثی شدن غلظت OH^- محلول باز باید با مجموع غلظت H^+ حاصل از انحلال مواد اسیدی در آب برابر باشد؛ پس خواهیم داشت:

$$\text{مول } H^+=\text{مول } OH^-$$

ابتدا مقدار مول OH^- موجود در محلول $Zn(OH)_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$Zn(OH)_۲(aq)\rightarrow Zn^{۲+}(aq)+۲OH^-(aq)$$

$$?\ mol\ OH^-=۵۰\times۱۰^{-۳}\ L\ محلول\times\frac{۰/۵mol\ Zn(OH)_۲}{۱\ L\ محلول}\times\frac{۲mol\ OH^-}{۱\ mol\ Zn(OH)_۲}=۵\times۱۰^{-۲}\ mol\ OH^-$$

سپس مقدار مول H^+ موجود در محلول HCl مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$[HCl]=[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱/۱۵}=۱۰^{-۲}\times۱۰^{۰/۸۵}=۷\times۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$?\ mol\ HCl=۲۰۰\times۱۰^{-۳}\ L\ HCl\ محلول\times\frac{۷\times۱۰^{-۲}\ mol\ H^+}{۱\ L\ HCl\ محلول}=۱/۴\times۱۰^{-۲}\ mol\ H^+$$

در اثر انحلال $CO_۲$ در آب، اسید $H_۲CO_۳$ تولید می‌شود که در فرایند خنثی شدن هر دو H^+ آن مصرف می‌شود؛ در ادامه مقدار مول H^+ حاصل از انحلال $CO_۲$ در آب در فرایند خنثی شدن را محاسبه می‌کنیم: (چگالی $CO_۲$ را $d\ \frac{g}{L}$ در نظر می‌گیریم.)

$$CO_۲(g)+H_۲O(l)\rightarrow H_۲CO_۳(aq)$$

$$?\ mol\ H^+=۲L\ CO_۲\times\frac{d\ g\ CO_۲}{۱\ L\ CO_۲}\times\frac{۱\ mol\ CO_۲}{۴۴g\ CO_۲}\times\frac{۱\ mol\ H_۲CO_۳}{۱\ mol\ CO_۲}\times\frac{۲mol\ H^+}{۱\ mol\ H_۲CO_۳}=\frac{d}{۱۱}\ mol\ H^+$$

در ادامه مول OH^- را برابر مجموع مول H^+ قرار می‌دهیم و d را به دست می‌آوریم:

$$۵\times۱۰^{-۲}=(۱/۴\times۱۰^{-۲})+\frac{d}{۱۱}\Rightarrow d=۰/۳۹۶g.L^{-۱}$$

پس چگالی گاز $CO_۲$ برحسب گرم بر متر مکعب برابر است با:

$$?\ \frac{g}{m^۳}=۰/۳۹۶\ \frac{g}{L}\times\frac{۱۰^۳L}{۱m^۳}=۳۹۶\ \frac{g}{m^۳}$$

C ۲۰۸۶ ۲ ابتدا غلظت مولی محلول $Ba(OH)_2$ را محاسبه می‌کنیم:

$$Ba(OH)_2: pH=13/6 \Rightarrow pOH=14-pH=0/4 \Rightarrow [OH^-]=10^{-pOH}=10^{-0/4}=0/4\,mol.L^{-1}$$

$$[OH^-]=M_b.n \Rightarrow M_b=\frac{0/4}{2}=0/2\,mol.L^{-1}$$

سپس با استفاده از رابطهٔ خنثی شدن، غلظت مولی HBr را به‌دست می‌آوریم:

$$\underbrace{M_a.V_a.n_a}_{HBr}=\underbrace{M_b.V_b.n_b}_{Ba(OH)_2} \Rightarrow 50\times M_a\times 1=0/2\times 350\times 2 \Rightarrow M_a=2/8\,mol.L^{-1}$$

غلظت مولی HBr نشان می‌دهد که در هر لیتر محلول، ۲/۸ مول HBr حل شده است:

$$\begin{cases} ?\,g\,HBr=2/8\,mol\,HBr\times\frac{81\,g\,HBr}{1\,mol\,HBr}=226/8\,g\,HBr \\ ?\,g\,\text{محلول}=1\,L\,\text{محلول}\times\frac{1000\,ml\,\text{محلول}}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{1/2\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}=1200\,g\,\text{محلول} \end{cases} \Rightarrow g\,\text{آب}=1200-226/8=973/2\,g\,\text{آب}$$

از آنجا که در هر ۹۷۳/۲ گرم آب، ۲۲۶/۸ گرم HBr حل شده، با یک تناسب ساده می‌توان جرم HBr حل شده در ۱۰۰ گرم آب را محاسبه کرد:

$$\frac{226/8\,g\,HBr}{973/2\,g\,H_2O}=\frac{x\,g\,HBr}{100\,g\,H_2O} \Rightarrow x\simeq 23/3\,g\,HBr$$

C ۲۰۸۷ ۲ ابتدا مقدار مولی از HCl که توسط ۱/۱۶ میلی گرم منیزیم هیدروکسید خنثی می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$I)\ Mg(OH)_2(s)+2HCl(aq)\rightarrow MgCl_2(aq)+2H_2O(l)$$

$$?\,mol\,HCl\,(\text{واکنش I})=1/16\times10^{-3}\,g\,Mg(OH)_2\times\frac{1\,mol\,Mg(OH)_2}{58\,g\,Mg(OH)_2}\times\frac{2\,mol\,HCl}{1\,mol\,Mg(OH)_2}=4\times10^{-5}\,mol\,HCl\,(\text{واکنش I})$$

سپس مقدار مولی از HCl که توسط ۳/۹۰ میلی گرم $Al(OH)_3$ خنثی می‌شود را به دست می‌آوریم:

$$II)\ Al(OH)_3(s)+3HCl(aq)\rightarrow AlCl_3(aq)+3H_2O(l)$$

$$?\,mol\,HCl\,(\text{واکنش II})=3/9\times10^{-3}\,g\,Al(OH)_3\times\frac{1\,mol\,Al(OH)_3}{78\,g\,Al(OH)_3}\times\frac{3\,mol\,HCl}{1\,mol\,Al(OH)_3}=1/5\times10^{-4}\,mol\,HCl\,(\text{واکنش II})$$

بنابراین با مصرف شربت ضد اسید، در مجموع $1/9\times10^{-4}$ ($4\times10^{-5}+1/5\times10^{-4}$) مول HCl از شیرهٔ معده مصرف شده است. حال باید ببینیم غلظت HCl در شیرهٔ معده چند مولار است تا بتوانیم حجمی از شیرهٔ معده که با محلول ضد اسید خنثی می‌شود را به دست آوریم:

محاسبهٔ غلظت HCl در شیرهٔ معده:

$$M_{HCl}=[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/7}=10^{-2+0/3}=10^{-2}\times10^{0/3}=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

به دست آوردن حجمی از شیرهٔ معده که توسط شربت ضد اسید خنثی می‌شود:

$$\text{مولاریتهٔ HCl در شیرهٔ معده}=\frac{\text{مول HCl مصرفی}}{\text{حجم شیرهٔ معده مصرفی}} \Rightarrow 2\times10^{-2}=\frac{1/9\times10^{-4}\,(mol)}{V(L)} \Rightarrow V=9/5\times10^{-3}\,L=9/5\,mL$$

B ۲۰۸۸ ۲

$$[H^+]=10^{-1/5}=10^{0/5-2}=10^{0/5}\times10^{-2}=3\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,mol\,HCl=2\,L\,\text{اسید معده}\times\frac{3\times10^{-2}\,mol\,HCl}{1\,L\,\text{اسید معده}}=6\times10^{-2}\,mol\,HCl$$

از آنجا که هر مول آلومینیم هیدروکسید و هر مول منیزیم هیدروکسید به‌ترتیب ۳ و ۲ مول یون هیدرونیوم را خنثی می‌کنند، اگر شمار مول‌های $Al(OH)_3$ و $Mg(OH)_2$ را به‌ترتیب با x و y نشان دهیم داریم:

$$\begin{cases} 3x+2y=0/25\times6\times10^{-2}=1/5\times10^{-2} & (I) \\ 78x+58y=3/99\times10^{-1} & (II) \end{cases} \Rightarrow x=4\times10^{-3},\ y=1/5\times10^{-3}$$

نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{y}{x}=\frac{1/5\times10^{-3}}{4\times10^{-3}}=0/375$$

B ۲۰۸۹ ۴ با توجه به روابط داده شده و غلظت یون‌های Ca^{2+} و NO_3^-، غلظت یون‌های OH^- و H^+ را به‌دست می‌آوریم:

$$Ca(OH)_2:[OH^-]^2=\frac{8/64\times10^{-4}}{0/06} \Rightarrow [OH^-]=0/12\,mol.L^{-1},\quad [OH^-]=M_b.n \Rightarrow M_b=\frac{0/12}{2}=0/06\,mol.L^{-1}$$

$$HNO_3:[H^+]=\frac{9/1\times10^{-3}}{0/13}=0/07\,mol.L^{-1},\quad [H^+]=M_a=0/07\,mol.L^{-1}$$

سپس از رابطهٔ خنثی شدن استفاده می‌کنیم:

$$\underbrace{M_a.V_a.n_a}_{HNO_3}=\underbrace{M_b.V_b.n_b}_{Ca(OH)_2} \Rightarrow 0/07\times V_a\times1=0/06\times112\times2 \Rightarrow V_a=192\,mL\ HNO_3$$

۲۰۹۰ | ۱ | C | ابتدا غلظت مولی اسید را با استفاده از pH محلول آن محاسبه می‌کنیم:

$$pH=۲/۱\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۲/۱}=۱۰^{-۳+۰/۹}=۸\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}\quad,\quad M_a=[H^+]=۸\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

تعداد مول $Ba(OH)_۲$ به‌صورت مقابل محاسبه می‌شود: $\overbrace{M_a.V_a.n_a}^{HNO_۳}=\overbrace{(mol_b).n_b}^{Ba(OH)_۲}\Rightarrow ۸\times۱۰^{-۳}\times۰/۱۲\times۱=mol_b\times۲\Rightarrow mol_b=۰/۴۸\times۱۰^{-۳}\ mol$

حال جرم $Ba(OH)_۲$ حل شده در ۱۰۰ گرم آب را به‌دست می‌آوریم. از آنجا که محلول اسید توسط محلول سیر شدهٔ حاصل از انحلال $۰/۴۸\times۱۰^{-۳}$ مول $Ba(OH)_۲$ در ۱۰۰ گرم آب خنثی شده؛ پس میزان انحلال‌پذیری $Ba(OH)_۲$ در دمای آزمایش برابر است با (انحلال‌پذیری $Ba(OH)_۲$ در آب بسیار کم است؛ پس چگالی محلول $Ba(OH)_۲\simeq ۱\ g.mL^{-۱}$:

$$?\ g\ Ba(OH)_۲=۱۰۰g\text{محلول}\times\frac{۱\ mL\text{محلول}}{۱\ g\text{محلول}}\times\frac{۱\ L\text{محلول}}{۱۰۰۰mL\text{محلول}}\times\frac{۰/۴۸\times۱۰^{-۳}\ mol\ Ba(OH)_۲}{۱\ L\text{محلول}}\times\frac{۱۷۱g\ Ba(OH)_۲}{۱\ mol\ Ba(OH)_۲}\simeq۰/۰۰۸۲g\ Ba(OH)_۲$$

$$S=۰/۰۰۸۲\Rightarrow۰/۰۰۸۲=۱۰^{-۴}\theta+۰/۰۰۲۳\Rightarrow\theta=۵۹^\circ C$$

۲۰۹۱ | ۱ | C | قسمت اول: برای محاسبهٔ جرم MOH خالص ابتدا باید محاسبه کنیم که چند گرم آب می‌تواند ۴/۸ میلی‌لیتر از یک محلول را به $\left(\frac{۱}{۴}\right)$ ۰/۲۵ غلظت اولیهٔ آن برساند. به این منظور از فرمول رقیق‌سازی زیر استفاده می‌کنیم:

$$M_۱V_۱=M_۲V_۲\Rightarrow M_۱\times۴/۸=۰/۲۵M_۱\times V_۲\Rightarrow V_۲=۴/۸\times۴=۱۹/۲mL\Rightarrow\text{حجم آب اضافه شده}=۱۹/۲-۴/۸=۱۴/۴mL$$

با توجه به اینکه گفته شده، جرم آب (g) را با حجم آب (mL) مساوی در نظر بگیرید، پس جرم آب تولید شده برابر ۱۴/۴g است. حال مقدار MOH خالص مصرفی در واکنش با اسید چرب را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ g\ MOH\ (\text{خالص مصرفی})=۱۴/۴g\ H_۲O\times\frac{۱\ mol\ H_۲O}{۱۸g\ H_۲O}\times\frac{۱\ mol\ MOH}{۱\ mol\ H_۲O}\times\frac{۴۰g\ MOH}{۱\ mol\ MOH}=۳۲g\ MOH\ \text{خالص مصرفی}$$

سپس جرم MOH خالص موجود در نمونهٔ اولیه را محاسبه می‌کنیم: $?\ g\ MOH\ (\text{خالص})=۷۵g\ MOH\ \text{ناخالص}\times\frac{۶۷g\ MOH\ \text{خالص}}{۱۰۰g\ MOH\ \text{ناخالص}}=۵۰/۲۵g\ MOH$

اکنون درصد MOH مصرفی را به‌دست می‌آوریم: $\text{درصد MOH مصرفی}=\frac{\text{جرم MOH خالص مصرفی}}{\text{جرم کل MOH خالص}}=\frac{۳۲}{۵۰/۲۵}\times۱۰۰\simeq٪۶۴$

قسمت دوم: همان‌طور که در قسمت اول مسئله گفته شده، باقی‌ماندهٔ MOH با HCl واکنش می‌دهد:

$$MOH(aq)+HCl(aq)\rightarrow MCl(aq)+H_۲O(l)\qquad\text{جرم MOH خالص باقی‌مانده}=۵۰/۲۵-۳۲=۱۸/۲۵g\ MOH$$

ابتدا جرم HCl موجود در محلول آن را محاسبه می‌کنیم: $?\ mol\ HCl=۱۸/۲۵g\ MOH\times\frac{۱\ mol\ MOH}{۴۰g\ MOH}\times\frac{۱\ mol\ HCl}{۱\ mol\ MOH}\times\frac{۳۶/۵g\ HCl}{۱\ mol\ HCl}\simeq۱۶/۶۵g\ HCl$

در آخر غلظت محلول HCl را برحسب گرم بر لیتر به‌دست می‌آوریم: $\text{غلظت HCl}=\frac{\text{جرم}}{\text{حجم (لیتر)}}=\frac{۱۶/۶۵g\ HCl}{۰/۵L}\simeq۳۳g.L^{-۱}$

۲۰۹۲ | ۳ | C | با اضافه کردن ۸۰۰ میلی‌لیتر آب به محلول، حجم نهایی محلول برابر $۱۰۰۰mL\ (۸۰۰+۲۰۰)$ است؛ از آنجا که در اثر افزودن آب، شمار مول‌های اسید تغییر نمی‌کند، داریم:

$$M_۱V_۱=M_۲V_۲\Rightarrow۰/۱\times۲۰۰=M_۲\times۱۰۰۰\Rightarrow M_۲=۰/۰۲mol.L^{-۱}$$

پس اختلاف غلظت دو محلول برابر $۰/۰۸mol.L^{-۱}\ (۰/۱-۰/۰۲)$ است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): $HNO_۳$ اسید قوی و KOH باز قوی است؛ پس خواهیم داشت:

$$HNO_۳\ \text{محلول}:[H^+]=M=۱۰^{-۱}mol.L^{-۱}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(۱۰^{-۱})=۱$$

$$KOH\ \text{محلول}:[OH^-]=M=۱۰^{-۱}mol.L^{-۱}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}}[H^+]=۱۰^{-۱۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(۱۰^{-۱۳})=۱۳$$

با توجه به محاسبات انجام شده، تفاوت pH دو محلول برابر ۱۲ $(۱-۱۳)$ واحد است.

رسانایی الکتریکی محلول به غلظت یون‌های موجود در آن وابسته است؛ در محلول نیتریک اسید، یون‌های H^+ و $NO_۳^-$ با غلظت ۰/۱ مولار و در محلول KOH نیز یون‌های K^+ و OH^- با غلظت ۰/۱ مولار موجود است و در نتیجه میزان رسانایی الکتریکی دو محلول با یکدیگر برابر است.

گزینهٔ (۲): با اضافه کردن دو محلول به یکدیگر، واکنش خنثی شدن اسید - باز مطابق معادلهٔ زیر انجام می‌شود:

$$HNO_۳(aq)+KOH(aq)\rightarrow KNO_۳(aq)+H_۲O(l)$$

شمار مول اسید و شمار مول باز در محلول آن‌ها برابر است:

$$\text{شمار مول KOH}=۰/۲L\times۰/۱\ mol.L^{-۱}=۰/۰۲mol\qquad\text{شمار مول }HNO_۳=۰/۲L\times۰/۱\ mol.L^{-۱}=۰/۰۲mol$$

با توجه به اینکه شمار مول اولیهٔ اسید و باز برابر بوده و هر دو تک‌ظرفیتی هستند، پس محلول نهایی خنثی بوده و pH آن برابر ۷ است و به دلیل وجود یون‌های K^+ و $NO_۳^-$ در محلول حاصل، محلول به‌دست آمده الکترولیت است.

گزینهٔ (۴): محلول HNO_3: $[H^+]=[NO_3^-]=0/1\,mol.L^{-1}\Rightarrow$ شمار مول یون‌ها $=0/2L\times(2\times0/1\,mol.L^{-1})=0/04mol$

محلول KOH: $[OH^-]=[K^+]=0/1\,mol.L^{-1}\Rightarrow$ شمار مول یون‌ها $=0/2L\times(2\times0/1\,mol.L^{-1})=0/04mol$

پس مجموع غلظت یون‌ها در دو محلول برابر ۰/۰۸ مول است. از طرفی HNO_3 یک اسید قوی است که در آب به‌طور کامل به یون‌های H^+ و NO_3^- یونیده می‌شود و همچنین KOH نیز یک باز قوی است که در آب به‌طور کامل به یون‌های K^+ و OH^- تفکیک می‌شود و یون‌های NO_3^- و K^+ در محلول به صورت یون‌های آب‌پوشیده حضور دارند.

C ۲۰۹۳ ۱ قسمت اول: ابتدا مقدار مول اولیهٔ HCl موجود در محلول و pH آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,H^+=60\times10^{-3}\,L\,HCl_{\text{محلول}}\times\frac{0/1\,mol\,HCl}{1\,L\,HCl_{\text{محلول}}}=6\times10^{-3}\,mol\,HCl\,,\,M_{HCl}=[H^+]=10^{-1}mol.L^{-1}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log10^{-1}=1$$

سپس مقدار مول $NaOH$ موجود در ۳۰ میلی‌لیتر از محلول آن محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,NaOH=30\times10^{-3}\,L\,NaOH_{\text{محلول}}\times\frac{0/08mol\,NaOH}{1\,L\,NaOH_{\text{محلول}}}=2/4\times10^{-3}\,mol\,NaOH$$

معادلهٔ واکنش HCl و $NaOH$ به صورت مقابل است: $HCl+NaOH\rightarrow NaCl+H_2O$

مقدار مول مصرفی HCl به ازای ریختن ۳۰ میلی‌لیتر محلول $NaOH$ برابر 24×10^{-4} مول است و مقدار HCl باقی مانده در محلول برابر است با:

$$?\,mol\,HCl_{(\text{باقی‌مانده})}=6\times10^{-3}-2/4\times10^{-3}=3/6\times10^{-3}\,mol$$

در ادامه، غلظت یون H^+ را در محلول پس از ریختن ۳۰ میلی‌لیتر محلول $NaOH$ حساب می‌کنیم:

$$[HCl]=[H^+]=\frac{\text{مول}}{\text{حجم}}=\frac{3/6\times10^{-3}\,mol}{(60+30)\times10^{-3}\,L}=4\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

حال pH محلول حاصل را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(4\times10^{-2})=2-\log4=2-2\log2=2-2(0/3)=2-0/6=1/4$$

قسمت دوم: دقت کنید که اضافه کردن یک باز به یک محلول، در صورتی که pH محلول به ۷ نزدیک‌تر باشد، سبب تغییر بیشتر pH می‌شود و اضافه کردن باز به محلول‌هایی که خاصیت اسیدی یا بازی بیشتری دارند، سبب تغییرات کمتر pH می‌شود؛ پس نمودار گزینهٔ (۱) درست است.

C ۲۰۹۴ ۲ زیرلایهٔ با $l=0$ و $n=4$ همان $4s$ است، اولین عنصری که زیرلایهٔ آن نیمه‌پر می‌شود، پتاسیم $(_{19}K)$ می‌باشد: $_{19}K:1s^2/2s^2\,2p^6/3s^2\,3p^6/4s^1$

ابتدا غلظت مولار محلول دارای KOH را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\,KOH=2/24g\,KOH\times\frac{1\,mol\,KOH}{56g\,KOH}=0/04mol\,KOH\qquad \text{غلظت مولی}=\frac{\text{مول }KOH}{\text{حجم محلول}}=\frac{4\times10^{-2}\,mol}{10^{-1}L}=0/4mol.L^{-1}$$

سپس به کمک رابطهٔ خنثی شدن کامل اسید و باز، غلظت محلول HX را محاسبه می‌کنیم:

$$M_a.n_a.V_a=M_b.n_b.V_b\Rightarrow M_a\times1\times500=0/4\times1\times20=M_a=1/6\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

حال از ثابت یونش اسید، غلظت یون H^+ موجود در محلول HX را محاسبه می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{K_a<10^{-3}}K_a=M\alpha^2\Rightarrow10^{-9}=(1/6\times10^{-2})\times\alpha^2\Rightarrow\alpha=2/5\times10^{-4}$$

$$[H^+]=M.\alpha=(1/6\times10^{-2})\times(2/5\times10^{-4})=4\times10^{-6}\,mol.L^{-1}$$

اکنون pH محلول اسید HX را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(4\times10^{-6})=6-\log4=6-2\log2=6-2(0/3)=5/4$$

C ۲۰۹۵ ۱ pH محلول $Ba(OH)_2$ (محلول (۱))، ۰/۶ واحد بزرگ‌تر از pH محلول $NaOH$ (محلول (۲)) می‌باشد. بنا به رابطهٔ $pH+pOH=14$ می‌توان گفت:

$$pH_{(1)}-pH_{(2)}=0/6\Rightarrow pOH_{(2)}-pOH_{(1)}=0/6\Rightarrow-\log[OH_2^-]-(-\log[OH_1^-])=0/6\Rightarrow\log\frac{[OH_1^-]}{[OH_2^-]}=0/6\Rightarrow\frac{[OH_1^-]}{[OH_2^-]}=10^{0/6}=(10^{0/3})^2=4$$

$$\xrightarrow{V_1=V_2}n_{OH_1^-}=4n_{OH_2^-}$$

در محلول نهایی:

$$pH=13/1\Rightarrow pOH=14-13/1=0/9\Rightarrow[OH^-]=10^{-0/9}=\frac{1}{(10^{0/3})^3}=\frac{1}{8}\,mol.L^{-1}$$

$$[OH^-]=\frac{n_{OH^-}}{V_{\text{کل}}}=\frac{nOH_1^-+nOH_2^-}{V_1+V_2}\xrightarrow[V_1=V_2]{\text{جایگزین}}[OH^-]=\frac{nOH_1^-+\frac{1}{4}nOH_1^-}{2V}=\frac{5nOH_1^-}{8V}\,mol.L^{-1}$$

$$\frac{1}{8}=\frac{5\times nOH_1^-}{8\times V_1}\Rightarrow\frac{nOH_1^-}{V_1}=\frac{1}{5}\,mol.L^{-1}\xrightarrow{M=\frac{n}{V}}[OH_1^-]=0/2mol.L^{-1}\Rightarrow[Ba(OH)_2]=0/1\,mol.L^{-1}$$

$$Ba(OH)_2+H_2SO_4\rightarrow BaSO_4+2H_2O$$

$$?\,g_{\text{محلول}}=100mL\,Ba(OH)_2\times\frac{1\,L\,Ba(OH)_2}{1000mL\,Ba(OH)_2}\times\frac{0/1\,mol\,Ba(OH)_2}{1\,L\,Ba(OH)_2}\times\frac{1\,mol\,H_2SO_4}{1\,mol\,Ba(OH)_2}\times\frac{98g\,H_2SO_4}{1\,mol\,H_2SO_4}\times\frac{100g_{\text{محلول}}}{24/5g\,H_2SO_4}=4g_{\text{محلول}}$$

B ۲۰۹۶ ۴ قسمت اول: pH محلول باریم هیدروکسید را به‌دست می‌آوریم:

$Ba(OH)_2(aq)\rightarrow Ba^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$ $\quad [OH^-]=M.n.\alpha=10^{-3}\times2\times1=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(2\times10^{-3})=3-\log2=3-0/3=2/7\Rightarrow pH+pOH=14\xrightarrow{pOH=2/7}pH=11/3$

با توجه متن سؤال، pH محلول اسید HA برابر $4\,(11/3-7/3)$ است. اکنون با توجه به pH محلول اسید HA، ثابت یونش آن را به‌دست می‌آوریم:

$[H^+]=10^{-pH}=10^{-4}\Rightarrow[H^+]=M.n.\alpha\Rightarrow10^{-4}=(5\times10^{-2})\times1\times\alpha\Rightarrow\alpha=2\times10^{-3}$

$K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{\alpha<0/05}K_a=M\alpha^2=(5\times10^{-2})\times(2\times10^{-3})^2=2\times10^{-7}$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش این اسید با کلسیم کربنات به صورت مقابل است:

$CaCO_3+2HA\rightarrow CaA_2+\underbrace{H_2O+CO_2}_{H_2CO_3}$

روش اول (کسر تبدیل):

$?\,g\,CaCO_3=0/1\,L\,HA_{\text{محلول}}\times\frac{0/05\,mol\,HA}{1\,L\,HA_{\text{محلول}}}\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{2\,mol\,HA}\times\frac{100\,g\,CaCO_3}{1\,mol\,CaCO_3}=0/25\,g\,CaCO_3$

روش دوم (تناسب):

$\frac{\text{جرم }CaCO_3}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول HA}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,g\,CaCO_3}{1\times100}=\frac{0/1\times0/05}{2}\Rightarrow x=0/25\,g\,CaCO_3$

B ۲۰۹۷ ۲ ابتدا تعداد مول یون‌های OH^- و H^+ را به‌دست می‌آوریم:

$HCl:\ M_a.V_a.n_a=0/2\times0/6\times1=0/12\,mol\,H^+\quad,\quad KOH:\ M_b.V_b.n_b=0/5\times0/2\times1=0/1\,mol\,OH^-$

شمار مول H^+ بیشتر است، پس در نهایت H^+ در محلول باقی می‌ماند:

H^+ شمار مول باقی‌ماندهٔ $=H^+$ شمار مول $-OH^-$ شمار مول $=0/12-0/1=0/02\,mol\,H^+$

$[H^+]=\frac{\text{شمار مول }H^+\text{ باقی‌مانده}}{\text{حجم کل}}=\frac{0/02}{0/6+0/2}=25\times10^{-3}\,mol.L^{-1}\quad,\quad pH=-\log[H^+]=-\log(5^2\times10^{-3})=3-2\log5=1/6$

B ۲۰۹۸ ۳ ابتدا تغییر شمار مول‌های یون H^+ را در محلول به‌دست می‌آوریم:

$HCl\begin{cases}pH=1/5\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/5}=3\times10^{-2}\,mol.L^{-1}\\pH=2/7\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-2/7}=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}\end{cases}$

حال غلظت OH^- محلول NaOH را به‌دست می‌آوریم: $NaOH:\ pH=11/3\xrightarrow{pH+pOH=14}pOH=2/7\Rightarrow[OH^-]=10^{-2/7}=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$

چون pH در نهایت به ۲/۷ رسیده و محلول حاصل، هنوز اسیدی است، مقداری اسید در ظرف باقی می‌ماند.

$[H^+]=\frac{(\text{شمار مول اولیهٔ }H^+)-(\text{شمار مول }OH^-\text{ اضافه شده})}{\text{حجم اسید}+\text{حجم باز}}=\frac{(3\times10^{-2}\times400\times1)-(2\times10^{-3}\times V_b\times1)}{400+V_b}=2\times10^{-3}\Rightarrow V_b=2800\,mL$

B ۲۰۹۹ ۳ ابتدا باید غلظت H^+ باقی‌مانده در محلول نهایی را محاسبه کنیم:

$HBr:\ pH=2/4\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-2/4}=4\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$

$Ba(OH)_2:\ pH=11/3\xrightarrow{pH+pOH=14}pOH=2/7\Rightarrow[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-2/7}=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$

$[H^+]_{\text{باقی‌مانده}}=\frac{(\text{شمار مول اولیهٔ }H^+)-(\text{شمار مول }OH^-\text{ اضافه شده})}{\text{حجم اسید}+\text{حجم باز}}=\frac{(4\times10^{-3}\times750)-(2\times10^{-3}\times500)}{500+750}=1/6\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$

اکنون، از رابطهٔ خنثی شدن استفاده می‌کنیم: H^+ باقی‌مانده شمار مول $=M_b.V_b.n_b\Rightarrow1/6\times10^{-3}\times1250\times1=0/32\times V_b\times2\Rightarrow V_b=3/125\,mL$

B ۲۱۰۰ ۴ با توجه به اینکه $V_a=100\,mL$، می‌توان V_b را محاسبه کرد: $100+V_b=5(100)\Rightarrow V_b=400\,mL$

pH محلول اولیه را نیز می‌توان به‌دست آورد:

$[H^+]_{\text{اولیه}}=M_a.n_a=0/1\times1=0/1\Rightarrow pH_1=-\log[H^+]=-\log0/1=1$

$pH_2=2pH_1=2(1)=2\qquad[H^+]_{\text{باقی‌مانده}}=10^{-pH_2}=10^{-2}=0/01\,mol.L^{-1}$

اکنون با داشتن شمار مول یون‌های OH^- و H^+ و غلظت H^+ باقی‌مانده در محلول، می‌توان غلظت باز را محاسبه کرد:

H^+ شمار مول‌های اولیه $=M_a.V_a.n_a=0/1\times0/1\times1=0/01\,(mol)\quad,\quad OH^-$ شمار مول $=M_b.V_b.n_b=M_b\times0/4\times1=0/4M_b\,(mol)$

$[H^+]_{\text{باقی‌مانده}}=\frac{(\text{شمار مول }H^+\text{ اولیه})-(\text{شمار مول }OH^-\text{ اضافه شده})}{\text{حجم اسید}+\text{حجم باز}}\Rightarrow0/01=\frac{0/01-0/4M_b}{0/5}\Rightarrow M_b=0/0125\,mol.L^{-1}$

B ۲۱۰۱ ۳ pH محلول اولیه به‌صورت زیر است:

$Ba(OH)_2:\ [OH^-]=n.M_b=2\times0/02=0/04\,mol.L^{-1}\Rightarrow pOH=-\log[OH^-]=-\log0/04=2-2\log2=1/4$

$pH+pOH=14\Rightarrow pH=14-1/4=12/6$

گفته شـده که pH محلول ۰/۶ واحد تغییر می‌کند و چون اسـید به آن اضافه می‌شـود، غلظت OH^- کاهش و pH نیز کاهش می‌یابد؛ پس غلظت OH^- در محلول نهایی را می‌توان به‌دست آورد:

$$pH_۲ = pH_۱ - ۰/۶ = ۱۲/۶ - ۰/۶ = ۱۲ \Rightarrow pOH = ۱۴ - pH = ۲,\ [OH^-]_{\text{باقی‌مانده}} = ۱۰^{-pOH} = ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

اکنون شمار مول OH^- و H^+ را تعیین می‌کنیم:

$$Ba(OH)_۲ : OH^- \text{ شمار مول} = ۰/۰۲ \times ۲ \times ۰/۲ = ۸ \times ۱۰^{-۳}\ (mol)$$

$$HNO_۳ : pH = ۲ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-pH} = ۰/۰۱\ mol.L^{-۱} \Rightarrow H^+ \text{ شمار مول} = ۰/۰۱\ V_a\ (mol)$$

$$[OH^-]_{\text{باقی‌مانده}} = \frac{(\text{شمار مول } OH^- \text{ اولیه}) - (\text{شمار مول } H^+)}{\text{حجم اسید} + \text{حجم باز}} \Rightarrow ۰/۰۱ = \frac{۸ \times ۱۰^{-۳} - ۰/۰۱\ V_a}{۰/۲ + V_a} \Rightarrow V_a = ۰/۳L = ۳۰۰mL$$

B ۲۱۰۲ ۱ ابتدا دقت کنید که در دمای اتاق $[H^+] \times [OH^-] = ۱۰^{-۱۴}$ و $[H^+] = ۱۰^{-pH}$ است. ظرف (I):

$$[H^+] = M\alpha \Rightarrow ۱۰^{-۳} = M \times ۱ \Rightarrow M = ۱۰^{-۳}$$

$$[H'^+] = \frac{M_۱V_۱ + M_۲V_۲}{V_۱ + V_۲} = \frac{۱۰^{-۳} \times ۱۰^{۳} + ۱۰^{-۱} \times ۱۰}{۱۰۱۰} \simeq ۲ \times ۱۰^{-۳} \Rightarrow pH'_I = ۲/۷ \Rightarrow |\Delta pH_{(I)}| = |۲/۷ - ۳| = ۰/۳$$

ظرف (II): $?\ mol \text{ اسید} = ۱۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{-۱} = ۱۰^{-۳}$

$$pH = ۱۱ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱۱} \Rightarrow [OH^-] = ۱۰^{-۳} \Rightarrow mol\ KOH = ۱۰^{-۳} \times ۱ = ۱۰^{-۳}$$

پس کامل خنثی می‌شود و pH برابر با ۷ می‌شود: $\Delta pH_{(II)} = ۱۱ - ۷ = ۴$. نسبت خواسته شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\Delta pH_{(I)}}{\Delta pH_{(II)}} = \frac{۰/۳}{۴} = ۰/۰۷۵$$

C ۲۱۰۳ ۳ تعداد مول یون‌های OH^- و H^+ را محاسبه می‌کنیم:

$$HA : pH = ۲/۱ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۳/۱} = ۱۰^{-۴+۰/۹} = ۸ \times ۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱}$$

$$B(OH)_۲ : pH = ۱۲/۸ \Rightarrow pOH = ۱۴ - ۱۲/۸ = ۱/۲$$

$$K_a < ۱۰^{-۳} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_a.M_a} \Rightarrow M_a = \frac{[H^+]^۲}{K_a} = \frac{(۸ \times ۱۰^{-۴})^۲}{۵/۱۲ \times ۱۰^{-۴}} = ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-] = ۱۰^{-pOH} = ۱۰^{۱/۲} = ۱۰^{-۲+۰/۵+۰/۳} = ۶ \times ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$M_b = \frac{[OH^-]}{n} = \frac{۶ \times ۱۰^{-۲}}{۲} = ۳ \times ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

تعداد مول OH^- بیشتر است، پس در ظرف، OH^- باقی می‌ماند:

$$[OH^-]_{\text{باقی‌مانده}} = \frac{(\text{شمار مول } OH^- \text{ اولیه}) - (\text{شمار مول } H^+ \text{ اولیه})}{\text{حجم اسید} + \text{حجم باز}} = \frac{(M_b.V_b.n_b) - (M_a.V_a.n_a)}{V_b + V_a}$$

$$= \frac{(۳ \times ۱۰^{-۲} \times ۰/۳ \times ۲) - (۱/۲۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۰/۲ \times ۱)}{۰/۳ + ۰/۲} = ۳/۵۵ \times ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

C ۲۱۰۴ ۳ با مصرف ضد اسید، حجم محتویات معده از ۰/۴ لیتر به ۰/۴۲ لیتر و pH آن از ۳/۳ به ۳/۹ افزایش یافته است.

$$[H^+]_{\text{اولیه}} = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۳/۳} = ۵ \times ۱۰^{-۴}\ mol.L^- \Rightarrow mol\ H^+ = ۵ \times ۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱} \times ۰/۴L = ۲ \times ۱۰^{-۴}\ mol$$

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۳/۹} = ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۴}\ mol.L^- \Rightarrow mol\ H^+ = ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱} \times ۰/۴۲L = ۰/۵۲۵ \times ۱۰^{-۴}\ mol$$

بنابراین طی این واکنش $۱/۴۷۵ \times ۱۰^{-۴}\ mol$ از اسید معده خنثی شده است. حال می‌توان جرم $Al(OH)_۳$ و سپس غلظت ppm آن را به‌دست آورد:

$$۱/۴۷۵ \times ۱۰^{-۴}\ mol\ HCl \times \frac{۱\ mol\ Al(OH)_۳}{۳\ mol\ HCl} \times \frac{۷۸g\ Al(OH)_۳}{۱\ mol\ Al(OH)_۳} = ۳/۸۳۵ \times ۱۰^{-۳}\ g\ Al(OH)_۳$$

محاسبهٔ جرم ضد اسید:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow ۱/۲۵ = \frac{m}{۲۰} \Rightarrow m = ۲۵g$$

محاسبهٔ غلظت ppm $Al(OH)_۳$:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم ضد اسید}} \times ۱۰^۶ = \frac{۳/۸۳۵ \times ۱۰^{-۳}g}{۲۵} \times ۱۰^۶ = ۱۵۳/۴$$

B ۲۱۰۵ ۱ ابتدا غلظت محلول HA پس از افزودن آب را محاسبه می‌کنیم:

$$M_۱V_۱ = M_۲V_۲ \Rightarrow ۴ \times ۲۰۰ = M_۲ \times (۲۰۰ + ۶۰۰) \Rightarrow M_۲ = ۱\ mol.L^{-۱}$$

سپس مولاریتهٔ یون سدیم را که برابر با مولاریتهٔ NaOH است در محلول NaOH محاسبه می‌کنیم:

$$Na^+ \text{ مولاریته} = \frac{\text{چگالی} \times ppm}{\text{جرم مولی} \times ۱۰^۳} = \frac{۹۲۰۰ \times ۱}{۱۰۰۰ \times ۲۳} = ۰/۴ mol.L^{-۱}$$

سدیم هیدروکسید یک باز قوی است و در آن مولاریتهٔ هر کدام از یون‌ها با مولاریتهٔ NaOH برابر است. در ادامه به کمک فرمول زیر، pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{M_a.n_a.V_a - M_b.n_b.V_b}{V_a + V_b} = \frac{(۱ \times ۱ \times ۲۰۰) - (۰/۴ \times ۱ \times ۴۰۰)}{۲۰۰ + ۴۰۰} = \frac{۱}{۱۵}\ mol.L^{-۱}$$

pH محلول نهایی برابر است با:

$$pH = -\log[H^+] = -\log(\frac{۱}{۱۵}) = \log ۱۵ = \log ۳ + \log ۵ = ۰/۵ + ۰/۷ = ۱/۲$$

۲۱۰۶ ۳ برای حل این سؤال کافی است که مقدار مول اسید و بازها را محاسبه کرده و سپس به کمک pH نهایی، حجم نهایی محلول را از حجم هر یک از محلول‌های اولیه کم کرده و حجم آب اضافه‌شده را محاسبه کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} HCl: n(H^+)=۰/۲۵mL\times ۰/۲mol.L^{-۱}=۰/۰۵mol \\ KOH: n(OH^-)=۰/۱L\times ۰/۱mol.L^{-۱}=۰/۰۱mol \\ NaOH: n(OH^-)=۰/۱۵L\times \frac{۴g\ NaOH}{۱L}\times \frac{۱mol\ NaOH}{۴۰g\ NaOH}=۰/۰۱۵mol \end{array}\right\} \Rightarrow n(H^+)=۰/۰۵-(۰/۰۱+۰/۰۱۵)=۰/۰۲۵mol$$

$$[H^+]=\frac{n(H^+)}{V_{نهایی}} \Rightarrow ۱۰^{-pH}=\frac{۰/۰۲۵mol}{V_{نهایی}}=۱۰^{-۱/۷}=۲\times ۱۰^{-۲} \Rightarrow V_{نهایی}=\frac{۰/۰۲۵}{۲\times ۱۰^{-۲}}=۱/۲۵L$$

$$V_{H_۲O}=۱/۲۵-(۰/۲۵+۰/۱+۰/۱۵)=۰/۷۵L=۷۵۰mL$$

۲۱۰۷ ۳ ابتدا تعداد مول OH^- موجود در محلول NaOH و حجم محلول NaOH را به‌دست می‌آوریم:

$$mol\ OH^-=۱۲۰g\ محلول\times \frac{۱۶/۶۷g\ NaOH}{۱۰۰g\ محلول}\times \frac{۱mol\ NaOH}{۴۰g\ NaOH}\times \frac{۱mol\ OH^-}{۱mol\ NaOH}=۰/۵mol\ OH^-$$

$$?L\ (محلول\ سدیم\ هیدروکسید)=۱۲۰g\ محلول\times \frac{۱mL\ محلول}{۱/۲g\ محلول}\times \frac{۱L}{۱۰۰۰mL}=۰/۱L\ (محلول\ سدیم\ هیدروکسید)$$

چون pH محلول نهایی بزرگ‌تر از ۷ است، پس OH^- اضافی در محلول نهایی باقی مانده است که غلظت آن به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$pH_{نهایی}=۱۴ \xrightarrow{pH+pOH=۱۴} pOH_{نهایی}=۰ \Rightarrow [OH^-]_{نهایی}=۱۰^{-pOH}=۱۰^{۰}=۱mol.L^{-۱}$$

سپس تعداد مول H^+ مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$[OH^-]_{نهایی}=\frac{(تعداد\ مول\ OH^-)-(تعداد\ مول\ H^+)}{حجم\ محلول} \Rightarrow ۱=\frac{۰/۵-x}{۰/۱} \Rightarrow x=۰/۴mol\ H^+$$

اکنون درصد خلوص HBr به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$?g\ HBr\ ناخالص=۰/۴mol\ H^+\times \frac{۱mol\ HBr}{۱mol\ H^+}\times \frac{۸۱g\ HBr}{۱mol\ HBr}\times \frac{۱۰۰g\ HBr\ ناخالص}{xg\ HBr\ خالص}=۳۶ \Rightarrow x=٪۹۰$$

۲۱۰۸ ۳ ابتدا تعداد مول اولیهٔ HCl را به‌دست می‌آوریم:

$$pH=-\log[H^+] \Rightarrow [H^+]=۱۰^{-pH} \Rightarrow [H^+]=۱۰^{-۰/۳}=\frac{۱}{۱۰^{۰/۳}}=\frac{۱}{۲}=۰/۵mol.L^{-۱} \Rightarrow [H^+]=۰/۵mol.L^{-۱}$$

$$mol(H^+)=[H^+]\times V=۰/۵\times \frac{۴۰۰}{۱۰۰۰}=۰/۲mol\ H^+$$

مقداری از این $۰/۲mol\ H^+$ یا همان $۰/۲mol\ HCl$ وارد واکنش با کلسیم کربنات می‌شود و بقیه در محلول باقی می‌ماند. با توجه به اطلاعاتی که از محلول باریم هیدروکسید داریم، می‌توانیم تعداد مول H^+ باقی‌مانده در محلول را محاسبه کنیم، ابتدا pH محلول باریم هیدروکسید را به‌دست می‌آوریم:

$$M_{Ba(OH)_۲}=\frac{n(mol)}{V(L)}=\frac{۵/۱۳g\ Ba(OH)_۲\times \frac{۱mol\ Ba(OH)_۲}{۱۷۱g\ Ba(OH)_۲}}{۱L}=۰/۰۳mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-]=n.M_{Ba(OH)_۲}=۲\times ۰/۰۳=۰/۰۶mol.L^{-۱} \Rightarrow pOH=-\log[OH^-]=-\log(۶\times ۱۰^{-۲})=۲-۰/۳-۰/۵=۱/۲$$

$$\Rightarrow pH_{Ba(OH)_۲\ محلول}=۱۴-۱/۲=۱۲/۸$$

$$\frac{pH_{HCl\ باقی‌مانده}}{pH_{Ba(OH)_۲}}=\frac{۱}{۱۶} \Rightarrow \frac{x}{۱۲/۸}=\frac{۱}{۱۶} \Rightarrow x=۰/۸$$

$$۰/۸=-\log[H^+]_{باقی‌مانده} \Rightarrow [H^+]=۱۰^{-۰/۸}=۱۰^{-۲}\times ۱۰^{۰/۲}=۱۰^{-۲}\times (۱۰^{۰/۳})^۴=۱۶\times ۱۰^{-۲}mol.L^{-۱},\ mol(H^+)_{باقی‌مانده}=۱۶\times ۱۰^{-۲}\times ۰/۴=۰/۰۶۴mol$$

در نتیجه $(۰/۲-۰/۰۶۴)=۰/۱۳۶mol$ محلول HCl با کلسیم کربنات واکنش می‌دهد. معادلهٔ این واکنش به صورت زیر می‌باشد:

$$۲HCl+CaCO_۳ \rightarrow CaCl_۲+H_۲O+CO_۲,\quad ۲۰g\ CaCO_۳\ ناخالص\times \frac{P}{۱۰۰}\times \frac{۱mol\ CaCO_۳}{۱۰۰g\ CaCO_۳}\times \frac{۲mol\ HCl}{۱mol\ CaCO_۳}=۰/۱۳۶mol\ HCl \Rightarrow P=٪۳۴$$

۲۱۰۹ ۱ ابتدا باید غلظت اولیهٔ نیتریک اسید را محاسبه کنیم:

$$M=\frac{۱۰\times a\times d}{جرم\ مولی}=\frac{۱۰\times ۰/۱۸\times ۱/۰۵}{۶۳}=۰/۰۳mol.L^{-۱}$$

شمار مول اولیهٔ $HNO_۳$ برابر است با:

$$مول=غلظت\ مولی\times حجم=۵\times ۰/۰۳=۰/۱۵mol$$

معادلهٔ واکنش انجام شده به صورت $2Li+2HNO_3 \rightarrow 2LiNO_3+H_2$ است. باید شمار مول‌های HNO_3 مصرف شده و بعد از آن غلظت HNO_3 باقی‌مانده را محاسبه کنیم:

$$?\,mol\,HNO_3 = 3/5\,Li\,\text{ناخالص} \times \frac{25g\,Li\,\text{خالص}}{100g\,Li\,\text{ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,Li}{7g\,Li} \times \frac{2\,mol\,HNO_3}{2\,mol\,Li} = 0/125\,mol\,HNO_3$$

$$\text{شمار مول‌های } HNO_3 \text{ باقی‌مانده} = 0/15 - 0/125 = 0/025\,mol, \quad \text{غلظت } HNO_3 \text{ باقی‌مانده} = \frac{\text{مول باقی‌مانده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0/025}{5} = 0/005\,mol.L^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(5\times10^{-3}) = -(-3+0/7) = 2/3$$

قسمت دوم: باید مول H^+ و مول OH^- را در محلول نهایی محاسبه کنیم:

$$\text{مول } H^+ \text{ باقی‌مانده} = 25\times10^{-3}\,mol$$

محلول نهایی خاصیت بازی دارد. $\Rightarrow mol(OH^-) > mol(H^+)$

$$\text{مول } OH^- = 1/6g\,NaOH \times \frac{1\,mol\,NaOH}{40g\,NaOH} \times \frac{1\,mol\,OH^-}{1\,mol\,NaOH} = 0/04\,mol\,OH^-$$

$$[OH^-] = \frac{mol\,OH^- - mol\,H^+}{V} = \frac{40\times10^{-3} - 25\times10^{-3}}{5} = 3\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(3\times10^{-3}) = -(-3+0/5) = 2/5 \qquad pH = 14 - pOH = 14 - 2/5 = 11/5$$

C ۲۱۱۰ ۳ در مرحلهٔ اول، با استفاده از pH محلول نهایی، غلظت و مول H^+ موجود را محاسبه می‌کنیم:

$$pH = 1/5 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/5} = 10^{-2}\times10^{+0/5} = 3\times10^{-2}\,mol.L^{-1}, \quad \text{مول } H^+ \text{ در محلول نهایی} = 3\times10^{-2}\times\underbrace{(40+10)}_{\text{حجم محلول سود}}\times10^{-3} = 15\times10^{-4}\,mol$$

می‌دانیم H^+ موجود در محلول نهایی همان مقدار H^+ باقی‌مانده در فرایند خنثی شدن OH^- اضافه شده با H^+ موجود در محلول اولیه است:

محلول سدیم هیدروکسید
- $pH = 12 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH = 2 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-2}\,mol.L^{-1}$
- مول OH^- اضافه شده $= 10^{-2}\times\underbrace{10\times10^{-3}}_{\text{حجم محلول سود}} = 10^{-4}\,mol$

$$\text{مول } H^+ \text{ نهایی} = \text{مول } H^+ \text{ اولیه} - \text{مول } OH^- \text{ اضافه شده} \Rightarrow 15\times10^{-4} = \text{مول } H^+ \text{ اولیه} - 10^{-4} \Rightarrow \text{مول } H^+ \text{ اولیه} = 16\times10^{-4}\,mol$$

در این مرحله مول H^+ در ۴۰ میلی‌لیتر از ۲۰۰ میلی‌لیتر رقیق شده را به دست آوردیم، پس می‌توان گفت غلظت اسید بعد از رقیق شدن برابر $\frac{16\times10^{-4}}{40\times10^{-3}}$ یعنی ۰/۰۴ مولار است.

$$\underbrace{(MV)_{\text{غلیظ}}}_{\text{مول اسید}} = (MV)_{\text{رقیق}} \Rightarrow \text{مول اسید در محلول غلیظ} = 0/04\times0/2 = 8\times10^{-3}\,mol$$

$$\text{تعداد ذرات اسید در محلول غلیظ} = \text{مول}\times N_A = 8\times10^{-3}\times6/02\times10^{23} = 4/816\times10^{21}\,\text{ذره}$$

C ۲۱۱۱ ۴ ابتدا غلظت مولی محلول HNO_3 را محاسبه می‌کنیم:

$$M_{HNO_3} = [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/7} = 10^{-2}\times10^{0/3} = 2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

سپس غلظت مولی محلول HCl را به دست می‌آوریم:

$$\text{مولاریته } HCl = \frac{\text{درصد جرمی}\times\text{چگالی}\times10}{\text{جرم مولی}} = \frac{10\times3/65\times1/2}{36/5} = 1/2\,mol.L^{-1}$$

سپس با توجه به گزینه‌ها که pH نهایی همهٔ آن‌ها بزرگ‌تر از ۷ است می‌توان نتیجه گرفت که محلول نهایی خاصیت بازی دارد؛ پس از فرمول خنثی شدن ناقص زیر استفاده می‌کنیم:

$$[OH^-]_{\text{نهایی}} = \frac{(M_b.n_b.V_b) - (M_{a_1}.n_{a_1}.V_{a_1} + M_{a_2}.n_{a_2}.V_{a_2})}{V_b + V_{a_1} + V_{a_2}} = \frac{(2/5\times1\times20) - (2\times10^{-2}\times1\times450 + 30\times1\times1/2)}{20+450+30} = 10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

pH محلول نهایی برابر است با:

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log10^{-2} = 2 \Rightarrow pH = 14 - pOH = 14 - 2 = 12$$

پاسخ تشریحی — شیمی ۳: فصل دوم

A ۲۱۱۲ ۳ به درسنامه رجوع کنید.

A ۲۱۱۳ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت (ت):** تأمین انرژی (باتری‌ها، سلول سوختی و سوخت آن‌ها)، تولید مواد (مانند برقکافت و آبکاری) و اندازه‌گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فراورده) برخی از قلمروهای علم الکتروشیمی هستند. دقت کنید که آبکافت در حوزهٔ علم الکتروشیمی قرار ندارد.

A ۲۱۱۴ ۳ تأمین انرژی الکتریکی برای دستگاه تنظیم‌کنندهٔ ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام‌های مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانهٔ قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): باتری یکی از فراورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتریسیته تولید می‌کند. گزینهٔ (۲): در باتری‌ها، با انجام واکنش‌های شیمیایی، **بخشی از** (نه همه!) انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. گزینهٔ (۴): کسب اطمینان از کیفیت تولید فراورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و ... در گرو بهره‌گیری از دانش الکتروشیمی است.

A ۲۱۱۵ ۲ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت (پ):** در چراغ‌های خورشیدی از باتری‌های قابل شارژ استفاده می‌کنند.

B ۲۱۱۶ ۱ به‌جز عبارت سوم، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت سوم:** با استفاده از یک تیغهٔ مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ LED را روشن کرد. دقت کنید برای ساخت باتری، باید از دو تیغهٔ فلزی با جنس‌های متفاوت استفاده کرد.

۲۱۱۷ ۴ در واکنش‌های انحلال اکسیدها در آب و خنثی شدن اسیدها و بازها، مبادلهٔ الکترون میان گونه‌ها صورت نمی‌گیرد؛ بنابراین این واکنش‌ها از نوع اکسایش - کاهش نیستند.

۲۱۱۸ ۴ در یک واکنش اکسایش - کاهش، گونه‌های اکسایش و کاهش یافته، در اثر انتقال الکترون، **معمولاً** به آرایش هشت‌تایی پایدار گاز نجیب می‌رسند.

* **توجه** هیدروژن، لیتیم و اغلب فلزهای واسطه در اثر انتقال الکترون، به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند.

۲۱۱۹ ۱ فقط مورد (پ) درست است. در شکل داده شده، گوی سمت چپ الکترون از دست داده و اکسایش می‌یابد؛ در واکنش مورد (پ) نیز، عنصر آهن با از دست دادن الکترون، اکسایش می‌یابد و تبدیل به کاتیون آهن (II) می‌شود. **بررسی سایر واکنش‌ها:** واکنش‌های (الف) و (ت): در هر دو این گزینه‌ها عنصر آهن با جذب الکترون از دیگر واکنش‌دهنده، کاهش می‌یابد. واکنش (ب): در این واکنش، عنصر آهن نه الکترون جذب کرده و نه از دست داده است.

۲۱۲۰ ۱ در یک واکنش اکسایش - کاهش، به گونهٔ دهندهٔ الکترون کاهنده و به گونهٔ گیرنده، اکسنده می‌گویند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): گونهٔ کاهنده با از دست دادن الکترون، اکسید می‌شود. گزینهٔ (۳): مادهٔ اکسنده با گرفتن الکترون از گونهٔ کاهنده، موجب مثبت‌تر شدن بار آن می‌شود. گزینهٔ (۴): اغلب فلزها در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون خود را به نافلزها داده و ضمن اکسایش به کاتیون تبدیل شوند. نافلزها نیز با گرفتن یک یا چند الکترون کاهش یافته و به آنیون تبدیل می‌شوند. از این‌رو فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

۲۱۲۱ ۴ نقش گونهٔ نوشته شده در موارد (ب) و (ث) نادرست است. **بررسی موارد:** مورد (الف): در این واکنش فلز پتاسیم الکترون از دست داده و باعث کاهش یون سدیم شده است، پس نقش فلز پتاسیم در این واکنش کاهنده است. مورد (ب): در این واکنش، یون آهن (III) با گرفتن الکترون کاهش یافته است و به همین علت نقش اکسنده را بر عهده دارد. مورد (پ): در این واکنش نیز فلز پتاسیم با از دست دادن الکترون و تشکیل یون پتاسیم در نقش کاهنده ظاهر شده است و یون منیزیم با جذب الکترون نقش اکسنده را دارد. مورد (ت): در این واکنش یون آهن (III) نقش اکسنده و فلز آهن نقش کاهنده را دارد. مورد (ث): در این واکنش یون H^+ نقش اکسنده و Mg نقش کاهنده را دارد.

۲۱۲۲ ۳ موارد (ب) و (ت) جاهای خالی موجود در عبارت سؤال را به‌درستی تکمیل می‌کنند. در نیم‌واکنش کاهش، عنصر اکسنده، الکترون جذب کرده و کاهش می‌یابد؛ همچنین در نیم‌واکنش اکسایش، عنصر کاهنده، الکترون از دست داده و اکسید می‌شود.

۲۱۲۳ ۲ عبارت‌های سوم و پنجم نادرست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: نیم‌واکنش‌های اکسایش - کاهش باید هم از نظر جرم و هم از نظر بار الکتریکی موازنه باشند. مورد دوم: در نیم‌واکنش کاهش، گونه‌ای که الکترون می‌گیرد و کاهش می‌یابد گونهٔ اکسنده و در نیم‌واکنش اکسایش گونه‌ای که الکترون از دست داده و اکسید می‌شود گونهٔ کاهنده است. مورد سوم: در نیم‌واکنش اکسایش، گونه‌ای اکسید شده و الکترون تولید می‌کند و در نیم‌واکنش کاهش، گونه‌ای کاهش یافته و الکترون را مصرف می‌کند. مورد چهارم: وجود الکترون در یک معادله، نشان‌دهندهٔ یک نیم‌واکنش است. در واکنش کلی الکترون‌ها ساده شده و حذف می‌شوند. مورد پنجم: در واکنش‌های اکسایش - کاهش، نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش به‌طور همزمان انجام می‌شوند.

۲۱۲۴ ۴

نکته‌ترکیبی **محاسبهٔ شمار الکترون‌های مبادله شده در واکنش:** برای محاسبهٔ شمار الکترون‌های مبادله شده در اثر تشکیل یک مول ترکیب یونی، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

زیروند آنیون × اندازهٔ بار آنیون = زیروند کاتیون × بار کاتیون = شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول ترکیب

واکنش تشکیل منیزیم نیترید به‌صورت روبه‌رو است: $3Mg(s)+N_2(g)\rightarrow Mg_3N_2(s)$

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول ترکیب $=2\times1\times3=6N_A$

$$0/6\,mol\,Mg_3N_2\times\frac{6\,mol\,e^-}{1\,mol\,Mg_3N_2}\times\frac{N_A\,e^-}{1\,mol\,e^-}=3/6\,N_A\,e^-\xrightarrow{\text{تعداد }e^-\text{های واکنش مورد نظر}}0/2\times3/6=0/72\,N_A\,e^-$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): $2Cu(s)+S(s)\rightarrow Cu_2S(s)$

$$0/4\,mol\,Cu_2S\times\frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Cu_2S}\times\frac{N_A\,e^-}{1\,mol\,e^-}=0/8N_A\,e^-$$

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول ترکیب $=1\times1\times2=2N_A$

گزینهٔ (۲): $2Na(s)+Br_2(l)\rightarrow 2NaBr(s)$

$$0/5\,mol\,NaBr\times\frac{2\,mol\,e^-}{2\,mol\,NaBr}\times\frac{N_A\,e^-}{1\,mol\,e^-}=0/5N_A\,e^-$$

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل دو مول ترکیب $=2\times1\times1=2N_A$

گزینهٔ (۳): $6Ca(s)+P_4(s)\rightarrow 2Ca_3P_2(s)$

$$0/1\,mol\,Ca_3P_2\times\frac{12\,mol\,e^-}{2\,mol\,Ca_3P_2}\times\frac{N_A\,e^-}{1\,mol\,e^-}=0/6N_A\,e^-$$

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل دو مول ترکیب $=2\times2\times3=12N_A$

گزینهٔ (۴): $2Cr(s)+3Cl_2(g)\rightarrow 2CrCl_3(s)$

$$0/24\,mol\,CrCl_3\times\frac{6\,mol\,e^-}{2\,mol\,CrCl_3}\times\frac{N_A\,e^-}{1\,mol\,e^-}=0/72N_A\,e^-$$

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل دو مول ترکیب $=3\times1\times2=6N_A$

۲۱۲۵ ۳ به جز عبارت دوم، بقیهٔ عبارت‌ها درست هستند. آرایش الکترونی A و B به صورت زیر است:

$B:1s^2/2s^2\,2p^6/3s^2\Rightarrow$ عنصر B همان منیزیم $(_{12}Mg)$ است. $A:1s^2/2s^2\,2p^6/3s^2\,3p^6\,3d^{10}/4s^2\,4p^5\Rightarrow$ عنصر A همان برم $(_{35}Br)$ است.

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: A همان برم $(_{35}Br)$ است که در گروه ۱۷ و دوره چهارم جدول تناوبی قرار دارد. می‌دانیم که هالوژن‌ها با گرفتن یک الکترون به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسند. عبارت دوم: B همان منیزیم $(_{12}Mg)$ است که یک کاهندهٔ قوی به شمار می‌آید و در واکنش با برم (Br) الکترون از دست داده و اکسید می‌شود.

عبارت سوم: عنصر A همان برم (Br) است که در لایهٔ ظرفیت خود دارای ۷ الکترون است و هر اتم آن با گرفتن یک الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب می‌رسد:

$$Br + e^- \rightarrow Br^-$$

عبارت چهارم: واکنش کلی و نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش آن به صورت مقابل است:

نیم‌واکنش اکسایش: $Mg \rightarrow 2e^- + Mg^{2+}$

نیم‌واکنش کاهش: $Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$

واکنش کلی: $Mg + Br_2 \rightarrow MgBr_2$

باتوجه به معادلهٔ نیم‌واکنش‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که به ازای مبادلهٔ دو مول الکترون میان گونه‌ها، یک مول ترکیب یونی $MgBr_2$ تولید می‌شود.

B ۲۱۲۶ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اکسیژن در این واکنش نقش اکسنده را دارد. گزینهٔ (۲): پلاتین برخلاف فلز آهن با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. گزینهٔ (۳): در زیر لایهٔ ۳d اتم آهن، ۶ الکترون یافت می‌شود. گزینهٔ (۴): عدد اکسایش گونهٔ اکسیژن در این واکنش کاهش می‌یابد.

B ۲۱۲۷ ۴ معادلهٔ واکنش سوختن منیزیم در گاز اکسیژن به‌صورت مقابل است:

$$2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$$

$$\text{تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به ازای یک مول گاز اکسیژن} = 2 \times 1 \times 2 = 4\ mol\ e^- \ ,\ 4/8\ g\ O_2 \times \frac{1\ mol\ O_2}{32\ g\ O_2} \times \frac{4\ mol\ e^-}{1\ mol\ O_2} \times \frac{6/02 \times 10^{23}\ e^-}{1\ mol\ e^-} = 36/12 \times 10^{22}\ e^-$$

بررسی گزینهٔ (۱): منیزیم و اکسیژن، به‌ترتیب به‌عنوان گونه‌های اکسایش و کاهش یافته در این واکنش، به‌ترتیب با از دست دادن و گرفتن دو الکترون، به آرایش گاز نجیب دورهٔ دوم $(_{10}Ne)$ می‌رسند.

C ۲۱۲۸ ۲ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. اتمی که در لایهٔ سوم خود دارای ۱۴ الکترون می‌باشد، اتم آهن است، زیرا آرایش الکترونی این عنصر به‌صورت مقابل خواهد بود:

$$A: 1s^2/2s^2 2p^6/\underbrace{3s^2 3p^6 3d^6}_{\text{۱۴ الکترون}}/4s^2$$

از طرفی اتم B می‌بایست اتم فلوئور باشد، زیرا این عنصر در لایهٔ دوم خود ۷ الکترون داشته و در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای قرار دارد:

$$B: 1s^2/\underbrace{2s^2 2p^5}_{\text{۷ الکترون}}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصر آهن دارای دو یون پایدار Fe^{2+} و Fe^{3+} می‌باشد. عنصر فلوئور نیز دارای یون پایدار F^- می‌باشد؛ بنابراین این دو عنصر در واکنش با یکدیگر می‌توانند دو ترکیب FeF_2 و FeF_3 را تولید کنند. عبارت (ب): در هر دو ترکیب ممکن، از آنجا که عنصر آهن (A) الکترون از دست می‌دهد، عنصر کاهنده خواهد بود. عبارت‌های (پ) و (ت): معادلهٔ تولید AB_2 به صورت زیر است:

$$A + 2B \xrightarrow{2e} AB_2$$

طی واکنش، با انتقال الکترون از A به B، A اکسایش و B کاهش یافته‌اند. عبارت (ث): عنصر A همان آهن است. آهن فراوان‌ترین عنصر کرهٔ زمین است و در طبیعت به‌طور عمده به صورت اکسید FeO و Fe_2O_3 یافت می‌شود.

A ۲۱۲۹ ۴ به دلیل اینکه جرم مولی مس که جایگزین روی می‌شود کمتر از جرم مولی روی است، جرم تیغه کاهش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): معادلهٔ کلی واکنش با جمع بستن نیم‌واکنش‌ها به‌دست می‌آید:

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s) + ZnSO_4(aq)$$

گزینهٔ (۲): قدرت الکترون‌دهندگی فلز روی از فلز مس بیشتر است. به همین دلیل، فلز روی با از دست دادن الکترون و تبدیل شدن به کاتیون وارد محلول می‌شود. گزینهٔ (۳): فلز روی با از دست دادن الکترون اکسید می‌شود (کاهنده) و کاتیون مس در مس (II) سولفات با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد (اکسنده) و یون‌های سولفات بدون تغییر باقی می‌مانند.

B ۲۱۳۰ ۲ شکل داده شده، واکنش میان فلز روی و محلول هیدروکلریک اسید می‌باشد. در این واکنش یون هیدروژن (هیدروکلریک اسید) اکسنده و فلز روی کاهنده می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. گزینهٔ (۳): فراوردهٔ گازی شکل واکنش هیدروکلریک اسید و فلز روی، هیدروژن می‌باشد. این گاز در واکنش فلز سدیم با آب نیز تولید می‌شود. گزینهٔ (۴): معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت $Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$ می‌باشد.

B ۲۱۳۱ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. در واکنش میان فلز روی و محلول هیدروکلریک اسید، اتم‌های روی الکترون از دست داده، اکسایش می‌یابند و سبب کاهش یون‌های هیدروژن می‌شوند، از این‌رو اتم‌های روی نقش کاهنده را دارند در حالی‌که یون‌های هیدروژن، الکترون به‌دست آورده، کاهش می‌یابند و سبب اکسایش فلز روی می‌شوند، از این‌رو یون‌های هیدروژن نقش اکسنده را دارند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فلز منیزیم نیز در واکنش با عنصر گوگرد الکترون از دست داده و اکسایش می‌یابد. عبارت (ب): یون Fe^{3+} نیز در واکنش بیان شده با جذب الکترون کاهش یافته و نقش اکسنده را دارد. عبارت (پ): در بالا شرح داده شده است. عبارت (ت): فرایند آب‌پوشی یون‌ها و انحلال آن‌ها در محلول باعث آزاد شدن گرما و بهبود فرایند واکنش می‌شود. عبارت (ث): طی واکنش، اتم‌های روی $(_{30}Zn)$ با از دست دادن ۲ الکترون به یون روی $(_{30}Zn^{2+})$ تبدیل می‌شوند. آرایش الکترونی $_{30}Zn^{2+}$ به‌صورت مقابل است: $_{30}Zn^{2+}: 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6 3d^{10}$

در این یون، همهٔ لایه‌ها و زیرلایه‌های حاوی الکترون، پر شده هستند.

B ۲۱۳۲ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده به صورت زیر است:

$$I)\ 2Fe^{3+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow 2Fe^{2+}(aq) + Sn^{4+}(aq) \qquad II)\ Cr(s) + 3Fe^{3+}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + 3Fe^{2+}(aq)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گونه‌های Sn^{2+} در واکنش (I) و Cr در واکنش (II) نقش کاهنده دارند و ضرایب استوکیومتری آن‌ها یکسان و برابر یک است. عبارت (ب): در واکنش (I)، Fe^{3+} گونهٔ اکسنده است و ضریب آن دو برابر گونهٔ کاهنده در واکنش (II)، یعنی Cr می‌باشد. عبارت (پ): مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (II) برابر ۴ و مجموع ضرایب فراورده‌ها در واکنش (I) برابر ۳ است. عبارت (ت): گونهٔ اکسنده در هر دو واکنش (I) و (II)، Fe^{3+} بوده که ضریب آن به ترتیب ۲ و ۳ است؛ پس مجموع ضریب استوکیومتری آن‌ها برابر ۵ است.

B ۲۱۳۳ ۳ ابتدا معادلهٔ واکنش هر گزینه را موازنه می‌کنیم: **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد: ۶ $2Fe^{3+}(aq)+Sn^{2+}(aq)\rightarrow 2Fe^{2+}(aq)+Sn^{4+}(aq)$

گزینهٔ (۲): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد: ۷ $2Fe^{2+}(aq)+Cl_2(g)\rightarrow 2Fe^{3+}(aq)+2Cl^-(aq)$

گزینهٔ (۳): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد: ۱۳ $6I^-(aq)+2Au^{3+}(aq)\rightarrow 2Au(s)+3I_2(s)$

گزینهٔ (۴): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد: ۸ $Al(s)+3Fe^{3+}(aq)\rightarrow Al^{3+}(aq)+3Fe^{2+}(aq)$

بنابراین مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش مربوط به گزینهٔ (۳)، از سایرین بزرگ‌تر است.

B ۲۱۳۴ ۴ ابتدا نیم‌واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم و با برابر کردن ضریب e^- و جمع کردن نیم‌واکنش‌ها به واکنش کلی می‌رسیم:

نیم‌واکنش اکسایش: $6Fe^{2+}(aq)\rightarrow 6Fe^{3+}(aq)+6e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $Cr_2O_7^{2-}(aq)+14H^+(aq)+6e^-\rightarrow 2Cr^{3+}(aq)+7H_2O(l)$

واکنش نهایی: $Cr_2O_7^{2-}(aq)+6Fe^{2+}(aq)+14H^+(aq)\rightarrow 2Cr^{3+}(aq)+6Fe^{3+}(aq)+7H_2O(l)$

بر اساس نیم‌واکنش‌ها گونهٔ اکسنده $Cr_2O_7^{2-}$ و گونهٔ کاهنده Fe^{2+} است. مجموع ضرایب استوکیومتری کاتیون‌های واکنش‌دهنده ۲۰ و مجموع ضرایب استوکیومتری کاتیون‌های فراورده ۸ است پس: $\frac{8}{20}=0/4$

B ۲۱۳۵ ۴ در واکنش (I) ابتدا اکسیژن و سپس منگنز و هیدروژن را موازنه کرده و در نهایت بار الکتریکی را موازنه می‌کنیم:

$$MnO_4^-+8H^++5I^-\rightarrow Mn^{2+}+\frac{5}{2}I_2+4H_2O$$

بار الکتریکی در دو سمت واکنش برابر (۲+) است. برای از بین بردن ضریب استوکیومتری کسری، کل واکنش را در ۲ ضرب می‌کنیم:

$$2MnO_4^-+16H^++10I^-\rightarrow 2Mn^{2+}+5I_2+8H_2O$$

مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد برابر ۴۳ است. برای موازنهٔ واکنش (II) از روش پارامترگیری استفاده می‌کنیم. ابتدا Mn را به‌عنوان عنصر آغازگر موازنه می‌کنیم و سپس ضریب سایر مواد را به‌صورت پارامتری در نظر می‌گیریم: $(1)\ MnO_4^-+aH_2C_2O_4+bH^+\rightarrow (1)\ Mn^{2+}+cCO_2+dH_2O$

می‌دانیم تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله باید برابر باشد؛ در ضمن بار الکتریکی دو طرف معادله نیز باید برابر باشد. حال برای از بین بردن ضریب کسری، تمام ضرایب را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:

موازنهٔ بار: $-1+b=2\Rightarrow b=3,\ O:4+4a=2c+d\xrightarrow{2a=c}d=4,\ H:2a+b=2d\xrightarrow{d=4,\ b=3}a=\frac{5}{2},\ C:2a=c\xrightarrow{a=\frac{5}{2}}c=5$

$$2MnO_4^-+5H_2C_2O_4+6H^+\rightarrow 2Mn^{2+}+10CO_2+8H_2O$$

مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد برابر ۳۳ است. اختلاف مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد در واکنش‌های (I) و (II) برابر ۱۰ است.

B ۲۱۳۶ ۱ واکنش‌پذیری و قدرت کاهندگی فلز روی بیشتر از مس است؛ در نتیجه ضمن قرار دادن تیغه‌ای از جنس فلز روی در محلول حاوی یون‌های مس (II) واکنش مقابل انجام می‌شود: $Zn(s)+Cu^{2+}(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+Cu(s)\sim 2e^-$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در این واکنش، یون‌های Cu^{2+} الکترون می‌گیرند و نقش اکسندگی دارند. عبارت (ب): با توجه به اینکه واکنش به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود، می‌توان گفت که فراورده‌های واکنش پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. عبارت (پ): یون‌های Cu^{2+} عامل ایجاد رنگ آبی محلول هستند. با توجه به اینکه این یون‌ها در واکنش مصرف می‌شوند، می‌توان گفت به تدریج از رنگ آبی محلول کاسته می‌شود. عبارت (ت): به ازای مصرف هر مول روی، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. با توجه به اینکه اتم‌های مس تشکیل شده بر روی تیغه قرار نمی‌گیرند، تغییر جرم تیغه، فقط به جدا شدن اتم‌های Zn از تیغهٔ روی وابسته است:

$$?\,g\,Zn=1/204\times10^{23}e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}e^-}\times\frac{1\,mol\,Zn}{2\,mol\,e^-}\times\frac{65\,g\,Zn}{1\,mol\,Zn}=6/5\,g\,Zn$$

عبارت (ث): معادلهٔ واکنش روی با یون‌های هیدرونیوم محلول هیدروکلریک اسید به صورت مقابل است: $Zn(s)+2H^+(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+H_2(g)$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، Zn در هر دو واکنش الکترون می‌دهد و نقش کاهندگی دارد.

B ۲۱۳۷ ۳ وقتی که فنر از جنس مس را وارد محلول حاوی یون‌های نقره می‌کنیم، واکنش مقابل رخ می‌دهد:

$$Cu(s)+2Ag^+(aq)\rightarrow Cu^{2+}(aq)+2Ag(s)\sim 2e^-$$

قسمت اول: بر اساس این واکنش، هر جرمی از مس که وارد واکنش می‌شود، از جرم فنر کاسته می‌شود و در ازای آن مقداری فلز نقره بر روی فنر رسوب می‌کند؛ بنابراین تغییر جرم فنر برابر است با: جرم مس − جرم نقره = تغییرات جرم فنر

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Cu=6/02\times10^{21}e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}e^-}\times\frac{1\,mol\,Cu}{2\,mol\,e^-}\times\frac{63/5\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu}=0/3175\,g\,Zn$$

$$?\,g\,Ag=6/02\times10^{21}e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}e^-}\times\frac{1\,mol\,Ag}{1\,mol\,e^-}\times\frac{108\,g\,Ag}{1\,mol\,Ag}=1/08\,g\,Ag$$

پس جرم فنر $0/762\,g$ $(1/08-0/3175)$ افزایش می‌یابد.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{شمار الکترون‌ها}}{\text{ضریب}\times N_A}=\frac{\text{جرم مس}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم Ag}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۱}}{۲\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}=\frac{X\,g\,Cu}{۱\times۶۳/۵}=\frac{Y\,g\,Ag}{۲\times۱۰۸}\Rightarrow X=۰/۳۱۷۵g\,Cu\,,\,Y=۱/۰۸g\,Ag$$

پس جرم فنر، $۰/۷۶۲g$ ($۱/۰۸-۰/۳۱۷۵$) افزایش می‌یابد.

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول $Cu^{۲+}$ که وارد محلول شده را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Cu^{۲+}=۶/۰۲\times۱۰^{۲۱}e^-\times\frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}\times\frac{۱\,mol\,Cu}{۲mol\,e^-}\times\frac{۱\,mol\,Cu^{۲+}}{۱\,mol\,Cu}=۰/۰۰۵mol\,Cu^{۲+}$$

$$\text{غلظت مولی}\,Cu^{۲+}=\frac{\text{شمار مول‌های}\,Cu^{۲+}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{۰/۰۰۵\,(mol)}{۰/۲\,(L)}=۰/۰۲۵mol.L^{-۱}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{شمار الکترون‌ها}}{\text{ضریب}\times N_A}=\frac{\text{غلظت}\,Cu^{۲+}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۱}}{۲\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}=\frac{۰/۲\times M}{۱}\Rightarrow M=۰/۰۲۵mol.L^{-۱}$$

B ۲۱۳۸ ۲ از میان فلزهای روی و مس، تنها فلز روی می‌تواند با محلول هیدروکلریک اسید وارد واکنش شود. بنابراین ابتدا جرم فلز روی را به دست می‌آوریم:

$$Zn(s)+۲HCl(aq)\rightarrow ZnCl_۲(aq)+H_۲(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$۵۰۰mL\,HCl\,\text{محلول}\times\frac{۱\,L\,HCl}{۱۰۰۰\,mL\,HCl\,\text{محلول}}\times\frac{۲mol\,HCl}{۱\,LHCl\,\text{محلول}}\times\frac{۱\,mol\,Zn}{۲mol\,HCl}\times\frac{۶۵g\,Zn}{۱\,mol\,Zn}=۳۲/۵g\,Zn$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{حجم}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم روی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\rightarrow\frac{۰/۵\times۲}{۲}=\frac{x}{۶۵}\rightarrow x=۳۲/۵g\,Zn$$

با توجه به جرم فلز روی، جرم فلز مس در این آلیاژ برابر $۱۹/۳\,g$ ($۵۱/۸-۳۲/۵$) است و اختلاف جرم روی و مس در این آلیاژ برابر $۱۳/۲g$ ($۳۲/۵-۱۹/۳$) می‌باشد.

برای محاسبهٔ تعداد الکترون‌های مبادله شده، می‌توان نوشت:

$$?\,e^-=۵۰۰ml\,HCl\,\text{محلول}\times\frac{۱\,LHCl\,\text{محلول}}{۱۰۰۰\,mL\,HCl\,\text{محلول}}\times\frac{۲mol\,HCl}{۱\,LHCl\,\text{محلول}}\times\frac{۲mol\,e^-}{۲mol\,HCl}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}{۱\,mol\,e^-}=۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-$$

C ۲۱۳۹ ۲ اگر تیغه‌ای از جنس نیکل درون محلول نقره نیترات وارد شود، واکنش زیر رخ می‌دهد:

نیم‌واکنش اکسایش: $Ni(s)\rightarrow Ni^{۲+}(aq)+۲e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $۲Ag^+(aq)+۲e^-\rightarrow ۲Ag(s)$

واکنش کلی: $۲Ag^+(aq)+Ni(s)\rightarrow ۲Ag(s)+Ni^{۲+}(aq)$

از جرم تیغهٔ نیکل به دلیل فرایند اکسایش کم می‌شود. همچنین بر اساس صورت سؤال ۱۰ درصد نقرهٔ جامد حاصل شده بر روی تیغهٔ نیکل می‌نشیند. حال تغییر جرم تیغه را محاسبه می‌کنیم:

جرم نیکل کاسته شده: $?\,g\,Ni=۹/۰۳\times۱۰^{۲۲}e^-\times\frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}\times\frac{۱\,mol\,Ni}{۲mol\,e^-}\times\frac{۵۹g\,Ni}{۱\,mol\,Ni}=۴/۴۲۵g\,Ni$

نقره نشسته روی تیغه: $?\,g\,Ag=۹/۰۳\times۱۰^{۲۲}e^-\times\frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}\times\frac{۲mol\,Ag}{۲mol\,e^-}\times\frac{۱۰۸g\,Ag}{۱\,mol\,Ag}=۱۶/۲g\,Ag\times\frac{۱۰}{۱۰۰}=۱/۶۲g\,Ag$

کاهش جرم تیغه: $۴/۴۲۵-۱/۶۲=۲/۸۰۵g\Rightarrow$

C ۲۱۴۰ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده به صورت زیر است:

$$I)\ ۲Al(s)+۳Cu^{۲+}(aq)\rightarrow ۲Al^{۳+}(aq)+۳Cu(s)\sim ۶e^-\qquad II)\ Fe(s)+Cu^{۲+}(aq)\rightarrow Fe^{۲+}(aq)+Cu(s)\sim ۲e^-$$

برای محاسبهٔ جرمی که از تیغه‌ها کاسته شده، داریم:

$$\text{درصد کاهش جرم}=\frac{\text{جرم کاهش یافته}}{\text{جرم اولیه}}\times۱۰۰\Rightarrow\begin{cases}\text{تیغهٔ آهنی}: ۲۸=\frac{\Delta m_{Fe}}{۲۰}\times۱۰۰\Rightarrow\Delta m_{Fe}=۵/۶g\,Fe\\ \text{تیغهٔ آلومینیمی}: ۶۷/۵=\frac{\Delta m_{Al}}{۲۰}\times۱۰۰\Rightarrow\Delta m_{Al}=۱۳/۵g\,Al\end{cases}$$

اکنون می‌توان نسبت شمار الکترون‌های مبادله شده در دو واکنش را به دست آورد. دقت کنید می‌توان به‌جای نسبت شمار الکترون، نسبت مول‌های الکترون‌های مبادله شده را به دست آورد:

$$\text{واکنش (I)}: ?\,mol\,e^-=۱۳/۵g\,Al\times\frac{۱\,mol\,Al}{۲۷g\,Al}\times\frac{۶mol\,e^-}{۲mol\,Al}=۱/۵mol\,e^-\,,\ \text{واکنش (II)}: ?\,mol\,e^-=۵/۶g\,Fe\times\frac{۱\,mol\,Fe}{۵۶g\,Fe}\times\frac{۲mol\,e^-}{۱\,mol\,Fe}=۰/۲mol\,e^-$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر $۷/۵$ ($\frac{۱/۵}{۰/۲}$) است.

C ۲۱۴۱ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده به صورت مقابل است:

$$Zn(s)+۲Ag^+(aq)\rightarrow Zn^{۲+}(aq)+۲Ag(s)$$

ابتدا مقدار یون‌های نقرهٔ موجود در محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times۱۰^۶\Rightarrow۵/۴\times۱۰^۵=\frac{m}{۵۰۰mL\times\frac{۱/۲g}{mL}}\times۱۰^۶\Rightarrow m=۳۲۴g\,Ag^+$$

سپس جرم نقرهٔ رسوب کرده و روی جدا شده از تیغه را به دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Ag = ۳۲۴\,g\,Ag^{+} \times \frac{۱\,mol\,Ag^{+}}{۱۰۸\,g\,Ag^{+}} \times \frac{۲\,mol\,Ag}{۲\,mol\,Ag^{+}} \times \frac{۱۰۸\,g\,Ag}{۱\,mol\,Ag} \times \underbrace{\frac{۶۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}} = ۱۹۴/۴\,g\,Ag$$

$$?\,g\,Zn = ۳۲۴\,g\,Ag^{+} \times \frac{۱\,mol\,Ag^{+}}{۱۰۸\,g\,Ag^{+}} \times \frac{۱\,mol\,Zn}{۲\,mol\,Ag^{+}} \times \frac{۶۵\,g\,Zn}{۱\,mol\,Zn} \times \underbrace{\frac{۶۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}} = ۵۸/۵\,g\,Zn$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{Ag^{+}\text{ جرم} \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{Ag\text{ جرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{Zn\text{ جرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۳۲۴ \times \frac{۶۰}{۱۰۰}}{۲ \times ۱۰۸} = \frac{X\,g\,Ag}{۲ \times ۱۰۸} = \frac{Y\,g\,Zn}{۱ \times ۶۵} \Rightarrow x = ۱۹۴/۴\,g\,Ag\,,\ Y = ۵۸/۵\,g\,Zn$$

پس طی این فرایند، جرم تیغه، $۱۳۵/۹\,g$ $(۱۹۴/۴ - ۵۸/۵)$ افزایش می‌یابد.

B ۲۱۴۲ | ۱ ابتدا معادلهٔ واکنش را نوشته و موازنه می‌کنیم: $۲Al(s) + ۶HCl(aq) \rightarrow ۲AlCl_۳(aq) + ۳H_۲(g)$

حال مقدار یون هیدرونیوم مصرفی را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\,H^{+}_{\text{مصرفی}} = ۱/۸۰۶ \times ۱۰^{۲۳}\,e \times \frac{۱\,mol\,e}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\,e} \times \frac{۶\,mol\,H^{+}}{۶\,mol\,e} = ۰/۳\,mol\,H^{+}$$

سپس غلظت H^{+} را در محلول نهایی به دست می‌آوریم:

$$[H^{+}]_۱ = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۱}\,mol.L^{-۱}$$

$$H^{+}_{\text{مول ثانویه}} = (۵\,L\text{ محلول} \times \frac{۱۰^{-۱}\,mol\,H^{+}}{۱\,L\text{ محلول}}) - (۰/۳\,mol\,H^{+}) = ۰/۲\,mol\,H^{+} \qquad [H^{+}]_۲ = \frac{۰/۲\,mol\,H^{+}}{۵\,L\text{ محلول}} = ۴ \times ۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

با توجه به مولاریته یون هیدرونیم، برای به‌دست آوردن pH داریم:

$$pH = -\log[H^{+}] = -\log(۴ \times ۱۰^{-۲}) = ۲ - ۲\log ۲ = ۲ - ۲(۰/۳) = ۱/۴$$

C ۲۱۴۳ | ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد. در این واکنش $Mg(s)$ با نور خیره‌کننده‌ای در $O_۲(g)$ می‌سوزد و به $MgO(s)$ تبدیل می‌شود. در این واکنش منیزیم کاهنده و اکسیژن اکسنده است. این عناصر به ترتیب در دوره‌های سوم و دوم جدول دوره‌ای قرار دارند. عبارت (ب): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش ذکر شده به صورت مقابل است: $۲Al(s) + ۳Cu^{۲+}(aq) \rightarrow ۲Al^{۳+}(aq) + ۳Cu(s)$

در این واکنش Al کاهنده و $Cu^{۲+}$ اکسنده است؛ زیرا در این واکنش اتم‌های Al به یون‌های $Cu^{۲+}$ الکترون می‌دهند:

$$_{۱۳}Al: ۱s^{۲}\,۲s^{۲}\,\underline{۲p^{۶}}\,۳s^{۲}\,\underline{۳p^{۱}} \Rightarrow l = ۱\text{ شمار الکترون‌های با } = ۷$$

$$_{۲۹}Cu: [Ar]\,۳d^{۱۰}\,۴s^{۱} \xrightarrow{-۲e^{-}} {}_{۲۹}Cu^{۲+}: ۱s^{۲}\,\underline{۲s^{۲}}\,۲p^{۶}\,\underline{۳s^{۲}}\,۳p^{۶}\,۳d^{۹} \Rightarrow l = ۰\text{ شمار الکترون‌های با } = ۶$$

نسبت خواسته شده برابر $۱/۱۶\,(\frac{۷}{۶})$ است. عبارت (پ): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$Zn(s) + ۲V^{۳+}(aq) \rightarrow Zn^{۲+}(aq) + ۲V^{۲+}(aq) \sim ۲e^{-}$$

در این واکنش $V^{۳+}$ الکترون می‌گیرد؛ پس اکسنده است:

$$?\,e^{-} = ۳\,mol\,V^{۳+} \times \frac{۲\,mol\,e^{-}}{۲\,mol\,V^{۳+}} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\,e^{-}}{۱\,mol\,e^{-}} = ۱/۸۰۶ \times ۱۰^{۲۴}\,e^{-}$$

عبارت (ت): دقت کنید واکنش داده شده به‌طور طبیعی انجام‌پذیر نیست!

C ۲۱۴۴ | ۱ فقط عبارت (پ) درست است. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش ذکر شده به صورت مقابل است: $Zn(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow ZnCl_۲(aq) + H_۲(g)$

موارد a و d در این واکنش به ترتیب $Zn(s)$ و $H_۲(g)$ هستند. برای تشخیص b، c و e کافی است بدانید که مولکول‌های آب از سمت هیدروژن خود آنیون‌ها را احاطه می‌کنند؛ پس b همان Cl^{-} است و از سمت اکسیژن خود کاتیون‌ها را احاطه می‌کنند و با توجه به اندازهٔ کاتیون‌های c و e می‌توان دریافت که این گونه‌ها به ترتیب یون‌های H^{+} و $Zn^{۲+}$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به شکل کتاب درسی، شعاع کاتیون $Zn^{۲+}$ از $O^{۲-}$ کمتر و آن هم از Cl^{-} کوچک‌تر است؛ بنابراین شعاع $Zn^{۲+}$ کوچک‌تر از Cl^{-} است. عبارت (ب): از واکنش $Zn^{۲+}$ و Cl^{-} در محلول‌ها ترکیب $ZnCl_۲$ $(eb_۲)$ حاصل می‌شود. عبارت (پ): از واکنش مخلوط پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید و آب همانند واکنش روی با محلول HCl، گاز $H_۲$ (d) حاصل می‌شود:

$$Al(s) + NaOH(s) + ۳H_۲O \rightarrow Na[Al(OH)_۴](aq) + H_۲(g)$$

عبارت (ت): ابتدا با استفاده از چگالی اکسیژن، حجم مولی گازها را در شرایط واکنش حساب می‌کنیم:

$$\text{چگالی } (d) = \frac{\text{جرم مولی } (M)}{\text{حجم مولی } (V)} \Rightarrow ۱/۶ = \frac{۳۲}{V_n} \Rightarrow V_n = ۲۰\,L.mol^{-۱}$$

پس در شرایط واکنش، حجم یک مول از هر گاز برابر ۲۰ لیتر است. سپس مقدار HCl مصرف شده را محاسبه می‌کنیم: (HCl یک اسید قوی تک‌عاملی است.)

$$[HCl] = [H^{+}] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

اکنون حجم $H_۲$ تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mL\,H_۲ = ۰/۵\,L\text{ محلول } HCl \times \frac{۱۰^{-۲}\,mol\,HCl}{۱\,L\text{ محلول } HCl} \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲\,mol\,HCl} \times \frac{۲۰\,L\,H_۲}{۱\,mol\,H_۲} \times \frac{۱۰۰۰\,mL\,H_۲}{۱\,L\,H_۲} = ۵۰\,mL\,H_۲$$

C ۲۱۴۵ ۴ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است: $Ni(s)+CuSO_4(aq)\rightarrow NiSO_4(aq)+Cu(s)$

ابتدا محاسبه می‌کنیم که به‌ازای مصرف چند مول از $CuSO_4$، ۴/۸ گرم بر جرم مواد جامد ظرف افزوده می‌شود.

$$?\,mol\,CuSO_4=4/8\,g\ \text{اختلاف جرم}\times\frac{1\,mol\,CuSO_4}{(64-58)\,g\ \text{اختلاف جرم}}=0/8\,mol\,CuSO_4$$

$$CuSO_4\ \text{مول اولیه}=M\times V=\frac{600}{1000}\times 4=2/4\,mol\Rightarrow CuSO_4\ \text{مول باقی‌مانده}=2/4-0/8=1/6\,mol$$

$$\text{درصد کاهش غلظت}=\frac{\text{غلظت اولیه}-\text{غلظت ثانویه}}{\text{غلظت اولیه}}\times 100=\frac{\frac{1/6\,mol}{0/6\,L}-4}{4}\times 100\simeq -\%33$$

تعداد الکترون مصرفی برابر است با:

$$?\,e^-=4/8\,g\ \text{اختلاف جرم}\times\frac{2\,mol\,e^-}{6\,g\ \text{اختلاف جرم}}\times\frac{6\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-}=9/6\times10^{23}\,e^-\ ,\ \bar{R}(e^-\ \text{تبادل})=\frac{n(e^-)}{\Delta t}=\frac{9/6\times10^{23}\,e^-}{144\,s\times\frac{1\,min}{60\,s}}=4\times10^{23}\,e^-.min^{-1}$$

توضیح محاسبات پاسخ از جنس عدد ۴ است. (پاسخ: 4×10^{23})

$$\frac{9/6\times10^{23}\times60}{144}=?\xrightarrow[\text{نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون در}}\frac{96\times6}{144}=\frac{\overset{8}{\cancel{96}}\times6}{\underset{12\times12}{\cancel{144}}}=\frac{8}{2}=4$$

A ۲۱۴۶ ۴ در واکنش فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیم با محلول مس (II) سولفات گرما آزاد می‌شود؛ بنابراین با انجام این واکنش، دمای محلول افزایش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در برخی واکنش‌های اکسایش - کاهش افزون‌بر دادوستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود. گزینهٔ (۲): قدرت الکترون‌دهی فلز روی از فلز مس بیشتر است، بنابراین قدرت کاهندگی روی بیشتر از مس است و اگر تیغه‌ای از فلز مس درون محلول یون‌های روی قرار گیرد، اتم‌های مس اکسایش پیدا نکرده و تیغه آن بدون تغییر باقی می‌ماند. گزینهٔ (۳): مطابق شکل حاشیهٔ صفحهٔ ۴۳ کتاب درسی، چنانچه الیاف آهن با محلول آبی‌رنگ مس (II) سولفات واکنش دهد، رسوب سرخ فام تشکیل می‌شود.

B ۲۱۴۷ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. با توجه به جدول، تیغه‌های از جنس آهن و روی با محلول واکنش داده‌اند و چون دمای محلول حاوی روی بیشتر است، قدرت کاهندگی آن نیز بیشتر از آهن است. از طرفی تیغهٔ از جنس طلا با محلول واکنش نداده است و از آنجایی که فلز مس اصولاً با یون‌های خود واکنش نمی‌دهد، می‌توان به مقایسهٔ مقابل در خصوص قدرت کاهندگی چهار فلز درست یافت: مقایسهٔ قدرت کاهندگی: $Zn>Fe>Cu>Au$

با توجه به مقایسهٔ کاهندگی فلزهای داده شده می‌توان به قدرت اکسندگی یون‌های آن‌ها پی برد: مقایسهٔ قدرت اکسندگی: $Zn^{2+}<Fe^{2+}<Cu^{2+}<Au^{3+}$

با توجه به قدرت اکسندگی کمتر Zn^{2+}، محلول این یون‌ها را می‌توان در ظرف آهنی نگه‌داری کرد. همچنین قدرت کاهندگی آهن از طلا بیشتر است، لذا می‌تواند یون‌های Au^{3+} را کاهش دهد.

B ۲۱۴۸ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): با توجه به توضیحات سؤال، مقایسهٔ قدرت کاهندگی فلزهای ذکر شده به صورت زیر است:

مقایسهٔ قدرت کاهندگی: $A>B>Cu>C$

تمایل به از دست دادن الکترون همان قدرت کاهندگی است که در فلز C کمتر از فلزهای A و B است. گزینه‌های (۳) و (۴): تمایل به اکسایش یافتن همان قدرت کاهندگی است. مقایسهٔ قدرت اکسندگی کاتیون‌های چند فلز، دقیقاً عکس مقایسهٔ قدرت کاهندگی آن‌ها است: قدرت اکسندگی کاتیون: $C>Cu^{2+}>B>A$

B ۲۱۴۹ ۴ همهٔ عبارت‌های بیان شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): این واکنش، یک فرایند گرماده است و باعث افزایش دمای محلول می‌شود. عبارت (ب): با گذشت زمان از شدت رنگ آبی محلول که به دلیل وجود مس (II) سولفات در آن است، کاسته می‌شود. عبارت (پ): از آنجا که واکنش به‌طور طبیعی انجام‌پذیر است، پس یون مس (II) می‌بایست اکسندهٔ قوی‌تری از یون روی باشد. عبارت (ت): از آنجا که فلز روی اکسید شده و به‌صورت یون وارد محلول می‌شود، پس با گذشت زمان، جرم تیغهٔ روی کاهش می‌یابد.

B ۲۱۵۰ ۱ فلز A قدرت کاهندگی بیشتری نسبت به فلز C دارد، بنابراین فلز C نمی‌تواند باعث کاهش یافتن یون‌های A^{2+} شود و هیچ واکنشی انجام نمی‌شود و دمای محلول تغییری نمی‌کند. واکنشی انجام نمی‌شود. $\rightarrow C(s)+A^{2+}(aq)$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): روی قدرت کاهندگی بیشتری نسبت به آهن دارد. گزینهٔ (۳):

$$\begin{cases}M+CCl_2\rightarrow\text{انجام‌پذیر}\Rightarrow\text{مقایسهٔ قدرت کاهندگی: }M>C\\ M+BCl_2\rightarrow\text{انجام‌ناپذیر}\Rightarrow\text{مقایسهٔ قدرت کاهندگی: }B>M\end{cases}\Rightarrow\text{مقایسهٔ قدرت کاهندگی: }B>M>C\Rightarrow\text{مقایسهٔ قدرت اکسندگی: }B^{2+}<M^{2+}<C^{2+}$$

گزینهٔ (۴): در واکنش‌های اکسایش - کاهش، فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

B ۲۱۵۱ ۱ وقتی فلز نیکل قدرت کاهندگی بیشتری دارد، پس تنها واکنش انجام‌پذیر بین این دو عنصر به‌صورت زیر می‌باشد.

$$Ni(s)+Hg^{2+}(aq)\rightarrow Ni^{2+}(aq)+Hg(l)$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): توانایی یون جیوه (II) در دریافت الکترون از یون نیکل (II) بیشتر است، بنابراین قدرت اکسندگی یون جیوه (II) از قدرت اکسندگی یون نیکل (II) بیشتر است. گزینهٔ (۳): از آنجایی که فلز نیکل با یون جیوه واکنش می‌دهد، پس فلز نیکل در محلول یون‌های جیوه (II) برخلاف فلز جیوه در محلول یون‌های نیکل (II) ناپایدار خواهد بود. گزینهٔ (۴): واکنش بین یون‌های نیکل (II) و جیوه (II) یا بین یون نیکل (II) و فلز جیوه به‌طور طبیعی انجام‌پذیر نیست.

B ۲۱۵۲ **۱** فقط مورد پنجم نادرست است. قدرت الکترون‌دهندگی منگنز بیشتر از آهن است. بنابراین منگنز می‌تواند طی نیم‌واکنش اکسایش الکترون بدهد و کاتیون آهن با گرفتن الکترون طی نیم‌واکنش کاهش، کاهش یابد.

نیم‌واکنش اکسایش: $Mn(s) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $Fe^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Fe(s)$

با جمع بستن نیم‌واکنش‌ها، می‌توان معادلهٔ کلی را نوشت. به این علت که تعداد الکترون‌ها در دو نیم‌واکنش برابر نیست، ابتدا هر دو نیم‌واکنش را در ضریب الکترون در نیم‌واکنش دیگر ضرب کرده و با هم جمع می‌کنیم:

$$\begin{cases} 3Mn(s) \rightarrow 3Mn^{2+}(aq) + 6e^- \\ 2Fe^{3+}(aq) + 6e^- \rightarrow 2Fe(s) \end{cases}$$

واکنش نهایی: $3Mn(s) + 2Fe^{3+}(aq) \rightarrow 3Mn^{2+}(aq) + 2Fe(s)$

* **توجه** برای موازنهٔ این واکنش می‌توان اندازهٔ تغییر بار الکتریکی هر کاتیون را ضریب فلز و کاتیون دیگر قرار داد:

$$\left.\begin{array}{l} (\text{تغییر بار الکتریکی} = |2-0| = 2): Mn \rightarrow Mn^{2+} \\ (\text{تغییر بار الکتریکی} = |0-3| = +3): Fe^{3+} \rightarrow Fe \end{array}\right\}$$

$$3Mn(s) + 2Fe^{3+}(aq) \rightarrow 3Mn^{2+}(aq) + 2Fe(s)$$

در نهایت با اضافه کردن یون سولفات به معادلهٔ واکنش، به‌صورت مقابل درمی‌آید:

$$3Mn(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq) \rightarrow 3MnSO_4(aq) + 2Fe(s)$$

همچنین با توجه به معادلهٔ نهایی واکنش به‌ازای مصرف ۲ مول از یون‌های Fe^{3+}، ۳ مول یون Mn^{2+} تولید می‌شود؛ پس طی واکنش، غلظت کاتیون‌های موجود در محلول افزایش می‌یابد.

B ۲۱۵۳ **۴** از ترتیب قدرت اکسندگی یون‌ها به ترتیب قدرت کاهندگی فلزها می‌رسیم:

قدرت کاهندگی: $Zn > Fe > Cu$

قدرت اکسندگی: $Zn^{2+} < Fe^{2+} < Cu^{2+}$

با مقایسهٔ قدرت کاهندگی درمی‌یابیم که فقط Zn می‌تواند با Fe^{2+} واکنش دهد. با مصرف‌شدن ۱ مول روی، ۱ مول کاتیون روی تولید می‌شود و ۱ مول کاتیون آهن مصرف می‌شود $(Zn + Fe^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Fe)$ ولی فلز مس در واکنش شرکت نمی‌کند و تولید نمی‌شود و $[Cu^{2+}]$ همواره صفر است. (رد گزینه‌های (۱) و (۳)) ثانیاً ابتدا کاتیون‌های روی در محلول حضور ندارند. (رد گزینه‌های (۱) و (۲)). **غلظت هر یون:**

- $[SO_4^{2-}]$: این یون در واکنش شرکت نمی‌کند، همواره ۲ مولار باقی می‌ماند.
- $[Cu^{2+}]$: این یون اصلاً به‌وجود نمی‌آید، همواره غلظت آن صفر است.
- $[Zn^{2+}]$: از ۱ مول روی ۱ مول از آن به‌وجود می‌آید. $[Zn^{2+}] = 1\ mol.L^{-1}$
- $[Fe^{2+}]$: از ۲ مول آن ۱ مول مصرف می‌شود و ۱ مول باقی می‌ماند. $[Fe^{2+}] = \frac{1\ mol\ \text{مانده}}{1\ L} = 1\ mol.L^{-1}$

C ۲۱۵۴ **۳** عبارت‌های اول، دوم، سوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: اگر قدرت اکسندگی یون X^{2+} از یون Mn^{2+} بیشتر باشد، یعنی Mn نسبت به X کاهنده‌تر است و به همین دلیل فلز X نمی‌تواند با محلولی از نمک‌های منگنز وارد واکنش شود. عبارت دوم: آهن قدرت کاهندگی بیشتری نسبت به مس دارد و به همین علت اگر یک قطعه فلز مس را در محلول آهن (II) کلرید قرار بدهیم، هیچ واکنشی انجام نمی‌شود. عبارت سوم: گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق نمی‌تواند با پلاتین وارد واکنش شود. عبارت چهارم: معادلهٔ واکنش مورد نظر به‌صورت $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$ است. کاتیون فراوردهٔ Zn^{2+} و اتم واکنش‌دهنده، Zn است، Zn نسبت به Zn^{2+} شعاع بزرگ‌تری دارد. عبارت پنجم: با توجه به اطلاعات بیان شده، درمی‌یابیم که A نسبت به C قدرت کاهندگی بیشتری دارد و به همین دلیل واکنش $(A + C^{2+} \rightarrow \cdots)$ در جهت طبیعی و به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود.

C ۲۱۵۵ **۳** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است:

a) $Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s) \sim 2e^-$

b) $Mn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + Cu(s) \sim 2e^-$

c) $2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s) \sim 6e^-$

d) $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \sim 2e^-$

فرض می‌کنیم یک گرم از هر کدام از فلزهای آهن، منگنز، آلومینیم و روی در واکنش‌ها شرکت کرده باشند:

a: $?\ mol\ e^- = 1\ g\ Fe \times \frac{1\ mol\ Fe}{56\ g\ Fe} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Fe} \simeq 0/0357\ mol\ e^-$

b: $?\ mol\ e^- = 1\ g\ Mn \times \frac{1\ mol\ Mn}{55\ g\ Mn} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Mn} \simeq 0/0364\ mol\ e^-$

c: $?\ mol\ e^- = 1\ g\ Al \times \frac{1\ mol\ Al}{27\ g\ Al} \times \frac{6\ mol\ e^-}{2\ mol\ Al} \simeq 0/111\ mol\ e^-$

d: $?\ mol\ e^- = 1\ g\ Zn \times \frac{1\ mol\ Zn}{65\ g\ Zn} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Zn} \simeq 0/0308\ mol\ e^-$

میزان مبادلهٔ الکترون به ازای مصرف آلومینیم در واکنش (c) بیشتر است.

A ۲۱۵۶ **۱** فقط عبارت اول درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: به رساناهایی که در ساختار خود الکترون‌های آزاد دارند، رسانای الکترونی می‌گویند. در این رساناها، همین الکترون‌های آزاد هستند که سبب جریان برق می‌شوند. عبارت دوم: همهٔ ترکیبات یونی، چه در حالت جامد و چه در سایر حالات فیزیکی، حاوی یون‌های مثبت و منفی هستند. این ترکیبات فقط در حالت محلول در آب یا در حالت مذاب رسانایی الکتریکی دارند. عبارت سوم: فقط در ساخت نیم‌سلول فلزات می‌توان تیغه‌ای از جنس فلز را در محلول آبی یون‌های آن قرار داد. عبارت چهارم: به عنوان مثال نقض، در ساخت نیم‌سلول SHE، از الکترود بی‌اثری از جنس پلاتین استفاده می‌کنند.

A ۲۱۵۷ ۴ برای اینکه در محلول، کاتیون‌های فلز (Zn^{2+}) را داشته باشیم باید یک نمک محلول در آب ($ZnSO_4$) را در آب حل کنیم؛ به همین دلیل داخل محلول علاوه‌بر کاتیون‌های فلز (Zn^{2+})، آنیون (SO_4^{2-}) نیز وجود خواهد داشت.

A ۲۱۵۸ ۱ همان‌طور که می‌دانید، هر گاه یک تیغهٔ فلزی (M) در محلول ۱ مولار کاتیون‌های خودش (M^{n+})، در دمای $25^\circ C$ قرار گیرد، مجموعهٔ حاصل را نیم‌سلول استاندارد M می‌نامند. بنابراین نیم‌سلول استاندارد مس، شامل تیغهٔ مس است که در محلولی یک مولار از یون‌های $Cu^{2+}(aq)$ قرار گرفته است.

A ۲۱۵۹ ۱ اگر واکنش‌های اکسایش - کاهش در دو مکان جدا از هم (دو نیم‌سلول) انجام شوند، می‌توان از انتقال مستقیم الکترون‌ها بین گونه‌های اکسنده و کاهنده جلوگیری کرد و برای انتقال الکترون‌ها به‌صورت غیر مستقیم از سیم استفاده کرد.

B ۲۱۶۰ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول گالوانی، در آند، گونهٔ کاهنده اکسید شده و الکترون آزاد می‌شود و در کاتد، گونهٔ اکسنده کاهش‌یافته و الکترون مصرف می‌شود. عبارت (ت): انتقال غیرمستقیم الکترون‌ها از آند به سمت کاتد در سلول گالوانی به کمک سیم فلزی (رسانای الکترونی) انجام می‌شود.

B ۲۱۶۱ ۳ سلول گالوانی، انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

نکته ترکیبی در شکل زیر، همهٔ نکات مربوط به سلول گالوانی را مشاهده می‌کنید:



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): یون‌های (۱)، کاتیون‌های تولید شده از فلز آند هستند که به سمت کاتد حرکت می‌کنند و در کاتد کاهش نمی‌یابند. کاتیون‌هایی که در کاتد کاهش می‌یابند، کاتیون‌های خود فلز کاتد هستند. گزینهٔ (۲): در سلول گالوانی، آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت است و الکترون‌ها از قطب منفی به سمت قطب مثبت در سیم حرکت می‌کنند. گزینهٔ (۴): در سلول گالوانی، کاتیون‌ها به سمت کاتد (قطب مثبت) و آنیون‌ها به سمت آند (قطب منفی) حرکت می‌کنند.

B ۲۱۶۲ ۱ موارد اول و پنجم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: در سلول گالوانی (روی - مس)، به دلیل اینکه روی قدرت الکترون‌دهندگی بیشتری دارد، روی، آند و مس، کاتد است. کاتیون‌های Zn^{2+} تولید شده در آند از طریق غشای متخلخل به سمت کاتد (مس) حرکت می‌کنند (برای خنثی نگه‌داشتن محلول الکترولیت آند). مورد دوم: Zn گونهٔ کاهنده (الکترون‌دهنده) و Cu^{2+} گونهٔ اکسنده (الکترون‌گیرنده) است. مورد سوم: جرم آند (روی) به دلیل جدا شدن اتم‌های فلزی به‌صورت کاتیون، کاهش و جرم کاتد (مس) به دلیل کاهش کاتیون‌ها و نشستن آن‌ها بر روی آن، افزایش می‌یابد. مورد چهارم: در سلول گالوانی (روی- مس)، حرکت الکترون‌ها از آند به کاتد، حرکت کاتیون‌ها به سمت کاتد و حرکت آنیون‌ها به سمت آند، همزمان رخ می‌دهد. مورد پنجم: معادلهٔ واکنش انجام شده در این سلول به‌صورت $Zn(s)+Cu^{2+}(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+Cu(s)$ بوده و با توجه به آن، طی واکنش غلظت Zn^{2+} افزایش و غلظت Cu^{2+} کاهش می‌یابد.

B ۲۱۶۳ ۳ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول گالوانی (روی- مس)، روی اکسید شده $Zn(s)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+2e^-$ و مس کاهش می‌یابد $Cu^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Cu(s)$. عبارت (ب): واکنش‌های الکتروشیمیایی، با قطع مدار خارجی و توقف انتقال الکترون، متوقف می‌شوند. عبارت (پ): حرکت آنیون‌ها به سمت آند و کاتیون‌ها به سمت کاتد به این علت است که دو محلول از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. زیرا اگر این حرکت صورت نگیرد، بار مثبت ایجاد شده در آند به علت زیاد شدن کاتیون‌ها، مانع از ادامهٔ اکسایش فلز می‌شود و همچنین بار منفی ناشی از کاهش کاتیون‌ها در کاتد باعث کاهش تمایل کاتد به گرفتن الکترون می‌شود. عبارت (ت): در حالت عادی، جهت حرکت کاتیون‌ها از آند به سمت کاتد است؛ بنابراین اگر غشای متخلخل فقط اجازهٔ عبور آنیون‌ها را بدهد، غلظت کاتیون‌ها در آند افزایش می‌یابد و غلظت آنیون‌ها در بخش کاتدی کاهش و در بخش آندی افزایش می‌یابد.

B ۲۱۶۴ ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست و عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی موارد:** عبارت (الف): قرار دادن تیغهٔ فلز روی درون محلول حاوی کاتیون‌های مس، تشکیل سلول گالوانی نمی‌دهد و نمی‌توان از آن جریان الکتریکی تولید کرد. در اکسایش روی، الکترون‌های آزاد شده سریع توسط کاتیون‌های مس مصرف می‌شوند، زیرا در تماس مستقیم با یکدیگر هستند. عبارت (ب): اگر تیغهٔ روی به‌طور کامل مصرف شود، منبع تولید الکترون‌ها از بین رفته و سلول از کار می‌افتد. عبارت (پ): اگر محلول الکترولیت تمام شود، کاتیون‌ها برای گرفتن الکترون‌ها و ایجاد جریان الکتریکی از بین رفته و سلول گالوانی متوقف می‌شود. (تمام شدن فلز آند به معنای نبودن منبع الکترون و تمام شدن کاتیون‌های کاتد به معنای نبودن مصرف‌کنندهٔ الکترون است.) عبارت (ت): از جریان الکترونی موجود در سیم سلول گالوانی می‌توان برای تولید انرژی شیمیایی استفاده کرد.

B ۲۱۶۵ ۴ با توجه به جهت حرکت الکترون‌ها، الکترود روی نقش آند (قطب منفی) و الکترود مس نقش کاتد (قطب مثبت) را دارد. با حذف دیوارهٔ متخلخل، دو الکترولیت با یکدیگر مخلوط شده و واکنش میان فلز روی و یون‌های Cu^{2+} به‌طور مستقیم بر روی سطح تیغه انجام می‌شود و جریان برق قطع می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): چنانچه میلهٔ روی مستقیماً در محلول مس (II) نیترات قرار گیرد، به دلیل قدرت اکسندگی بیشتر یون مس از یون روی، واکنش صورت گرفته ولی جریان الکتریکی برقرار نمی‌شود. لذا یون‌های مس کاهش یافته و مقدار آن درون محلول کم می‌شود. در نتیجه رنگ آبی محلول به تدریج کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۲): در هر سلول گالوانی، کاتیون‌ها از نیم‌سلول آند به سمت نیم‌سلول کاتد حرکت می‌کنند، پس برخی از یون‌های روی با عبور از دیوارهٔ متخلخل، وارد نیم‌سلول مس خواهند شد. گزینهٔ (۳): آنیون‌ها در یک سلول گالوانی از سمت کاتد به سمت آند حرکت می‌کنند، لذا از قطب مثبت به سمت قطب منفی حرکت می‌کنند.

B ۲۱۶۶ **۴** با توجه به اینکه جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از الکترود سمت چپ به طرف الکترود سمت راست است، الکترود سمت چپ، آند و الکترود سمت راست، کاتد است. تنها عبارت (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول گالوانی (روی - مس)، روی (Zn) اکسید شده و الکترون می‌دهد، کاتیون‌های مس (Cu^{2+}) کاهش یافته و الکترون می‌گیرند.

* **توجه** هیچ‌گاه یک اتم فلزی قادر به گرفتن الکترون و کاهش یافتن نخواهد بود.

عبارت (ب): یون (۱) از طرف محلول آند در حال حرکت به سمت محلول کاتد است؛ آند در این سلول، فلز روی است، لذا یون (۱) مربوط به یون‌های روی است. یون (۲) نیز مربوط به آنیون (SO_4^{2-}) در حال حرکت به سمت محلول آند است. عبارت (پ): قدرت الکترون‌دهی (کاهندگی) Zn از Cu و قدرت الکترون‌گیری (اکسندگی) Cu^{2+} از Zn^{2+} بیشتر است. عبارت (ت): در ابتدا اتم‌های فلز روی (آند) الکترون‌های خود را بر روی تیغهٔ روی قرار می‌دهند و سپس برخی از این الکترون‌ها از طریق سیم مدار خارجی به سمت تیغهٔ مس (کاتد) رفته و بر روی آن قرار می‌گیرند و از طریق کاتیون‌های مس دریافت می‌شوند. لذا در مجموع تراکم نسبی الکترون‌ها بر روی سطح تیغهٔ روی (آند)، بیشتر از سطح تیغهٔ مس (کاتد) است. به همین دلیل است که تیغهٔ روی، قطب منفی سلول در نظر گرفته می‌شود.

B ۲۱۶۷ **۱** دیوارهٔ متخلخل فقط به یون‌های مثبت تولید شده در آند و یون‌های منفی موجود در الکترولیت کاتدی اجازهٔ عبور می‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): دیوارهٔ متخلخل با خنثی نگه داشتن محلول‌های الکترولیت، باعث تداوم در انتقال الکترون و کامل کردن عملکرد سلول گالوانی می‌شود. گزینهٔ (۳): دیوارهٔ متخلخل، مانع از مخلوط شدن و انتقال مستقیم الکترون بین اکسنده و کاهنده می‌شود. گزینهٔ (۴): دیوارهٔ متخلخل در تمام سلول‌های گالوانی وجود دارد، در غیر این صورت کاتیون‌های اکسنده‌تر، الکترون‌های موجود در سطح تیغهٔ فلزی الکترون‌دهنده‌تر را گرفته و مانع از برقراری جریان الکترون در مدار خارجی می‌شوند.

B ۲۱۶۸ **۲** در صورت حذف دیوارهٔ متخلخل، موارد اول و چهارم رخ نمی‌دهد. **بررسی موارد:** مورد اول: در صورت حذف دیوارهٔ متخلخل، یون‌های $Cu^{2+}(aq)$ در مجاورت اتم های Zn قرار گرفته و واکنش اکسایش - کاهش به صورت مستقیم رخ می‌دهد. مورد دوم: با اکسایش روی در آند و افزایش کاتیون‌های (Zn^{2+})، محلول آند دارای بار مثبت می‌شود. (افزایش نسبت کاتیون‌ها به آنیون‌ها) مورد سوم: با افزایش کاتیون‌ها و بار مثبت در محلول آند، حرکت الکترون‌ها در مدار خارجی متوقف می‌شود، زیرا کاتیون‌ها در الکترولیت آندی الکترون‌های تولید شده بر روی تیغهٔ فلزی را جذب می‌کنند. مورد چهارم: در صورت حذف دیوارهٔ متخلخل الکترون‌های به وجود آمده در آند بر اثر اکسایش روی، جذب کاتیون‌های مس محلول شده و وارد مدار خارجی نمی‌شوند. مورد پنجم: با افزایش بار مثبت در آند و بار منفی در کاتد، جریان الکترون‌ها از آند به سمت کاتد قطع شده و سلول از کار می‌افتد.

B ۲۱۶۹ **۴** یون‌های نشان داده شده در شکل SO_4^{2-}، Zn^{2+} و Cu^{2+} هستند. در بین این یون‌ها، Cu^{2+} با توجه به آرایش الکترونی نوشته شده، دارای یک زیرلایهٔ $(3d^9)$ است که پر نیست.

$_{29}Cu^{2+}:[_{18}Ar]3d^9$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): به این علت که یون‌های سولفات از قسمت (A) به سمت (B) حرکت می‌کنند، (A) الکترود کاتد (محل انجام نیم‌واکنش کاهش) و (B) الکترود آند (محل انجام نیم‌واکنش اکسایش) است. گزینهٔ (۲): (A) کاتد است پس آنیون‌های (A) وارد دیوارهٔ متخلخل می‌شوند و (B) آند است، پس کاتیون‌های (B) وارد دیوارهٔ متخلخل می‌شوند. گزینهٔ (۳): به تدریج از رنگ آبی محلول در قسمت (A) به دلیل کاهش یون‌های Cu^{2+} کاسته می‌شود و تعداد کاتیون‌های بی‌رنگ روی که از دیوارهٔ متخلخل وارد کاتد می‌شوند افزایش می‌یابد.

B ۲۱۷۰ **۲** فقط مورد چهارم درست است. با توجه به اینکه الکترون‌ها در مدار بیرونی از الکترود آند به سمت الکترود کاتد حرکت می‌کنند، لذا الکترود A (آند) از جنس مس و الکترود B (کاتد) از جنس نقره است. **بررسی همهٔ موارد:** مورد اول: در سلول گالوانی، به مرور زمان، از جرم الکترود آند (الکترود A) کاسته می‌شود. مورد دوم: در سلول گالوانی، به مرور زمان، غلظت کاتیون‌ها در اطراف الکترود کاتد (الکترود B) کاهش می‌یابد. مورد سوم: در سلول گالوانی، به مرور زمان، غلظت کاتیون‌ها در اطراف الکترود آند (الکترود A) افزایش می‌یابد، به دلیل رنگی بودن کاتیون مس (Cu^{2+})، شدت رنگ محلول در اطراف الکترود A بیشتر می‌شود. مورد چهارم: در سلول گالوانی، آنیون‌ها با عبور از دیوارهٔ متخلخل به سمت الکترود آند (الکترود A) حرکت می‌کنند.

B ۲۱۷۱ **۱** معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش انجام شده در این سلول به‌صورت « $Cu(s)+2Ag^+(aq)\rightarrow Cu^{2+}(aq)+2Ag(s)$ » است. با توجه به این واکنش، نیم‌سلول مس نقش آند و نیم‌سلول نقره نقش کاتد را بر عهده دارند؛ پس به ازای هر دو مول الکترون که بین نیم‌سلول مبادله می‌شود، به اندازهٔ جرم یک مول مس از الکترود مس کم شده و به اندازهٔ جرم دو مول نقره به جرم الکترود نقره اضافه می‌شود، یعنی به ازای دو مول مبادلهٔ الکترون، اختلاف جرم الکترودها ۲۸۰ گرم خواهد شد؛ بنابراین به ازای ۲/۵ مول مبادلهٔ الکترون خواهیم داشت:

$$?\,g \text{ اختلاف جرم} = 2/5\,mol \text{ الکترون} \times \frac{280\,g \text{ اختلاف جرم}}{2\,mol \text{ الکترون}} = 350\,g \text{ اختلاف جرم}$$

از طرفی می‌دانیم جهت حرکت آنیون‌ها در سلول گالوانی از سمت کاتد به سمت آند می‌باشد، پس جهت حرکت یون‌های منفی در این سلول از سمت نیم‌سلول نقره به سمت نیم‌سلول مس می‌باشد.

B ۲۱۷۲ **۳** با این تغییر، همهٔ موارد به‌جز مورد دوم تغییر می‌کند. با جابه‌جایی الکترود مس و الکترود منیزیم، از آنجا که منیزیم فلزی کاهنده‌تر از فلز روی است، پس نیم‌سلول منیزیم در نقش آند (قطب منفی) و نیم‌سلول روی در نقش کاتد (قطب مثبت) ظاهر می‌شود و قطب‌های سلول گالوانی و جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی و جهت حرکت یون‌ها در دو طرف دیوارهٔ متخلخل تغییر می‌کند. همچنین محلول یون مس (II) آبی‌رنگ می‌باشد، در صورتی که محلول یون منیزیم بی‌رنگ است، پس رنگ محلول واکنش نیز تغییر می‌کند اما طبق واکنش‌های زیر، تعداد الکترون مبادله شده تغییری نمی‌کند.

(۱) واکنش: $Cu(s)\rightarrow Cu^{2+}(aq)+2e^-$ (۲) واکنش: $Mg(s)\rightarrow Mg^{2+}(aq)+2e^-$

B ۲۱۷۳ **۳** در این سلول، منیزیم با قدرت کاهندگی (الکترون‌دهندگی) بیشتر، آند (قطب منفی) و روی کاتد (قطب مثبت) است. تراکم نسبی الکترون‌ها بر روی سطح آند (منیزیم) بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): واکنش کاهش در سطح کاتد (فلز روی) رخ داده و آنیون‌ها به سمت تیغهٔ آند (منیزیم) حرکت می‌کنند. گزینهٔ (۲): به مرور زمان از جرم تیغهٔ آند (منیزیم) کاسته شده و به جرم تیغهٔ کاتد (روی) افزوده می‌شود. گزینهٔ (۴): جهت حرکت الکترون‌ها از آند (منیزیم) به سمت کاتد (روی) است.

B ۲۱۷۴ ۱ مورد اول درست و سایر عبارت‌ها نادرست هستند و نسبت آن‌ها برابر $\frac{۱}{۳}$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در سلول (وانادیم- روی) آنیون‌ها به سمت تیغهٔ وانادیم حرکت می‌کنند، بنابراین الکترود وانادیم، آند و روی، کاتد است. وانادیم اکسید شده و الکترون می‌دهد و کاتیون‌های روی کاهش یافته و الکترون می‌گیرند. بنابراین قدرت اکسندگی (الکترون‌گرفتن) کاتیون روی بیشتر از کاتیون وانادیم است و همان‌طور که می‌دانیم، قدرت اکسندگی $(Cu^{۲+})$ نیز بیشتر از $(Zn^{۲+})$ است. بنابراین داریم:

قدرت اکسندگی: $V^{۲+} < Zn^{۲+} < Cu^{۲+}$

عبارت دوم: در سلول گالوانی (وانادیم - مس)، به دلیل بیشتر بودن قدرت اکسندگی کاتیون مس، $(Cu^{۲+})$ دریافت‌کنندهٔ الکترون است. عبارت سوم: در سلول گالوانی (روی - مس)، به علت قدرت کاهندگی بیشتر، روی «آند» و در سلول گالوانی (روی - وانادیم) به علت قدرت اکسندگی بیشتر، روی «کاتد» است. عبارت چهارم: در سلول گالوانی (وانادیم - روی)، وانادیم (آند) قطب منفی و روی (کاتد) قطب مثبت است.

B ۲۱۷۵ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول گالوانی (مس - روی) با گذشت زمان غلظت $Zn^{۲+}$ افزایش یافته و غلظت $Cu^{۲+}$ کاهش می‌یابد. عبارت (ب): فرمول عمومی پاک‌کننده‌های صابونی جامد به صورت $C_nH_{۲n-۱}O_۲Na$ است. بنابراین:

$$۱۲(n)+۱(۲n-۱)+۲(۱۶)+۱(۲۳)=۲۷۸ \Rightarrow n=۱۶$$

عبارت (پ): pH یا به عبارتی $[H^+]$ علاوه‌بر درجهٔ یونش به غلظت اولیهٔ اسید نیز بستگی دارد. عبارت (ت): دیوارهٔ داخلی معده به‌طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند.

B ۲۱۷۶ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده به صورت مقابل است: $Zn(s)+۲Ag^+(aq) \rightarrow Zn^{۲+}(aq)+۲Ag(s) \sim ۲e^-$

با توجه آن، طی واکنش، اتم‌های روی اکسایش می‌یابند؛ بنابراین روی نقش آند دارد که جرم مولی آن برابر ۶۵ گرم بر مول است؛ بنابراین داریم:

تفاوت جرم دو تیغه در سلول گالوانی $= ۶۵+۵/۲۵=۷۰/۲۵ g$

اگر فرض کنیم x مول الکترون از مدار خارجی عبور می‌کند، ابتدا کاهش جرم تیغهٔ روی و افزایش جرم تیغهٔ نقره را برحسب x محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{کاهش جرم تیغهٔ روی} = x\ mol\ e^- \times \frac{۱\ mol\ Zn}{۲ mol\ e^-} \times \frac{۶۵ g\ Zn}{۱\ mol\ Zn} = (۳۲/۵x)\ g\ Zn$$

$$\text{افزایش جرم تیغهٔ مس} = x\ mol\ e^- \times \frac{۲ mol\ Ag}{۲ mol\ e^-} \times \frac{۱۰۸ g\ Ag}{۱\ mol\ Ag} = (۱۰۸x)\ g\ Ag$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } e^-}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } Zn}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } Ag}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{۲} = \frac{m_۱\ g\ Zn}{۱ \times ۶۵} = \frac{m_۲\ g\ Ag}{۲ \times ۱۰۸} \Rightarrow m_۱ = (۳۲/۵x)\ g\ Zn\ ,\ m_۲ = (۱۰۸x)\ g\ Ag$$

طی واکنش، $۳۲/۵x$ گرم از جرم تیغهٔ روی کاسته شده و $۱۰۸x$ گرم به جرم تیغهٔ نقره افزوده می‌شود؛ پس تفاوت جرم دو تیغه برابر $۱۴۰/۵x$ بوده و x برابر است با:

$$\text{تفاوت جرم تیغه‌ها} = ۳۲/۵x+۱۰۸x=۱۴۰/۵x=۷۰/۲۵ \Rightarrow x=۰/۵$$

اکنون شمار الکترون‌های مبادله شده را به دست می‌آوریم:

$$?\ e^- = ۰/۵ mol\ e^- \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ e^-}{۱\ mol\ e^-} = ۳/۰۱ \times ۱۰^{۲۳}\ e^-$$

B ۲۱۷۷ ۳ با توجه به یکسان بودن ضریب Fe و Cu و جرم مولی آن‌ها که در صورت تست داده شده، اگر جرم تیغه‌ها را در ابتدای واکنش x در نظر بگیریم، با توجه به نسبت داده شده و پتانسیل کاهشی استاندارد گونه‌ها خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم تیغهٔ آند}}{\text{جرم تیغهٔ کاتد}} = \frac{x-۵۶}{x+۶۴} = ۰/۷۵ \rightarrow ۳x+۱۹۲=۴x-۲۲۴ \rightarrow x=۴۱۶ g$$

پس جرم تیغهٔ آندی که همان آهن است، برابر $۳۶۰ g\ (۴۱۶-۵۶)$ می‌باشد.

B ۲۱۷۸ ۱ چون نیم‌سلول‌ها استاندارد بوده‌اند، غلظت $[Cu^{۲+}]$ در ابتدا برابر با یک مولار بوده و با کارکرد سلول به ۱/۴ مولار رسیده است. پس $۰/۴ mol.L^{-۱}$ مس (II) تولید شده و می‌توانیم با استفاده از آن جرم افزوده شده به تیغهٔ کاتدی یعنی نقره را محاسبه کنیم:

واکنش کلی سلول: $Cu(s)+۲Ag^+(aq) \rightarrow Cu^{۲+}(aq)+۲Ag(s)$

$$?\ g\ Ag = ۰/۵ L\ \text{محلول} \times \frac{۰/۴ mol\ Cu^{۲+}}{۱\ L\ \text{محلول}} \times \frac{۲ mol\ Ag}{۱ mol\ Cu^{۲+}} \times \frac{۱۰۸ g\ Ag}{۱ mol\ Ag} = ۴۳/۲ g\ Ag$$

$۴۳/۲ g$ به جرم تیغهٔ نقره افزوده شده است.

C ۲۱۷۹ ۱ قسمت اول: واکنش کلی سلول گالوانی به شکل روبه‌رو است: $Fe^{۲+}(aq)+Zn(s) \rightarrow Zn^{۲+}(aq)+Fe(s)$

در این سلول چون الکترود آهن نقش کاتد را دارد، به مرور زمان جرم تیغهٔ آن بیشتر و از جرم تیغهٔ روی کاسته می‌شود. تعداد مول‌های فلز روی که از تیغه به محلول می‌روند برابر تعداد مول یون‌های آهنی است که از محلول به تیغه اضافه می‌شوند. پس برای بخش اول سؤال و برابری جرم تیغه‌ها می‌توانیم معادلهٔ زیر را بنویسیم: (x تعداد مول‌های Fe افزوده شده به تیغه است)

$$?\ g\ Zn = x\ mol\ Zn \times \frac{۶۵ g\ Zn}{۱ mol\ Zn} = (۶۵x)\ g\ Zn \qquad ?\ g\ Fe = x\ mol\ Fe \times \frac{۵۶ g\ Fe}{۱ mol\ Fe} = (۵۶x)\ g\ Fe$$

$$۱۳+۵۶x=۲۶-۶۵x \Rightarrow x \simeq ۰/۱ mol \Rightarrow R_{\text{واکنش}} = \frac{۰/۱ mol}{۲/۵ min \times \frac{۶۰ s}{۱ min}} \Rightarrow R_{\text{واکنش}} = \frac{۱}{۱۵۰۰} mol.s^{-۱}$$

قسمت دوم: جرم تیغهٔ روی در هر لحظه از واکنش $(۲۶-۶۵x)g$ و جرم تیغهٔ آهن $(۱۳+۵۶x)g$ است. حال گفته شده مدتی بعد از انجام واکنش جرم تیغهٔ روی نصف جرم تیغهٔ آهن می‌شود، پس:

$$\frac{۲۶-۶۵x}{۱۳+۵۶x} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow x \simeq ۰/۲۱ mol$$

پس هنگامی که ۰/۲۱ مول از آهن مصرف شود، جرم تیغهٔ روی نصف جرم تیغهٔ آهن می‌شود. حال بر اساس سرعت واکنش که در قسمت قبل به‌دست آمد، باید محاسبه کرد چند دقیقه بعد از شروع واکنش ۰/۲۱ مول از آهن مصرف می‌شود:

$$R_{\text{واکنش}} = R_{Fe^{2+}}$$

$$R_{Fe^{2+}} = \frac{1}{1500}\ mol.s^{-1} \rightarrow ?\,t\ min = 0/21\ mol\ Fe^{2+} \times \frac{1500\ s}{1\ mol\ Fe^{2+}} \times \frac{1\ min}{60\ s} = 5/25\ min$$

C ۲۱۸۰ ۱ فقط عبارت چهارم درست است. جهت حرکت الکترون‌ها در سلول گالوانی از آند به کاتد است. پس در سلول $(Fe-X)$ آهن آند و X نقش کاتد را دارد و در سلول گالوانی $(Y-Zn)$ چون کاتیون‌ها به سمت کاتد حرکت می‌کنند، Y نقش آند و Zn نقش کاتد را دارد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در سلول $(Y-Zn)$، Y نقش آند را دارد؛ لذا آنیون‌ها به سمت Y و الکترون‌ها به سمت Zn حرکت می‌کنند (در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند.) عبارت دوم: مقایسهٔ قدرت کاهندگی به صورت $(Y>Zn>Fe>X)$ می‌باشد. پس در سلول $(Y-X)$، نیم‌سلول Y نقش آند را دارد و از جرم آن کاسته می‌شود و به جرم کاتد (X) افزوده می‌شود. عبارت سوم: در سلول اول در آند نیم‌واکنش: $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$ و در سلول دوم در کاتد نیم‌واکنش: $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ رخ می‌دهد. تعداد الکترون تبادلی در واکنش اول را x مول و در واکنش دوم $2x$ مول در نظر می‌گیریم:

$$?\,g\ Fe = x\ mol\ e^- \times \frac{1\ mol\ Fe}{2\ mol\ e^-} \times \frac{56\ g\ Fe}{1\ mol\ Fe} = 28x\ g \Rightarrow \text{تغییر جرم تیغهٔ آهن}$$

$$?\,g\ Zn = 2x\ mol\ e^- \times \frac{1\ mol\ Zn}{2\ mol\ e^-} \times \frac{65\ g\ Zn}{1\ mol\ Zn} = 65x\ g \Rightarrow \text{تغییر جرم تیغهٔ روی}$$

$$\Rightarrow \text{نسبت مورد نظر} = \frac{28}{65}$$

عبارت چهارم: در سلول $(Fe-X)$ گفته شد که آهن نقش آند را دارد، پس نیم‌واکنش روبه‌رو در آند انجام می‌شود: $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

حال اگر بازده سلول ۷۵ درصد باشد:

$$?\ \text{کولن} = 7g\ Fe \times \frac{1\ mol\ Fe}{56\ g\ Fe} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Fe} \times \frac{96000\ C}{1\ mol\ e^-} \times \frac{75}{100} = 18000\ C$$

A ۲۱۸۱ ۴ اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به‌طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به‌طور نسبی اندازه‌گیری شود. شیمی‌دان‌ها برای دستیابی به این هدف، نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به‌عنوان مبنا انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند. دمای استاندارد برای نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) برابر $25^\circ C$ و غلظت محلول الکترولیت آن یک مولار است. همچنین فشار گاز هیدروژن وارد شده به درون نیم‌سلول SHE برابر با یک اتمسفر می‌باشد.

B ۲۱۸۲ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: برای اندازه‌گیری پتانسیل استاندارد نیم‌سلول (Zn^{2+}/Zn) باید یک سلول گالوانی شامل این نیم‌سلول و نیم‌سلول SHE تشکیل داد. اختلاف پتانسیل این سلول گالوانی برابر پتانسیل استاندارد نیم‌سلول (Zn^{2+}/Zn) است. عبارت دوم: با استفاده از عدد ولت‌سنج می‌توان به اختلاف پتانسیل میان نیم‌سلول استاندارد و نیم‌سلول روی و نیز پتانسیل نیم‌سلول روی پی برد. عبارت سوم: شرایط استاندارد برای اندازه‌گیری E° فشار $1\ atm$ و دمای $25^\circ C$ است، در حالی که شرایط STP، فشار $1\ atm$ و دمای $0^\circ C$ می‌باشد. عبارت چهارم: در سلول گالوانی تشکیل شده، مانند هر سلول گالوانی دیگری، وجود دیوارهٔ متخلخل بین دو الکترود (برای جلوگیری از مخلوط شدن محلول‌های الکترولیت و جلوگیری از انتقال مستقیم الکترون) الزامی است.

B ۲۱۸۳ ۲ مطالب گزینهٔ (۲) برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): براساس پیشنهاد آیوپاک که برای هماهنگی در منابع علمی معتبر به کار می‌رود، پتانسیل الکترودی استاندارد برای نیم‌واکنش کاهش گزارش می‌شود. گزینهٔ (۲): در نیم‌واکنش کاهش، گونهٔ اکسنده در سمت چپ و گونهٔ کاهنده در سمت راست معادله نوشته می‌شود. کاهنده $\rightarrow$ اکسنده $+ e$: نیم‌واکنش کاهش

گزینهٔ (۳): شرایط استاندارد به معنای غلظت ۱ مولار برای محلول‌ها و فشار ۱ اتمسفر برای گازها است. گزینهٔ (۴): در یک سلول گالوانی، کاتیونی که اکسندهٔ قوی‌تری باشد، تمایل برای گرفتن الکترون و کاهش یافتن در آن بیشتر بوده و در نیم‌واکنش کاهش شرکت می‌کند.

A ۲۱۸۴ ۱ رتبه‌بندی فلزها به‌ترتیب کاهش E° آن‌ها در یک جدول، سری الکتروشیمیایی نامیده می‌شود. در سری الکتروشیمیایی، کاهش E° (کاهش تمایل برای گرفتن الکترون)، نشان‌دهندهٔ کاهش قدرت اکسندگی و مثبت بودن E° به معنای بیشتر بودن قدرت الکترون‌گیری نسبت به SHE است.

B ۲۱۸۵ ۲ عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): به پیشنهاد آیوپاک در سری الکتروشیمیایی، نیم‌واکنش‌ها به شکل کاهش نوشته می‌شود. عبارت (ب): در جدول سری الکتروشیمیایی، پتانسیل‌های کاهشی استاندارد براساس کاهش تدریجی از بالا به پایین مرتب شده‌اند. عبارت (پ): در جدول، پتانسیل استاندارد را از بزرگ به کوچک نوشته‌اند بنابراین منفی‌ترین و کوچک‌ترین پتانسیل استاندارد در پایین جدول قرار دارد. عبارت (ت): در سری الکتروشیمیایی، واکنش‌ها در جهت نیم‌واکنش کاهش نوشته می‌شوند، بنابراین گونهٔ اکسنده با گرفتن الکترون به گونهٔ کاهنده تبدیل می‌شود و گونهٔ کاهنده در سمت راست و گونهٔ اکسنده در سمت چپ قرار می‌گیرند. (کاهنده $\rightarrow ne^- +$ اکسنده) عبارت (ث): در سری الکتروشیمیایی، فلزهایی که قدرت کاهندگی کمتری نسبت به H_2 دارند، در ردیف‌های بالاتری نسبت به آن قرار گرفته و پتانسیل کاهشی مثبت دارند.

B ۲۱۸۶ ۳ به جز مورد دوم، سایر موارد جمله را به درستی کامل نمی‌کند. **بررسی موارد:** مورد اول: هر چه مقدار E° منفی‌تر باشد، گونهٔ اکسنده تمایل کمتری برای گرفتن الکترون دارد. مورد دوم: هر چه E° مثبت‌تر باشد (تمایل گونهٔ اکسنده به گرفتن الکترون و تبدیل به گونهٔ کاهنده بیشتر باشد)، می‌توان بیان کرد گونهٔ سمت چپ (اکسنده) خصلت نافلزی بیشتری دارد و اکسندهٔ قوی‌تری است. (کاهنده $\rightarrow ne^- +$ اکسنده) مورد سوم: هر چه مقدار E° منفی‌تر باشد، گونهٔ سمت راست (کاهنده) تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون و تشکیل کاتیون دارد. مورد چهارم: هر چه مقدار E° مثبت‌تر باشد، گونهٔ سمت راست (کاهنده) در نیم‌واکنش اکسایش، کاهندهٔ ضعیف‌تری است.

B ۲۱۸۷ ۱ با مقایسهٔ E° الکترودها، می‌توان دریافت که Mg قوی‌ترین کاهنده (دارای منفی‌ترین E°) و Mn^{2+} نسبت به Pb^{2+} اکسندهٔ ضعیف‌تری است. (زیرا E° منگنز منفی‌تر از E° سرب بوده و تمایل کاتیون آن برای کاهش یافتن کمتر است.)

* **توجه** E° ید مثبت‌تر از E° سرب بوده و تمایل بیشتری برای دریافت الکترون و کاهش دارد. بنابراین I_2 نسبت به Pb^{2+} اکسنده قوی‌تری است.

B ۲۱۸۸ ۴ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند. اگر در یک سلول، جهت حرکت الکترون‌ها از سمت SHE به سمت نیم‌سلول دیگر باشد، SHE تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون (کاهندگی) دارد، پس SHE آند (قطب منفی) و نیم‌سلول مورد نظر کاتد (قطب مثبت) است؛

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به توضیحات بالا، پتانسیل این نیم‌سلول مثبت است. عبارت دوم: نیم‌سلول x کاتد بوده و الکترون می‌گیرد. بنابراین اکسندهٔ قوی‌تری است. عبارت سوم: SHE آند بوده و قطب منفی است. عبارت چهارم: با توجه به اینکه SHE آند و قطب منفی سلول است اگر قطب مثبت ولت‌سنج به آن وصل شود ولت‌سنج عددی منفی را نشان می‌دهد. عبارت پنجم: در این سلول گالوانی، نیم‌سلول SHE، آند بوده و با گذشت زمان غلظت یون‌های H^+ در محلول الکترولیت آن افزایش می‌یابد.

C ۲۱۸۹ ۲ عبارت‌های (الف) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول‌های گالوانی معمولاً، به تدریج جرم تیغهٔ کاتد افزایش و جرم تیغهٔ آند کاهش می‌یابد. عبارت (ب): اندازه‌گیری پتانسیل استاندارد در دمای اتاق $(۲۹۸K)$ انجام می‌شود. عبارت (پ): الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد حرکت می‌کنند در حالی که آنیون‌ها در مدار درونی از کاتد به سمت آند جابه‌جا می‌شوند. عبارت (ت): اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به‌طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به‌طور نسبی اندازه‌گیری شود. نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به عنوان مبنا انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند.

نکته ترکیبی **نیم‌سلول SHE، در نقش آند یا کاتد:** اگر در یک سلول گالوانی از نیم‌سلول استاندارد هیدروژن استفاده کنیم، بسته به اینکه پتانسیل کاهشی نیم‌سلول دیگر مثبت است یا منفی، در نیم‌سلول SHE فرایندهای متفاوتی رخ می‌دهد:

- **SHE در نقش آند:** اگر از نیم‌سلول SHE و نیم‌سلول عنصری با پتانسیل کاهشی استاندارد مثبت $(E^\circ>۰)$ باشد، SHE در نقش آند قرار می‌گیرد و در آن نیم‌واکنش $H_۲ \rightarrow ۲H^+ + ۲e^-$ انجام می‌شود، با ادامهٔ این‌روند، غلظت H^+ محلول نیم‌سلول افزایش و به تبع آن pH محلول کاهش می‌یابد.
- **SHE در نقش کاتد:** اگر یک قطب سلول گالوانی نیم‌سلول SHE و قطب دیگر آن عنصری با پتانسیل کاهشی استاندارد منفی باشد، SHE در نقش کاتد ظاهر می‌شود و به دنبال آن نیم‌واکنش $۲H^+ + ۲e^- \rightarrow H_۲$ انجام می‌شود. با ادامهٔ روند مصرف یون‌های هیدرونیوم، میزان $[H^+]$ کاهش یافته و به تبع آن pH محلول نیم‌سلول افزایش می یابد.

عبارت (ث): در صورت اتصال یک نیم‌سلول با E° مثبت به نیم‌سلول SHE، نیم‌سلول SHE که E° کمتری دارد، نقش آند داشته و در آن نیم‌واکنش $H_۲(g) \rightarrow ۲H^+(aq) + ۲e^-$ رخ می‌دهد و طی واکنش، غلظت یون‌های H^+ در آن افزایش یافته و در نتیجه pH محلول کاهش می‌یابد.

C ۲۱۹۰ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز مورد (ت) نادرست هستند. ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم. $۲M + ۲H_۲O \rightarrow ۲MOH + H_۲$

$$۷۸۴mL\ H_۲ = ۲/۷۳g\ M \times \frac{۱mol\ M}{x\ g\ M} \times \frac{۱mol\ H_۲}{۲mol\ M} \times \frac{۲۲/۴L\ H_۲}{۱mol\ H_۲} \times \frac{۱۰۰۰mL\ H_۲}{۱L\ H_۲} \Rightarrow x = ۳۹g.mol^{-۱}$$

پس عنصر مدنظر، $_{۱۹}K$ می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): K در دورهٔ چهارم جدول حضور دارد و در این دوره تنها دو عنصر، تک‌حرفی‌اند. $(_{۲۳}V\ ,\ _{۱۹}K)$

$$\text{درصد یک حرفی} = \frac{۲}{۱۸} \times ۱۰۰ = ٪۱۱/۱۱$$

$_{۱۹}K: \underline{۱s^۲}\ \underline{۲s^۲}\ \underline{۲p^۶}\ \underline{۳s^۲}\ \underline{۳p^۶}\ \underline{۴s^۱}$ عبارت (ب): الکترون‌ها با $l=۰$ در $۷e^- \Leftarrow ns$ الکترون‌ها با $l=۱$ در $۱۲e^- \Leftarrow np$

۷ از نصف ۱۲ بیشتر است. عبارت (پ): یکی از فراورده‌های واکنش، KOH می‌باشد که یک باز قوی تک‌ظرفیتی است. باید برای به‌دست آوردن pH، ابتدا غلظت OH^- ناشی از KOH را بیابیم:

$$?\ mol\ OH^- = ۲/۷۳g\ K \times \frac{۱mol\ K^+}{۳۹g\ K} \times \frac{۱mol\ KOH}{۱mol\ K} \times \frac{۱mol\ OH^-}{۱mol\ KOH} = ۰/۰۷mol\ OH^-$$

$$[OH^-] = \frac{mol\ OH^-}{V} = \frac{۰/۰۷}{۳/۵} = ۰/۰۲mol.L^{-۱} \Rightarrow pOH = -\log[OH^-] = ۱/۷ \qquad pH = ۱۴ - pOH = ۱۴ - ۱/۷ = ۱۲/۳$$

عبارت (ت): عنصر بالای K، Na می‌باشد و رنگ شعلهٔ آن زرد رنگ ا ست. رنگ شعلهٔ مس، سبز رنگ می‌باشد. انرژی نور زرد از سبز کمتر بوده اما طول موج آن بیشتر است. عبارت (ث): پلاتین با اکسیژن واکنش نمی‌دهد و کاهنده نیست. عبارت (ج): پتاسیم واکنش‌پذیری بالایی دارد و برای تولید نیم‌سلول آن نمی‌توان تیغهٔ پتاسیمی را در محلول آبی یون‌های پتاسیم (K^+) قرار داد؛ زیرا فلز پتاسیم با مولکول‌های آب واکنش می‌دهد و اکسایش می‌یابد.

B ۲۱۹۱ ۲ نیم‌سلولی که در سری الکتروشیمیایی در جایگاه بالاتری قرار دارد، E° مثبت‌تری داشته و تمایل آن برای گرفتن الکترون بیشتر است، بنابراین نیم‌سلول مورد نظر، کاتد (قطب مثبت) است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نیم‌سلولی که E° منفی‌تری دارد، تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون داشته و نقش آند را دارد. گزینهٔ (۳): چنانچه یکی از نیم‌سلول‌های سلول گالوانی SHE باشد، نیم‌سلول دیگر باید دارای E° مثبت (بزرگ‌تر از صفر) باشد تا در این سلول نقش قطب مثبت (کاتد) را داشته باشد. در این صورت جایگاه این فلز در سری الکتروشیمیایی بالاتر از $H_۲$ خواهد بود. گزینهٔ (۴): تیغه‌ای که E° بزرگ‌تری دارد، کاهش یافته و کاتد است و جهت حرکت کاتیون‌ها در سلول گالوانی از آند به کاتد می‌باشد.

B ۲۱۹۲ ۳ در سلول گالوانی حاوی عنصرهای روی و مس، عنصر روی به دلیل E° کمتر نقش آند و عنصر مس نقش کاتد را ایفا می‌کند. واکنش کلی سلول گالوانی (روی - مس) به‌صورت روبه‌رو است: $Zn(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Zn^{۲+}(aq) + Cu(s)$

با توجه به واکنش غلظت یون روی افزایش و غلظت یون مس کاهش می‌یابد.

B ۲۱۹۳ ۴ هرچه E° یک الکترود منفی‌تر باشد، این الکترود قدرت کاهندگی بیشتری خواهد داشت و هر چه E° آن مثبت‌تر باشد، الکترود مورد نظر اکسنده‌تر خواهد بود. در هر الکترود، گونه‌ای با بار مثبت‌تر نقش اکسنده و گونه‌ای با بار منفی‌تر نقش کاهنده را بر عهده دارند، پس در الکترود منیزیم، فلز منیزیم می‌تواند کاهنده باشد و یون منیزیم قادر به از دست دادن الکترون نیست، به همین دلیل فلز منیزیم کاهنده‌ترین گونه در میان گونه‌های موجود در نمودار است. با استدلال مشابه، یون نقره اکسنده‌ترین گونهٔ موجود در نمودار می‌باشد. نیم‌سلول SHE دارای پتانسیل استاندارد کاهشی صفر می‌باشد و برای آن‌که الکترودی در واکنش با این نیم‌سلول نقش کاتد را ایفا کند می‌بایست دارای E° مثبت‌تر باشد که در این نمودار تنها الکترود مس و نقره دارای این شرط هستند.

۲۱۹۴ | ۱ | B

نکته ترکیبی **تشخیص سریع خودبه‌خودی بودن یک واکنش الکتروشیمیایی:** برای اینکه بدون انجام محاسبات به خودبه‌خودی بودن واکنش‌های شیمیایی پی ببرید، کافی است با مرتب کردن نیم واکنش‌ها براساس کاهش E°، یک سری پتانسیل کاهشی ایجاد کنید و واکنش میان گونهٔ بالا چپ و پایین راست به‌طور خودبه‌خودی انجام می‌شود و در غیر این صورت، واکنش غیر خودبه‌خودی است. برای نمونه واکنش Fe^{2+} با Zn انجام‌پذیر است ولی واکنش Zn^{2+} با Fe انجام پذیر نیست.

$Fe^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Fe(s)$	$-0/44$
$Zn^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Zn(s)$	$-0/76$

آهن فقط می‌تواند با Cu^{2+} به‌طور طبیعی واکنش دهد و انرژی آزاد کند. آهن فلز است و تمایل به الکترون‌دهی دارد، آهن به گونه‌ای می‌تواند الکترون بدهد که E° آهن از E° آن گونه کوچک‌تر باشد، زیرا هر چه E° کوچک‌تر (منفی‌تر) باشد، تمایل به الکترون‌دهی بیشتر است. در بین موارد مطرح شده فقط E° مس از آهن بیشتر است.

$$Fe(s)+Cu^{2+}(aq)\xrightarrow{2e^-}Fe^{2+}(aq)+Cu(s)$$

$$E^\circ(Cu^{2+}/Cu)=+0/34V$$

$$E^\circ(Fe^{2+}/Fe)=-0/44V$$

می‌دانیم واکنش گونهٔ سمت چپ بالاتر با گونهٔ سمت راست پایین‌تر انجام‌پذیر است، بنابراین Fe (راست پایین‌تر) با Cu^{2+} (چپ بالاتر) به‌طور طبیعی واکنش می‌دهد.

البته می‌توان با استفاده از نکتهٔ مطرح شده در کلاس درس نیز پاسخ درست را پیدا کرد؛ برای این کار ابتدا E° ها را از بزرگ به کوچک مرتب می‌کنیم:

$$E^\circ(Zn^{2+}/Zn)=-0/76V$$

$$E^\circ(Al^{3+}/Al)=-1/66V$$

$$E^\circ(Ba^{2+}/Ba)=-2/9V$$

$$E^\circ(Ag^+/Ag)=+0/8V$$

$$E^\circ(Ni^{2+}/Ni)=-0/25V$$

$$E^\circ(Co^{2+}/Co)=-0/28V$$

$$E^\circ(Zn^{2+}/Zn)=-0/76V$$

$$E^\circ(Na^+/Na)=-2/71V$$

۲۱۹۵ | ۳ | B

در میان فلزهای داده شده، یون Zn^{2+} فقط می‌تواند با فلز Na واکنش دهد و با فلزهای Ni، Ag و Co وارد واکنش نمی‌شود. اگر $E^\circ(Zn^{2+}/Zn)>E^\circ(M^{n+}/M)$ باشد، آن‌گاه کاتیون روی در واکنش با فلز M کاهش یافته و فلز M اکسید می‌شود. (E° بیشتر $\Leftarrow$ تمایل برای گرفتن الکترون بیشتر $\Leftarrow$ اکسندهٔ قوی‌تر) بنابراین Zn^{2+} می‌تواند در واکنش با فلز Na کاهش یابد. در واقع می‌توان گفت گونهٔ سمت چپ بالاتر (Zn^{2+}) با گونهٔ سمت راست پایین‌تر (Na) به‌طور طبیعی واکنش می‌دهد:

$$Na(s)+Zn^{2+}(aq)\rightarrow Na^+(aq)+Zn(s)$$

اما با فلزهای Ni، Ag و Co وارد واکنش نمی‌شود.

۲۱۹۶ | ۴ | A

اگر ذرهٔ کاهنده در گونهٔ کاهنده‌تر با ذرهٔ اکسنده در گونهٔ اکسنده‌تر در کنار یکدیگر قرار بگیرند، واکنش مورد نظر انجام‌پذیر خواهد بود. در غیر این‌صورت، واکنش انجام‌پذیر نمی‌باشد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): وانادیم کاهنده‌تر از آهن بوده؛ به همین دلیل این واکنش انجام‌پذیر است. گزینهٔ (۲): منگنز کاهنده‌تر از آهن بوده؛ به همین دلیل این واکنش انجام‌پذیر است. گزینهٔ (۳): منگنز کاهنده‌تر از وانادیم (II) بوده؛ به همین دلیل این واکنش انجام‌پذیر است. گزینهٔ (۴): وانادیم (II) کاهنده‌تر از آهن است؛ به همین دلیل این واکنش انجام‌ناپذیر است.

۲۱۹۷ | ۱ | B

عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. سلول گالوانی استاندارد «آلومینیم - هیدروژن» از الکترودهای آلومینیم و SHE تشکیل شده است. از آنجا که الکترود آلومینیم دارای پتانسیل الکترودی استاندارد کوچک‌تری (منفی‌تری) است، پس در این سلول، الکترود آلومینیم، آند (قطب منفی) و الکترود SHE، کاتد (قطب مثبت) بوده و معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سلول به‌صورت «$2Al(s)+6H^+(aq)\rightarrow 2Al^{3+}(aq)+3H_2(g)$» است؛ **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در الکترود کاتد، گاز هیدروژن آزاد شده و از الکترود خارج می‌شود، پس جرم تیغهٔ الکترود ثابت است. عبارت (ب): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، نسبت تغییرات یون هیدرونیوم، ۳ برابر تغییرات یون آلومینیم است، پس اگر غلظت یون هیدرونیوم، ۰/۳ مولار کاهش یابد، غلظت یون آلومینیم، ۰/۱ مولار افزایش می‌یابد. عبارت (پ): با توجه به معادلهٔ واکنش می‌توان نوشت:

راه اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\,H_2=0/54g\,Al\times\frac{1mol\,Al}{27g\,Al}\times\frac{3mol\,H_2}{2mol\,Al}\times\frac{22/4L\,H_2}{1mol\,H_2}\times\frac{1000mL\,H_2}{1L\,H_2}=672mL\,H_2$$

راه دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم Al}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم }H_2}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{0/54}{27\times2}=\frac{x\,mL\,H_2}{22400\times3}\Rightarrow x=672mL\,H_2$$

عبارت (ت): یون شرکت‌کننده در نیم‌واکنش کاتد، همان یون هیدرونیوم است که ضریب استوکیومتری آن برابر با ۶ است. یون شرکت‌کننده در نیم‌واکنش آندی نیز یون آلومینیم است که ضریب استوکیومتری آن برابر با ۲ است؛ بنابراین از آن‌جا که شیب نمودار (مول - زمان) برای یک واکنش، با ضریب استوکیومتری آن نسبت مستقیم دارد، پس شیب نمودار یون هیدرونیوم، ۳ برابر شیب نمودار یون آلومینیم است.

۲۱۹۸ | ۴ | B

در سلول گالوانی جهت حرکت کاتیون‌ها از طرف آند (A) به سمت کاتد (B) است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ممکن است پتانسیل الکترودی هر دو مثبت باشد، اما به علت تمایل بیشتر B برای دریافت الکترون، پتانسیل آن مثبت‌تر از A است. عبارت (ب): نیم‌سلول B نسبت به نیم‌سلول A اکسندهٔ قوی‌تری است، اما با توجه به اطلاعات سؤال نمی‌توان اکسندگی نیم‌سلول B و SHE را با هم مقایسه کرد. عبارت (پ): نیم‌سلول A نسبت به نیم‌سلول B کاهندهٔ قوی‌تری است، اما با توجه به اطلاعات سؤال نمی‌توان کاهندگی نیم‌سلول A و SHE را با هم مقایسه کرد. عبارت (ت): با توجه به اینکه پتانسیل الکتریکی الکترودهای A و B و میزان فاصلهٔ آن‌ها با پتانسیل الکترود استاندارد هیدروژن نامشخص است، نمی‌توان در رابطه با مقایسهٔ اندازهٔ عدد ولت‌سنج در سلول‌های (A - SHE) و (B - SHE) اظهار نظر کرد.

۲۱۹۹ | ۲ | B

عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سری الکتروشیمیایی فلزهای پایین هیدروژن می‌توانند با محلول اسیدها (H^+ از اسیدها) واکنش دهند. بنابراین فقط فلز A پایین‌تر از هیدروژن قرار دارد. عبارت (ب): در سری الکتروشیمیایی کاتیون فلز بالاتر با خود فلز پایین‌تر واکنش می‌دهد، چون Cu^{2+} (محلول نمک $CuCl_2$) با فلزهای A و B واکنش داده است می‌توان نتیجه گرفت که A و B در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از Cu قرار دارند. از طرفی فلز C نه با $HCl(aq)$ واکنش می‌دهد نه با $CuCl_2(aq)$. بنابراین C بالاتر از H_2 و Cu قرار دارد:

مقایسهٔ E°ها: $E^\circ_C>E^\circ_{Cu}>E^\circ_B>E^\circ_A$

عبارت (پ): در سری الکتروشیمیایی فلز بالاتر (در اینجا C) با کاتیون‌های فلز پایین‌تر (در اینجا کاتیون‌های B) واکنش نمی‌دهد. بنابراین E° واکنش داده شده منفی بوده و این واکنش را نمی‌توان در سلول گالوانی انجام داد. عبارت (ت): می‌دانیم گونهٔ سمت چپ بالاتر (کاتیون فلز بالاتر) با گونهٔ سمت راست پایین‌تر (فلز پایین‌تر) واکنش می‌دهد، بنابراین واکنش کاتیون فلز B با اتم‌های خنثی A انجام‌پذیر است.

سری الکتروشیمیایی
C
Cu
B
H_2
A

B ۲۲۰۰ ۴ در این سلول گالوانی از جرم تیغهٔ Zn کاسته شده و به جرم تیغهٔ Ni افزوده می‌شود.

$$\text{کاهش جرم تیغهٔ روی} = 0/4\,mol\,e^- \times \frac{1\,mol\,Zn}{2\,mol\,e^-} \times \frac{65/4\,g\,Zn}{1\,mol\,Zn} = 13/08\,g\,Zn \quad , \quad \text{افزایش جرم تیغهٔ نیکل} = 0/4\,mol\,e^- \times \frac{1\,mol\,Ni}{2\,mol\,e^-} \times \frac{58/7\,g\,Ni}{1\,mol\,Ni} = 11/74\,g\,Ni$$

از آنجا که جرم اولیهٔ هر دو تیغه یکسان بوده است؛ بنابراین با مبادلهٔ ۰/۴ مول الکترون، تفاوت جرم دو تیغه برابر $24/82\,g$ $(13/08+11/74)$ می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): پتانسیل کاهشی هر دو فلز روی و نیکل منفی بوده و نسبت به SHE کمتر است، به این معنی که در سلول‌های گالوانی $(Ni-SHE)$ و $(Zn-SHE)$، نیکل و روی هر دو آند بوده و نسبت به SHE الکترون‌دهنده‌تر (دارای قدرت کاهندگی بیشتری) هستند. گزینهٔ (۲): در سلول گالوانی، فلزی که E° بیشتری دارد، الکترون گیرنده‌تر و اکسنده‌تر است و نقش کاتد را دارد. برعکس فلزی که E° کمتری دارد، الکترون‌دهنده‌تر و کاهنده‌تر است و نقش آند را دارد. پس نیکل کاتد و روی آند است. لذا کاتیون‌های روی به سمت کاتد (نیکل) و آنیون‌ها به سمت آند (روی) حرکت می‌کنند. گزینهٔ (۳): نقش فلز روی در سلول گالوانی (روی - مس) مشابه سلول (روی - نیکل)، آند است.

C ۲۲۰۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. با توجه به جملات بیان شده در صورت سؤال به نتایج زیر می‌رسیم:

سلول	آند (قطب منفی)	کاتد (قطب مثبت)	مقایسهٔ E° $(E^\circ(\text{کاتد}) > E^\circ(\text{آند}))$	مقایسهٔ قدرت کاهندگی
$Cd-Ni$	Cd	Ni	$E^\circ(Ni^{2+}/Ni) > E^\circ(Cd^{2+}/Cd)$	$Cd > Ni$
$Cd-Pb$	Cd	Pb	$E^\circ(Pb^{2+}/Pb) > E^\circ(Cd^{2+}/Cd)$	$Cd > Pb$

از طرفی بیان شده که اختلاف پتانسیل سلول (کادمیم - سرب) بیشتر از اختلاف پتانسیل سلول (کادمیم - نیکل) است، بنابراین:

$$E^\circ(Cd-Pb) > E^\circ(Cd-Ni) \Rightarrow E^\circ(Pb^{2+}/Pb) - \cancel{E^\circ(Cd^{2+}/Cd)} > E^\circ(Ni^{2+}/Ni) - \cancel{E^\circ(Cd^{2+}/Cd)}$$

$$\Rightarrow E^\circ(Pb^{2+}/Pb) > E^\circ(Ni^{2+}/Ni) \Rightarrow \text{مقایسهٔ قدرت کاهندگی}: Ni > Pb$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به مطالب قبل قدرت الکترون‌دهی (کاهندگی) کادمیم از دو عنصر دیگر بیشتر است: $Cd > Ni > Pb$: مقایسهٔ قدرت کاهندگی

عبارت (ب): در سلول (نیکل - سرب)، نیکل نقش آند (قطب منفی) را دارد، زیرا همان‌طور که گفته شد قدرت کاهندگی نیکل بیشتر از سرب است. از طرفی می‌دانیم در الکترود آند، الکترون تولید می‌شود. به همین دلیل تراکم الکترون بر روی تیغهٔ نیکل (تیغهٔ آندی) بیشتر است.

عبارت (پ): مقایسهٔ پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول‌های مطرح شده به‌صورت روبه‌رو است: $E^\circ(Pb^{2+}/Pb) > E^\circ(Ni^{2+}/Ni) > E^\circ(Cd^{2+}/Cd)$

عبارت (ت): در سلول‌های $(Cd-Pb)$ و $(Ni-Pb)$، سرب نقش کاتد را دارد، از طرفی می‌دانیم ولتاژ سلول از رابطهٔ $E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند})$ به‌دست می‌آید، بنابراین هر چه $E^\circ(\text{آند})$ کوچک‌تر باشد (آند کاهنده‌تر باشد)، $E^\circ(\text{سلول})$ بیشتر خواهد بود، با توجه به مقایسهٔ میزان کاهندگی در عبارت (الف) داریم:

$$E^\circ(Cd-Pb) > E^\circ(Ni-Pb)$$

B ۲۲۰۲ ۱ برای آن‌که این سلول به‌طور طبیعی کار کند، یا به‌عبارتی سلولی از نوع گالوانی باشد، قطب منفی سلول باید آند و قطب مثبت آن باید کاتد باشد و E° آند کوچک‌تر از E° کاتد باشد. به این ترتیب در این شکل که آند از جنس آلومینیم بوده و E° آلومینیم برابر $-1/66\,V$ است، A باید فلزی با E° بزرگ‌تر از $-1/66\,V$ باشد که از میان این فلزات، این امکان برای نقره، کروم و آهن وجود دارد. حال برای این سه حالت، معادلهٔ واکنش را نوشته و تعیین می‌کنیم تغییرات غلظت مولار یون‌ها به ازای مبادلهٔ شمار معینی الکترون در کدام حالت بیشتر است. حالت اول (A، نقره باشد): $Al + 3Ag^+ \rightarrow Al^{3+} + 3Ag$

در این سلول در اثر جابه‌جایی ۳ مول الکترون، ۳ مول Ag^+ مصرف و یک مول Al^{3+} تولید می‌شود. در نتیجه تعداد مول یون‌ها به ازای هر ۳ مول الکترون، ۲ مول کاهش می‌یابد؛ یعنی به ازای مبادلهٔ هر مول الکترون، $\frac{2}{3}$ مول تغییر شمار مول یون‌ها صورت می‌گیرد. حالت دوم (A، آهن باشد): $2Al + 3Fe^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Fe$

در این سلول در اثر مبادلهٔ ۶ مول الکترون، ۳ مول Fe^{2+} مصرف و ۲ مول Al^{3+} تولید می‌شود. در نتیجه تعداد مول یون‌ها به ازای ۶ مول الکترون، ۱ مول کاهش می‌یابد؛ یعنی به ازای مبادلهٔ هر مول الکترون، $\frac{1}{6}$ مول تغییر شمار مول یون‌ها صورت می‌گیرد. حالت سوم (A، کروم باشد): $Al + Cr^{3+} \rightarrow Al^{3+} + Cr$

در این سلول به ازای مبادلهٔ ۳ مول الکترون، یک مول Cr^{3+} مصرف و یک مول Al^{3+} تولید می‌شود؛ بنابراین تغییری در غلظت یون‌های این سلول رخ نمی‌دهد؛ یعنی به ازای مبادلهٔ هر مول الکترون، تغییری در غلظت یون‌ها صورت نمی‌گیرد. به این ترتیب، در صورتی‌که A، نقره باشد، بیشترین تغییر را در غلظت یون به ازای مصرف مقدار معینی الکترون در این سلول داریم.

B ۲۲۰۳ ۳

نکته ترکیبی **نگهداری محلول کاتیون‌ها در ظروف فلزی:** با توجه به سری الکتروشیمیایی، می‌توان محلول کاتیون فلز را در ظرفی که از جنس فلزی در سری الکتروشیمیایی در جایگاه بالاتری قرار دارد، نگه‌داری نمود. برای مثال، محلول کاتیون‌های آهن، روی و نقره را می‌توان در ظرفی از جنس طلا نگه‌داری نمود؛ زیرا طلا تمایل کمتری نسبت به دیگر فلزات برای اکسایش دارد و درنتیجه اکسایش نمی‌یابد و می‌توان از آن برای نگه‌داری این محلول‌ها استفاده کرد.

در موارد دوم، سوم و چهارم ظرف دچار خوردگی می‌شود. **بررسی موارد:** مورد اول و دوم: می‌دانیم محلول رقیق اسیدها را می‌توان در ظرفی نگهداری کرد که آن فلز در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن باشد در واقع E° بزرگ‌تر (مثبت‌تر) از هیدروژن داشته باشد. بنابراین ظرف مسی برخلاف ظرف آهنی برای نگهداری محلول رقیق هیدروکلریک اسید مناسب است. مورد سوم: کاتیون‌های Cu^{2+} (چپ بالاتر) با فلز آهن (راست پایین‌تر) واکنش می‌دهند. بنابراین محلولی از نمک‌های مس را نمی‌توان در ظرفی از جنس آهن نگهداری کرد. مورد چهارم: کاتیون‌های Fe^{2+} (چپ بالاتر) با فلز آلومینیم (راست پایین‌تر) واکنش می‌دهند. بنابراین محلولی از نمک‌های آهن را نمی‌توان در ظرفی از جنس آلومینیم قرار داد.

$E^\circ(Cu^{2+}/Cu)=+0/34V$

$E^\circ(H_2/2H^+)=0V$

$E^\circ(Fe^{2+}/Fe)=-0/44V$

$E^\circ(Al^{3+}/Al)=-1/66V$

B ۲۲۰۴ ۱ ابتدا گونه‌ها را برحسب E° کاهشی آن‌ها مرتب می‌کنیم:

نیم‌واکنش	Cl_2/Cl^-	Br_2/Br^-	Fe^{3+}/Fe^{2+}	I_2/I^-	Fe^{3+}/Fe	Fe^{2+}/Fe
E°	$+1/35V$	$+1/09V$	$+0/77V$	$+0/54V$	$-0/04V$	$-0/41V$

می‌دانیم واکنش‌هایی به‌طور طبیعی انجام می‌شوند که گونهٔ کاهنده پایین‌تر از گونهٔ اکسنده قرار داشته باشد. دقت کنید هرچه گونهٔ سمت چپ اکسندهٔ قوی‌تری باشد، در جدول در موقعیت بالاتری قرار دارد و هرچه گونهٔ سمت راست کاهندهٔ قوی‌تری باشد در جدول در موقعیت پایین‌تری قرار دارد. در واکنش $2Fe^{3+}(aq)+Fe(s)\rightarrow 3Fe^{2+}(aq)$، گونهٔ $Fe(s)$ کاهنده و $Fe^{3+}(aq)$ اکسنده است؛ چون $Fe(s)$ پایین‌تر از $Fe^{3+}(aq)$ قرار دارد؛ بنابراین واکنش به‌طور طبیعی انجام می‌شود و مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در این واکنش ۶ (۳+۱+۲) است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در واکنش $2Fe^{2+}(aq)+3I_2(s)\rightarrow 2FeI_3(aq)$، گونهٔ $Fe^{2+}(aq)$ کاهنده و $I_2(s)$ اکسنده است؛ از آنجا که $Fe^{2+}(aq)$ بالاتر از $I_2(s)$ قرار دارد $[E^\circ(I_2/2I^-)<E^\circ(Fe^{3+}/Fe^{2+})]$ پس این واکنش به‌طور طبیعی انجام نمی‌شود. گزینهٔ (۳): برای نگهداری محلول یک ماده، از ظرفی می‌توانیم استفاده کنیم که از جنس فلزی باشد که E° بزرگ‌تری داشته و در موقعیت بالاتری قرار داشته باشد. چون E° آهن از برم و ید کمتر است، پس واکنش آهن با برم و ید به‌صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود و نمی‌توان ید و برم را در ظرف آهنی نگهداری کرد. گزینهٔ (۴): مقایسهٔ قدرت کاهندگی گونه‌ها به صورت $Cl^-<Br^-<Fe^{2+}<I^-<Fe$ است؛ پس قدرت کاهندگی یون یدید $(E^\circ(I_2/2I^-)=+0/54V)$ بیشتر از قدرت کاهندگی یون برمید $(E^\circ(Br_2/2Br^-)=+1/09V)$ است.

B ۲۲۰۵ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): Br_2 کاهش یافته و اکسنده است و چون E° مثبت‌تری نسبت به سه گونهٔ دیگر دارد، قوی‌ترین اکسنده است. Cr^{2+} اکسید شده و کاهنده است و E° منفی‌تری نسبت به سه گونهٔ دیگر دارد، بنابراین قوی‌ترین کاهنده است. عبارت (ب): در سلول الکتروشیمیایی (کروم - کبالت)، Cr^{2+} به دلیل داشتن E° منفی‌تر اکسید می‌شود: $Cr^{2+}(aq)\rightarrow Cr^{3+}(aq)+e^-$

عبارت (پ): برای اینکه بتوان Cu^+ را در ظرفی نگهداری کرد، نباید Cu^+ به وسیلهٔ اتم‌های فلزی ظرف کاهش یابد. چون $E^\circ(Co^{2+}/Co)<E^\circ(Cu^+/Cu)$ است، کبالت الکترون‌دهنده‌تر می‌باشد و قادر است کاتیون‌های Cu^+ را کاهش دهد. لذا باید Cu^+ را در ظرفی نگهداری کرد که E° آن بیشتر از E° مس باشد. عبارت (ت): در سلول الکتروشیمیایی (کبالت - مس) که $E^\circ(Cu^+/Cu)>E^\circ(Co^{2+}/Co)$ است، مس E° مثبت‌تری داشته و کاتد است، پس با تبدیل Cu^+ به Cu، جرم تیغهٔ مس افزایش می‌یابد. کبالت نیز E° منفی‌تری داشته و آند است، پس با تبدیل Co به Co^{2+} از جرم تیغهٔ کبالت کاسته می‌شود.

B ۲۲۰۶ ۲ کاتیون فلزهایی که در جدول سری الکتروشیمیایی بالاتر از روی و پایین‌تر از نقره قرار دارند با فلز روی واکنش می‌دهند ولی با فلز نقره نمی‌توانند واکنش دهند. بنابراین محلول حاوی یون‌های Fe^{2+} (آهن (II) کلرید) و Cu^{2+} (مس (II) برمید) را در ظرفی از جنس روی نمی‌توان نگهداری کرد ولی در ظرف نقره‌ای می‌توان نگهداری کرد. در جدول زیر ظرف مناسب برای نگهداری تمام نمک‌های مطرح شده را بررسی کرده‌ایم:

نام نمک	فرمول شیمیایی	کاتیون فلزی موجود در نمک	ظرف مناسب برای نگهداری نمک	
			ظرفی از جنس Zn	ظرفی از جنس Ag
مس (II) برمید	$CuBr_2$	Cu^{2+}	×	✓
آهن (II) کلرید	$FeCl_2$	Fe^{2+}	×	✓
آلومینیم سولفات	$Al_2(SO_4)_3$	Al^{3+}	✓	✓
منگنز (II) کلرید	$MnCl_2$	Mn^{2+}	✓	✓
محلول Pt^{2+}	Pt^{2+}	Pt^{2+}	×	×

$E^\circ(Pt^{2+}/Pt)=+1/20V$

$E^\circ(Ag^+/Ag)=+0/80V$

$E^\circ(Cu^{2+}/Cu)=+0/34V$

$E^\circ(Fe^{2+}/Fe)=-0/44V$

$E^\circ(Zn^{2+}/Zn)=-0/76V$

$E^\circ(Mn^{2+}/Mn)=-1/18V$

$E^\circ(Al^{3+}/Al)=-1/66V$

B ۲۲۰۷ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به جهت طبیعی واکنش، گونهٔ Sn^{2+} کاهش‌یافته، پس نقش اکسندگی دارد و گونهٔ Mn اکسایش‌یافته و نقش کاهندگی دارد. عبارت دوم: در این واکنش، گونه‌های Sn^{2+} به Sn کاهش‌یافته و اتم‌های Mn به Mn^{2+} اکسایش‌یافته‌اند؛ پس در این سلول، Sn نقش کاتد و Mn نقش آند را دارد. پس در سری الکتروشیمیایی Sn بالاتر از Mn قرار گرفته و E° بزرگ‌تری دارد. عبارت سوم: در این واکنش هر اتم Mn با از دست دادن ۲ الکترون به Mn^{2+} تبدیل می‌شود؛ بنابراین در این واکنش، به ازای هر مول منگنز، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود؛

پس خواهیم داشت: روش اول (کسر تبدیل):

$$?e^- = ۰/۲۵\ mol\ Mn \times \frac{۲ mol\ e^-}{۱ mol\ Mn} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ e^-}{۱ mol\ e^-} = ۳/۰۱\times۱۰^{۲۳}\ e^-$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول Mn}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد } e^-}{N_A \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۰/۲۵}{۱} = \frac{x}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۲} \Rightarrow x = ۳/۰۱\times۱۰^{۲۳}\ e^-$$

عبارت چهارم: همان‌طور که در قسمت‌های قبل گفتیم، قلع نقش کاتد این سلول را دارد و در سطح آن یون‌های $Sn^{۲+}$ کاهش می‌یابند. در نتیجه در سطح تیغهٔ قلع، الکترون‌ها مصرف می‌شوند (نه انباشته!).

نیم‌واکنش کاتدی: $Sn^{۲+}(aq)+۲e^- \rightarrow Sn(s)$

عبارت پنجم: در سلول‌های گالوانی الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد حرکت می‌کنند. در سلول حاصل از این دو فلز، منگنز نقش آند و قلع نقش کاتد را دارد و جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از تیغهٔ منگنز به سمت تیغهٔ قلع است.

C ۲۲۰۸ ۳ غلظت کاتیون در نیم‌سلول آندی افزایش و در نیم‌سلول کاتدی، کاهش می‌یابد. با توجه به نمودار داده‌شده، در سلول گالوانی $(A-X)$، فلز A آند و فلز X کاتد است.

$$m\,A+n\,X^{m+} \rightarrow m\,A^{n+}+n\,X$$

چون تغییرات غلظت X^{m+} برابر با ۲ واحد و تغییرات غلظت A^{n+} برابر با ۳ واحد است می‌توان واکنش را به‌صورت $۳A+۲X^{۳+} \rightarrow ۳A^{۲+}+۲X$ نوشت.

بنابراین $m=۳$ و $n=۲$ است؛ پس نسبت $\frac{m}{n}$ برابر $\frac{۳}{۲}=۱/۵$ می‌باشد که می‌تواند سلول گالوانی «منیزیم - آلومینیم» باشد.

قدرت کاهندگی: $Mg > Al > Zn > Cr$ قدرت اکسندگی: $Mg^{۲+} < Al^{۳+} < Zn^{۲+} < Cr^{۳+}$

بررسی گزینه‌های نادرست: گزینهٔ (۱): از آنجا که A آند و X کاتد است؛ $E^\circ(A^{n+}/A) < E^\circ(X^{m+}/X)$ بوده، پس A باید روی (Zn) و X باید کروم (Cr) باشد و خلاف این حالت نادرست است. گزینهٔ (۲): فلز X نقش کاتد و یون‌های $X^{m+}_{(aq)}$ نقش اکسنده دارند؛ بنابراین یون‌های $X^{m+}_{(aq)}$ مصرف و فلز X تولید می‌شوند.

$$۳A+۲X^{۳+} \rightarrow ۳A^{۲+}+۲X$$

گزینهٔ (۴): همان‌طور که در گزینهٔ (۱) گفته شد، $E^\circ(A^{n+}/A) < E^\circ(X^{m+}/X)$ است. در این سلول گالوانی، A مصرف و X تولید می‌شود؛ بنابراین از جرم تیغهٔ A (آند) کم شده و به جرم تیغهٔ X (کاتد) افزوده می‌شود.

B ۲۲۰۹ ۲ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. اگر الکترود A آند و الکترود B کاتد باشد، A الکترون‌دهنده‌تر و کاهنده‌تر از B است؛ بنابراین E° گونهٔ A منفی‌تر از E° گونهٔ B است. پتانسیل کاهشی استاندارد C منفی‌تر از A و B می‌باشد؛ یعنی C کاهنده‌تر از A و B است. لذا ترتیب پتانسیل کاهشی سه گونهٔ A، B و C به‌صورت زیر است:

$$E^\circ(C^{۲+}/C) < E^\circ(A^{۲+}/A) < E^\circ(B^{۲+}/B)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مطابق توضیحات بیان شده، فلز A در سری الکتروشیمیایی بین C و B قرار دارد. عبارت دوم: با توجه به توضیحات بالا، ولتاژ سلول $(C-B)$ بزرگ‌تر از ولتاژ سلول $(A-B)$ است. زیرا اختلاف پتانسیل B و C بیشتر از اختلاف پتانسیل A و B است. عبارت سوم: E° فلز C منفی‌تر از E° فلز A است، بنابراین می‌تواند کاتیون فلز A را کاهش دهد. عبارت چهارم: C منفی‌ترین E° را دارد، پس قوی‌ترین کاهنده است. $B^{۲+}$ مثبت‌ترین E° را دارد، پس قوی‌ترین اکسنده است. عبارت پنجم: با توجه به اینکه در صورت تست گفته شده که گونهٔ B با از دست دادن الکترون به $B^{۲+}$ تبدیل می‌شود، پس B نمی‌تواند آلومینیم $(_{۱۳}Al)$ باشد؛ زیرا یون حاصل از اکسایش آلومینیم، $Al^{۳+}$ است.

B ۲۲۱۰ ۴ در سلول گالوانی $(Au-Pt)$، Pt که E° کمتری دارد آند بوده و قطب منفی سلول را تشکیل می‌دهد. در صورت اتصال قطب‌های مثبت و منفی ولت‌سنج به ترتیب به تیغه‌های پلاتین و طلا، ولت‌سنج عددی منفی نمایش می‌دهد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): جهت حرکت کاتیون‌ها در سلول گالوانی به سمت تیغهٔ کاتد (قطب مثبت) است. از طرفی ترتیب E° سه فلز پلاتین، طلا و نقره در جدول سری الکتروشیمیایی به‌صورت $E^\circ(Ag^+/Ag) < E^\circ(Pt^{۲+}/Pt) < E^\circ(Au^{۳+}/Au)$ می‌باشد. بنابراین در سلول گالوانی (پلاتین - طلا)، طلا نقش کاتد را داشته و جهت حرکت کاتیون‌ها در آن به سمت تیغهٔ طلا است و در سلول گالوانی (نقره - پلاتین)، پلاتین نقش کاتد را داشته و جهت حرکت کاتیون‌ها در آن به سمت تیغهٔ پلاتین است. گزینهٔ (۲): برخی فلزها مانند مس، نقره و پلاتین در سری الکتروشیمیایی بالاتر از $H_۲$ قرار گرفته‌اند. گزینهٔ (۳): در سلول گالوانی $(Al-Zn)$ به این علت که $E^\circ(Al^{۳+}/Al) < E^\circ(Zn^{۲+}/Zn)$، آلومینیم آند و روی کاتد است و جهت حرکت آنیون‌ها به سمت Al است.

B ۲۲۱۱ ۴ گزینهٔ (۴) همانند جملهٔ داده شده در صورت تست درست است. **بررسی جملهٔ داده شده:** در جدول پتانسیل کاهشی استاندارد، هر چه به سمت بالا می‌رویم، مقدار E° نیم‌سلول‌ها افزایش می‌یابد؛ پس پتانسیل کاهشی استاندارد آهن و پلاتین از گونهٔ M بالاتر است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هرچه E° یک گونه مثبت‌تر باشد، قدرت اکسندگی بالاتری دارد، پس مقایسهٔ قدرت اکسندگی یون‌های داده شده به صورت: «$Pt^{۲+} > Fe^{۲+} > M^{۳+}$» است. گزینهٔ (۲): دقت کنید که علامت جبری E° یک نیم‌سلول، صرفاً مقداری قراردادی بوده و به موقعیت آن نسبت به نیم‌سلول SHE بستگی دارد. در حالی که اساس کار سلول‌های گالوانی تفاوت پتانسیل دو نیم‌سلول است و انجام واکنش در آن تحت تأثیر علامت جبری ولتاژ نیم‌سلول‌ها قرار نمی‌گیرد. گزینهٔ (۳): با توجه به مقدار E° دو نیم‌سلول، E° گونهٔ $M^{۳+}$ کوچک‌تر از E° گونهٔ $Pt^{۲+}$ است و در سلول گالوانی «M - Pt»، الکترود M آند و الکترود Pt کاتد بوده و طی واکنش، M اکسایش و $Pt^{۲+}$ کاهش می‌یابد؛ بنابراین معادلهٔ واکنش انجام شده به صورت $۲M+۳Pt^{۲+} \rightarrow ۲M^{۳+}+۳Pt$ شده است. گزینهٔ (۴): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش کلی انجام شده در سلول گالوانی «آهن - پلاتین» به صورت مقابل است:

$$Fe(s)+Pt^{۲+}(aq) \rightarrow Fe^{۲+}(aq)+Pt(s) \sim ۲e^-$$

با توجه به آن، به ازای اکسایش هر مول آهن، ۲ مول الکترون از آند به کاتد منتقل می‌شود.

B ۲۲۱۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در شکل (I)، الکترون به‌صورت مستقیم مبادله شده و نمی‌توان از آن برای تولید برق استفاده نمود. عبارت (ب): در ظرف (I)، Cu^{2+} کاهش یافته و $Cu(s)$ بر روی تیغهٔ Zn می‌نشیند. در ظرف (II)، Cu^{2+} در نیم‌سلول کاهش یافته و بر روی تیغهٔ مس می‌نشیند. عبارت (پ): با پیشرفت واکنش در ظرف (I)، مجموع جرم مواد جامد موجود در ظرف (تیغهٔ Zn و Cu تولید شده) کاهش می‌یابد، زیرا جرم مولی روی بیشتر از مس بوده و به ازای مصرف هر مول روی، یک مول مس تولید می‌شود. $Zn(s)+CuSO_4(aq)\rightarrow ZnSO_4(aq)+Cu(s)$

عبارت (ت): کاتیون‌های مس با گرفتن ۲ الکترون به آرایش الکترونی $[Ar]3d^{10}4s^1$ می‌رسند که زیرلایهٔ 4s آن پر نیست.

C ۲۲۱۳ ۲ به‌جز عبارت (پ) سایر عبارت‌ها درست هستند. در یک سلول گالوانی، ضمن انجام نیم‌واکنش اکسایش در نیم‌سلول آند، از جرم تیغهٔ آندی کاسته شده و غلظت کاتیون‌های آن افزایش می‌یابد و بالعکس در نیم‌سلول کاتدی ضمن انجام نیم‌واکنش کاهش، از غلظت کاتیون‌های موجود در محلول کاسته شده و بر جرم تیغهٔ کاتدی افزوده می‌شود؛ بنابراین نمودار داده شده مربوط به یک سلول گالوانی است که در آن Zn آند و M کاتد است. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده در این سلول گالوانی به صورت مقابل است: $Zn(s)+2M^+(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+2M(s)\sim 2e^-$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به توضیحات بالا، طی واکنش، جرم تیغهٔ M افزایش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به نمودار غلظت - زمان داده شده و همچنین ضرایب استوکیومتری اجزای واکنش، سرعت تغییر غلظت کاتیون‌های M^+ دو برابر Zn^{2+} است. عبارت (پ): در سلول گالوانی «Zn - M» روی در نقش آند قرار داشته و E° آن کمتر از M است. با توجه به اینکه می‌دانیم E° روی از SHE هم کمتر است؛ بنابراین در سلول گالوانی «Zn - SHE» نیز Zn در نقش آند قرار دارد. دقت کنید دربارهٔ ولتاژ تولیدی سلول جدید نمی‌توان اظهار نظر کرد؛ زیرا مقدار $E^\circ(M^+/M)$ مشخص نشده است. عبارت (ت): مطابق معادلهٔ نیم‌سلول آندی، به ازای مبادلهٔ ۲ مول الکترون، یک مول از اتم‌های روی کاهش یافته و جرم تیغهٔ روی (آند)، ۶۵g کاهش می‌یابد؛ پس خواهیم داشت:

$$?\,g\,Zn=3280\,C\times\frac{1\,e^-}{1/6\times10^{-19}\,C}\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{1\,mol\,Zn}{2\,mol\,e^-}\times\frac{65\,g\,Zn}{1\,mol\,Zn}\simeq1/1\,g\,Zn$$ نیم‌واکنش آندی: $Zn(s)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+2e^-$,

توضیح محاسبات دسته‌بندی ← $\frac{3200\times66}{1/6\times10^{-19}\times6\times10^{23}\times2}$ ← تخمین‌زدن (به‌جای ۳۲۸۰، ۶۵ و ۶/۰۲ اعداد ۳۲۰۰، ۶۶ و ۶ قرار گیرد.) ← $\frac{3280\times65}{1/6\times10^{-19}\times6/02\times10^{23}\times2}$

$$\frac{32\times66}{16\times6\times2}\times\frac{10^2}{10^{-1}\times10^{-19}\times10^{23}}\xrightarrow{\text{ساده‌کردن}}\frac{\cancel{32}^{2}\times66}{\cancel{16}\times\cancel{6}\times\cancel{2}}\times10^{-1}=\frac{2\times11}{2}\times10^{-1}=1/1$$

C ۲۲۱۴ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. واکنش (I)، (اکسایش فلز M و کاهش کاتیون Mg) انجام ناپذیر است، پس کاتیون Mg^{2+} اکسندهٔ ضعیف‌تری بوده و E° آن منفی‌تر از E° فلز M است: $E^\circ(M^{3+}/M)>E^\circ(Mg^{2+}/Mg)$

واکنش (III)، (اکسایش Ni و کاهش M^{3+}) انجام‌ناپذیر است، پس نیکل کاهندهٔ ضعیف‌تری بوده و E° آن مثبت‌تر از E° فلز M است: $E^\circ(M^{3+}/M)<E^\circ(Ni^{2+}/Ni)$

واکنش (II)، (اکسایش Mn و کاهش M^{3+}) انجام‌پذیر است، یعنی منگنز کاهندهٔ قوی‌تری بوده و E° آن منفی‌تر از E° فلز M است: $E^\circ(M^{3+}/M)>E^\circ(Mn^{2+}/Mn)$

بنابراین مقایسهٔ E° ها به‌صورت روبه‌رو است: $E^\circ(Ni^{2+}/Ni)>E^\circ(M^{3+}/M)>E^\circ(Mn^{2+}/Mn)>E^\circ(Mg^{2+}/Mg)$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فلز M در سری الکتروشیمیایی از هر دو فلز منیزیم و منگنز بالاتر است. عبارت (ب): فلز M در سری الکتروشیمیایی بین $E^\circ(Mn^{2+}/Mn)=-1/18\,V$ و $E^\circ(Ni^{2+}/Ni)=-0/25\,V$ قرار دارد. بنابراین دارای E° منفی است و در سلول $(M-SHE)$، فلز M آند و الکترون‌دهنده است. عبارت (پ): در سلول‌های $(Mg-M)$ و $(Mn-M)$، فلز M نقش کاتد را داشته و افزایش جرم دارد در حالی که این فلز در سلول $(M-Ni)$ نقش آند را داشته و جرم آن کاهش می‌یابد.

عبارت (ت): E° منگنز منفی‌تر از E° نیکل بوده و کاهنده‌تر از نیکل است، پس می‌تواند یون‌های نیکل را کاهش دهد.

C ۲۲۱۵ ۴ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند. در شکل (۱)، به علت اینکه E° مس عددی مثبت است، مس کاتد (قطب مثبت) و SHE آند (قطب منفی) است. در شکل (۲)، چون E° نیکل عددی منفی است، SHE کاتد (قطب مثبت) و نیکل آند (قطب منفی) است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به اینکه $E^\circ(Ni^{2+}/Ni)<E^\circ(H^+/H_2)<E^\circ(Cu^{2+}/Cu)$ است، SHE در سلول گالوانی (۱) نقش آند (قطب منفی) و در سلول گالوانی (۲)، نقش کاتد (قطب مثبت) را دارد.

عبارت (ب): واکنش کلی سلول (۱)، $Cu^{2+}+H_2\rightarrow Cu+2H^+$ است:

$$\frac{\text{تعداد الکترون‌های مبادله شده}}{N_A\times\text{بار کاتیون کاتدی}\times\text{ضریب کاتیون کاتدی}}=\frac{\text{جرم گاز هیدروژن}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی هیدروژن}}\Rightarrow\frac{3/612\times10^{23}}{6/02\times10^{23}\times2\times1}=\frac{x}{2\times1}\Rightarrow x=0/6g\,H_2$$

عبارت (پ): با توجه به توضیحات داده شده، در شکل (۱) جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از SHE به سمت تیغهٔ دیگر (مس) است در حالی که در شکل (۲)، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از تیغهٔ دیگر (نیکل) به سمت SHE است. عبارت (ت): با گذشت زمان در سلول (۲)، غلظت الکترولیت نیکل (آند)، افزایش می‌یابد $(Ni(s)\rightarrow Ni^{2+}(aq)+2e^-)$ و در سلول (۱)، غلظت الکترولیت مس (کاتد) کاهش می‌یابد. $Cu^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Cu(s)$

عبارت (ث): در صورت تولید و مصرف مقدار مول مشخصی مس و نیکل در دو سلول، ۱ مول یون‌های H^+ نیم‌سلول‌های SHE به یک میزان تغییر می‌کند؛ ولی چون در سلول (۱)، بخشی از کاتیون‌های H^+ از طریق دیواره به نیم‌سلول دیگر منتقل می‌شوند، pH محلول الکترولیت نیم‌سلول هیدروژن در هر دو سلول به یک‌اندازه تغییر نمی‌کند.

B ۲۲۱۶ ۱ در سلول (منیزیم - روی)، منیزیم با داشتن E° منفی‌تر آند است و می‌توان با توجه به میزان کاهش جرم تیغهٔ منیزیم، تعداد الکترون‌های مبادله شده را محاسبه کرد و برابر تعداد الکترون‌های مبادله شده در سلول دوم قرار داد و سپس میزان افزایش جرم تیغهٔ کاتدی در سلول دوم (آلومینیم با E° مثبت‌تر) را محاسبه کرد.

$$I)\ Mg(s)+Zn^{2+}(aq)\rightarrow Mg^{2+}(aq)+Zn(s) \qquad II)\ 3Mg(s)+2Al^{3+}(aq)\rightarrow 3Mg^{2+}(aq)+2Al(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{تعداد الکترون‌های مبادله شده در واکنش (I)} = 28/8\,g\ Mg\times\frac{1\,mol\ Mg}{24\,g\ Mg}\times\frac{2\,mol\ e^-}{1\,mol\ Mg}=2/4\ mol\ e^-$$

$$\text{گرم آلومینیم اضافه شده؟} = 2/4\,mol\ e^-\times\frac{1\,mol\ Al}{3\,mol\ e^-}\times\frac{27\,g\ Al}{1\,mol\ Al}=21/6\,g\ Al$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم منیزیم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی منیزیم}}=\frac{\text{شمار مول‌های الکترون}}{\text{ضریب کاتیون}\times\text{بار کاتیون کاتد}}\Rightarrow\frac{28/8}{24\times1}=\frac{x}{2\times1}\Rightarrow x=2/4\ mol\ e^-$$

$$\frac{\text{گرم آلومینیم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی آلومینیم}}=\frac{\text{شمار مول‌های الکترون}}{\text{ضریب کاتیون}\times\text{بار کاتیون کاتد}}\Rightarrow\frac{x}{27\times1}=\frac{2/4}{3\times1}\Rightarrow x=21/6\,g\ Al$$

B ۲۲۱۷ ۴ در سلول $(Ag - SHE)$، بر جرم فلز نقره افزوده شده است (کاتد)؛ لذا برحسب میزان افزایش جرم نقره، می‌توان میزان گاز هیدروژن مصرف شده در این سلول را که در سلول $(Cr - SHE)$ تولید شده، حساب کرد. بر اساس میزان هیدروژن تولیدی، تعداد الکترون‌های مبادله شده محاسبه می‌شود. در سلول $(Cr - SHE)$، کروم آند و SHE کاتد است. برای موازنهٔ واکنش سلول $(Ag - SHE)$ از نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش استفاده می‌کنیم:

$$2\times(Ag^+(aq)+e^-\rightarrow Ag(s))$$

$$H_2(g)\rightarrow 2H^+(aq)+2e^-$$

$$2Ag^+(aq)+H_2(g)\rightarrow 2Ag(s)+2H^+(aq)$$

هر مول H_2، ۲ مول الکترون تولید می‌کند.

$$\text{میزان } H_2 \text{ مصرف شده (در سلول دوم)} = 32/4\,g\ Ag\times\frac{1\,mol\ Ag}{108\,g\ Ag}\times\frac{1\,mol\ H_2}{2\,mol\ Ag}=0/15\,mol\ H_2$$

$$\text{تعداد الکترون‌های مبادله شده (در سلول اول)} = 0/15\,mol\ H_2\times\frac{2\,mol\ e^-}{1\,mol\ H_2}\times\frac{6/02\times10^{23}\ e^-}{1\,mol\ e^-}=1/806\times10^{23}\ e^-$$

B ۲۲۱۸ ۲ در سلول گالوانی (روی - آهن) با توجه به کوچک‌تر بودن E° روی نسبت به آهن، روی نقش آند و آهن نقش کاتد را دارد. پس واکنش این سلول به صورت روبه‌رو است:

$$Fe^{2+}(aq)+Zn(s)\rightarrow Fe(s)+Zn^{2+}(aq)$$

$$?\,mol\ Zn = 33/6\ Fe\times\frac{1\,mol\ Fe}{56\,g\ Fe}\times\frac{1\,mol\ Zn}{1\,mol\ Fe}=0/6\,mol\ Zn \qquad \bar{R}(Zn)=\frac{0/6}{\text{(زمان برحسب دقیقه)}15}=0/04\,mol.\,min^{-1}$$

B ۲۲۱۹ ۴ مس با داشتن E° کمتر نقش آند و نقره نقش کاتد را دارد. به منظور موازنهٔ واکنش، ابتدا برای موازنهٔ بار، برای Ag^+ ضریب (۲) و برای موازنهٔ جرم، برای Ag نیز ضریب (۲) را در نظر می‌گیریم:

$$2Ag^+(aq)+Cu(s)\rightarrow 2Ag(s)+Cu^{2+}(aq)$$

ابتدا جرم مس مصرفی و نقرهٔ تولید شده را برحسب مول و سپس مول الکترون‌های مبادله شده را حساب می‌کنیم؛ با فرض برابر بودن جرم تیغه‌ها قبل از واکنش و تفاضل جرم تیغه‌ها بعد از واکنش می‌توان مول الکترون‌های مبادله شده را به‌دست آورد. حال جرم مس مصرف شده و نقرهٔ تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{گرم مس مصرف شده؟} = x\ mol\ e^-\times\frac{1\,mol\ Cu}{2\,mol\ e^-}\times\frac{64\,g\ Cu}{1\,mol\ Cu}=32x\ g\ Cu \qquad \text{گرم نقرهٔ تولید شده؟} = x\ mol\ e^-\times\frac{2\,mol\ Ag}{2\,mol\ e^-}\times\frac{108\,g\ Ag}{1\,mol\ Ag}=108x\ g\ Ag$$

اکنون اگر فرض کنیم که جرم هر تیغه قبل از واکنش y گرم است داریم: $\text{جرم تیغهٔ مس بعد از واکنش}=y-32x$, $\text{جرم تیغهٔ نقره بعد از واکنش}=y+108x$

$$\text{اختلاف جرم تیغه‌ها بعد از واکنش}=(y+108x)-(y-32x)=4/2\Rightarrow x=0/03\,mol\ e^-$$

B ۲۲۲۰ ۱ با توجه به این که واکنش Zn با X^{3+} انجام نمی‌شود می‌توان نتیجه گرفت که قدرت کاهندگی (الکترون‌دهی) Zn کمتر از X است. بنابراین در سری الکتروشیمیایی X پایین‌تر از Zn قرار دارد. X می‌تواند Al باشد و نمی‌تواند طلا باشد زیرا طلا بالاتر از Zn است. حال معادلهٔ واکنش فلز X (که همان Al است) را با محلول روی سولفات $(ZnSO_4)$ می‌نویسیم:

$$2Al(s)+3ZnSO_4(aq)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+3Zn(s)$$

بنابراین مجموع ضرایب در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ Al با $ZnSO_4$ برابر ۹ است.

* **توجه** اگر در این واکنش یون ناظر یا تماشاگر (SO_4^{2-}) را حذف کنیم به واکنش زیر می‌رسیم که در واقع عکس (برگشت) واکنش مطرح شده در صورت سؤال است. می‌دانیم اگر واکنشی در جهت رفت انجام‌پذیر نباشد در جهت برگشت انجام‌پذیر است:

$$2Al(s)+3Zn^{2+}(aq)\rightarrow 2Al^{3+}(aq)+3Zn(s)$$

در ادامه برای محاسبهٔ غلظت محلول $X_2(SO_4)_3$ کافی است شمار مول‌های یون X^{3+} (Al^{3+}) را به‌دست آوریم و سپس تقسیم بر حجم محلول کنیم تا غلظت آن به‌دست آید:

$$?\,mol\ Al_2(SO_4)_3=\underbrace{500\,mL\times\frac{1\,L}{1000\,mL}\times\frac{0/6\,mol}{1\,L}}_{mol\ ZnSO_4(aq)}\times\frac{1\,mol\ Al_2(SO_4)_3}{3\,mol\ ZnSO_4}=0/1\,mol$$

$$\text{غلظت } Al_2(SO_4)_3=\frac{\text{مول } Al_2(SO_4)_3}{\text{حجم محلول (لیتر)}}\Rightarrow[Al_2(SO_4)_3]=\frac{0/1}{0/5}=0/2\,mol.L^{-1}$$

۲۲۲۱ ۱ قسمت اول: معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش تبدیل اتین (C_2H_2) به اتان (C_2H_6) به صورت مقابل است: $C_2H_2(g)+2H_2(g)\rightarrow C_2H_6(g)$

از آنجا که همهٔ H_2 تولیدی در واکنش آلیاژ با محلول هیدروکلریک اسید در واکنش بالا مصرف می‌شود، بنابراین از مقدار مول اتین مصرفی، می‌توان به حجم گاز H_2 تولید شده پی برد:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,L\,H_2=0/1\,mol\,C_2H_2\times\frac{2\,mol\,H_2}{1\,mol\,C_2H_2}\times\frac{22/4\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2}=4/48\,L\,H_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{مول اتین}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم }H_2\text{ مصرفی}}{\text{ضریب}\times 22/4}\Rightarrow\frac{0/1}{1}=\frac{x}{2\times 22/4}\Rightarrow x=4/48\,L\,H_2$

قسمت دوم: مس (Cu) به دلیل واکنش‌پذیری اندک یا به عبارتی E° مثبت با محلول هیدروکلریک‌اسید واکنش نمی‌دهد. این در حالی است که روی (Zn) با محلول هیدروکلریک‌اسید به صورت مقابل وارد واکنش می‌شود: $Zn(s)+2HCl(aq)\rightarrow ZnCl_2(aq)+H_2(g)$

به این ترتیب، از حجم H_2 تولیدی در قسمت قبل استفاده می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم Zn موجود در آلیاژ را محاسبه می‌کنیم: $?\,g\,Zn=4/48\,L\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{22/4\,L\,H_2}\times\frac{1\,mol\,Zn}{1\,mol\,H_2}\times\frac{65\,g\,Zn}{1\,mol\,Zn}=13\,g\,Zn$

بنابراین $27\,g$ $(13-40)$ از این آلیاژ را فلز مس تشکیل می‌دهد. اکنون درصد جرمی مس در آلیاژ را به دست می‌آوریم: $\%\,Cu=\frac{\text{جرم Cu}}{\text{جرم آلیاژ}}\times 100=\frac{27}{40}\times 100=\%67/5$

روش دوم (تناسب): درصد جرمی روی موجود در آلیاژ را P درنظر می‌گیریم: $\frac{\text{جرم آلیاژ}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی روی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم }H_2\text{ تولیدی}}{22/4\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{40\times\frac{P}{100}}{1\times 65}=\frac{4/48}{1\times 22/4}\Rightarrow P=\%32/5$

بنابراین درصد جرمی مس در این آلیاژ برابر $\%67/5$ $(100-32/5)$ است.

۲۲۲۲ ۳ نقره برخلاف منیزیم، در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن قرار دارد و نمی‌تواند با HCl واکنش دهد؛ بنابراین کاهش غلظت محلول هیدروکلریک اسید، تنها به دلیل واکنش فلز منیزیم با HCl است.

$Ag(s)+HCl(aq)\rightarrow$ واکنش انجام نمی‌شود.

$Mg(s)+2HCl(aq)\rightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$

در اثر این واکنش، غلظت محلول اسید، به اندازهٔ $0/5\,mol.L^{-1}$ کاهش می‌یابد. کاهش غلظت هیدروکلریک اسید $=0/8-0/3=0/5\,mol.L^{-1}$

حال جرم منیزیم موجود در مخلوط اولیه را به یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,Mg=200\,mL\,\text{محلول}\times\frac{1\,L\,\text{محلول}}{1000\,mL\,\text{محلول}}\times\frac{0/5\,mol\,HCl}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Mg}{2\,mol\,HCl}\times\frac{24\,g\,Mg}{1\,mol\,Mg}=1/2\,g\,Mg$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{غلظت اسید}\times\text{لیتر اسید}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم منیزیم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{0/2\times 0/5}{2}=\frac{x}{24\times 1}\Rightarrow x=1/2\,g\,Mg$

اکنون درصد جرمی نقره و مقدار مول منیزیم موجود در مخلوط اولیه را به‌دست می‌آوریم:

جرم نقره $=$ جرم مخلوط $-$ جرم منیزیم $=10-1/2=8/8\,g$

مقدار مول منیزیم موجود در مخلوط اولیه $=1/2\,g\,Mg\times\frac{1\,mol\,Mg}{24\,g\,Mg}=0/05\,mol\,Mg$

درصد جرمی نقره $=\frac{\text{جرم نقره}}{\text{جرم مخلوط}}\times 100=\frac{8/8}{10}\times 100=\%88$

۲۲۲۳ ۴ با توجه به E° سلول‌های داده شده، مس آند و نقره کاتد است؛ بنابراین واکنش انجام شده به صورت $Cu(s)+2Ag^+(aq)\rightarrow Cu^{2+}(aq)+2Ag(s)$ است.

در سلول‌های گالوانی، با گذشت زمان از جرم تیغهٔ آندی کاسته می‌شود و بر جرم تیغهٔ کاتدی افزوده می‌شود؛ بنابراین می‌توان این‌گونه تصور کرد که در این سلول، ابتدا جرم آند کم می‌شود و با جرم کاتد برابر می‌شود. در ادامه با کاهش جرم بیشتر آند و افزایش جرم کاتد، جرم کاتد از آند پیشی می‌گیرد، به‌طوری‌که پس از ۱۵۰ ثانیه جرم کاتد ۵۶ گرم از آند بیشتر است. در نهایت می‌توان گفت که مجموع تغییرات جرم آند و کاتد از ابتدا تا ثانیهٔ ۱۵۰ برابر $70\,g$ $(14+56)$ بوده و برابر با جرم رسوب نقرهٔ تولید شده به علاوهٔ جرم فلز مس مصرف شده است. اکنون از جرم Cu مصرفی (Δm_{Cu})، جرم Ag تولیدی (Δm_{Ag}) را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): $\Delta m_{Cu}\times\frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu}\times\frac{2\,mol\,Ag}{1\,mol\,Cu}\times\frac{108\,g\,Ag}{1\,mol\,Ag}=\Delta m_{Ag}\Rightarrow\Delta m_{Ag}=\frac{27}{8}\Delta m_{Cu}$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{تغییر جرم Cu}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{تغییر جرم Ag}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{\Delta m_{Cu}}{1\times 64}=\frac{\Delta m_{Ag}}{2\times 108}\Rightarrow\Delta m_{Ag}=\frac{27}{8}\Delta m_{Cu}$

مجموع تغییرات جرم دو تیغه، یعنی Δm_{Cu} و Δm_{Ag} برابر ۷۰ گرم است؛ پس Δm_{Cu} برابر است با:

$$\begin{cases}\Delta m_{Cu}+\Delta m_{Ag}=70\\ \Delta m_{Ag}=\frac{27}{8}\Delta m_{Cu}\end{cases}\Rightarrow\Delta m_{Cu}=16\,g$$

در نهایت می‌توان سرعت متوسط تولید یون‌های Cu^{2+} را محاسبه کرد: $\Delta t=150\,s=\frac{150}{60}\,min=2/5\,min$

$Cu^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Cu(s)$

$?\,mol\,Cu^{2+}(\text{مصرفی})=16\,g\,Cu\times\frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu}\times\frac{1\,mol\,Cu^{2+}}{1\,mol\,Cu}=0/25\,mol\,Cu^{2+}$

$\overline{R}(Cu^{2+})=\frac{\Delta n(Cu^{2+})}{\Delta t}=\frac{0/25}{2/5}=0/1\,mol.\,min^{-1}$

C ۲۲۲۴ ۳ معادلهٔ واکنش کلی انجام شده به صورت مقابل است: $Mg(s)+2Ag^{+}(aq)\rightarrow Mg^{2+}(aq)+2Ag(s)\sim 2e^{-}$

تفاوت جرم دو تیغه با جرم‌های یکسان، برابر با مجموع جرم منیزیم مصرف شده (m_{Mg}) و جرم نقرهٔ تولید شده (m_{Mg}) است: (I) $\Delta m=m_{Mg}+m_{Ag}=12$

در ادامه از جرم Ag تولید شده به جرم Mg مصرف شده می‌رسیم: (II) $m_{Ag}(g\,Ag)\times\frac{1\,mol\,Ag}{108\,g\,Ag}\times\frac{1\,mol\,Mg}{2\,mol\,Ag}\times\frac{24\,g\,Mg}{1\,mol\,Mg}=m_{Mg}\Rightarrow m_{Ag}=9m_{Mg}$

با توجه به معادله‌های (I) و (II) داریم: $\begin{cases}m_{Mg}+m_{Ag}=12\\ m_{Ag}=9m_{Mg}\end{cases}\Rightarrow m_{Mg}=1/2g\,,\,m_{Ag}=10/8g$

قسمت اول: ابتدا از جرم Ag تولیدی، مقدار بادی که در مدت ۴۰ ثانیه مبادله شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,C=10/8\,g\,Ag\times\frac{1\,mol\,Ag}{108\,g\,Ag}\times\frac{1\,mol\,e^{-}}{1\,mol\,Ag}\times\frac{6/02\times10^{23}e^{-}}{1\,mol\,e^{-}}\times\frac{1/6\times10^{-19}C}{1\,mol\,e^{-}}=9632C$$

سپس سرعت جابه‌جایی بار الکتریکی را به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(e^{-})=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{9632C}{40s\times\frac{1\,min}{60s}}=14448C.\,min^{-1}$$

قسمت دوم: درصدی از جرم آند (تیغهٔ منیزیمی) که مصرف می‌شود برابر است با:

$$\text{درصد کاهش جرم}=\frac{\text{جرم Mg مصرف شده}}{\text{جرم اولیه تیغهٔ Mg}}\times100=\frac{1/2}{100}\times100=\%1/2$$

C ۲۲۲۵ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $2Al(s)+6H^{+}(aq)\rightarrow 2Al^{3+}(aq)+3H_2(g)$

قسمت اول: **گام اول:** غلظت مولی یون هیدرونیوم را در دقیقه‌های ۱ و ۲ حساب می‌کنیم:

$$-\log[H^{+}]_1=pH_1\rightarrow\log[H^{+}]_1=-0/5\rightarrow[H^{+}]_1=2\times10^{-1}mol.L^{-1}\,,\quad -\log[H^{+}]_2=pH_2\rightarrow\log[H^{+}]_2=-0/7\rightarrow[H^{+}]_2=10^{-1}mol.L^{-1}$$

گام دوم: تغییرات غلظت مولی یون هیدرونیوم را حساب کرده و با توجه به حجم نیم‌سلول به تغییرات مولی یون هیدرونیوم می‌رسیم:

$$[H^{+}]_1-[H^{+}]_2=0/2-0/1=0/1\,mol.L^{-1}\rightarrow MV=n\rightarrow0/1\times0/6=6\times10^{-2}mol$$

گام سوم: با روش کسر تبدیل به شمار الکترون‌های مبادله شده می‌رسیم:

$$6\times10^{-2}mol\,H^{+}\times\frac{6mol\,e^{-}}{6mol\,H^{+}}\times\frac{6/02\times10^{23}e^{-}}{1\,mol\,e^{-}}=3/612\times10^{22}e^{-}$$

قسمت دوم: **گام اول:** مول کاتیون آلومینیوم را در حالت اولیه حساب می‌کنیم:

$$M_1V=0/6\times0/5=0/3\,mol\,Al=n_1$$

گام دوم: با توجه به تغییرات pH نیم‌سلول هیدروژن از ابتدا تا دقیقهٔ ۵ واکنش به تغییرات مولی کاتیون‌های آلومینیم می‌رسیم:

$$-\log[H^{+}]_0=pH_0\rightarrow\log[H^{+}]_0=-0/5\rightarrow[H^{+}]_0=3\times10^{-1}mol.L^{-1}$$

$$-\log[H^{+}]_5=pH_5\rightarrow\log[H^{+}]_5=-1/3\rightarrow[H^{+}]_5=5\times10^{-2}mol.L^{-1}$$

$$[H^{+}]_0-[H^{+}]_5=0/3-0/05=0/25\,mol.L^{-1}\rightarrow MV=n\rightarrow0/25\times0/6=15\times10^{-2}mol$$

$$15\times10^{-2}mol\,H^{+}\times\frac{2mol\,Al}{6mol\,H^{+}}=0/05mol\,Al=n_2$$

گام سوم: از آنجایی که غلظت کاتیون‌های آلومینیم افزایش پیدا کرده است مقادیر به دست آمده در گام‌های اول و دوم را با یکدیگر جمع می‌کنیم تا مول نهایی به‌دست آید:

$$n_1+n_2=n_T\rightarrow0/3+0/05=0/35mol\,Al$$

A ۲۲۲۶ ۱ روی، E° کوچک‌تری دارد، پس کاهندهٔ قوی‌تری بوده و آند است. قلع با E° بیشتر، کاتد است:

نیم‌واکنش اکسایش: $Zn(s)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+2e^{-}$ $\quad E^{\circ}(Zn^{2+}/Zn)=-0/76V$

نیم‌واکنش کاهش: $Sn^{4+}(aq)+2e^{-}\rightarrow Sn^{2+}(aq)$ $\quad E^{\circ}(Sn^{4+}/Sn^{2+})=0/15V$

$Zn(s)+Sn^{4+}(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+Sn^{2+}(aq)$ $\quad E^{\circ}(\text{سلول Zn}-Sn^{2+})=?$

$$E^{\circ}(\text{سلول Zn}-Sn^{2+})=E^{\circ}(\text{کاتد})-E^{\circ}(\text{آند})=0/15-(-0/76)=0/91V$$

A ۲۲۲۷ ۳ با توجه به واکنش، Ag نقش کاتد را دارد، زیرا کاهش یافته است. طبق رابطهٔ E° سلول، پتانسیل استاندارد فلز A را محاسبه می‌کنیم:

$$E^{\circ}(\text{سلول})=E^{\circ}(\text{کاتد})-E^{\circ}(\text{آند})\Rightarrow1/98=0/8-E^{\circ}_A\Rightarrow E^{\circ}_A=-1/18V$$

پس فلز مورد نظر طبق جدول، منگنز (Mn) است.

A ۲۲۲۸ ۳ ولت‌سنج قرار گرفته در سلول گالوانی، پتانسیل سلول (اختلاف پتانسیل بین کاتد و آند) را نشان می‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی سلول گالوانی از آند به سمت کاتد است؛ در حالی‌که جهت حرکت آنیون‌ها در محلول از کاتد به سمت آند است. گزینهٔ (۲): اگر قطب منفی سلول گالوانی (آند) به قطب منفی ولت‌سنج و قطب مثبت سلول گالوانی (کاتد) به قطب مثبت ولت‌سنج متصل شود، عددی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد مثبت خواهد بود. گزینهٔ (۴): در یک سلول گالوانی، الکترودی نقش آند را دارد (اکسایش می‌یابد) که الکترون‌ده‌تر باشد، لذا باید کاهندهٔ قوی‌تری باشد.

B ۲۲۲۹ ۴

نکته ترکیبی ولت‌سنج در سلول گالوانی: در یک سلول گالوانی، آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت سلول است؛ بنابراین با قرار دادن ولت‌سنج میان دو قطب این سلول باید توجه کنیم که قطب منفی ولت‌سنج را به آند و قطب مثبت آن را به کاتد متصل کنیم. اگر فرایند نصب ولت‌سنج به درستی انجام شده باشد، دستگاه عددی مثبت را نمایش می‌دهد که مقدار آن با مقدار emf سلول که برابر تفاوت E°(کاتد) و E°(آند) است مساوی می‌باشد. حال اگر قطب‌های مثبت و منفی ولت‌سنج به صورت جابه‌جا به سلول گالوانی اتصال یابند، علامت جبری عددی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد قرینهٔ مقدار واقعی emf سلول خواهد بود. یکی از روش‌های تشخیص قطب‌های یک سلول گالوانی، استفاده از ولت‌سنج است.

در سلول (وانادیم - نیکل)، وانادیم با داشتن E° منفی‌تر، آند و نیکل، کاتد است. بنابراین وانادیم قطب منفی و نیکل قطب مثبت است که در شکل به قطب‌های ناهم‌نام ولت‌سنج متصل شده‌اند، پس عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد قرینهٔ E° سلول است.

نیم‌واکنش کاهش: $Ni^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Ni(s)$	$E^\circ(Ni^{2+}/Ni)=-0/25V$
نیم‌واکنش اکسایش: $V(s) \rightarrow V^{2+}(aq)+2e^-$	$E^\circ(V^{2+}/V)=-1/2V$
$Ni^{2+}(aq)+V(s) \rightarrow Ni(s)+V^{2+}(aq)$	E°(سلول $V-Ni$)=?

$$E^\circ(\text{سلول } V-Ni)=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=-0/25-(-1/2)=+0/95V$$

ولت‌سنج $-0/95V$ را نشان می‌دهد که بیانگر این موضوع است که قطب‌های ناهم‌نام سلول گالوانی و ولت‌سنج به هم متصل شده‌اند.

B ۲۲۳۰ ۲ در شکل داده شده ولت‌سنج عددی منفی را نشان می‌دهد، بنابراین قطب‌های ولت‌سنج به قطب‌های ناهم‌نام سلول متصل شده است. بنابراین نیم‌سلول (X) قطب مثبت (کاتد) و نیم‌سلول کادمیم قطب منفی (آند) است. ضرب واکنش در یک ضریب تأثیری بر پتانسیل استاندارد کاهشی ندارد.

$2\times(X^+(aq)+e^- \rightarrow X(s))$	$E^\circ(X^+/X)=?$
$Cd(s) \rightarrow Cd^{2+}(aq)+2e^-$	$E^\circ(Cd^{2+}/Cd)=-0/4V$
$2X^+(aq)+Cd(s) \rightarrow 2X(s)+Cd^{2+}(aq)$	$emf=+0/92V$

$$emf=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند}) \Rightarrow E^\circ(X^+/X)=0/92+(-0/4)=0/52V$$

B ۲۲۳۱ ۴ به منظور یافتن کمترین و بیشترین emf، باید گزینه‌ها را بررسی کنیم. باید توجه داشت که نیم‌سلول با E° کمتر، آند و نیم‌سلول با E° بزرگ‌تر، کاتد است و emf سلول برابر $(E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند}))$ است. با توجه به جدول زیر، سلول $(Al-Pb)$ دارای بیشترین emf و سلول $(Mn-Cr)$ دارای کمترین emf است:

سلول	Al−Pb	Al−Mn	Mn−Pb	Cr−Pb	Mn−Cr	Al−Cr
emf	+1/53V	+0/48V	+1/05V	+0/61V	+0/44V	+0/92V

B ۲۲۳۲ ۱ در واکنش (I) سدیم، اکسید شده (آند) و Co^{2+} کاهش یافته (کاتد) است. در واکنش (II) کبالت اکسایش (آند) و Fe^{3+} کاهش (کاتد) می‌یابد و همچنین در واکنش (III) سدیم، آند و آهن، کاتد است. بنابراین:

$$E^\circ(\text{سلول})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})$$

$$E^\circ(I)=E^\circ(Co^{2+}/Co)-E^\circ(Na^+/Na) \xrightarrow{E^\circ(I)=+2/43V} E^\circ(Na^+/Na)=E^\circ(Co^{2+}/Co)-2/43$$

$$E^\circ(II)=E^\circ(Fe^{3+}/Fe)-E^\circ(Co^{2+}/Co) \xrightarrow{E^\circ(II)=+0/24V} E^\circ(Fe^{3+}/Fe)=0/24+E^\circ(Co^{2+}/Co)$$

با جای‌گذاری E° سدیم و آهن در رابطهٔ روبه‌رو، E° واکنش (III) به‌دست می‌آید: $E^\circ(III)=E^\circ(Fe^{3+}/Fe)-E^\circ(Na^+/Na) \Rightarrow E^\circ(III)=+2/67V$

B ۲۲۳۳ ۱ emf سلول X با نیکل کمتر از روی با X است بنابراین نیکل کاهندهٔ ضعیف‌تر و یون‌های آن اکسندهٔ قوی‌تری است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲):

مطابق محاسبات مقابل، این اختلاف برابر ۰/۵۱ ولت است: $0/59=E^\circ_x-E^\circ_{Ni} \Rightarrow 0/51=E^\circ_{Ni}-E^\circ_{Zn}$ $E^\circ=E^\circ_c-E^\circ_a \rightarrow 1/1=E^\circ_x-E^\circ_{Zn}$

گزینهٔ (۳): در صورتی که فلز X دارای پتانسیل کاهشی مثبت باشد، emf سلول جدید کاهش پیدا می‌کند. گزینهٔ (۴): اگر فلز X پتانسیل کاهشی بیشتری از قلع داشته باشد، کاتد سلول جدید تغییر نمی‌کند.

B ۲۲۳۴ ۱

واکنش اول:

$B^{2+}+2e^- \rightarrow B$	$E^\circ(B^{2+}/B)=?$
$A \rightarrow A^{2+}+2e^-$	$E^\circ(A^{2+}/A)=-0/83V$
$B^{2+}+A \rightarrow B+A^{2+}$	$E^\circ_1=E^\circ(B^{2+}/B)-(-0/83)$

واکنش دوم:

$C^{2+}+2e^- \rightarrow C$	$E^\circ(C^{2+}/C)=0/33V$
$B \rightarrow B^{2+}+2e^-$	$E^\circ(B^{2+}/B)=?$
$C^{2+}+B \rightarrow C+B^{2+}$	$E^\circ_2=0/33-E^\circ(B^{2+}/B)$

پتانسیل سلول‌های الکتروشیمیایی اول و دوم با هم برابر است: $E^\circ_1=E^\circ_2$

بنابراین می‌توان E° مربوط به B را محاسبه کرد: $E^\circ(B^{2+}/B)=-0/25V$

در سلول $(B-Ag)$، B آند و Ag کاتد است: $E^\circ(B-Ag)_{\text{سلول}}=E^\circ(Ag^+/Ag)-E^\circ(B^{2+}/B)=0/8-(-0/25)$

$E^\circ(B-Ag)_{\text{سلول}}=1/05V$

B ۲۲۳۵ ۲ در این واکنش، نیم‌واکنش کاهش مربوط به Sn^{4+} و نیم‌واکنش اکسایش مربوط به Cr^{2+} است.

نیم‌واکنش کاهش: $Sn^{4+}(aq)+2e^-\rightarrow Sn^{2+}(aq)$

نیم‌واکنش اکسایش: $2\times(Cr^{2+}(aq)\rightarrow Cr^{3+}(aq)+e^-)$

$2Cr^{2+}(aq)+Sn^{4+}(aq)\rightarrow Sn^{2+}(aq)+2Cr^{3+}(aq)$ $\quad E^\circ(Cr^{2+}-Sn^{4+})_{\text{سلول}}=+0/57V$

مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های شرکت‌کننده در واکنش برابر با ۶ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نیم‌سلول کروم، آند و نیم‌سلول قلع، کاتد است. بنابراین:

$E^\circ(\text{سلول})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})\Rightarrow 0/15-(-0/42)=+0/57V$

گزینهٔ (۳): یون‌های Cr^{2+} اکسید شده و کاهنده است. یون‌های Sn^{4+} کاهش یافته و اکسنده است. گزینهٔ (۴): پتانسیل استاندارد کاهشی (Cr^{3+}) منفی و کمتر از پتانسیل استاندارد کاهشی H^+ (که صفر است) می‌باشد. بنابراین قدرت الکترون‌گیری Cr^{3+} کمتر از H^+ است، پس قدرت اکسندگی H^+ بیشتر است.

B ۲۲۳۶ ۲ با توجه به پیشرفت واکنش (الف) به‌طور طبیعی قطعاً $E^\circ(A^{2+}/A)$ عددی کمتر از $E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$ است و جایگاه الکترود (A^{2+}/A) در سری الکتروشیمیایی از الکترود (Zn^{2+}/Zn) پایین‌تر است (زیرا: عددی مثبت $=E^\circ(Zn^{2+}/Zn)-E^\circ(A^{2+}/A)$)، پس دو گزینهٔ (۱) و (۳) تا این جای کار حذف می‌شوند. حال چون واکنش (ب) نیز در جهت طبیعی پیشرفت می‌کند، این بار جایگاه الکترود (B^{2+}/B) در سری الکتروشیمیایی از الکترود (Ni^{2+}/Ni) بالاتر است، بنابراین E° آن نیز بیشتر است (زیرا: عددی مثبت $=E^\circ(B^{2+}/B)-E^\circ(Ni^{2+}/Ni)$) که در گزینهٔ (۲) پتانسیل الکترود (B^{2+}/B) از پتانسیل الکترود (Ni^{2+}/Ni) بیشتر است.

B ۲۲۳۷ ۳ ابتدا هر واکنش را بررسی می‌کنیم: واکنش اول: M در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از Hg قرار دارد، پس: $E^\circ(M^{2+}/M)<0/85V$

واکنش دوم: M در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از Sn قرار دارد، پس: $E^\circ(M^{2+}/M)<-0/14V$

واکنش سوم: M در سری الکتروشیمیایی بالاتر از Mg قرار دارد، پس: $E^\circ(M^{2+}/M)>-2/38V$

واکنش چهارم: M در سری الکتروشیمیایی بالاتر از Mn قرار دارد، پس: $E^\circ(M^{2+}/M)>-1/18V$

$E^\circ(V)$	نیم‌واکنش کاهش
$+0/85$	$Hg^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Hg(s)$
$-0/14$	$Sn^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Sn(s)$
بین $-0/14$ و $-1/18$ ولت قرار دارد	$M^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow M(s)$
$-1/18$	$Mn^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Mn(s)$
$-2/38$	$Mg^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Mg(s)$

بنابراین ترتیب E° فلزها به‌صورت بالا است. پس E° نیم‌سلول فلز M می‌تواند $-0/4V$ باشد.

* **توجه** برای حل این سؤال لزومی به بررسی تک‌تک واکنش‌ها نیست، فقط به واکنش دوم توجه کنید. در این واکنش Sn نتوانسته باعث کاهش یافتن M^{2+} شود؛ بنابراین قدرت کاهندگی M بیشتر از Sn است و پتانسیل کاهشی $(M^{2+}(aq)/M(s))$ منفی‌تر از پتانسیل کاهشی $(Sn^{2+}(aq)/Sn(s))=-0/14V$ می‌باشد. در بین گزینه‌ها فقط عدد $-0/4$ منفی‌تر از $-0/14$ است.

B ۲۲۳۸ ۴ در این سلول گالوانی، با توجه به قطب‌های نمایش داده شده، Fe آند و M کاتد است؛ پس خواهیم داشت:

$E^\circ_{\text{سلول}}=E^\circ_{(\text{کاتد})}-E^\circ_{(\text{آند})}\Rightarrow 1/24=E^\circ_{(\text{کاتد})}-(-0/44)\Rightarrow E^\circ_{(\text{کاتد})}=0/8V$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): جهت حرکت کاتیون‌ها مطابق پیکان (۱) و جهت حرکت آنیون‌ها (که به سمت آند حرکت می‌کنند) مطابق پیکان (۲) است. گزینهٔ (۲): دقت کنید که کاتیون‌های فلز M کاهش پیدا می‌کنند (نه خود فلز M!) گزینهٔ (۳): در این سلول، آهن آند است و از جرم الکترود آن کاسته می‌شود.

B ۲۲۳۹ ۱ واکنشی که نیروی الکتروموتوری (emf) یا E° بزرگ‌تر از صفر داشته باشد، در جهت طبیعی پیش می‌رود. محاسبهٔ E° واکنش‌ها:

واکنش (الف): $E^\circ(\text{واکنش})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=E^\circ(Fe^{2+}/Fe)-E^\circ(Cu^{2+}/Cu)=-0/44-0/34=-0/78V$ ✗

واکنش (ب): $E^\circ(\text{واکنش})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=E^\circ(Fe^{2+}/Fe)-E^\circ(V^{2+}/V)=-0/44-(-1/2)=+0/76V$ ✓

واکنش (پ): $E^\circ(\text{واکنش})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=E^\circ(Cu^{2+}/Cu)-E^\circ(V^{2+}/V)=+0/34-(-1/2)=+1/54V$ ✓

واکنش (ت): $E^\circ(\text{واکنش})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=E^\circ(Cu^{2+}/Cu)-E^\circ(Zn^{2+}/Zn)=+0/34-(-0/76)=+1/1V$ ✓

واکنش‌های (ب)، (پ) و (ت) در جهت طبیعی پیش می‌روند و E° سلول در واکنش (پ) بزرگ‌تر از E° سایر واکنش‌هاست.

B ۲۲۴۰ ۲ در سلول‌های گالوانی، پتانسیل استاندارد کاهش (E°) کاتد بیشتر از آند است. با توجه به اطلاعات سؤال خواهیم داشت:

$(D-M)$ سلول $\Rightarrow$ D آند و M کاتد $\Rightarrow E^\circ_M > E^\circ_D$ $\quad$ $(A-D)$ سلول $\Rightarrow$ D آند و A کاتد $\Rightarrow E^\circ_A > E^\circ_D$

$\Rightarrow E^\circ_M > E^\circ_A > E^\circ_D$ $\quad$ $(A-M)$ سلول $\Rightarrow$ A آند و M کاتد $\Rightarrow E^\circ_M > E^\circ_A$

در سلول‌های گالوانی، هر چه E° کاتد بیشتر و E° آند کمتر باشد، نیروی الکتروموتوری (emf) آن سلول بیشتر خواهد بود. همچنین با توجه به این نکته که E°_M از همه بیشتر و E°_D از همه کمتر است؛ بنابراین emf سلول حاصل از دو الکترود M و D از همه بیشتر خواهد بود.

B ۲۲۴۱ ۳ بخش اول: با قرار دادن X در هر سه حالت، سه سلول گالوانی به صورت زیر خواهیم داشت: سلول گالوانی Fe - Cu $\quad$ $X = Fe$

$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = (+0/34) - (-0/44) = 0/78V$ $\quad$ واکنش کلی: $Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$

سلول گالوانی Zn - Cu $\quad$ $X = Zn$

$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = (+0/34) - (-0/76) = 1/1V$ $\quad$ واکنش کلی: $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

سلول گالوانی Mg - Cu $\quad$ $X = Mg$

$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = (+0/34) - (-2/37) = 2/71V$ $\quad$ واکنش کلی: $Mg(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Cu(s)$

$$\frac{emf(max)}{emf(min)} = \frac{2/71}{0/78} = 3/47$$

بخش دوم: چون شرایط برابر است، به‌ازای مصرف ۱ مول Cu^{2+} جرم X هم به اندازهٔ ۱ مول کاهش می‌یابد که برای فلز روی بیشترین مقدار کاهش را خواهد داشت؛ چون بیشترین جرم مولی را دارد.

B ۲۲۴۲ ۴ در هر دو سلول به ازای تولید و یا مصرف یک مول Cu، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود؛ بنابراین اگر افزایش جرم مس در سلول (۱) برابر با کاهش جرم مس در سلول (۲) باشد، شمار الکترون‌های مبادله شده در دو سلول برابر خواهد بود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): در هر سلول گالوانی جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است، پس با توجه به جهت حرکت الکترون‌ها در سلول گالوانی (۱)، نیم‌سلول X آند و نیم‌سلول مس کاتد است؛ پس داریم:

$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \Rightarrow 1/08 = 0/34 - E^\circ_X \Rightarrow E^\circ_X = -0/74V$

در سلول گالوانی (۲)، نیم‌سلول مس آند و نیم‌سلول Y کاتد است؛ پس داریم:

$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \Rightarrow 0/46 = E^\circ_Y - 0/34 \Rightarrow E^\circ_Y = 0/8V$

هر چه E° نیم‌سلولی مثبت‌تر باشد، گونهٔ اکسندهٔ موجود در آن قوی‌تر است؛ پس مقایسهٔ صحیح قدرت اکسندگی گونه‌ها به صورت « $X^{n'+} < Sn^{2+} < Cu^{2+} < Y^{n+}$ » است و همچنین در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم‌سلول X و Y، نیم‌سلول X، آند و نیم‌سلول Y کاتد است؛ در نتیجه emf سلول گالوانی حاصل برابر است با:

$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \Rightarrow E^\circ_Y - E^\circ_X = 0/8 - (-0/74) = 1/54V$

گزینهٔ (۳): در سلول گالوانی (۱) اگر به جای نیم‌سلول X، نیم‌سلول Sn قرار گیرد، نیم‌سلول Sn (دارای E° منفی‌تر) آند است و جهت جریان الکترون تغییری نمی‌کند؛ اما اگر در سلول گالوانی (۲) به جای نیم‌سلول Y، نیم‌سلول Sn قرار بگیرد، نیم‌سلول Sn و Cu به ترتیب آند و کاتد بوده و جهت جریان الکترون تغییر می‌کند.

B ۲۲۴۳ ۴ $E^\circ(Sn^{4+}/Sn^{2+})$ کمتر از $E^\circ(Br_2/Br^-)$ است، بنابراین تمایل Sn^{4+} به کاهش یافتن (قدرت اکسندگی) کمتر از برم است. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): E° قلع کمتر بوده و نقش آند و برم نقش کاتد را دارد، بنابراین:

نیم‌واکنش اکسایش: $Sn^{2+}(aq) \rightleftharpoons Sn^{4+}(aq) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $Br_2(l) + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-(aq)$

واکنش کلی: $Sn^{2+}(aq) + Br_2(l) \rightleftharpoons Sn^{4+}(aq) + 2Br^-(aq)$

گزینهٔ (۲): با استفاده از رابطهٔ $(emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}))$، emf سلول برابر ۰/۹۲V به‌دست می‌آید. گزینهٔ (۳): E° هر دو (قلع و برم) عددی مثبت است، بنابراین هر دو در سلول‌های $(SHE - Sn^{4+})$ و $(SHE - Br_2)$ نقش کاتد را دارند و نیم‌سلول SHE نقش آند را داراست.

B ۲۲۴۴ ۲ موارد دوم و پنجم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: پتانسیل کاهشی فلز طلا از نقره بیشتر است، بنابراین فلز طلا نمی‌تواند سبب کاهش کاتیون‌های نقره شود و دمای محلول تغییری نمی‌کند. مورد دوم: آلومینیم کمترین پتانسیل کاهشی را میان فلزهای جدول دارد؛ بنابراین این فلز نسبت به سایر فلزها، قدرت کاهندگی بیشتری دارد. مورد سوم: دقت کنید که در این فرایند، یون‌های روی کاهش پیدا می‌کنند نه اکسایش! مورد چهارم: فلز روی می‌تواند با محلول محتوی کاتیون‌های نقره واکنش دهد و سبب کاهش یون‌های نقره شود. مورد پنجم: در سلول گالوانی آلومینیم و نقره، نقره کاتد و آلومینیم آند است:

$emf = E^\circ_{(\text{کاتد})} - E^\circ_{(\text{آند})} = (0/8) - (-1/66) = +2/46V$

C ۲۲۴۵ ۱ عبارت‌های دوم و چهارم درست هستند. در این سلول، پلاتین که E° بزرگ‌تری دارد، نقش کاتد و سرب که E° کوچک‌تری دارد، نقش آند دارد. نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در این سلول به‌صورت روبه‌رو است:

نیم‌واکنش کاهش: $Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$

نیم‌واکنش اکسایش: $Pb(s) \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2e^-$

واکنش کلی: $Pb(s) + Pt^{2+}(aq) \rightarrow Pb^{2+}(aq) + Pt(s)$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: $E^\circ(\text{سلول})$ برابر است با:

$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = +1/2 - (-0/13) = 1/33V$

همان‌طور که در بالا مشاهده می‌کنید، در نیم‌واکنش اکسایش، سرب با از دست دادن الکترون اکسایش‌یافته و نقش کاهنده را دارد.

عبارت دوم: هر چه E° یک نیم‌سلول بیشتر باشد، گونهٔ سمت چپ آن تمایل بیشتری به دریافت الکترون و کاهش یافتن دارد و قدرت اکسندگی آن بیشتر است. در این سلول گالوانی، نیم‌سلول پلاتین نسبت به سرب، E° بزرگ‌تری دارد و قدرت اکسندگی کاتیون Pt^{2+} بیشتر می‌باشد. در نیم‌سلول آندی، نیم‌واکنش اکسایش رخ می‌دهد و اتم‌های فلز الکترون‌های خود را روی تیغه قرار می‌دهند و به‌صورت کاتیون وارد محلول می‌شوند. عبارت سوم: با انجام واکنش، در بخش آندی نیم‌واکنش $Pb(s) \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2e^-$ انجام می‌شود و غلظت کاتیون افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: با توجه به نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، با فرض پیشرفت ۱۰۰ درصدی واکنش، ۲ مول الکترون معادل $12/04 \times 10^{23}$ عدد الکترون میان دو الکترود مبادله می‌شود. اگر بازده واکنش ۲۵٪ باشد، $\frac{1}{4}$ این مقدار یعنی $3/01 \times 10^{23}$ $(\frac{12/04 \times 10^{23}}{4})$ الکترون میان دو الکترود مبادله می‌شود. عبارت پنجم: در سلول گالوانی، الکترون‌ها از طریق مدار بیرونی (سیم مسی) از قطب منفی (آند) به سمت قطب مثبت (کاتد) جابه‌جا می‌شوند.

B ۲۲۴۶ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. هنگامی که هر نیم‌سلول با SHE به طور جداگانه سلول گالوانی تشکیل می‌دهد، اگر E° مثبت داشته باشد، غلظت کاتیون‌های آن کاهش و اگر E° منفی داشته باشد، غلظت کاتیون‌های آن افزایش می‌یابد. بنابراین فلزهای M و D به ترتیب دارای پتانسیل کاهشی استاندارد مثبت و منفی هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به اطلاع داشتن در مورد علامت E° این دو فلز واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$D(s) + M^{2+}(aq) \rightarrow D^{2+}(aq) + M(s)$$

$$3/01 \times 10^{24}\,e \times \frac{1\,mol\,e}{6/02 \times 10^{23}\,e} \times \frac{1\,mol\,M}{2\,mol\,e} \times \frac{64\,g\,M}{1\,mol\,M} = 160\,g\,M$$

عبارت دوم: اگر فلز M مس باشد، به مرور زمان در سلول گالوانی تشکیل شده، غلظت یون‌های M^{2+} کاهش می‌یابد. از آنجایی که یون‌های مس (II) به رنگ آبی دیده می‌شود، به مرور زمان از رنگ آبی محلول کاسته می‌شود. عبارت سوم: در سلول گالوانی تشکیل شده از فلزهای M و D، فلز M کاتد و فلز D آند است. در این سلول الکترون‌ها از نیم‌سلول D به سمت نیم‌سلول M انتقال پیدا می‌کند. عبارت چهارم: با توجه به نمودار صورت سؤال، پتانسیل کاهشی استاندارد فلزهای M و D به ترتیب مثبت و منفی است:

$$emf = E^\circ_{کاتد} - E^\circ_{آند} = +0/34 - (-1/18) = 1/52\,V$$

C ۲۲۴۷ ۱ فقط عبارت (پ) درست است. با توجه به اینکه ولت‌سنج عددی منفی را نشان می‌دهد، اتصال ولت‌سنج درست نبوده است و الکترود M باید به قطب منفی ولت‌سنج متصل شود؛ یعنی الکترود M آند و الکترود N کاتد است. از این مطلب می‌توان نتیجه گرفت که مقدار E° فلز M کوچک‌تر از فلز N بوده و در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از فلز N قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه واکنش $A + B^{2+} \rightarrow A^{2+} + B$ دارای emf مثبت است، می‌توان نتیجه گرفت این واکنش انجام‌پذیر بوده و قدرت کاهندگی فلز A بیشتر از فلز B است. به عبارت دیگر E° فلز A کوچک‌تر از فلز B بوده و در سری الکتروشیمیایی، پایین‌تر از فلز B نوشته می‌شود. با توجه به مطالب بالا، ترتیب قرارگیری این ۴ فلز در سری الکتروشیمیایی، از بالا به پایین، به‌ترتیب به صورت N، M، B و A است. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): از آنجایی که E° فلز M منفی است و فلز B در سری الکتروشیمیایی، پایین‌تر از فلز M قرار دارد، می‌توان نتیجه گرفت E° فلز B نیز عددی منفی است و می‌تواند با محلول اسیدها واکنش دهد. چون قدرت کاهندگی فلز A بیشتر از فلز B است، می‌توان گفت، فلز A نیز قطعاً با محلول اسیدها واکنش می‌دهد. عبارت (ب): با توجه به اینکه emf سلول گالوانی M - N برابر با ۱/۸ ولت بوده و الکترود N کاتد است، داریم:

$$emf = E^\circ(N^{2+}/N) - E^\circ(M^{2+}/M) \Rightarrow 1/8 = E^\circ(N^{2+}/N) - (-0/6) \Rightarrow E^\circ(N^{2+}/N) = 1/2\,V$$

عبارت (ت): با توجه به جایگاه این چهار فلز در سری الکتروشیمیایی، مقایسهٔ قدرت اکسندگی کاتیون این فلزات به صورت $N^{2+} > M^{2+} > B^{2+} > A^{2+}$ است.

C ۲۲۴۸ ۲ موارد اول و دوم، عبارت داده شده را به درستی تکمیل نمی‌کنند. با توجه به کاتیون‌های تولید یا مصرف شده در هر نیم‌سلول، شکل کلی معادلهٔ واکنش انجام شده در تمامی سلول‌های گالوانی به صورت مقابل است:

$$A(s) + B^{2+}(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + B(s) \sim 2e^-$$

در واقع به ازای هر مول فلز کاتدی، ۲ مول الکترون در تمامی سلول‌ها مبادله می‌شود. **بررسی موارد:**

مورد اول: بنابراین در سلول گالوانی دوم تعداد الکترون بیشتری مبادله می‌شود.

$$\begin{cases} ?\,mol\,e^- = 1\,g\,Zn \times \frac{1\,mol\,Zn}{65\,g\,Zn} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Zn} = \frac{2}{65}\,mol\,e^- \\ ?\,mol\,e^- = 1\,g\,Ni \times \frac{1\,mol\,Ni}{59\,g\,Ni} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Ni} = \frac{2}{59}\,mol\,e^- \end{cases} \Rightarrow \frac{2}{65} < \frac{2}{59}$$

مورد دوم: بنابراین در سلول دوم تعداد الکترون کمتری مبادله می‌شود.

$$\begin{cases} ?\,mol\,e^- = 1\,g\,Co \times \frac{1\,mol\,Co}{57\,g\,Co} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Co} = \frac{2}{57}\,mol\,e^- \\ ?\,mol\,e^- = 1\,g\,Ni \times \frac{1\,mol\,Ni}{59\,g\,Ni} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Ni} = \frac{2}{59}\,mol\,e^- \end{cases} \Rightarrow \frac{2}{57} > \frac{2}{59}$$

مورد سوم: در این مورد نیز در سلول اول تعداد الکترون بیشتری مبادله می‌شود.

$$\begin{cases} ?\,mol\,e^- = 1\,g\,Co \times \frac{1\,mol\,Co}{57\,g\,Co} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Co} = \frac{2}{57}\,mol\,e^- \\ ?\,mol\,e^- = 1\,g\,Ni \times \frac{1\,mol\,Ni}{56\,g\,Ni} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Ni} = \frac{2}{59}\,mol\,e^- \end{cases} \Rightarrow \frac{2}{57} > \frac{2}{59}$$

مورد چهارم: بنابراین در سلول اول، تعداد الکترون‌های کمتری مبادله می‌شود.

$$\begin{cases} ?\,mol\,e^- = 1\,g\,Co \times \frac{1\,mol\,Co}{57\,g\,Co} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Co} = \frac{2}{57}\,mol\,e^- \\ ?\,mol\,e^- = 1\,g\,Fe \times \frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Fe} = \frac{2}{56}\,mol\,e^- \end{cases} \Rightarrow \frac{2}{56} > \frac{2}{57}$$

* **توجه** اگر دقت کرده باشید، در نهایت همهٔ اعدادی که به دست آمده‌اند به صورت یک کسر با صورت «۲» و مخرج جرم مولی کاتد سلول مورد نظر هستند. بنابراین به ازای تشکیل یک گرم از فلز کاتدی که جرم مولی کمتری دارد، تعداد الکترون بیشتری مبادله می‌شود. در نتیجه بدون انجام محاسبات و صرفاً با دانستن این نکته می‌توانستید حدس بزنید که در مورد سوم جرم مولی $Co<Ni$ است لذا تعداد الکترون بیشتری در سلول اول مبادله می‌شود و در مورد چهارم نیز جرم مولی $Co<Fe$ است لذا در سلول اول تعداد الکترون کمتری مبادله می‌شود!

B ۲۲۴۹ ۲ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در ابتدای کار غلظت کاتیون‌ها برابر یک مولار بوده و ولتاژ بیشترین مقدار را دارد. با کاهش کاتیون‌ها در کاتد $(M^{n+}+ne^-\rightarrow M)$ و افزایش کاتیون‌ها در آند $(M'\rightarrow M'^{n+}+ne^-)$ پتانسیل سلول به صفر می‌رسد. عبارت (ب): در سلول گالوانی، با کاهش کاتیون‌ها در الکترود کاتدی، جرم الکترود افزایش می‌یابد. مصرف شدن الکترود آندی منجر به از کار افتادن سلول می‌شود. عبارت (پ): کاهش کاتیون‌ها در کاتد و افزایش کاتیون‌ها در آند باعث به صفر رسیدن E° سلول و از کار افتادن آن می‌شود. عبارت (ت): با گذشت زمان غلظت الکترولیت کاتدی و ولتاژ سلول کاهش می‌یابد. عبارت (ث): هر عاملی که باعث انجام شدن واکنش درون یک سلول گالوانی در جهت رفت شود، منجر به افزایش ولتاژ سلول گالوانی خواهد شد. به‌عنوان مثال می‌توان به افزایش غلظت الکترولیت کاتدی و یا کاهش غلظت الکترولیت آندی اشاره کرد.

B ۲۲۵۰ ۴ تمام عبارت‌ها به‌درستی جملهٔ صورت سؤال را کامل می‌کنند. با توجه به رابطهٔ $(E^\circ(\text{سلول})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند}))$ می‌توان نتیجه گرفت که هرچه $E^\circ(\text{کاتد})$ مثبت‌تر و $E^\circ(\text{آند})$ منفی‌تر شود، E° سلول گالوانی افزایش می‌یابد و برعکس، هرچه E° کاتد کاهش یا E° آند افزایش یابد، E° سلول گالوانی کاهش می‌یابد.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): کلسیم دارای E° منفی‌تری نسبت به روی بوده، بنابراین E° سلول افزایش می‌یابد. $E^\circ(Zn-Cu)<E^\circ(Ca-Cu)$

عبارت (ب): E° آهن کمتر از E° مس در نقش کاتد است و با کاهش E° کاتد، E° سلول کاهش می‌یابد. $E^\circ(Zn-Cu)>E^\circ(Zn-Fe)$

عبارت (پ): E° کروم از E° روی بیشتر (مثبت‌تر) است، با مثبت‌تر شدن E° آند، E° سلول کاهش می‌یابد. $E^\circ(Zn-Cu)>E^\circ(Cr-Cu)$

عبارت (ت): E° نقره از E° مس در نقش کاتد بزرگ‌تر است، پس E° سلول افزایش می‌یابد. $E^\circ(Zn-Cu)<E^\circ(Zn-Ag)$

B ۲۲۵۱ ۱ E° نیکل منفی است، بنابراین نیکل آند و هیدروژن کاتد است. کمترین ولتاژ سلول گالوانی مربوط به حالتی است که کمترین غلظت کاتیون در الکترولیت کاتدی برای کاهش یافتن و بیشترین غلظت کاتیون در الکترولیت آندی برای جلوگیری از اکسایش فلز آند دیده شود که این وضعیت مطابق با ردیف (۱) است. بیشترین ولتاژ سلول گالوانی نیز مربوط به حالتی است که کمترین غلظت کاتیون در الکترولیت آندی و بیشترین غلظت کاتیون در الکترولیت کاتدی باشد که این وضعیت مطابق با ردیف (۳) است.

B ۲۲۵۲ ۳ عواملی مانند تغییر غلظت الکترولیت و تغییر دما باعث تغییر ولتاژ یک سلول الکتروشیمیایی می‌شود. دقت کنید که تغییر جرم الکترودها تأثیری بر میزان ولتاژ سلول ندارد.

B ۲۲۵۳ ۱ فقط مورد سوم موجب کاهش emf سلول گالوانی (روی - نقره) می‌شود. در سلول گالوانی (روی - نقره)، روی با E° منفی‌تر، آند و نقره کاتد است. هر عاملی مانند کاهش غلظت Ag^+، افزایش غلظت Zn^{2+} و مصرف شدن تیغهٔ روی $(Zn(s))$ می‌تواند مانع پیشرفت واکنش در جهت رفت شده و موجب کاهش emf سلول شود. **بررسی موارد:** مورد اول: با افزودن مقداری نقره نیترات به نیم‌سلول نقره، غلظت کاتیون‌های نقره افزایش و به دنبال آن emf سلول هم افزایش می‌یابد. مورد دوم: افزودن آب به نیم‌سلول آند موجب کاهش غلظت یون روی و در نتیجه افزایش emf سلول می‌شود. مورد سوم: یون نقره با یون کلرید واکنش داده و رسوب نقره کلرید $(AgCl(s))$ را تولید می‌کند؛ در نتیجه از غلظت یون‌های نقره کاسته شده و emf سلول کاهش می‌یابد. مورد چهارم: خارج کردن مقداری از کاتیون‌های روی از محلول، موجب کاهش غلظت الکترولیت آندی شده و در نتیجه emf سلول افزایش می‌یابد. مورد پنجم: با قرار گرفتن دیوارهٔ متخلخل میان دو نیم‌سلول و امکان مبادلهٔ یون‌های میان الکترولیت آند و کاتد، emf سلول افت نمی‌کند.

B ۲۲۵۴ ۱ تغییر دما یا تغییر غلظت کاتیون‌های موجود در نیم‌سلول X می‌تواند سبب تغییر پتانسیل کاهشی نیم‌سلول و تغییر emf سلول گالوانی حاصل از این نیم‌سلول و نیم‌سلول SHE شود؛ اما تغییر جرم الکترود هیچ اثری بر میزان پتانسیل کاهشی آن ندارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): E° نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) برابر با صفر است و در نتیجه emf سلول با قدر مطلق E° نیم‌سلول X برابر است. گزینهٔ (۳): در سلول‌های گالوانی آنیون‌ها با گذر از دیوارهٔ متخلخل از کاتد به سمت آند مهاجرت می‌کنند و طبق شرایط سؤال، نیم‌سلول X آند است. گزینهٔ (۴): در معادلهٔ واکنش داده شده، نیم‌سلول X نقش کاتد و نیم‌سلول SHE نقش آند را دارد؛ پس داریم:

$$E^\circ_{SHE}<E^\circ_X \xrightarrow{E^\circ_{SHE}=0} 0<E^\circ_X$$

C ۲۲۵۵ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول گالوانی $(Ca-Al)$، E° آلومینیم مثبت‌تر و کاتد است و هر چه غلظت یون‌های Al^{3+} بیشتر باشد، پتانسیل سلول بیشتر می‌شود. عبارت (ب): در سلول گالوانی $(Cu-Ag)$، به دلیل اینکه $E^\circ(Ag^+/Ag)>E^\circ(Cu^{2+}/Cu)$ است، Cu نقش آند و Ag نقش کاتد را دارد. لذا کاهش غلظت کاتیون‌های مس باعث افزایش پیشرفت واکنش در جهت رفت و افزایش ولتاژ سلول می‌شود؛ اما در سلول گالوانی $(Ni-Cu)$، به دلیل اینکه $E^\circ(Ni^{2+}/Ni)<E^\circ(Cu^{2+}/Cu)$ است، Ni نقش آند و Cu نقش کاتد را دارد. بنابراین کاهش غلظت کاتیون‌های مس باعث کاهش پیشرفت واکنش در جهت رفت و کاهش ولتاژ سلول می‌شود. عبارت (پ): در سلول گالوانی $(Zn-Ni)$ که $E^\circ(Zn^{2+}/Zn)<E^\circ(Ni^{2+}/Ni)$ است، روی آند و نیکل کاتد است. لذا کاهش غلظت کاتیون‌های الکترولیت کاتدی (Ni^{2+}) مانع پیشرفت واکنش در جهت رفت شده و پتانسیل سلول کاهش می‌یابد.

عبارت (ت): در سلول گالوانی دارای نیم‌سلول‌های Cu و A جهت حرکت آنیون‌ها (از کاتد به سمت آند) به سمت تیغهٔ مس است، پس مس آند و A کاتد است $(E^\circ(A^{n+}/A)>E^\circ(Cu^{2+}/Cu))$. لذا افزودن نمک منیزیم نیترات به الکترولیت آندی تأثیری روی پتانسیل سلول ندارد.

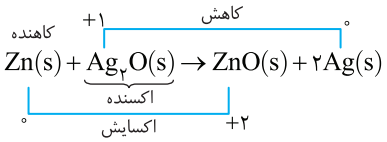
A ۲۲۵۶ ۲ درون همهٔ سلول‌های گالوانی، از جمله باتری‌ها، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می‌شود و در مدار درونی یون‌ها هستند که وظیفهٔ برقراری تعادل الکتریکی را بر عهده دارند. سایر گزینه‌ها طبق متن کتاب درسی درست هستند.

A ۲۲۵۷ ۱ موارد چهارم و پنجم درست هستند. در فناوری ساخت باتری‌ها، لیتیم نقش پررنگی دارد، زیرا لیتیم در میان فلزها کمترین چگالی و پتانسیل الکترودی استاندارد را دارد.

B ۲۲۵۸ ۱ همهٔ عبارت‌های بیان شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل داده شده، نوعی باتری لیتیمی قابل شارژ را نشان می‌دهد که در تلفن‌های همراه استفاده می‌شود. عبارت (ب): افزایش تقاضا برای باتری‌های لیتیمی، سبب شد این فلز جایگاه ممتازی در تأمین انرژی جهان پیدا کند، به‌طوری که سالانه از میلیاردها باتری لیتیمی درون دستگاه‌های الکترونیک در سرتاسر جهان استفاده می‌شود. عبارت (پ): پسماندهای الکترونیکی به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند، زیرا محیط زیست را آلوده می‌کنند. عبارت (ت): برخی از پسماندهای الکترونیکی به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران‌قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

A ۲۲۵۹ ۱ در باتری‌های (روی - نقره) واکنش $Zn(s)+Ag_2O(s)\rightarrow ZnO(s)+2Ag(s)$ انجام می‌شود. در این واکنش روی نقش کاهنده را داشته و نقره اکسید اکسنده است. در قطب آند اکسایش اتفاق می‌افتد، پس روی که اکسید می‌شود قطب آند باتری است.

C ۲۲۶۰ ۳ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. معادلهٔ واکنش انجام شده در این باتری به صورت مقابل است. همانطور که ملاحظه می‌کنید، در این واکنش، عدد اکسایش اتم‌های Zn از (صفر) به $(+2)$ تغییر کرده است، پس اتم‌های روی نقش کاهنده دارند و تیغهٔ روی، نیم‌سلول آند را تشکیل می‌دهد. از طرفی عدد اکسایش یون‌های Ag^+ از $(+1)$ به (صفر) تغییر می‌کند، پس یون‌های نقره (نه اتم‌های نقره!) نقش اکسنده دارند و تیغهٔ نقره، نیم‌سلول کاتد را تشکیل می‌دهد. با توجه به این توضیحات، به بررسی هر یک از عبارت‌ها می‌پردازیم:



عبارت اول:

$$E^\circ_{\text{سلول}}=E^\circ_{\text{(کاتد)}}-E^\circ_{\text{(آند)}}=0/8-(-0/76)=1/56V$$

عبارت دوم: باتوجه به توضیحات بالا، اتم‌های روی که عدد اکسایش آن‌ها طی فرایند افزایش یافته است، نقش کاهنده دارند. عبارت سوم: در این فرایند، یون‌های نقره (Ag^+) کاهش یافته‌اند، پس این یون‌های نقره هستند که نقش اکسنده را دارند (نه اتم‌های نقره!) عبارت چهارم: باتری‌ها جزء سلول‌های گالوانی هستند. در سلول‌های گالوانی، آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت سلول است. پس در این سلول، روی، آند (قطب منفی) و نقره، کاتد (قطب مثبت) را تشکیل می‌دهد. عبارت پنجم: با توجه به معادلهٔ نیم واکنش کاتدی که در زیر نوشته شده، به ازای جذب ۲ مول الکترون توسط یک مول Ag_2O، ۲ مول فلز نقره تولید می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$Ag_2O(s)+2e^-\rightarrow 2Ag(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mg\,Ag=3/01\times10^{20}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{2\,mol\,Ag}{2\,mol\,e^-}\times\frac{108\,g\,Ag}{1\,mol\,Ag}\times\frac{10^3\,mg\,Ag}{1\,g\,Ag}=54mg\,Ag$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{شمار الکترون‌های مبادله شده}}{\text{ضریب}\times N_A}=\frac{\text{جرم نقره تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{3/01\times10^{20}}{2\times6/02\times10^{23}}=\frac{x\,Ag}{2\times108}\Rightarrow x=0/054g\,Ag=54mg\,Ag$$

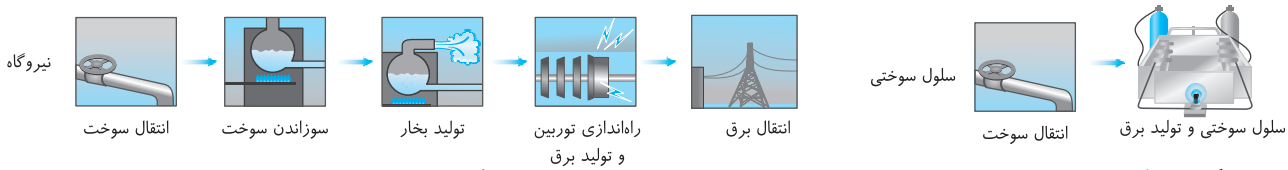
A ۲۲۶۱ ۲ تبدیل انرژی سوخت‌های فسیلی به انرژی الکتریکی به دلیل چندمرحله‌ای بودن تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی، هدر رفتن انرژی شیمیایی به‌صورت گرما و انتقال آن به محیط و هزینهٔ زیاد ساخت نیروگاه تولید برق، بازده کمی دارد. بنابراین گزینهٔ (۲) از دلایل بازده پایین تبدیل انرژی سوخت‌های فسیلی به انرژی الکتریکی نیست، زیرا به‌عنوان مثال، واکنش سوختن کامل متان بازده پایینی ندارد.

A ۲۲۶۲ ۲ در روش (۲) از آنجا که هم تعداد مراحل کمتر است و هم جریان برق به‌صورت مستقیم از اکسایش سوخت تولید می‌شود، به همین دلیل اتلاف انرژی به‌صورت گرما در آن کمتر است و با بازدهی بیشتری الکتریسیته تولید می‌شود.

A ۲۲۶۳ ۳ دلایل استفاده از منابعی غیر از سوخت‌های فسیلی در عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) به‌درستی بیان شده است. گرمای حاصل از سوزاندن سوخت‌های فسیلی صرف تبخیر آب شده و یا وارد محیط می شود و آسیب جدی به تجهیزات نیروگاه‌ها وارد نمی‌کند.

A ۲۲۶۴ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول‌های سوختی اتلاف انرژی به شکل گرما بسیار کمتر از نیروگاه‌هاست. عبارت (ب): در سلول‌های سوختی، انرژی شیمیایی به‌صورت مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود، اما در نیروگاه‌ها طی چند مرحله این تبدیل انرژی صورت می‌گیرد. عبارت (پ): به دلیل اتلاف کمتر انرژی در سلول‌های سوختی، بازده و کارایی آن‌ها بیشتر از نیروگاه‌هاست. عبارت (ت): هزینه و تجهیزات لازم برای راه‌اندازی سلول‌های سوختی کمتر از نیروگاه‌هاست.

B ۲۲۶۵ ۲ مراحل انجام شده در دو روش تولید برق در نیروگاه و سلول سوختی به صورت زیر است:



بررسی گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۲): همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در سلول سوختی برخلاف نیروگاه، انرژی شیمیایی به‌طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و سلول سوختی نیاز به فضای کمتری دارد. گزینهٔ (۳): اتلاف انرژی در سلول‌های سوختی کمتر از نیروگاه است؛ از این‌رو کارایی و بازدهٔ تولید برق با سلول سوختی از نیروگاه بیشتر می‌باشد. گزینهٔ (۴): به دلیل بازده بالاتر سلول‌های سوختی نسبت به نیروگاه‌ها، میزان آلایندگی سلول سوختی از نیروگاه‌ها کمتر است.

B ۲۲۶۶ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در سلول سوختی هیدروژن، گاز اکسیژن در کاتد و گاز هیدروژن در آند استفاده می‌شود. عبارت دوم: بخش قابل توجهی از انرژی حاصل از واکنش انجام شده در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. عبارت سوم: در سلول سوختی هیدروژن، واکنش بین گازهای اکسیژن (از هوا) و هیدروژن (از مخازن) تحت شرایط کنترل شده انجام می‌گیرد و در آن انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. عبارت چهارم: در سلول سوختی، آند و کاتد در دو طرف غشای مبادله‌کنندهٔ یون هیدرونیوم قرار گرفته‌اند. عبارت پنجم: در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، در کاتد، گاز اکسیژن (O_2) کاهش و در آند، گاز هیدروژن (H_2) اکسایش می‌یابد.

B ۲۲۶۷ ۱ غشای مبادله‌کنندهٔ یون هیدرونیوم در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) به‌عنوان الکترولیت به‌کار می‌رود که تنها اجازهٔ عبور به یون‌های مثبت را می‌دهد، بنابراین الکترون‌ها از مدار خارجی عبور کرده و جریان الکتریسیته برقرار می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): آند و کاتد در سلول سوختی هیدروژن حاوی کاتالیزگر بوده و موجب تسریع نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش می‌شوند. گزینهٔ (۳): از خروجی سمت آند سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، گاز هیدروژن مصرف‌نشده خارج شده و مجدد به چرخه باز می‌گردد. گزینهٔ (۴): جریان الکتریکی تولید شده در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) می‌تواند در وسایل نقلیه استفاده شود.

B ۲۲۶۸ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): (۱)، در قطب منفی (آند) محل ورود $H_2(g)$ و (۳) در قطب مثبت (کاتد) محل ورود $O_2(g)$ است. عبارت (ب): (۲)، غشا فقط اجازهٔ عبور کاتیون‌های (H^+) از آند به سمت کاتد را می‌دهد و الکترون‌ها از مدار خارجی عبور می‌کنند. عبارت (پ): از خروجی سمت کاتد سلول سوختی، آب تولید شده به حالت گازی خارج می‌شود. عبارت (ت): بخار آب تولید شده در این سلول سوختی، با از دست دادن گرما به آب خالص و قابل مصرف تبدیل می‌شود.

B ۲۲۶۹ ۳ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: از واکنش بین گازهای هیدروژن و اکسیژن (در دو قسمت آند و کاتد به‌صورت غیرمستقیم) آب و جریان الکتریکی تولید می‌شود. عبارت دوم: در آند سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، کاتیون‌های هیدروژن و الکترون‌ها (جریان الکتریکی) تولید می‌شوند:

$$H_2(g)\rightarrow 2H^+(aq)+2e^-$$

عبارت سوم: الکترولیت غشای مبادله‌کنندهٔ پروتون تنها اجازهٔ عبور کاتیون‌ها را می‌دهد، بنابراین یون‌های H^+ تولید شده در آند از طریق غشاء و الکترون‌ها از طریق مدار خارجی از آند به سمت کاتد می‌روند. عبارت چهارم: معادلهٔ نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) به صورت زیر است:

$$\text{نیم‌واکنش کاتدی}: O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-\rightarrow 2H_2O(g) \qquad \text{نیم‌واکنش آندی}: H_2(g)\rightarrow 2H^+(aq)+2e^-$$

B ۲۲۷۰ ۲ واکنش کلی انجام گرفته در این سلول به‌صورت $(2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g))$ است. با توجه به این واکنش می‌توان نوشت:

$$?\,e^- = 22/5\,g\,H_2O\times\frac{2\,mol\,H_2O}{36\,g\,H_2O}\times\frac{4\,mol\,e^-}{2\,mol\,H_2O}\times\frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-}=15/05\times10^{23}\,e^-$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): نیم‌واکنش اکسایش این سلول به‌صورت $(2H_2(g)\rightarrow 4H^+(aq)+4e^-)$ و نیم‌واکنش کاهش به‌صورت زیر است.

$$(O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-\rightarrow 2H_2O(l))$$

گزینهٔ (۳): سلول سوختی قادر به ذخیره‌سازی انرژی نبوده و واکنش‌دهنده‌ها به‌صورت مداوم به آن وارد می‌شوند. گزینهٔ (۴): در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، E° نیم‌واکنش‌های کاتدی و آندی به‌ترتیب برابر $1/2V$ و $0/0\,V$ است. بنابراین نیروی الکتروموتوری آن برابر ۱/۲ ولت است.

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = 1/2 - 0 = 1/2V$$

توضیح محاسبات

$$\frac{22/5\times2\times4\times6/02\times10^{23}}{2\times36}=? \xrightarrow{\text{دسته‌بندی و ساده کردن}} \frac{225\times2\times4\times6^{2}02}{2\times36_{4}}\times10^{-1}\times10^{-2}\times10^{23}=\frac{25\times2\times4\times6^{2}02}{2\times4}\times10^{20}=25\times6^{2}02\times10^{20}=15/05\times10^{23}$$

B ۲۲۷۱ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. با توجه به نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

$$\text{نیم‌واکنش اکسایش در آند}: H_2(g)\rightarrow 2H^+(aq)+2e^-$$

$$\text{نیم‌واکنش کاهش در کاتد}: O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-\rightarrow 2H_2O(l)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌های موجود در نیم‌واکنش کاهش برابر ۱۱ و این مقدار در نیم‌واکنش اکسایش برابر ۵ است. بنابراین مجموع ضریب‌های گونه‌های موجود در نیم‌واکنش کاهش ۶ واحد بیشتر از این مقدار در نیم‌واکنش اکسایش است. عبارت (ب): برای مقایسهٔ حجم گاز مصرف شده در کاتد (O_2) و حجم گاز مصرف شده در آند (H_2) ابتدا واکنش کلی را به‌دست می‌آوریم. برای این منظور ابتدا نیم‌واکنش‌ها را هم‌الکترون کرده (نیم‌واکنش اکسایش را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم) و سپس با هم جمع می‌کنیم:

$$\text{واکنش کلی}: 2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(l)$$

* **توجه** به‌دلیل تولید گرما در سلول سوختی، حالت فیزیکی آب خارج شده، به‌صورت بخار $(H_2O(g))$ است.

ضریب استوکیومتری O_2 (گاز مصرف شده در کاتد) نصف ضریب استوکیومتری H_2 (گاز مصرف‌شده در آند) است، پس حجم گاز مصرف شدهٔ O_2 نصف H_2 است.

عبارت (پ): با توجه به نیم‌واکنش اکسایش داریم:

$$\text{مول الکترون مبادله شده}=4/48L\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{22/4L\,H_2}\times\frac{2mol\,e^-}{1\,mol\,H_2}=0/4mol\,e^-$$

عبارت (ت): سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون‌سوز بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد، در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می‌دهد. لذا اکسایش $H_2(g)$ در سلول سوختی بازده نزدیک به ۶۰ درصد دارد.

B ۲۲۷۲ ۳ در سلول‌های سوختی همانند باتری‌ها، تبدیل انرژی از شیمیایی به الکتریکی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در سلول‌های سوختی انرژی شیمیایی ذخیره نمی‌شود و مادامی که واکنش‌دهنده‌ها به سلول تزریق می‌شوند، جریان الکتریکی تولید شده بلافاصله مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما باتری‌ها قادر به ذخیرهٔ انرژی شیمیایی هستند. گزینهٔ (۲): در سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها، واکنش‌دهنده‌ها داخل سلول قرار ندارند و به‌طور مداوم به درون سلول تزریق می‌شوند. گزینهٔ (۴): در سلول‌های سوختی برخلاف باتری، ولتاژ افت چندانی نمی‌کند.

B ۲۲۷۳ ۱ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول سوختی امکان شارژ وجود ندارد و مادامی که گازهای اکسیژن و هیدروژن به آن تزریق می‌شوند، جریان الکتریسیته تولید می‌شود. عبارت (ب): در سلول سوختی، عمدهٔ انرژی شیمیایی موجود در سوخت، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. عبارت (ت): در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، الکترود آندی همانند الکترود کاتدی حاوی کاتالیزگر بوده و باعث می‌شوند به‌ترتیب نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش با سرعت بیشتری انجام شوند. عبارت (ث): در همهٔ واکنش‌های اکسایش - کاهش، از جمله واکنش انجام شده در سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن، نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی به‌طور همزمان انجام می‌شوند.

B ۲۲۷۴ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون‌سوز، بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد و اکسایش آن در سلول سوختی بازدهی نزدیک به ۶۰ درصد دارد. عبارت دوم: واکنش‌های انجام‌شده در سلول‌های گالوانی، خودبه‌خودی و گرماده هستند؛ به همین دلیل فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایدارتر هستند. عبارت سوم: E° منگنز کوچک‌تر از E° پلاتین است؛ پس در سلول گالوانی $(Mn-Pt)$، منگنز آند سلول را تشکیل می‌دهد و در سطح آن نیم‌واکنش اکسایش رخ می‌دهد.

عبارت چهارم: در برخی از واکنش‌های اکسایش- کاهش هیچ اتم فلزی شرکت ندارد، مثلاً واکنش‌های سوختن هیدروکربن‌ها نمونه‌ای از واکنش‌هایی هستند که در آن‌ها هیچ اتم فلزی وجود ندارد که بخواهد اکسایش یابد. مثال نقض دیگر، اینکه در برخی از واکنش‌های اکسایش - کاهش، یک کاتیون فلزی اکسایش پیدا می‌یابد. (مانند تبدیل Fe^{2+} به Fe^{3+} در فرایند اکسایش $Fe(OH)_2$ توسط گاز اکسیژن در محیط مرطوب)

B ۲۲۷۵ ۴ معادلهٔ واکنش اکسایش فلز مس به‌صورت مقابل است: $2Fe^{3+}(aq)+Cu(s)\rightarrow 2Fe^{2+}(aq)+Cu^{2+}(aq)$

در این واکنش از اکسایش هر مول مس و تولید یک مول Cu^{2+}، ۲ مول الکترون آزاد می‌شود؛ بنابراین مقدار مول الکترون آزاد شده برابر است با:

$$?\,mol\,e^- = 80\,g\,Cu \times \frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Cu} = 2/5\,mol\,e^-$$

معادلهٔ نیم‌واکنش کاتدی سلول سوختی هیدروژن به‌صورت زیر است. اکنون با توجه به آن، حجم O_2 مصرفی در شرایط STP و جرم آب تولیدی را به ازای مبادلهٔ ۲/۵ مول الکترون در سلول سوختی محاسبه می‌کنیم: نیم‌واکنش کاتدی: $O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-\rightarrow 2H_2O(l)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O = 2/5\,mol\,e^- \times \frac{2\,mol\,H_2O}{4\,mol\,e^-} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 22/5\,g\,H_2O$$

$$?\,L\,O_2 = 2/5\,mol\,e^- \times \frac{1\,mol\,O_2}{4\,mol\,e^-} \times \frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 14\,L\,O_2$$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{مول الکترون مبادله‌شده}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم } O_2 \text{ مصرفی}}{\text{ضریب} \times 22/4} = \frac{\text{جرم } H_2O \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{2/5}{4} = \frac{x}{1\times 22/4} = \frac{y\,g\,H_2O}{2\times 18} \Rightarrow x = 14\,LO_2,\ y = 22/5\,g\,H_2O$

C ۲۲۷۶ ۳ معادلهٔ نیم‌واکنش اکسایش سلول «آهن - مس» و نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» به صورت زیر است:

$Cu(s)\rightarrow Cu^{2+}(aq)+2e^-$ $\qquad$ $O_2(g)+4H^+ +4e^-\rightarrow 2H_2O(g)$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول: محاسبهٔ حجم گاز اکسیژن:

$$?\,L\,O_2 = 160\,g\,Cu \times \frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Cu} \times \frac{1\,mol\,O_2}{4\,mol\,e^-} \times \frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 28\,L\,O_2$$

قسمت دوم: محاسبهٔ سرعت متوسط مصرف H^+ :

$$?\,mol\,H^+ = 160\,g\,Cu \times \frac{1\,mol\,Cu}{64\,g\,Cu} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Cu} \times \frac{4\,mol\,H^+}{4\,mol\,e^-} = 5\,mol\,H^+$$

$$\bar{R}(H^+) = \frac{|\Delta n(H^+)|}{\Delta t} = \frac{5\,mol}{20\,min} = 0/25\,mol.\,min^{-1}$$

روش دوم (تناسب): با دو برابر کردن ضرایب معادلهٔ اول در عدد ۲، هم‌ارزی زیر حاصل می‌شود: $2Cu \sim O_2 \sim 4H^+ \sim 4e^-$

محاسبهٔ حجم O_2 و مول H^+ مصرفی:

$$\frac{\text{گرم } Cu}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } (STP)\,O_2}{\text{ضریب} \times 22/4} = \frac{\text{مول } H^+}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{160}{2\times 64} = \frac{x\,L\,O_2}{1\times 22/4} = \frac{y\,mol\,H^+}{4} \Rightarrow x = 28\,L\,O_2,\ y = 5\,mol\,H^+$$

محاسبهٔ سرعت مصرف یون‌های H^+ :

$$\bar{R}(H^+) = \frac{|\Delta(H^+)|}{\Delta t} = \frac{5\,mol}{20\,min} = 0/25\,mol.\,min^{-1}$$

توضیح محاسبات: $\frac{160\times 22/4}{2\times 64} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{\overset{80}{\cancel{160}}\times \overset{5/6}{\cancel{22/4}}}{\underset{16}{\cancel{2\times 64}}} = \frac{80\times 5/6}{\underset{5}{16}} = 5\times 5/6 = 28$

C ۲۲۷۷ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های انجام شده در سلول سوختی و سلول گالوانی به‌صورت زیر است:

$2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)\sim 4e^-$ $\qquad$ $3Mg(s)+2Au^{3+}(aq)\rightarrow 3Mg^{2+}(aq)+2Au(s)\sim 6e^-$

قسمت اول: در سلول‌های سوختی، با توجه به تزریق پیوستهٔ گازها در دو قطب سلول، مقداری از گاز بدون آن‌که واکنش دهد از طرف دیگر سلول خارج می‌شود. در این سؤال عنوان شده که ۱۰ درصد هیدروژن به صورت واکنش نداده از آند خارج می‌شود، لذا ۹۰ درصد آن یعنی $9\,g$ $(\frac{90}{100}\times 10)$ گاز H_2 در این سلول مصرف شده است. برای محاسبهٔ درصدی از O_2 که به صورت واکنش نداده خارج می‌شود، ابتدا از جرم H_2 مصرفی که ۹ گرم است، جرم O_2 مصرفی را محاسبه می کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,O_2(\text{مصرفی}) = 9\,g\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2} \times \frac{1\,mol\,O_2}{2\,mol\,H_2} \times \frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 72\,g\,O_2(\text{مصرفی})$$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{گرم } H_2\,(\text{مصرفی})}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } O_2\,(\text{مصرفی})}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{9}{2\times 2} = \frac{x\,g\,O_2(\text{مصرفی})}{1\times 32} \Rightarrow x = 72\,g\,O_2(\text{مصرفی})$

پس درصد O_2 مصرف نشده برابر است با: $\text{درصد گاز } O_2 \text{ واکنش نداده} = \frac{\text{جرم } O_2 \text{ ورودی} - \text{جرم } O_2 \text{ مصرف شده}}{\text{جرم } O_2 \text{ ورودی}} \times 100 = \frac{100-72}{100} \times 100 = \%28$

قسمت دوم: محاسبهٔ جرم طلای تولید شده: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,Au=9g\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{2g\,H_2}\times\frac{4\,mol\,e^-}{2\,mol\,H_2}\times\frac{2\,mol\,Au}{6\,mol\,e^-}\times\frac{197g\,Au}{1\,mol\,Au}=591\,g\,Au$$

روش دوم (تناسب): اگر ضرایب گونه‌های معادلهٔ اول را در ۳ و ضرایب گونه‌های معادلهٔ دوم را در ۲ ضرب کنیم، به هم‌ارزی مقابل می‌رسیم: $6H_2\sim12e^-\sim4Au$

$$\frac{\text{گرم } H_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم } Au}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{9}{6\times2}=\frac{x\,g\,Au}{4\times197}\Rightarrow x=591\,g\,Au$$

C ۲۲۷۸ ۴ برای حل راحت‌تر مسئله، از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم. فرض می‌کنیم در ابتدا، a مول از هر واکنش دهنده در اختیار داریم:

$$2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow2H_2O(g)$$

مول اولیه	a	a	۰
تغییر مول	$-2x$	$-x$	$+2x$
مول نهایی	$a-2x$	$a-x$	$2x$

ابتدا از مقدار مول آب تولیدی و جرم آن، مقدار x مول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,H_2O=2x\,mol\,H_2O\times\frac{18g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=7/2g\,H_2O\Rightarrow36x=7/2\Rightarrow x=0/2$$

سپس با توجه به مول نهایی گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش، مقدار a را به دست می‌آوریم. (دقت کنید در سلول‌های سوختی، آب به صورت بخار تولید می‌شود و در گازها، درصد حجمی معادل درصد مولی است.):

$$\text{درصد مولی } O_2 \text{ باقی‌مانده}=\frac{\text{مول نهایی } O_2}{\text{مول نهایی } O_2+\text{مول نهایی } H_2+\text{مول نهایی } H_2O}\times100\Rightarrow\%37/5=\frac{a-0/2}{(a-0/2)+(a-0/4)+0/4}\times100$$

$$\Rightarrow\frac{a-0/2}{2a-0/2}=\frac{37/5}{100}=\frac{3}{8}\Rightarrow8a-1/6=6a-0/6\Rightarrow2a=1\Rightarrow a=0/5$$

اکنون می‌توان خواستهٔ مسئله را به دست آورد. قسمت اول: محاسبهٔ جرم مخلوط اولیهٔ گازها:

$$\text{جرم مخلوط اولیهٔ گازها}=\text{جرم } O_2+\text{جرم } H_2=\left[0/5mol\,O_2\times\frac{32g\,O_2}{1\,mol\,O_2}\right]+\left[0/5mol\,H_2\times\frac{2g\,H_2}{1\,mol\,H_2}\right]=17g\,gas$$

قسمت دوم: محاسبهٔ جرم H_2 دست نخورده:

$$?\,g\,H_2(\text{باقی‌مانده})=(0/5-2(0/2))\,mol\,H_2\times\frac{2g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=0/2g\,H_2$$

C ۲۲۷۹ ۴

نکته ترکیبی بازده واکنش سلول‌های گالوانی: به‌طور کلی زمانی که به emf یک سلول اشاره می‌کنیم منظورمان اختلاف E° دو نیم‌سلول استانداردی است که با استفاده از آن ساخته شده است، پس مقدار emf یک سلول گالوانی عددی ایده‌آل و آرمانی می‌باشد. این در حالی است که وقتی یک ولت‌سنج را به قطب‌های مثبت و منفی یک سلول گالوانی متصل می‌کنیم، اغلب ولتاژی کمتر از emf سلول مشاهده می‌کنیم که به علت تأثیر عوامل خارجی و مزاحم است. بدین ترتیب برای ولتاژ ایجاد شده در سلول‌های گالوانی نیز می‌توان یک بازده درصدی تعریف کرد:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{ولتاژی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد}}{\text{مقدار emf سلول}}\times100$$

ابتدا بازده سلول را محاسبه می‌کنیم. به این منظور نخست emf سلول استاندارد را به‌دست می‌آوریم:

$$emf=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=+1/23-0=1/23V$$

سپس به کمک فرمول بازده، بازده واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده واکنش}=\frac{\text{مقدار عملی ولتاژ}}{\text{مقدار نظری ولتاژ}}\times100=\frac{\text{عددی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد}}{\text{emf سلول استاندارد}}\times100=\frac{0/82V}{1/23V}\times100=\%66/7$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» به صورت مقابل است:

$$2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow2H_2O(g)$$

سپس با استفاده از چگالی گاز H_2، حجم مولی گازها در شرایط واکنش را به دست می‌آوریم:

$$d\,(\text{چگالی})=\frac{M(\text{جرم مولی})}{V(\text{حجم مولی})}\Rightarrow0/4=\frac{2}{V_n}\Rightarrow V_n=5L.mol^{-1}$$

پس حجم مولی گازها در شرایط واکنش برابر $5L.mol^{-1}$ است. گاز مصرف شده در کاتد O_2 و گاز تولید شده در آن H_2O است.

$$\text{نیم‌واکنش کاتدی}:O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-\rightarrow2H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O=1\,g\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{32g\,O_2}\times\frac{2\,mol\,H_2O}{1\,mol\,O_2}\times\frac{5\,L\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}\times\frac{1000mL}{1L}\times\frac{66/7}{\underset{\text{بازده}}{100}}\simeq208/3mL\,H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{O_2\text{ گرم}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{H_2O\text{ لیتر}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{1\times\frac{66/7}{100}}{1\times32}=\frac{x\,L\,H_2O}{2\times5}\Rightarrow x\simeq0/2083L\,H_2O=208/3mL\,H_2O$$

توضیح محاسبات

$$\underbrace{\frac{2\times5\times1000\times2}{32\times3}}_{8}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{5}{8\times3}\times1000=\frac{5}{24}\times1000\xrightarrow[\text{به جای ۲۴ عدد ۲۵ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن}}\frac{5}{25}\times1000=0/2\times1000=200$$

پاسخ نزدیک به عدد ۲۰۰ است. (پاسخ: ۲۰۸/۳)

B ۲۲۸۰ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در سلول سوختی متان همانند سلول سوختی هیدروژن آب تولید می‌شود.

$$\begin{cases} CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+\boxed{2H_2O(g)} : \text{واکنش کلی در سلول سوختی متان} \\ 2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow \boxed{2H_2O(g)} : \text{واکنش کلی در سلول سوختی هیدروژن} \end{cases}$$

گزینهٔ (۳): از دید محیط زیست گاز هیدروژن سوخت بهتری نسبت به گاز متان است زیرا آلایندهٔ کمتری تولید می‌کند.

B ۲۲۸۱ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ اکسایش گاز متان به‌صورت روبه‌رو است: $CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)$

در این فرایند عدد اکسایش کربن در متان، (-4) و در کربن دی‌اکسید، $(+4)$ می‌باشد، یعنی به ازای اکسایش هر مول متان و تبدیل آن به کربن دی‌اکسید ۸ مول الکترون مبادله می‌شود. پس با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان نوشت:

$$?\,mol\,e^- = 77g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44g\,CO_2}\times\frac{8mol\,e^-}{1\,mol\,CO_2}=14mol\,e^-$$

B ۲۲۸۲ ۱ موارد دوم و سوم به درستی بیان شده‌اند. واکنش کلی انجام گرفته در سلول‌های سوختی نام برده به صورت زیر است:

(۲) سلول: $CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O$ (۱) سلول: $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$

بررسی موارد: مورد اول: سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن (سلول ۱) رایج‌ترین سلول سوختی است اما سلول سوختی متان - اکسیژن خطر کمتری دارد. مورد دوم: در هر دو سلول، بخارآب تولید می‌شود. در هواکره، درصد فراوانی رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخارآب در هواکره، حدود ۱ درصد است. مورد سوم: در سلول سوختی متان - اکسیژن، به‌ازای مصرف هر اتم اکسیژن، ۲ الکترون بین دو قطب مبادله می‌شود. بنابراین هم‌ارزی $CH_4 \sim 2O_2 \sim 8e^-$ بین اجزای آن برقرار است:

$$?\,g\,CH_4 = 3/2mol\,e^-\times\frac{1\,mol\,CH_4}{8mol\,e^-}\times\frac{16g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=6/4g\,CH_4$$

مورد چهارم: یکی از تفاوت های سلول‌های سوختی با سلول‌های گالوانی این است که در این سلول‌ها، واکنش‌دهنده‌ها داخل سلول قرار ندارند. به‌طوری که لازم است تا به صورت مداوم، از منبع خارجی به درون سلول تزریق شوند. در هر دو سلول، بخارآب تولید می‌شود که نوعی گاز گلخانه‌ای است.

B ۲۲۸۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است: $CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)$

قسمت اول:

$$5\,min\times\frac{60s}{1\,min}\times\frac{2/408\times10^{23}e}{1s}\times\frac{1\,mol\,e}{6/02\times10^{23}e}\times\frac{1\,mol\,CH_4}{8mol\,e}\times\frac{16g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=240g\,CH_4$$

قسمت دوم:

$$5min\times\frac{60s}{1\,min}\times\frac{2/408\times10^{23}e}{1s}\times\frac{1\,mol\,e}{6/02\times10^{23}e}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{8\,mol\,e}\times\frac{22/4L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=336L\,CO_2=0/336m^3\,CO_2$$

C ۲۲۸۴ ۳ ابتدا معادلهٔ اکسایش هیدروژن را در سلول سوختی هیدروژن می‌نویسیم: $H_2(g)\rightarrow 2H^+(aq)+2e^-$

با توجه به این نیم‌واکنش می‌توان نتیجه گرفت که به ازای مصرف یک مول هیدروژن، دو مول الکترون مبادله می‌شود، بنابراین اگر دو مول هیدروژن مصرف شود، چهار مول الکترون مبادله خواهد شد:

$$?\,mol\,e^- = 2mol\,H_2\times\frac{2mol\,e^-}{1\,mol\,H_2}=4mol\,e^-$$

حال معادلهٔ اکسایش متان را در سلول سوختی متان می‌نویسیم: $CH_4(g)+2H_2O(l)\rightarrow CO_2(g)+8H^+(aq)+8e^-$

با توجه به این نیم‌واکنش مشخص می‌شود که به ازای مصرف یک مول متان (۱۶ گرم متان) ۸ مول الکترون مبادله می‌شود، حال باید محاسبه کنیم که به ازای ۴۸ گرم متان چند مول الکترون مبادله می‌شود:

$$?\,mol\,e^- = 48g\,CH_4\times\frac{8mol\,e^-}{16g\,CH_4}=24mol\,e^-$$

در انتها نسبت شمار الکترون‌های مبادله شده در سلول سوختی متان به سلول سوختی هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{شمار الکترون‌های مبادله شده سلول سوختی متان}}{\text{شمار الکترون‌های مبادله شده در سلول سوختی هیدروژن}}=\frac{24}{4}=6mol\,e^-$$

B ۲۲۸۵ ۳ فقط عبارت چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: a و b به ترتیب برابر ۶ و ۲ هستند. عبارت دوم: emf سلول حاصل برابر است با:

$$emf = E^\circ_{(کاتد)} - E^\circ_{(آند)} = 1/23-(-0/02)=1/25V$$

عبارت سوم: واکنش کلی به صورت مقابل است که در آن ۱۲ مول الکترون مبادله می‌شود: $2CH_3OH(l)+3O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+4H_2O(l)$

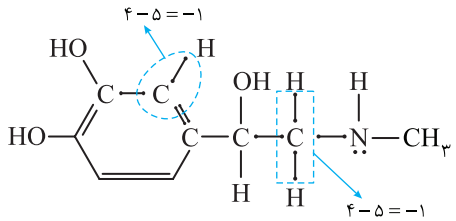
عبارت چهارم: بخار آب همانند کربن دی‌اکسید جزو گازهای گلخانه‌ای است؛ بنابراین در هر دو سلول گاز گلخانه‌ای تولید می‌شود.

A ۲۲۸۶ ۲ اساس اینکه یک واکنش از نوع اکسایش - کاهش باشد، تغییر در توزیع الکترون‌ها در اطراف برخی گونه‌ها، تغییر اعداد اکسایش برخی گونه‌هاست و ارتباطی به بار الکتریکی گونه‌های تولید یا مصرف شده ندارد. مثلاً واکنش سوختن متان از نوع اکسایش - کاهش است، اما در این واکنش هیچ گونهٔ بارداری تولید یا مصرف نمی‌شود.

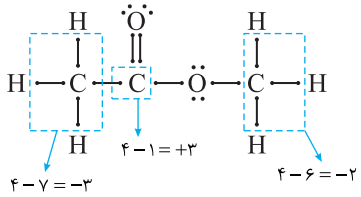
B ۲۲۸۷ ۳ به‌جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با پیگیری اعداد اکسایش تغییر یافته برای یک عنصر در یک واکنش، به راحتی می‌توان گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کرد. عبارت‌های دوم و سوم: افزایش عدد اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و فرایند اکسایش است، در حالی که کاهش آن به معنای به دست آوردن الکترون و فرایند کاهش است. عبارت چهارم: به بار الکتریکی نسبت داده شده به یک اتم در یک گونهٔ شیمیایی با فرض یونی بودن همهٔ پیوندها، عدد اکسایش می‌گویند؛ به عبارت دیگر، عدد اکسایش اتم در یک ترکیب، برابر با تعداد الکترون‌هایی است که آن اتم برای تبدیل شدن به اتم خنثی می‌گیرد یا از دست می‌دهد. عبارت پنجم: در واکنش‌های اکسایش - کاهشی که تشکیل یون و پیوند یونی صورت نمی‌گیرد، شمار الکترون‌های ظرفیتی هر اتم در عین تغییرات اعداد اکسایش، ثابت باقی می‌مانند.

A ۲۲۸۸ ۳ در صورتی که اتم دارای تعداد الکترون (پیوندی و ناپیوندی) اضافی نسبت به اتم خنثی باشد، به میزانی که الکترون اضافه دارد، دارای عدد اکسایش منفی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در ساختار لوویس هر مولکول برای محاسبهٔ تعداد الکترون پیوندی برای هر اتم، هر زوج الکترون پیوندی به اتمی در آن پیوند نسبت داده می‌شود که خصلت نافلزی بیشتری دارد. گزینهٔ (۴): در صورتی که اتم برای تبدیل شدن به حالت بدون بار، الکترون از دست بدهد، نسبت به اتم خنثی تعداد الکترون بیشتری دارد.

B ۲۲۸۹ ۲ ابتدا مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن نشان داده شده در ترکیب را با توجه به ساختار آن، محاسبه می‌کنیم:



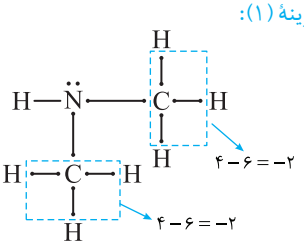
مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن نشان داده شده $=(-1)+(-1)=-2$



مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن $=(-3)+(+3)+(-2)=-2$

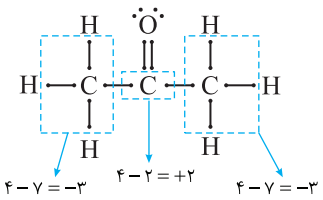
بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱):



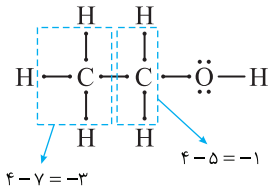
مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن $=(-2)+(-2)=-4$

گزینهٔ (۳):



مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن $=(-3)+(+2)+(-3)=-4$

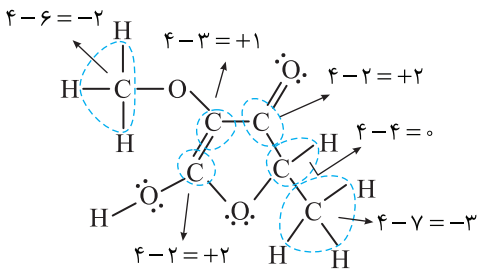
گزینهٔ (۴):



مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن $=(-3)+(-1)=-4$

B ۲۲۹۰ ۳ اعداد اکسایش اتم‌های کربن ترکیب به‌صورت زیر است:

اتم‌های کربن در این ترکیب، پنج عدد اکسایش مختلف $(+2)$، $(+1)$، صفر، (-2) و (-3) دارند.

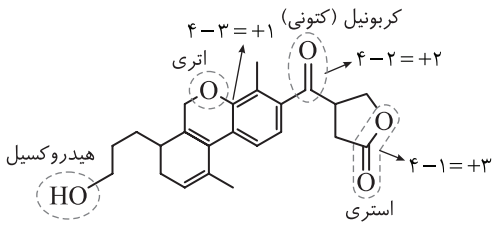


B ۲۲۹۱ ۲ به جز عبارت اول، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول مولکولی این ترکیب به صورت $C_{۲۳}H_{۲۶}O_۵$ است. شمار اتم‌های کربن و هیدروژن در این ترکیب یکسان نیست.

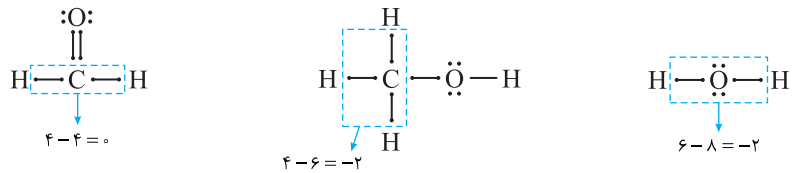
★ **نکته** برای به دست آوردن شمار اتم‌های هیدروژن ترکیبات آلی پیچیده، می‌توانید از رابطهٔ زیر استفاده کنید:

(شمار اتم‌های نیتروژن)+(شمار اتم‌های هالوژن)−(۴×شمار پیوندهای سه‌گانه)−(۲×شمار پیوندهای دوگانه و حلقه)−(۲n+۲)=شمار اتم‌های هیدروژن

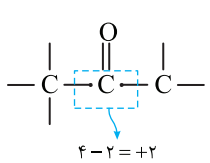
عبارت‌های دوم و سوم: در ساختار مقابل، گروه‌های عاملی و عدد اکسایش اتم‌های کربن مشخص شده است. عبارت چهارم: با توجه به وجود گروه عاملی هیدروکسیل $(O-H)$ در ساختار این ترکیب، مولکول‌های این ماده توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی و همچنین شرکت در واکنش استری شدن را دارند. در واکنش استری شدن، یک الکل و یک کربوکسیلیک اسید با یکدیگر وارد واکنش می‌شوند.



B ۲۲۹۲ ۱

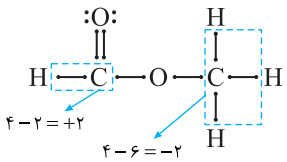


بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن در $O_۲$ در این واکنش، از صفر به (-2) رسیده است؛ ولی عدد اکسایش اتم اکسیژن موجود در $CH_۳OH$ تغییر نکرده است. گزینهٔ (۳): برخلاف متانول که عدد اکسایش اتم کربن در آن (-2) است، در کتون‌ها عدد اکسایش کربن گروه عاملی، همواره برابر $(+2)$ است. گزینهٔ (۴): در این واکنش، به ازای هر مول اکسیژن، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود و برای تشکیل هر مول کلسیم سولفات، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که تعداد الکترون‌های مبادله شده در این واکنش برابر تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل دو مول کلسیم سولفات است.

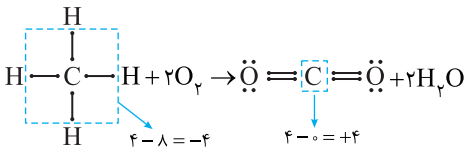


B ۲۲۹۳ ۴ همهٔ موارد به جز مورد سوم درست هستند. **بررسی موارد:**

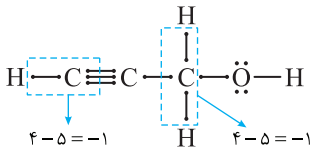
مورد اول: مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن این مولکول برابر صفر $(-۲+۲=۰)$ است.



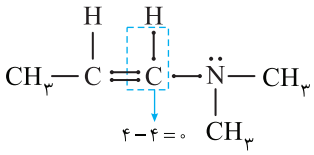
مورد دوم: تغییر عدد اکسایش اتم کربن در واکنش سوختن کامل متان، برابر $[(+۴)-(-۴)=+۸]$ است.



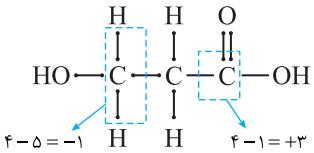
مورد سوم: در ساختار زیر، دو اتم کربن مشخص شده، عددهای اکسایش یکسان و برابر با (-۱) دارند.



مورد چهارم: با توجه به ساختار رسم شده، اتم کربن مشخص شده دارای عدد اکسایش صفر است.

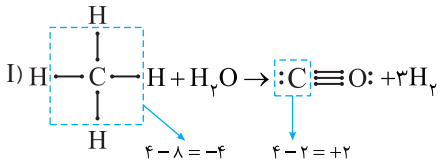


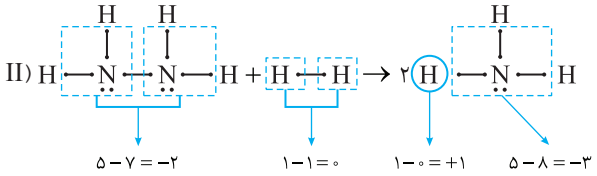
مورد پنجم: ساختار گستردهٔ مولکول داده شده به صورت مقابل است:

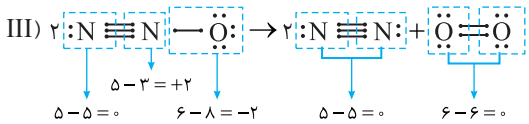


مجموع عدد اکسایش دو اتم کربنی که به اتم اکسیژن متصل هستند برابر $۲+((-۱)+(+۳))$ است.

B ۲۲۹۴ ۲ ابتدا به بررسی واکنش‌های داده شده و تعیین عددهای اکسایش اتم‌های مورد نظر می‌پردازیم:

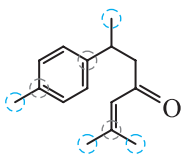




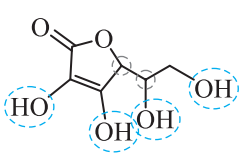


پاسخ درست پرسش‌های مطرح شده: پرسش (الف): تغییر عدد اکسایش اتم کربن در واکنش (I)، ۳ برابر $\left[\frac{(+۲)-(-۴)}{۰-(-۲)}\right]$ تغییر عدد اکسایش اتم اکسیژن در واکنش (III) است. پرسش (ب): در واکنش (II)، به هر اتم نیتروژن در مولکول $N_۲H_۴$، ۷ الکترون نسبت داده می‌شود. پرسش (پ): در واکنش‌های (II) و (III)، به‌ترتیب اتم‌های H و O دچار اکسایش می‌شوند. پرسش (ت): تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به ازای مصرف هر مول متان در واکنش (I)، برابر ۶ مول است.

C ۲۲۹۵ ۳ با توجه به ساختارهای داده شده، عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند.



(a)

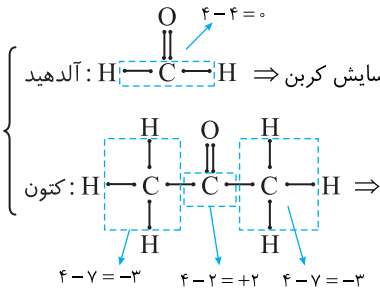


(b)

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول شیمیایی ترکیب a، به‌صورت $C_{۱۵}H_{۲۰}O$ است. مجموع جرم اتم‌های کربن در این ترکیب برابر با $(۱۵\times۱۲)۱۸۰\,g.mol^{-۱}$ بوده که ۵ برابر مجموع جرم اتم‌های هیدروژن و اکسیژن $((۲۰\times۱)+(۱\times۱۶))۳۶g.mol^{-۱}$ است. عبارت (ب): شمار گروه‌های متیل در مولکول a، با شمار گروه‌های OH در مولکول b، یکسان و برابر با ۴ گروه است. (گروه‌های متیل و OH با دایره‌های آبی در شکل مقابل مشخص شده‌اند.) عبارت (پ): در مولکول a سه اتم کربن و در مولکول b دو اتم کربن دارای عدد اکسایش صفر هستند. (اتم‌های کربن با عدد اکسایش صفر در شکل با دایره‌های خاکستری مشخص شده‌اند.) عبارت (ت): فرمول مولکولی ترکیب b به‌صورت $C_۶H_۸O_۶$ است. مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌های ترکیب‌های a و b به‌ترتیب برابر با ۸۶ و ۶۸ است؛ بنابراین تفاوت شمار این الکترون‌ها برابر با ۱۸ است.

C ۲۲۹۶ ۲ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در ترکیبات آلی موارد دوم و چهارم با هم برابر است. **بررسی موارد:**

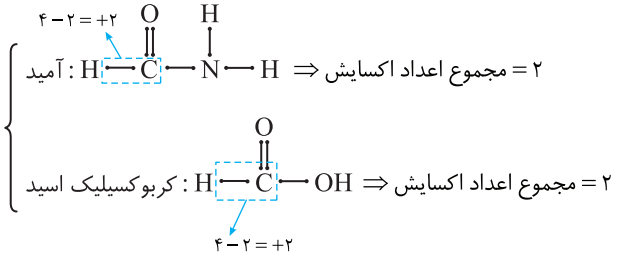
مورد اول:



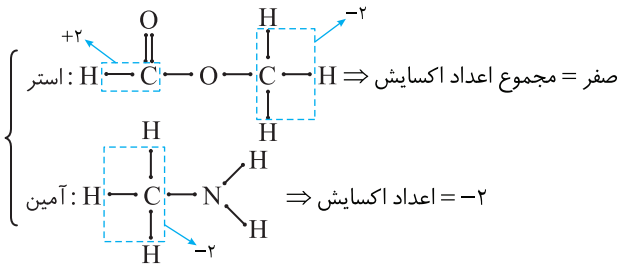
آلدهید : اعداد اکسایش کربن $= ۰$

کتون : مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن $= (-۳)+(+۲)+(-۳)=-۴$

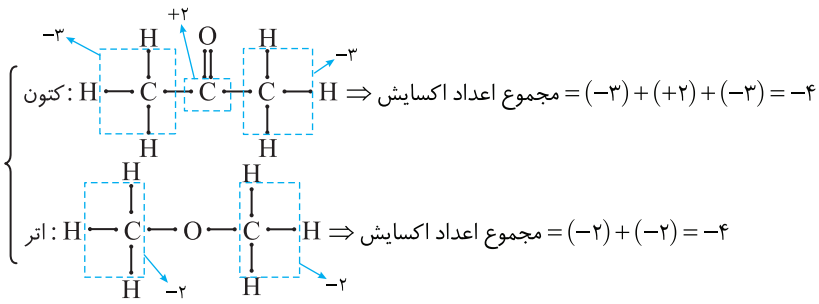
مورد دوم:



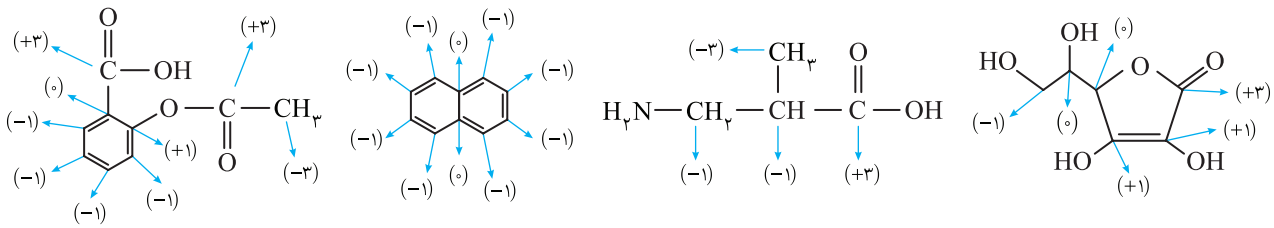
مورد سوم:



مورد چهارم:

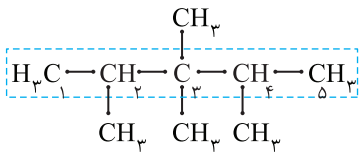


C ۲۲۹۷ ۳ در ترکیب زیر، اتم‌های کربن ۵ عدد اکسایش مختلف دارند.



گزینهٔ (۱): ۴ عدد اکسایش مختلف گزینهٔ (۲): ۳ عدد اکسایش مختلف گزینهٔ (۴): ۲ عدد اکسایش مختلف

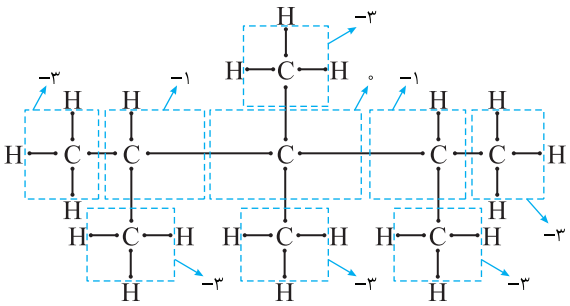
C ۲۲۹۸ ۴ فقط عبارت اول درست است. تنها ساختار ممکن برای ترکیب مورد نظر به صورت مقابل است:



نام آیوپاک : ۲، ۳، ۳، ۴-تترا متیل پنتان

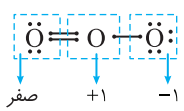
بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مجموع اعداد مربوط به شاخه‌های فرعی برابر ۱۲ (۲+۳+۳+۴) است.

عبارت دوم: ابتدا عدد اکسایش هر کدام از اتم‌های کربن را تعیین می‌کنیم:



بنابراین مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر (۲۰−) بوده و بیشترین و کمترین عدد اکسایش میان اتم‌های کربن به ترتیب (۰) و (۳−) است. عبارت سوم: آلکان مورد نظر ۹ اتم کربن و دکان با فرمول $C_{10}H_{22}$، ۱۰ اتم کربن دارد. در هیدروکربن‌ها، هر چه تعداد اتم‌های کربن بیشتر باشد، گران‌روی بیشتر است؛ بنابراین گران‌روی این هیدروکربن از دکان کمتر است. عبارت چهارم: تعداد اتم‌های کربن زنجیر اصلی این ترکیب ۵ عدد و شمار اتم‌های هیدروژن بنزن C_6H_6، ساده‌ترین ترکیب آروماتیک، برابر ۶ است.

A ۲۲۹۹ ۲ عدد اکسایش گونه‌های عنصری تک‌اتمی و دواتمی به حالت آزاد مانند Mg و Cl_2 برابر صفر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): این عبارت همواره درست نیست. مثلاً عدد اکسایش اتم H در NaH برابر (۱−) و عدد اکسایش O در OF_2 برابر (۲+) است. گزینهٔ (۳): عدد اکسایش یون‌های تک‌اتمی برابر با بار الکتریکی آن‌ها است. اندازهٔ بار الکتریکی، همواره عددی نامنفی است در حالی‌که عدد اکسایش آنیون‌های تک‌اتمی عددی منفی است. گزینهٔ (۴): به عنوان مثال نقض، اتم‌های اکسیژن در مولکول اوزون (O_3)، عدد اکسایش برابر صفر ندارند.



A ۲۳۰۰ ۱ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست و عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اغلب فلزهای واسطه و نافلزها عددهای اکسایش گوناگونی در ترکیب‌های خود دارند. عبارت (ب): در ترکیب‌های مختلف هیدروژن با نافلزها، عدد اکسایش این عنصر برابر (۱+) بوده و در ترکیب‌های مختلف هیدروژن با فلزها، عدد اکسایش آن برابر (۱−) است. عبارت (پ): در ترکیب‌های مختلف، عدد اکسایش فلزهای قلیایی (گروه یک) برابر با (۱+)، فلزهای قلیایی خاکی (گروه دو) برابر (۲+) و عدد اکسایش آلومینیم و اسکاندیم برابر (۳+) است. عبارت (ت): مجموع عدد اکسایش اتم‌ها در یک گونه برابر با بار الکتریکی آن‌گونه است؛ از این‌رو مجموع عدد اکسایش اتم‌ها در یک مولکول برابر صفر و در یک یون برابر بار یون است.

B ۲۳۰۱ ۱ موارد اول، سوم و چهارم جملهٔ داده شده را به درستی کامل می‌کنند. در جدول زیر عدد یا اعداد اکسایش هر عنصر را در ترکیب‌های آن (نه نمونهٔ عنصری) آورده‌ایم:

مورد	عنصر	عدد یا اعداد اکسایش	عنصر	عدد یا اعداد اکسایش	مورد	عنصر	عدد یا اعداد اکسایش	عنصر	عدد یا اعداد اکسایش
اول	فلوئور	فقط ۱−	اکسیژن	۲− تا ۲+	دوم	کلر	۱− تا ۷+	نیتروژن	۳− تا ۵+
سوم	لیتیم	فقط ۱+	گوگرد	۲− تا ۶+	چهارم	روی	فقط ۲+	هیدروژن	۱− و ۱+
پنجم	فسفر	۳− تا ۵+	نقره	فقط ۱+	ششم	مس	۱+ و ۲+	کربن	۴− تا ۴+
هفتم	هیدروژن	۱− تا ۱+	گوگرد	۲− تا ۶+	هشتم	منیزیم	فقط ۲+	اسکاندیم	فقط ۳+

B ۲۳۰۲ ۴ **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): $\underline{Na}NO_3 \Rightarrow (+1)+x+3(-2)=0 \Rightarrow x=+5$ ، $O\underline{Cl}_2 \Rightarrow x+2(+1)=0 \Rightarrow x=-2$ ⟹ اختلاف = ۷

گزینهٔ (۲): $H_3\underline{P}O_4 \Rightarrow 3(+1)+x+4(-2)=0 \Rightarrow x=+5$ ، $\underline{Al}Br_4^- \Rightarrow x+4(-1)=-1 \Rightarrow x=+3$ ⟹ اختلاف = ۲

گزینهٔ (۳): $\underline{Ca}SO_4 \Rightarrow (+2)+x+4(-2)=0 \Rightarrow x=+6$ ، $\underline{C}H_3Cl \Rightarrow x+3(+1)+(-1)=0 \Rightarrow x=-2$ ⟹ اختلاف = ۸

گزینهٔ (۴): $K\underline{Cl}O_4 \Rightarrow (+1)+x+4(-2)=0 \Rightarrow x=+7$ ، $\underline{N}H_4^+ \Rightarrow x+4(+1)=+1 \Rightarrow x=-3$ ⟹ اختلاف = ۱۰

B ۲۳۰۳ ۱ فقط مورد (ت) جملهٔ داده شده را به‌درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد:**

مورد (الف): $\underline{S}O_2 \Rightarrow x+2(-2)=0 \Rightarrow x=+4$ ، $\underline{C}H_3Cl \Rightarrow x+3(+1)+(-1)=0 \Rightarrow x=-2$

مورد (ب): $\underline{Mn}O_4^{2-} \Rightarrow x+4(-2)=-2 \Rightarrow x=+6$ ، $\underline{V}O_4^{3-} \Rightarrow x+4(-2)=-3 \Rightarrow x=+5$

مورد (پ): $\underline{C}F_4 \Rightarrow x+4(-1)=0 \Rightarrow x=+4$ ، $NaCl\underline{O}_2 \Rightarrow (+1)+x+2(-2)=0 \Rightarrow x=+3$

مورد (ت): $Na_2\underline{S}_2O_7 \Rightarrow 2(+1)+2x+7(-2)=0 \Rightarrow x=+6$ ، $\underline{Cr}O_3 \Rightarrow x+3(-2)=0 \Rightarrow x=+6$

B ۲۳۰۴ ۱ در میان شش نیم‌واکنش داده شده، فقط در دو مورد، عدد اکسایش فلز کاهش می‌یابد و در چهار مورد دیگر عدد اکسایش فلز تغییر نمی‌کند.

$SnO_2 \rightarrow SnO_3^{2-}$ (+۴ → +۴) عدد اکسایش ثابت است.

$MnO_4^- \rightarrow MnO_4^{2-}$ (+۷ → +۶) عدد اکسایش کاهش یافته.

$CrO_4^{2-} \rightarrow CrO_3$ (+۶ → +۶) عدد اکسایش ثابت است.

$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow CrO_4^{2-}$ (+۶ → +۶) عدد اکسایش ثابت است.

$Cu(OH)_2 \rightarrow CuO$ (+۲ → +۲) عدد اکسایش ثابت است.

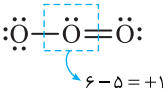
$MnO_2 \rightarrow Mn^{2+}$ (+۴ → +۲) عدد اکسایش کاهش یافته.

B ۲۳۰۵ ۱ با تشکیل معادله، عدد اکسایش اتم واسطه را تعیین می‌کنیم:

$Na\underline{Mn}O_4 \Rightarrow +1+x+4(-2)=0 \Rightarrow x=+7$ ، $K_2\underline{Cr}O_4 \Rightarrow 2(+1)+x+4(-2)=0 \Rightarrow x=+6$

$\underline{Mn}O_2 \Rightarrow x+2(-2)=0 \Rightarrow x=+4$ ، $\underline{Au}Cl_4^- \Rightarrow x+4(-1)=-1 \Rightarrow x=+3$

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): عدد اکسایش اتم‌های واسطه در هر چهار ترکیب، از عدد اکسایش اتم مرکزی در مولکول اوزون (O_3) بیشتر است:



پرسش (ب): اختلاف عدد اکسایش اتم مرکزی = ۴ ، $H\underline{Cl}O \Rightarrow (+1)+x+(-2)=0 \Rightarrow x=+1$ ، $NO_2\underline{Cl} \Rightarrow x+2(-2)+(-1)=0 \Rightarrow x=+5$

پرسش (پ): ترتیب عدد اکسایش اتم‌های موجود در این چهار گونه: $Mn>Au>K=Na>Cl>O$ در $Mn>Cr>MnO_2$ در MnO_4

B ۲۳۰۶ ۳ عدد اکسایش دو اتم مشخص شده با هم برابر است. $H\underline{Cl}O_2 \Rightarrow (+1)+x+2(-2)=0 \Rightarrow x=+3$ ، $\underline{N}O_2^- \Rightarrow x+2(-2)=-1 \Rightarrow x=+3$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): عدد اتمی ۲۹ متعلق به مس است که در ترکیب‌های خود می‌تواند عددهای اکسایش متنوعی از جمله (+۱) و (+۲) داشته باشد.

گزینهٔ (۲): با توجه به فرمول Mg_2SiO_4 می‌توان نتیجه گرفت که بار آنیون در این ترکیب (−۴) است؛ بنابراین عدد اکسایش سیلیسیم در آنیون برابر (+۴) است:

$Si\underline{O}_4 \Rightarrow x-8=-4 \Rightarrow x=+4$

از طرفی در ترکیب NH_4NO_3 ، عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن در کاتیون و آنیون به‌ترتیب برابر (−۳) و (+۵) است، بنابراین مجموع عدد اکسایش نیتروژن برابر (+۲) است. گزینهٔ (۴): عدد اکسایش اتم هیدروژن در NaH و عدد اکسایش اتم فلوئور در OF_2 برابر (−۱) است.

* **توجه** در ترکیب‌های مختلف هیدروژن با فلزها (هیدریدهای فلزی)، عدد اکسایش هیدروژن برابر (−۱) است.

C ۲۳۰۷ ۲ بیشترین و کمترین تغییر میانگین عدد اکسایش اتم‌های کربن مربوط به موارد (ب) و (ت) است: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن ترکیب‌های آلی داده شده به صورت زیر است:

مورد (الف):

$C_3H_4 \Rightarrow 3C+4(+1)=0 \Rightarrow \overline{C}=-\frac{4}{3}$ ، $CO_2 \Rightarrow C+2(-2)=0 \Rightarrow C=+4$ ⟹

$C_3H_4 + 4O_2 \rightarrow 3CO_2 + 2H_2O$

$-\frac{4}{3}$ ——— $+4$ ، $5/33\uparrow$

مورد (ب):

$$\left.\begin{array}{l} C_2H_6 \Rightarrow 2C+6(+1)=0 \Rightarrow \bar{C}=-\frac{6}{2}=-3 \\ CO_2 \Rightarrow C+2(-2)=0 \Rightarrow C=+4 \end{array}\right\} \Rightarrow \quad 2C_2H_6+7O_2 \rightarrow 4CO_2+6H_2O \quad (-3 \rightarrow +4,\ 7\uparrow)$$

مورد (پ):

$$\left.\begin{array}{l} C_2H_5OH \Rightarrow 2C+6(+1)+1(-2)=0 \Rightarrow \bar{C}=-\frac{4}{2}=-2 \\ CO_2 \Rightarrow C+2(-2)=0 \Rightarrow C=+4 \end{array}\right\} \Rightarrow \quad C_2H_5OH+3O_2 \rightarrow 2CO_2+3H_2O \quad (-2 \rightarrow +4,\ 6\uparrow)$$

مورد (ت):

$$\left.\begin{array}{l} C_2H_4O_2 \Rightarrow 2C+4(+1)+2(-2)=0 \Rightarrow \bar{C}=0 \\ CO_2 \Rightarrow C+2(-2)=0 \Rightarrow C=+4 \end{array}\right\} \Rightarrow \quad C_2H_4O_2+2O_2 \rightarrow 2CO_2+2H_2O \quad (0 \rightarrow +4,\ 4\uparrow)$$

* **توجه** فراوردهٔ کربن‌دار سوختن کامل همهٔ ترکیب‌های ذکر شده CO_2 است که عدد اکسایش کربن در آن برابر $(+4)$ است؛ بنابراین بیشترین و کمترین میانگین تغییر عدد اکسایش ترکیبات داده شده به ترتیب مربوط به دورترین و نزدیک‌ترین عدد اکسایش به عدد ۴ است:

مورد (الف): (C_3H_4) پروپین $\Rightarrow 3C+4=0 \Rightarrow \bar{C}=-\frac{4}{3}$ مورد (ب): (C_2H_6) اتان $\Rightarrow 2C+6=0 \Rightarrow \bar{C}=-3$ (دورترین)

مورد (پ): (C_2H_5OH) اتانول $\Rightarrow 2C+5+(-2)+1=0 \Rightarrow \bar{C}=-2$ مورد (ت): $(C_2H_4O_2)$ اتانوئیک اسید $\Rightarrow 2C+4+2(-2)=0 \Rightarrow \bar{C}=0$ (نزدیک‌ترین)

B ۲۳۰۸ ۱ $\underline{C}N^- \Rightarrow x+(-3)=-1 \Rightarrow x=+2, O\underline{C}N^- \Rightarrow (-2)+x+(-3)=-1 \Rightarrow x=+4$

در این فرایند، عدد اکسایش کربن از $(+2)$ به $(+4)$ می‌رسد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲):

$\underline{S}O_4^{2-} \Rightarrow x+4(-2)=-2 \Rightarrow x=+6, \underline{S}_2O_7^{2-} \Rightarrow 2x+7(-2)=-2 \Rightarrow x=+6$

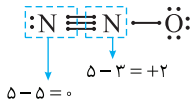
عدد اکسایش گوگرد در دو ترکیب $S_2O_7^{2-}$ و SO_4^{2-} با هم برابر است. گزینهٔ (۳): هر اتم کربن در واکنش سوختن کامل، به عدد اکسایش $(+4)$ در کربن دی‌اکسید می‌رسد. به دلیل هم‌ارز بودن اتم‌های کربن در هر یک از ترکیب‌های اتن و بنزن، می‌توان از روش تشکیل معادله برای تعیین عدد اکسایش کربن استفاده کرد:

$\underline{C}_2H_4 \Rightarrow 2x+4(+1)=0 \Rightarrow x=-2$ $\qquad$ $\underline{C}_6H_6 \Rightarrow 6x+6(+1)=0 \Rightarrow x=-1$

تغییر عدد اکسایش یک اتم کربن در واکنش سوختن کامل اتن برابر با $(+6)$ و در واکنش سوختن کامل بنزن، برابر با $(+5)$ است.

گزینهٔ (۴): $\underline{N}O_2 \Rightarrow x+2(-2)=0 \Rightarrow x=+4$, $\underline{N}H_2OH \Rightarrow x+3(+1)+(-2)=0 \Rightarrow x=-1$, $\underline{N}O_3^- \Rightarrow x+3(-2)=-1 \Rightarrow x=+5$

عدد اکسایش دو اتم نیتروژن در N_2O متفاوت است و برای تعیین عدد اکسایش، باید از روش رسم ساختار استفاده شود:

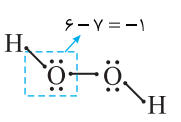


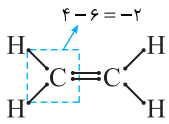
فقط در ترکیب NH_2OH ، عدد اکسایش نیتروژن منفی است.

B ۲۳۰۹ ۳ پرسش (الف): عدد اکسایش نیتروژن در یون‌های نیترات و آمونیوم را می‌توان جداگانه محاسبه کرد:

$\underline{N}O_3^-: N+3(-2)=-1 \Rightarrow N=+5,\ \underline{N}H_4^+: N+4(+1)=1 \Rightarrow N=-3,\ \underline{S}O_4^{2-}: S+4(-2)=-2 \Rightarrow S=+6 \Rightarrow$ مجموع $=(+5)+(-3)+(+6)=8$

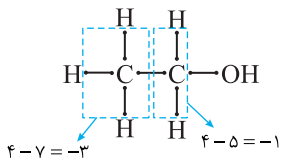
پرسش (ب): ساختار لوویس آب اکسیژنه (H_2O_2) و اتن (C_2H_4) به صورت زیر است:

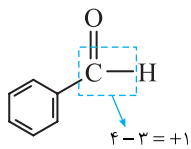




پس تفاوت عدد اکسایش آن‌ها برابر ۱ است.

پرسش (پ): ساختار اتانول و بنزآلدهید به صورت زیر است:





حاصل‌ضرب اعداد اکسایش اتم‌های کربن مشخص شده برابر $(-3)\times(-1)\times(1)$ ۳ است.

C ۲۳۱۰ ۳ به‌جز عبارت (ث) سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اتم مرکزی در ساختار هر سه ترکیب گوگرد است:

$\underline{S}O_2Cl_2: S+2(-2)+2(-1)=0 \Rightarrow S=+6$ $\qquad$ $H_2\underline{S}O_4: 2(+1)+S+4(-2)=0 \Rightarrow S=+6$ $\qquad$ $\underline{S}F_6: S+6(-1)=0 \Rightarrow S=+6$

عبارت (ب): در میان سه ترکیب ذکر شده، عدد اکسایش دو عنصر O و K یکسان و به ترتیب برابر (-2) و $(+1)$ است. برای سایر عناصر داریم:

$\underline{N}_2O_5: 2N+5(-2)=0 \Rightarrow N=+5$ $\qquad$ $K_2\underline{Cr}_2O_7: 2(+1)+2Cr+7(-2)=0 \Rightarrow Cr=+6$ $\qquad$ $K\underline{Cl}O_4: 1+Cl+4(-2)=0 \Rightarrow Cl=+7$

بالاترین عدد اکسایش مربوط به اتم کلر در مادهٔ $KClO_4$ است. عبارت (پ): منیزیم با عدد اتمی ۱۲، دومین فلز قلیایی خاکی است. عدد اکسایش اتم Mn در سه ترکیب برابر است با:

$K\underline{Mn}O_4: (1)+Mn+4(-2)=0 \Rightarrow Mn=+7$ $\qquad$ $\underline{Mn}O_2^-: Mn+2(-2)=-1 \Rightarrow Mn=+3$ $\qquad$ $\underline{Mn}O: Mn+(-2)=0 \Rightarrow Mn=+2$

مجموع عدد اکسایش اتم‌های Mn برابر $12 (2+3+7)$ می‌باشد. عبارت (ت): عدد اکسایش آلومینیم در ترکیبات آن برابر $(+3)$ است، پس:

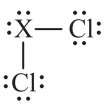
$Al_2(\underline{Co}O_4)_3: 2(+3)+3(Co+4(-2))=0 \Rightarrow 6+3Co-24=0 \Rightarrow Co=+6$ $\qquad$ $K_2\underline{Cr}_2O_7: 2(+1)+2Cr+7(-2)=0 \Rightarrow Cr=+6$

عبارت (ث): عدد اکسایش نیتروژن در یون‌های نیترات و آمونیوم را می‌توان جداگانه محاسبه کرد:

$$\left.\begin{array}{l}\underline{N}O_3^-: N+3(-2)=-1\Rightarrow N=+5\\ \underline{N}H_4^+: N+4(+1)=+1\Rightarrow N=-3\\ H\underline{Cl}: (+1)+Cl=0\Rightarrow Cl=-1\end{array}\right\}\Rightarrow \text{مجموع عدد اکسایش } N=(+5)+(-3)=2\neq(-1)$$

B ۲۳۱۱ ۲ عدد اکسایش اتم اکسیژن در اغلب ترکیبات آن برابر با (-2) است؛ بنابراین بار یون پایدار فلز M برابر $(+2)$ است. (M^{2+}) همچنین در اکسید نافلزی XO_3، عدد اکسایش نافلز X برابر $(+6)$ است و چون گفته شده که عدد اکسایش نافلز X در XO_3 با شمار الکترون‌های ظرفیت آن برابر است، پس نافلز X، دارای ۶ الکترون ظرفیت است و این عنصر نافلزی از گروه ۱۶ است. **بررسی ترکیب‌هایی که وجود ندارند:**

- MPO_4 : وجود ندارد ⇐ فرمول شیمیایی ترکیب یون‌های M^{2+} و PO_4^{3-} به‌صورت $M_3(PO_4)_2$ است.
- MS_2 : وجود ندارد ⇐ یون پایدار گوگرد به‌صورت S^{2-} است و فرمول شیمیایی دو عنصر M و S به‌صورت MS می‌باشد.
- ScX_2 : وجود ندارد ⇐ می‌دانیم که $_{21}Sc$ کاتیون پایدار $+3$ ایجاد می‌کند (Sc^{3+})، همچنین می‌دانیم که عناصر گروه ۱۶، آنیون (-2) ایجاد می‌کنند؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از دو عنصر Sc و X به‌صورت Sc_2X_3 است.
- XCl_3 : وجود ندارد ⇐ عنصر X از گروه ۱۶ دارای ۲ الکترون منفرد $(\dot{\underset{\cdot\cdot}{X}}\cdot)$ است، پس با دو اتم کلر $(\dot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}\cdot)$ پیوند کووالانسی تشکیل داده و مولکول XCl_2 ایجاد می‌کند.



- بررسی علت وجود Na_2XO_4 : برای نمونه گوگرد عنصری از گروه ۱۶ جدول است که با اکسیژن یون چند اتمی SO_4^{2-} ایجاد می‌کند؛ بنابراین اگر X، گوگرد باشد می‌تواند با سدیم ترکیب Na_2XO_4 (Na_2SO_4) ایجاد کند.

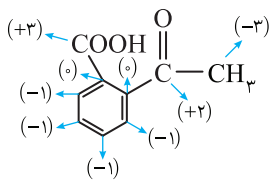
B ۲۳۱۲ ۱ تنها عبارت چهارم به‌طور قطعی صحیح است. عنصری که در لایهٔ ظرفیت خود ۲ الکترون در زیرلایهٔ p $(l=1)$ دارد، مربوط به گروه ۱۴ جدول تناوبی است و لایهٔ ظرفیت این عناصر به‌صورت ns^2np^2 است. می‌دانیم که در گروه ۱۴ جدول تناوبی هر سه نوع عنصر (فلز، نافلز و شبه‌فلز) یافت می‌شود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: دو فلز قلع و سرب و همچنین کربن (آلوتروپ گرافیت)، رسانای خوب جریان الکتریسیته‌اند، اما شبه‌فلزهای Si و Ge رسانای ضعیف جریان الکتریسیته‌اند. عبارت دوم: قلع (Sn) و سرب (Pb) دو فلز از گروه ۱۴ جدول هستند و در واکنش با نافلزات می‌توانند یون‌های پایدار تک‌اتمی ایجاد کنند. عبارت سوم: سه عنصر نخست این گروه، یعنی C، Si و Ge در واکنش با دیگر عنصرها الکترون به اشتراک می‌گذارند اما Sn و Pb فلز هستند و در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون از دست می‌دهند. عبارت چهارم: در عناصر اصلی جدول دوره‌ای به جز فلوئور و اکسیژن، بالاترین عدد اکسایش برابر یکان شماره گروه آن‌ها است؛ بنابراین بالاترین عدد اکسایش تمامی عناصر گروه ۱۴ جدول تناوبی برابر $(+4)$ است. عبارت پنجم: گفتیم که در این گروه، فلزات قلع و سرب نیز وجود دارد که چکش خوارند و در اثر ضربه خرد نمی‌شوند.

C ۲۳۱۳ ۱ فرض می‌کنیم فرمول مولکولی ترکیب مذکور به صورت $C_xH_yN_3O$ است. در این ترکیب مجموع اعداد اکسایش اتم‌ها برابر صفر است. همچنین دقت کنید که عدد اکسایش همهٔ اتم‌های نیتروژن در صورتی که با عنصری با خاصیت اکسندگی بیشتر از خود پیوند نداشته باشد برابر (-3) است و این عدد برای اکسیژن برابر (-2) می‌باشد. حال از فرمول محاسبهٔ عدد اکسایش داریم: $C\times x+H\times y+N\times(-3)+O\times(-2)=0\Rightarrow(-8)+y(+1)+3(-3)+(-2)=0\Rightarrow y=19$

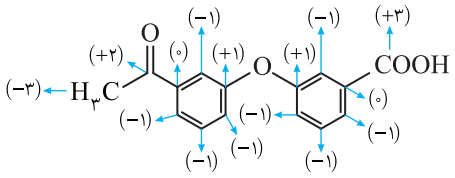
در واکنش سوختن ترکیبات آلی هیدروژن‌دار، همهٔ اتم‌های هیدروژن در قالب مولکول‌های آب درمی‌آید. بنابراین هم‌ارزی $2C_xH_{19}N_3O\sim 19H_2O$ در واکنش سوختن وجود دارد:

$$?\,g\,H_2O=1\,mol\,C_xH_{19}N_3O\times\frac{19\,mol\,H_2O}{2\,mol\,C_xH_{19}N_3O}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=171\,g\,H_2O$$

C ۲۳۱۴ ۲ موارد (الف) و (پ) درست هستند. ساختار مولکول a با فرمول $C_9H_8O_3$ و b با فرمول $C_{16}H_{14}O_4$ که در آن‌ها عدد اکسایش هر اتم کربن مشخص شده به صورت مقابل است. به‌جای استفاده از ساختار لوویس در تعیین عدد اکسایش اتم‌های کربن و محاسبهٔ مجموع آن‌ها، می‌توان به سادگی با فرمول مولکولی و روش تشکیل معادله، مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن را به دست آورد:



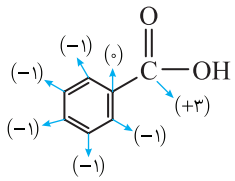
a



b

$$a=C_9H_8O_3: 9C+8(+1)+3(-2)=0\Rightarrow 9C=-2,\ b=C_{16}H_{14}O_4: 16C+14(+1)+4(-2)=0\Rightarrow 16C=-6\Rightarrow\frac{a}{b}=\frac{(-2)}{(-6)}=\frac{1}{3}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نسبت مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن ساختار a به ساختار b برابر $\frac{1}{3}\left(\frac{-2}{-6}\right)$ است. عبارت (ب): مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در ترکیب b برابر (-6) است که پس از سوختن کامل، هر کدام از این اتم‌های کربن در قالب CO_2 درمی‌آیند. در CO_2 عدد اکسایش C برابر $(+4)$ است. با توجه به اینکه ۱۶ اتم کربن داریم، مجموع اعداد اکسایش این اتم‌های کربن از (-6) به $64\,(16\times4)$ رسیده است، پس تغییرات آن‌ها برابر ۷۰ واحد است. در واکنش سوختن کامل استون (C_3H_6O)، مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در استون برابر (-4) بوده و هر کدام از اتم‌های کربن به قالب CO_2 در می‌آیند. در CO_2 عدد اکسایش C برابر $(+4)$ است که در مجموع عدد اکسایش این اتم‌های کربن برابر ۱۲ می‌باشد، پس تغییرات آن‌ها برابر ۱۶ واحد است. به این ترتیب مجموع تغییرات اعداد اکسایش در ترکیب b برابر ۷۰ و در استون ۱۶ است؛ بنابراین نسبت خواسته شده برابر $4/375\,\left(\frac{70}{16}\right)$ است.



عبارت (پ): عدد اکسایش کربن ستاره‌دار در ترکیب b برابر (+۱) است. برای بنزوئیک اسید، ۵ کربن با عدد اکسایش (−۱) یافت می‌شود. عبارت (ت): عدد اکسایش اتم‌های کربن شمارهٔ ۱ و ۲ به ترتیب (+۳) و (+۲) می‌باشد، لذا مجموع آن‌ها برابر ۵ است. برای بررسی اعداد اکسایش اتم مرکزی ترکیبات داده شده، در سه ترکیب نخست به روش معادله و در N_2O به روش رسم ساختار لوویس عمل می‌کنیم:

$\underline{Cl}O_3^-: Cl+3(-2)=-1 \Rightarrow Cl=5$

$H_3\underline{P}O_4: 3(+1)+P+4(-2)=0 \Rightarrow P=5$

$\underline{O}F_2: O+2(-1)=0 \Rightarrow O=2$

$:N\equiv\underline{N}-\ddot{O}: \Rightarrow$ عدد اکسایش اتم مرکزی $=5-3=+2$

مجموع عدد اکسایش اتم‌های مرکزی در این چهار گونه برابر ۱۴ بوده و دو برابر ۵ (مجموع عدد اکسایش کربن‌های (۱) و (۲)) نیست!

B ۲۳۱۵ ۴ حداقل و حداکثر عدد اکسایش در عناصر نافلز و شبه‌فلزی این گروه به ترتیب (−۴) و (+۴) است، در حالی‌که عناصر فلزی نمی‌توانند عدد اکسایش منفی داشته باشند و حداقل و حداکثر عدد اکسایش در آن‌ها به ترتیب صفر و (+۴) است.

نکته ترکیبی **گروه ۱۴ جدول تناوبی:** ۱- آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عناصر این گروه به صورت ns^2np^2 است و همگی ۴ الکترون ظرفیت دارند. ۲- گروهی از جدول تناوبی است که در آن هر سه نوع عنصر نافلز، شبه‌فلز و فلز یافت می‌شود. ۳- تمامی عناصر آن دارای رسانایی الکتریکی هستند که البته رسانایی الکتریکی شبه‌فلزهای سیلیسیم و ژرمانیم اندک است. ۴- به‌جز کربن، سایر عناصر آن دارای سطح براق و صیقلی هستند. ۵- به‌طور کلی، پس از گاز نجیب، کمترین واکنش‌پذیری را در میان عناصر هم‌دورهٔ خود دارند. ۶- عدد اکسایش عناصر کربن، سیلیسیم و ژرمانیم در ترکیبات آن‌ها در بازهٔ (−۴) تا (+۴) قرار دارد، در حالی عدد اکسایش عناصر فلزی این گروه، یعنی قلع و سرب در ترکیبات آن‌ها در بازهٔ (۰) تا (+۴) قرار دارد و نمی‌تواند منفی باشد. ۷- سه عنصر نخست این گروه، یعنی کربن، سیلیسیم و ژرمانیم در ساختار بسیاری از جامدهای کووالانسی دیده می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در اغلب عناصر گروه‌های ۱۴ تا ۱۷، یکان شمارهٔ گروه برابر تعداد الکترون‌های ظرفیت است. اگر این الکترون‌ها را برداریم، اتم به بالاترین عدد اکسایش خود (با علامت +) می‌رسد. حال اگر با دادن الکترون، آرایش الکترونی اتم‌های این عناصر را به گاز نجیب هم‌دورهٔ خود تبدیل کنیم، اتم به پایین‌ترین عدد اکسایش خود (با علامت −) خواهد رسید.

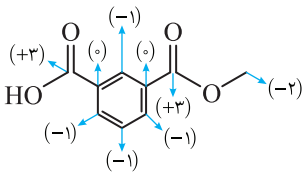
گزینهٔ (۲): پانزدهمین عنصر جدول تناوبی فسفر $(_{15}P)$ است که بیشترین و کمترین عدد اکسایش آن به ترتیب (+۵) و (−۳) است.

$_{15}P$ پایین‌ترین عدد اکسایش = شمارهٔ گروه − ۱۸ = ۱۵ − ۱۸ = −۳

$_{15}P$ بالاترین عدد اکسایش = یکان شمارهٔ گروه = ۵

گزینهٔ (۳): حداقل و حداکثر عدد اکسایش در فلوئور به ترتیب (−۱) و صفر و در اکسیژن (−۲) و (+۲) است، پس تفاوت حداقل و حداکثر عدد اکسایش فلوئور و اکسیژن به ترتیب برابر (۱) و (۴) است.

A ۲۳۱۶ ۴ در مورد گروه‌های ۱۴ تا ۱۷، پایین‌ترین عدد اکسایش برابر (۱۸ − شمارهٔ گروه) و بالاترین عدد اکسایش برابر یکان شمارهٔ گروه می‌باشد. اما عدد اکسایش اکسیژن از این قاعده پیروی نکرده و دامنهٔ تغییرات آن از (−۲) تا (+۲) است.



B ۲۳۱۷ ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): حداکثر عدد اکسایش عناصر نافلزی O، N، C و F به ترتیب (+۴)، (+۵)، (+۲) و (صفر) است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، تغییرات این اعداد اکسایش به صورت نامنظم است. عبارت (ب): به‌طور کلی نافلزها، تنوع اعداد اکسایش بیشتری از فلزها دارند؛ زیرا فلزها برخلاف نافلزها نمی‌توانند عدد اکسایش منفی داشته باشند. عبارت (پ): حداقل و حداکثر عدد اکسایش برای اتم‌های کربن به ترتیب (−۴) و (+۴) و برای اتم‌های گوگرد به ترتیب (−۲) و (+۶) است. عبارت (ت): اعداد اکسایش اتم‌های کربن در ترکیب داده شده به صورت مقابل است. بیشترین عدد اکسایش اتم کربن برابر (+۴) است که در این ترکیب کربنی با چنین عدد اکسایشی دیده نمی‌شود.

B ۲۳۱۸ ۴ کمترین و بیشترین عدد اکسایش برای اتم‌های کربن به ترتیب (−۴) و (+۴) است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عدد اکسایش اتم اکسیژن در ترکیب‌های آن یکی از اعداد «۲، ۱، ۱− یا ۲−» است. گزینهٔ (۲): اتم‌های هیدروژن در مولکول‌های H_2 و در حالت عنصری خود، دارای عدد اکسایش صفر هستند.

گزینهٔ (۳): فلوئور برخلاف سایر هالوژن‌ها، فقط اعداد اکسایش صفر و (−۱) را دارد.

B ۲۳۱۹ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست هستند. ابتدا عدد اکسایش X و A را در هر یک از گونه‌ها به‌دست می‌آوریم:

$XO_4^- \Rightarrow X+4(-2)=-1 \Rightarrow X=+7$

$AO_3^{2-} \Rightarrow A+3(-2)=-2 \Rightarrow A=+4$

با توجه به اینکه X و A هر دو نافلز هستند و در نافلزها به جز اکسیژن و فلوئور، بزرگ‌ترین عدد اکسایش همان یکان شمارهٔ گروه است، می‌توان نتیجه گرفت که X عنصری از گروه ۱۷ به جز فلوئور بوده و A عنصری از گروه ۱۴ جدول دوره‌ای است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: A عنصری از گروه ۱۴ است. عبارت دوم: تنها نافلز گروه ۱۴ کربن است، پس عنصر A همان کربن $(_6C)$ می‌باشد، که در دورهٔ دوم جدول تناوبی جای دارد. عبارت سوم: عنصر X متعلق به گروه ۱۷ است، از طرفی اکسنده‌ترین عنصر جدول تناوبی، فلوئور $(_9F)$ است که آن نیز متعلق به گروه ۱۷ می‌باشد. عبارت چهارم: آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عناصر گروه ۱۷ به‌صورت ns^2np^5 و آرایش الکترونی عناصر گروه ۱۴ به‌صورت ns^2np^2 است، پس می‌توان گفت که ۵ الکترون در آخرین زیرلایهٔ اشغال شدهٔ اتم X و ۲ الکترون در آخرین زیرلایهٔ اشغال‌شدهٔ اتم A، جای دارد:

آخرین زیرلایه $ns^2(np^2)$ ⇐ لایهٔ ظرفیت A

آخرین زیرلایه $ns^2(np^5)$ ⇐ لایهٔ ظرفیت X

B ۲۳۲۰ ۴ هر چهار مورد نادرست هستند. با توجه به تعداد الکترون‌های موجود در هر لایه، عنصر X همان $_{24}Cr$ است. $_{24}Cr: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$

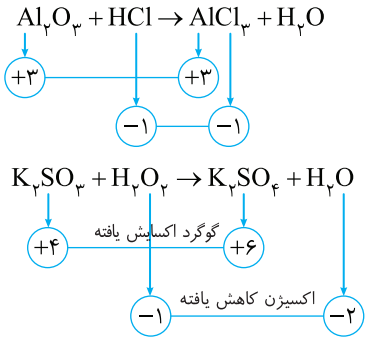
بررسی عبارت‌ها: مورد اول: عنصر X، عنصری واسطه از گروه ۶ جدول دوره‌ای است. مورد دوم: در دورهٔ چهارم جدول تناوبی، عناصر $_{19}K$، $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ در بیرونی‌ترین لایهٔ الکترونی خود تنها یک الکترون دارند. مورد سوم: بالاترین عدد اکسایش $_{24}Cr$، برابر (+۶) است. مورد چهارم: داده‌های طیف‌سنجی نشان می‌دهد که آرایش الکترونی اتم عنصر X از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند.

۲۳۲۱ A **۴** در واکنش‌های اکسایش - کاهش عدد اکسایش حداقل یک گونه افزایش (گونهٔ کاهنده) و عدد اکسایش حداقل یک گونه کاهش می‌یابد (گونهٔ اکسنده). **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): واکنش‌های اکسایش - کاهش با دادوستد و تبادل الکترون و یا تغییر عدد اکسایش اتم‌ها همراه هستند. گزینهٔ (۲): در بین واکنش‌های شیمیایی، الزاماً تمام واکنش‌ها، اکسایش - کاهش نیستند. گزینهٔ (۳): اگر حداقل در یک سمت معادلهٔ واکنش، عنصری به شکل اتمی مانند Na یا دواتمی مانند H_2 وجود داشته باشد، آن واکنش الزاماً یک واکنش اکسایش - کاهش است.

۲۳۲۲ B **۱** موارد (الف) و (ب) در یک واکنش اکسایش - کاهش دیده نمی‌شوند. **بررسی موارد:** عبارت (الف): در واکنش اکسایش - کاهش الزاماً عدد اکسایش همهٔ عنصرها تغییر نمی‌کند. عدد اکسایش حداقل یک عنصر کاهش و عدد اکسایش حداقل یک عنصر افزایش می‌یابد. عبارت (ب): گونهٔ کاهنده، خود اکسایش یافته و الکترون از دست می‌دهد و این الکترون به گونهٔ اکسنده که با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد، منتقل می‌شود. عبارت (پ): عدد اکسایش گونهٔ اکسنده با گرفتن الکترون و کاهش یافتن، کاهش می‌یابد. عبارت (ت): طی نیم‌واکنش اکسایش، گونهٔ کاهنده با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد. بنابراین گونهٔ کاهنده در سمت چپ قرار می‌گیرد. در واکنش $M \rightarrow M^{n+} + ne^-$ M گونهٔ کاهنده و M^{n+} گونهٔ اکسنده است.

۲۳۲۳ A **۳** در واکنش‌هایی که از نوع اکسایش - کاهش نیستند، عدد اکسایش تمام اتم‌ها بدون تغییر باقی می‌ماند. در واکنش گزینهٔ (۳) عدد اکسایش همهٔ اتم‌ها ثابت است. عدد اکسایش اتم اکسیژن در دو طرف معادله واکنش (-2) و عدد اکسایش اتم هیدروژن در دو طرف معادله واکنش $(+1)$ است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): به دلیل وجود عنصر به حالت آزاد (O_2)، این واکنش اکسایش - کاهش است. گزینهٔ (۲): عدد اکسایش گوگرد افزایش یافته و عدد اکسایش اکسیژن کاهش یافته است. گزینهٔ (۴): وجود مولکول‌های دواتمی F_2 و Cl_2 نشان‌دهندهٔ واکنش اکسایش - کاهش است.

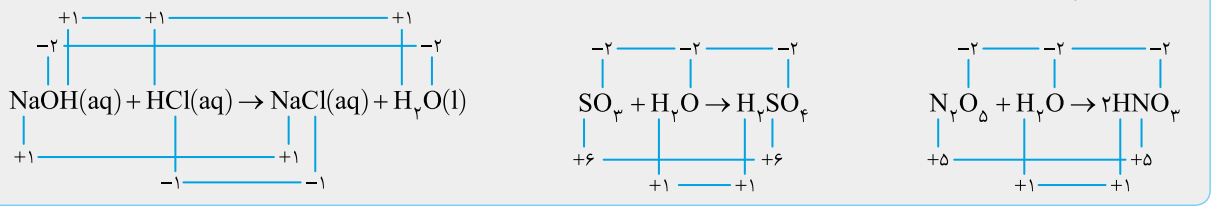


۲۳۲۴ B **۳**

نکته ترکیبی **به‌طور کلی دو دسته از واکنش‌ها در هیچ حالتی از نوع اکسایش -کاهش نیستند.**

الف) واکنش انحلال اکسیدهای اسیدی و بازی در آب؛ برای مثال به واکنش انحلال SO_3 و N_2O_5 در آب توجه کنید. در این واکنش‌ها، عدد اکسایش هیچ‌کدام از اتم‌ها تغییر نمی‌کند.

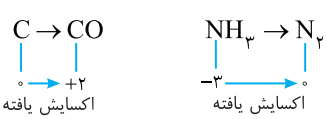
ب) واکنش خنثی‌سازی اسیدها و بازها؛ به عنوان مثال به واکنش خنثی شدن NaOH با HCl توجه کنید:



به‌جز واکنش (IV) که در آن الکترون از Al به Fe^{3+} منتقل می‌شود، سایر واکنش‌ها از نوع اکسایش - کاهش نبوده و در آن‌ها، تغییر عدد اکسایش اتم‌ها و مبادلهٔ الکترون صورت نمی‌گیرد.

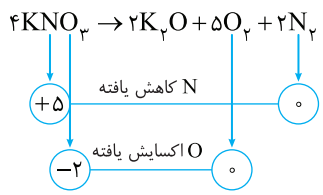
۲۳۲۵ B **۱** واکنش‌های موجود در موارد (ب) و (ث)، جملهٔ داده شده را به درستی کامل می‌کنند.با توجه به جملهٔ مطرح شده در صورت سؤال، واکنش اول باید واکنش اکسایش - کاهش باشد ولی واکنش دوم، باید واکنش اکسایش - کاهش نباشد. **بررسی موارد:**عبارت (الف): در واکنش اول، عنصرهای تک‌اتمی C و Fe و در واکنش دوم، عنصر دواتمی O_2 حضور دارند؛ پس هر دو واکنش از نوع اکسایش - کاهش هستند. عبارت (ب): واکنش اول به دلیل داشتن H_2، واکنش اکسایش - کاهش است. در واکنش دوم عدد اکسایش اتم‌ها تغییری نکرده است، پس واکنش اکسایش - کاهش نیست. (عدد اکسایش اتم‌های آهن، اکسیژن، کلر، هیدروژن و سدیم به‌ترتیب برابر $(+2)$، (-2)، (-1)، $(+1)$ و $(+1)$ است.) عبارت (پ): در واکنش اول، عدد اکسایش همهٔ گونه‌ها ثابت و بدون تغییر مانده است. واکنش سوختن اتانول نیز از نوع اکسایش - کاهش است. عبارت (ت): در هر دو واکنش، اعداد اکسایش گونه‌ها ثابت و بدون تغییر مانده است. عبارت (ث): در واکنش سیرشدن اتن، در سمت واکنش‌دهنده‌ها گونهٔ عنصری هیدروژن (H_2) وجود دارد؛ پس این واکنش از نوع اکسایش - کاهش است. در واکنش انحلال اکسیدهای نافلزی مانند CO_2 در آب، عدد اکسایش اتم‌ها تغییر نمی‌کند؛ پس این واکنش‌ها از نوع اکسایش - کاهش نیستند.

۲۳۲۶ B **۳** در واکنش داده شده، الکترون از اتم‌های Na به یون Fe^{3+} منتقل شده است و عدد اکسایش Fe^{3+} کاهش یافته، پس یون‌های Fe^{3+} اکسنده هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): کاهنده گونه‌ای است که اکسایش می‌یابد. یعنی الکترون از دست داده و عدد اکسایش آن افزایش می‌یابد. (مثبت‌تر می‌شود.) گزینهٔ (۲): در فرایندهای داده شده داریم:



همان‌طور که مشاهده می‌کنید هر دو فرایند مربوط به اکسایش هستند. گزینهٔ (۴): در واکنش‌های اکسایش - کاهش، گونهٔ کاهنده با دادن الکترون به گونهٔ دیگر سبب کاهش آن می‌شود.

۲۳۲۷ B **۱** نقش عنصر نیتروژن در واکنش داده شده در صورت تست مشابه نقش عنصر مشخص شده در واکنش دوم است. در واکنش زیر، همان‌طور که مشخص شده، عنصر نیتروژن نقش اکسنده و عنصر اکسیژن نقش کاهنده را دارد.



بررسی واکنش‌ها:

واکنش اول: اتم کربن نقش کاهنده را دارد.

$$۲CH_۳OH + ۳O_۲ \rightarrow ۲CO_۲ + ۴H_۲O$$

C اکسایش یافته: $-۲ \rightarrow +۴$

واکنش دوم: اتم نیتروژن نقش اکسنده را دارد.

$$۲NO_۲ + ۲SO_۲ \rightarrow ۲NO + ۲SO_۳$$

N کاهش یافته: $+۴ \rightarrow +۲$

واکنش سوم: در این واکنش عدد اکسایش اتم برم تغییر نکرده است.

$$۲Al + ۶HBr \rightarrow ۲AlBr_۳ + ۳H_۲$$

واکنش چهارم: اتم کلر نقش کاهنده را دارد.

$$۲NOCl \rightarrow ۲NO + Cl_۲$$

Cl اکسایش یافته: $-۱ \rightarrow ۰$

۲۳۲۸ ۲ B عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست هستند. عبارت (الف): همان‌طور که مشخص شد، کلر هم نقش اکسنده و هم نقش کاهنده دارد. عبارت (ب): عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن و هیدروژن بدون تغییر می‌باشد، بنابراین نه اکسنده و نه کاهنده‌اند. عبارت (پ): در این واکنش همان‌طور که مشخص شده، کلر هم نقش اکسنده و هم نقش کاهنده را دارد. اندازهٔ تغییر عدد اکسایش اتم اکسنده (۵) کمتر است. عبارت (ت): عدد اکسایش اتم هیدروژن در یون H^+ برابر (+۱) و در ترکیب با نافلزها نیز برابر (+۱) می‌باشد. عبارت (ث): حداقل و حداکثر عدد اکسایش برای اتم کلر به ترتیب (−۱) و (+۷) است. اتم کلر در Cl^- کمترین عدد اکسایش خود را دارد ولی در $ClO_۳^-$ بیشترین عدد اکسایش خود را ندارد.

$$\underline{Cl}O_۳^- \Rightarrow Cl + ۳(-۲) = -۱ \Rightarrow Cl = +۵$$

$$ClO_۳^- + Cl^- + H^+ \rightarrow Cl_۲ + H_۲O$$

Cl کاهش یافته: $+۵ \rightarrow ۰$

Cl اکسید شده: $-۱ \rightarrow ۰$

۲۳۲۹ ۳ B در واکنش نوشته شده در ردیف سوم، همان‌طور که مشخص شده، اتم نیتروژن کاهش یافته و اتم اکسیژن اکسایش یافته است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در واکنش (۱)، عدد اکسایش اتم کربن در $C_۲H_۴$ کاهش یافته است. گزینهٔ (۲): در واکنش (۲)، همان‌طور که مشخص شده، $H_۲O_۲$ هم اکسنده و هم کاهنده است، زیرا عدد اکسایش اکسیژن از (−۱) به (−۲) و صفر رسیده است. گزینهٔ (۴): در واکنش (۴)، همان‌طور که مشخص شده، اتم آهن در $FeCl_۳$ نقش اکسنده و اتم ید در CuI نقش کاهنده را دارد.

$$۲NO_۲ \rightarrow ۲NO + O_۲$$

N کاهش یافته: $+۴ \rightarrow +۲$

O اکسایش یافته: $-۲ \rightarrow ۰$

$$C_۲H_۴ + H_۲ \rightarrow C_۲H_۶$$

C کاهش یافته: $-۲ \rightarrow -۳$

$$H_۲O_۲ \rightarrow H_۲O + O_۲$$

O اکسایش یافته: $-۱ \rightarrow ۰$

O کاهش یافته: $-۱ \rightarrow -۲$

$$۲CuI + ۲FeCl_۳ \rightarrow ۲CuCl + I_۲ + ۲FeCl_۲$$

I اکسایش یافته: $-۱ \rightarrow ۰$

Fe کاهش یافته: $+۳ \rightarrow +۲$

* **توجه** عدد اکسایش اتم اکسیژن در پراکسید $(O_۲^{۲-})$ برابر (−۱) و در اکسید $(O^{۲-})$ برابر (−۲) می‌باشد.

۲۳۳۰ ۲ B فلوئور قوی‌ترین نافلز موجود است و نافلزها خاصیت اکسندگی دارند. پس $F_۲(g)$ اکسنده‌ترین گونه در جدول پتانسیل کاهشی استاندارد است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به ساختار الکترون - نقطه‌ای نشان داده شده، عدد اکسایش اتم اکسیژن در $OF_۲$ و عدد اکسایش اتم کربن در CO با همدیگر برابر است. گزینهٔ (۳): به دلیل واکنش‌پذیری کم و قدرت کاهندگی پایین پلاتین $(E^\circ = ۱/۲۰V)$ از آن در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی استفاده می‌کنند. گزینهٔ (۴): واکنش سوختن کامل متان به‌صورت روبه‌رو است:

$$CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(g)$$

عدد اکسایش اتم کربن در گاز متان (−۴) و عدد اکسایش اتم کربن در گاز دی‌اکسید (+۴) است در نتیجه عدد اکسایش آن ۸ درجه افزایش پیدا کرده است.

$۴ - ۲ = +۲$ $\quad ۶ - ۴ = +۲$ $\quad ۴ - ۸ = -۴$ $\quad ۴ - ۰ = +۴$

۲۳۳۱ ۱ B عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در واکنش (۲) عدد اکسایش پتاسیم (K) در هر دو طرف برابر (+۱) است و تغییر نکرده است. عبارت (ب): عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن و هیدروژن در آمونیاک را بررسی می‌کنیم:

$۱ - ۰ = ۱$ $\quad ۵ - ۸ = -۳$

با توجه به افزایش عدد اکسایش گاز هیدروژن، پس این عنصر اکسایش یافته و به عنوان گونهٔ کاهنده عمل می‌کند. عبارت (پ): در واکنش (۳)، با توجه به توضیحات عبارت (ب) می‌توان گفت گاز نیتروژن نقش اکسنده را دارد اما، در واکنش (۱) با توجه به اکسید شدن نیتروژن مشخص است که این عنصر نقش کاهنده را دارد. عبارت (ت): در واکنش (۲) محلول پتاسیم یدید نقش کاهنده و گاز کلر نقش اکسنده را دارد و مقایسهٔ کاهندگی این دو با یکدیگر مقایسهٔ درستی نمی‌باشد.

۲۳۳۲ ۴ B ابتدا گونه‌های اکسنده و کاهنده را در هر یک از دو واکنش داده شده تعیین می‌کنیم:

واکنش سوختن کربن مونوکسید: $۲CO + O_۲ \rightarrow ۲CO_۲$

گونهٔ اکسایش یافته (کاهنده): $+۲ \rightarrow +۴$

گونهٔ کاهش یافته (اکسنده): $۰ \rightarrow -۲$

واکنش ترمیت: $۲Al + Fe_۲O_۳ \rightarrow Al_۲O_۳ + ۲Fe$

گونهٔ اکسایش یافته (کاهنده): $۰ \rightarrow +۳$

گونهٔ کاهش یافته (اکسنده): $+۳ \rightarrow ۰$

اکنون حاصل تفاضل مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

(تغییر عدد اکسایش گونهٔ کاهنده (Al) در واکنش ترمیت)−(تغییر عدد اکسایش گونهٔ اکسنده (O) در واکنش سوختن کربن مونوکسید)

$=((-۲)-۰)-((+۳)-۰)=-۵$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): واکنش سوختن هیدروژن، واکنش اکسایش - کاهش می‌باشد و به ازای سوختن هر مول گاز هیدروژن، دو مول الکترون در این واکنش مبادله می‌شود:

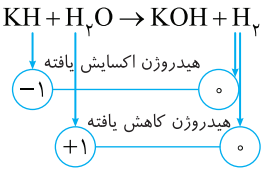
$۲H_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲H_۲O(g)$

$۱\,mol\,H_۲\times\frac{۴\,mol\,e^-}{۲\,mol\,H_۲}=۲mol\,e^-$ تعداد الکترون‌های مبادله شده در واکنش $=۱\times۲\times۲=۴\,mol\,e^-$

گزینهٔ (۲): گونهٔ اکسایش یافته در واکنش سوختن هیدروژن، اتم هیدروژن است که متعلق به‌دستهٔ s جدول دوره‌ای می‌باشد. گزینهٔ (۳): فراوردهٔ واکنش سوختن هیدروژن، $H_۲O$ است که عدد اکسایش اتم هیدروژن در آن، برابر با (+۱) است. عدد اکسایش مس در $CuCl_۲$ را با تشکیل معادله تعیین می‌کنیم:

$\underline{Cu}Cl_۲\Rightarrow x+۲(-۱)=۰\Rightarrow x=+۲$

B ۲۳۳۳ ۳ فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به واکنش، اتم هیدروژن با سه عدد اکسایش متفاوت در واکنش وجود دارد، (−۱)، صفر و (+۱)؛ بنابراین هیدروژن هم اکسید شده و هم کاهش یافته است.



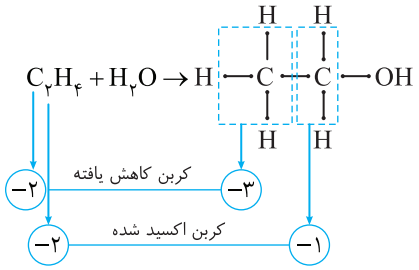
عبارت (ب): عدد اکسایش پتاسیم تغییری نکرده است، پس اکسایش یا کاهش نیافته است. عبارت (پ): عنصر هیدروژن کاهش یافته و نیم‌واکنش کاهش مربوط به ترکیب $H_۲O$ است. $۲H_۲O+۲e^-\rightarrow H_۲+۲OH^-$

عبارت (ت): عدد اکسایش پتاسیم در هر دو سمت واکنش برابر (+۱) بوده و نقشی در واکنش ندارد (یون تماشاگر). نیم‌واکنش اکسایش مربوط به H^- است. $۲H^-\rightarrow ۲e^-+H_۲$

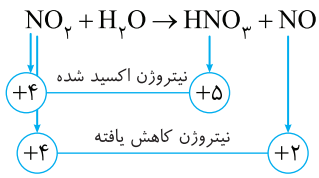
B ۲۳۳۴ ۴ در اغلب موارد اگر در واکنشی یک عنصر با سه عدد اکسایش متفاوت حضور داشته باشد، در این واکنش، یک عنصر هم اکسایش و هم کاهش یافته است.

بررسی واکنش‌ها:

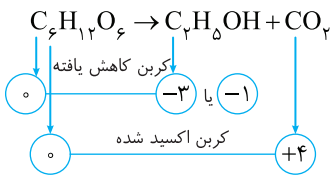
گزینهٔ (۱):



گزینهٔ (۲):



گزینهٔ (۳):



گزینهٔ (۴): در این واکنش عنصری وجود ندارد که هم اکسایش و هم کاهش یافته باشد.

B ۲۳۳۵ ۴ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نیم‌واکنش‌های اکسایش - کاهش در این سلول به صورت زیر است:

نیم‌واکنش آندی: $۲H_۲\rightarrow ۴H^++۴e^-$ نیم‌واکنش کاتدی: $O_۲+۴H^++۴e^-\rightarrow ۲H_۲O$

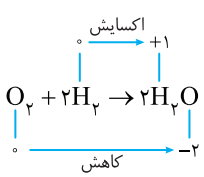
به‌ازای مصرف ۲ مول گاز هیدروژن در آند، یک مول گاز اکسیژن در کاتد مصرف می‌شود.

$\frac{\text{جرم گاز مصرف شده در آند}}{\text{جرم گاز مصرف شده در کاتد}}=\frac{\text{جرم ۲ مول } H_۲}{\text{جرم ۱ مول } O_۲}\Rightarrow\frac{۲\times۲}{۳۲}=۰/۱۲۵$

عبارت (ب):

$?\,g\,O_۲=۲/۴۰۸\times۱۰^{۲۴}\,e^-\times\frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,e^-}\times\frac{۱\,mol\,O_۲}{۴mol\,e^-}\times\frac{۳۲g\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲}=۳۲g\,O_۲$

عبارت (پ): E° نیم‌واکنش $۲H_۲\rightarrow ۴H^++۴e^-$ برابر با صفر و emf واکنش صورت گرفته در سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن برابر E° نیم‌واکنش دیگر آن یعنی نیم‌واکنش کاتدی است. عبارت (ت): اندازهٔ تغییر عدد اکسایش هر اتم کاهنده نصف اندازهٔ تغییر عدد اکسایش هر اتم اکسنده است.



B ۲۳۳۶ ۲ در گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ پایین‌ترین عدد اکسایش اتم‌ها از رابطهٔ (۱۸− شمارهٔ گروه) محاسبه می‌شود. اگر اتمی در یک ترکیب دارای پایین‌ترین عدد اکسایش خود باشد، تنها می‌تواند با از دست دادن الکترون و افزایش عدد اکسایش، اکسایش یابد و تنها نقش کاهنده را داشته باشد. پایین‌ترین عدد اکسایش اتم نیتروژن $۳-=۱۸-۱۵$، و بالاترین عدد اکسایش نیتروژن (+۵) است.

بررسی مولکول‌ها: مولکول a: عدد اکسایش نیتروژن در $NO_۲$ برابر (+۴) است که هم می‌تواند تا عدد اکسایش (−۳) کاهش یافته و نقش اکسنده داشته باشد و هم می‌تواند تا عدد اکسایش (+۵) اکسایش یافته و نقش کاهنده داشته باشد.

$NO_۲:N+۲(-۲)=۰\Rightarrow N=+۴$

مولکول b: عدد اکسایش اتم نیتروژن در $NH_۴Cl$ برابر (−۳) می‌باشد. پس تنها می‌تواند تا عدد اکسایش (+۵) اکسایش یافته و کاهنده باشد.

$NH_۴Cl:N+۴(+۱)+(-۱)=۰\Rightarrow N=-۳$

مولکول c: عدد اکسایش اتم نیتروژن در HNO_3 برابر $(+5)$ می‌باشد که تنها می‌تواند تا عدد اکسایش (-3) کاهش یافته و اکسنده باشد.

$$HNO_3: N+(+1)+3(-2)=0 \Rightarrow N=+5$$

مولکول d: عدد اکسایش اتم نیتروژن در N_2H_4 برابر (-2) می‌باشد که هم می‌تواند تا عدد اکسایش (-3) کاهش یافته و اکسنده باشد و هم می‌تواند تا عدد اکسایش $(+5)$ اکسید شده و کاهنده باشد.

$$N_2H_4: 2N+4(+1)=0 \Rightarrow N=-2$$

B ۲۳۳۷ **۴** کروم در CrO_4^{2-} با عدد اکسایش $(+6)$ تنها می‌تواند اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش صفر) باشد. اکسیژن در O_2^{2-} با عدد اکسایش (-1) می‌تواند هم اکسنده (کاهش تا عدد اکسایش -2) و هم کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش $+2$) باشد.

$$CrO_4^{2-}: Cr+4(-2)=-2 \Rightarrow Cr=+6 \quad , \quad O_2^{-2}=2(O)=-2 \Rightarrow O=-1$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): نیتروژن در NH_4^+ دارای پایین‌ترین عدد اکسایش (-3) می‌باشد و فقط می‌تواند کاهنده باشد. گوگرد در SO_3^{2-} با عدد اکسایش $(+4)$ می‌تواند هم اکسنده (کاهش تا عدد اکسایش -2) و هم کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش $+6$) باشد.

$$NH_4^+: N+4(+1)=1 \Rightarrow N=-3 \quad , \quad SO_3^{2-}: S+3(-2)=-2 \Rightarrow S=+4$$

گزینهٔ (۲): نیتروژن در NO_3^- با عدد اکسایش $(+5)$ تنها می‌تواند اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش -3) باشد. ید در ICl_4^- با عدد اکسایش $(+3)$ می‌تواند هم اکسنده (کاهش تا عدد اکسایش -1) و هم کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش $+7$) باشد.

$$NO_3^-: N+3(-2)=-1 \Rightarrow N=+5 \quad , \quad ICl_4^-: I+4(-1)=-1 \Rightarrow I=+3$$

گزینهٔ (۳): فسفر در PO_4^{3-} با عدد اکسایش $(+5)$ تنها می‌تواند اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش -3) باشد. کلر در ClO_3^- با عدد اکسایش $(+5)$ می‌تواند هم اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش -1) و هم کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش $+7$) باشد.

$$PO_4^{3-}: P+4(-2)=-3 \Rightarrow P=+5 \quad , \quad ClO_3^-: Cl+3(-2)=-1 \Rightarrow Cl=+5$$

B ۲۳۳۸ **۱** عبارت‌های (ب) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصرهای Al ، Zn و F و Sr به‌ترتیب تنها دارای عدد اکسایش $(+3)$، $(+2)$، (-1) و $(+2)$ در ترکیب‌های خود می‌باشند. عبارت (ب): پایین‌ترین عدد اکسایش از رابطهٔ (۱۸ − شمارهٔ گروه) محاسبه می‌شود و بالاترین عدد اکسایش یکان شمارهٔ گروه می‌باشد. اما اکسیژن از این قاعده پیروی نمی‌کند و دامنهٔ تغییرات عدد اکسایش آن از (-2) تا $(+2)$ می‌باشد. بنابراین نمی‌تواند عدد اکسایش (-3) داشته باشد. عبارت (پ): اکسیژن در OF_2 با عدد اکسایش $(+2)$ فقط نقش اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش -2)، در H_2O با عدد اکسایش (-2) فقط نقش کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش $+2$) و در H_2O_2 با عدد اکسایش (-1) هم نقش اکسنده و هم نقش کاهنده را دارد. عبارت (ت): دامنهٔ تغییرات عدد اکسایش اتم فسفر برابر ۸ بوده (از (-3) تا $(+5)$) و دو برابر دامنهٔ تغییرات عدد اکسایش اتم اکسیژن است. (از (-2) تا $(+2)$ که برابر ۴ است.) عبارت (ث): واکنش خنثی شدن اسیدها و بازها از نوع اکسایش - کاهش نیست و در واکنش داده شده، HNO_3 نقش اکسندگی یا کاهندگی ندارد.

B ۲۳۳۹ **۱** ابتدا تغییر عدد اکسایش نیتروژن را محاسبه کرده و عدد به‌دست آمده را ضریب الکترون قرار می‌دهیم و سپس موازنه بار و جرم کامل می‌کنیم:

$$\underline{NO_3^-}: x+(-6)=-1 \Rightarrow x=+5, \quad \underline{NH_4^+}: x+4=1 \Rightarrow x=-3$$

$$1\,NO_3^-(aq)+7H_2O(l)+8e^- \rightarrow 1\,NH_4^+(aq)+10OH^-(aq)$$

(+۵) ← ۸ → (−۳)

مراحل موازنه: ضریب $e^-=8 \leftarrow$ موازنهٔ N $(1\,NO_3^- \rightarrow 1\,NH_4^+) \leftarrow$ موازنهٔ بار $(10OH^-) \leftarrow$ موازنهٔ H و O $(7H_2O)$، بنابراین مجموع ضرایب تمام گونه‌ها در سمت چپ برابر ۱۶ است. در ادامه باید تغییر عدد اکسایش کلر را محاسبه کنیم:

$$H\underline{Cl}O: (+1)+x+(-2)=0 \Rightarrow x=+1$$

ضریب ترکیب شامل عنصر کاهنده یا اکسنده را یک و تغییر عدد اکسایش را ضریب الکترون قرار می‌دهیم.

$$1\,HClO(aq)+H^+(aq)+1\,e^- \rightarrow \frac{1}{2}\,Cl_2(g)+H_2O(l)$$

(+۱) ← ۱ → (۰)

در قدم بعدی باید Cl را موازنه کنیم، برای این منظور مجبوریم ضریب Cl_2 را برابر $\frac{1}{2}$ قرار دهیم؛ ولی چون در موازنه نباید از ضرایب کسری استفاده کنیم، ابتدا ضرایب معلوم شده را در عدد ۲ ضرب کرده و سپس موازنه را ادامه می‌دهیم:

$$2\,HClO(aq)+H^+(aq)+2\,e^- \rightarrow 1\,Cl_2(g)+H_2O(l)$$

در انتها کافی است موازنه بار و موازنه H و O را انجام دهیم:

$$2HClO(aq)+2\,H^+(aq)+2e^- \rightarrow 1Cl_2(g)+2\,H_2O(l)$$

مجموع ضریب تمام گونه‌های واکنش (II) برابر ۹ است، بنابراین نسبت خواسته شده برابر $\frac{16}{9}$ است.

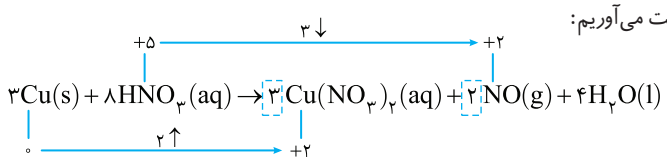
B ۲۳۴۰ **۲** قسمت اول: ابتدا تغییر عدد اکسایش اکسنده و کاهنده را به‌دست می‌آوریم؛ سپس موازنه را کامل می‌کنیم.

$$2\,HNO_3(aq)+3\,H_3PO_3(aq) \rightarrow 2NO(g)+3H_3PO_4(aq)+1H_2O(l)$$

(+۵) ← ۳ → (+۲)

(+۳) ← ۲ → (+۵)

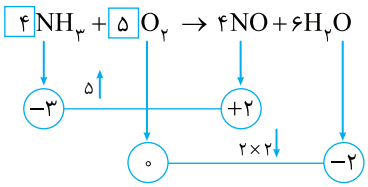
مراحل موازنه: موازنهٔ اکسنده و کاهنده ← موازنهٔ N ($2NO$) ← موازنهٔ P ($3H_3PO_4$) ← موازنهٔ H و O ($1H_2O$) بنابراین ضریب دو ماده (HNO_3 و NO) برابر ۲ است. قسمت دوم: ابتدا تغییر عدد اکسایش اکسنده و کاهنده را به دست می‌آوریم:



مراحل موازنه: شروع موازنهٔ اکسنده و کاهنده از سمت راست معادله ← موازنهٔ Cu ($3Cu$) ← موازنهٔ N ($8HNO_3$) ← موازنهٔ H ($4H_2O$). مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌ها در واکنش (II) برابر ۲۰ است.

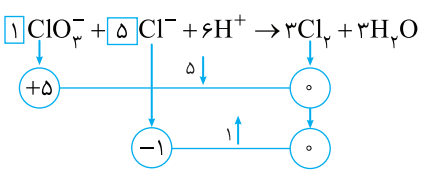
B ۲۳۴۱ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. ابتدا هر یک از واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم:

موازنهٔ واکنش اول:



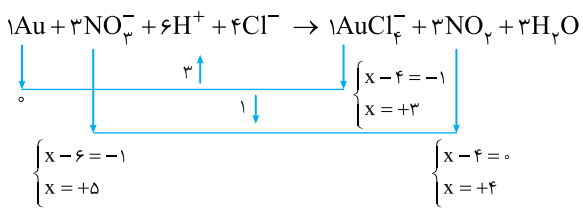
موازنهٔ واکنش دوم: **مراحل موازنه:**

موازنه اکسنده و کاهنده ← موازنهٔ بار ($6H^+$) ← موازنهٔ Cl ($3Cl_2$) ← موازنهٔ H و O ($3H_2O$)



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ضریب استوکیومتری H^+ در واکنش (II) و ضریب استوکیومتری H_2O در واکنش (I) برابر ۶ است. عبارت (ب): در واکنش (II) همان‌طور که مشخص شده اتم کلر هم اکسایش و هم کاهش یافته است. عبارت (پ): همان‌طور که مشخص شده، اتم نیتروژن اکسایش یافته و کاهنده است و ضریب استوکیومتری NH_3 برابر ۴ است. عبارت (ت): گونهٔ کاهنده در واکنش (II)، Cl^- و گونهٔ اکسنده در واکنش (I)، O_2 است. بنابراین نسبت ضریب استوکیومتری (Cl^-) به ضریب استوکیومتری (O_2) برابر $\frac{5}{5}$ (۱) است.

B ۲۳۴۲ ۴ ابتدا با محاسبهٔ تغییر عدد اکسایش واکنش را موازنه می‌کنیم. **بررسی گزینه‌ها:**

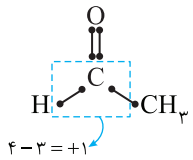


گزینهٔ (۱): مجموع ضرایب یون‌ها برابر ۱+۴+۶+۳=۱۴ می‌باشد. گزینهٔ (۲): در این واکنش اتم نیتروژن در یون نیترات یک واحد کاهش عدد اکسایش داشته و اکسنده است.

* **توجه** طلا (Au) ۳ واحد افزایش عدد اکسایش داشته و کاهنده است.

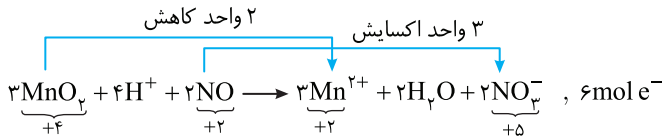
گزینهٔ (۳): تعداد الکترون‌های مبادله شده برابر است با ۳×۱×۱=۳!

* **توجه** برای محاسبهٔ تعداد الکترون مبادله شده از رابطه: «تغییر عدد اکسایش × ضریب × زیروند» استفاده کردیم.



گزینهٔ (۴): تغییر عدد اکسایش عنصر کاهنده در این واکنش برابر ۳ است در حالی که عدد اکسایش کربن گروه عامل در اتانال برابر ۱ می‌باشد.

C ۲۳۴۳ ۳ ابتدا با استفاده از تغییرات عدد اکسایش گونه‌ها، معادلهٔ واکنش داده شده را موازنه می‌کنیم. برای شروع موازنه، میزان تغییر عدد اکسایش گونهٔ کاهنده و اکسنده را به ترتیب ضریب گونهٔ اکسنده و کاهنده قرار می‌دهیم.



$$\begin{cases} \text{جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های Mn} = 3\times 4 = 12 \\ \text{جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های N} = (2\times 2)+(2\times 5) = 14 \end{cases} \Rightarrow \text{جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های Mn و N برابر نیست.}$$

(حواستان باشد که در این محاسبات Mn^{2+} را در نظر نمی‌گیریم؛ زیرا یون است نه اتم! هر چند حتی اگر Mn^{2+} را نیز در نظر بگیریم، باز هم این رابطه برقرار نیست.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش داریم:

$$?\,mol\ e^- = 0/2\,mol\ H^+ \times \frac{6\,mol\ e^-}{4\,mol\ H^+} = 0/3\,mol\ e^-$$

گزینهٔ (۲): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۱۶ است. گزینهٔ (۴): نسبت ضریب استوکیومتری گونهٔ اکسنده (MnO_2) به گونهٔ کاهنده (NO) برابر با ۱/۵ ($\frac{3}{2}$) است.

C ۲۳۴۴ ۳ به‌جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها درست‌اند. **روش اول:** برای موازنهٔ واکنش، به این نکته توجه کنید که در یک واکنش اکسایش- کاهش، مجموع تغییر عدد اکسایش گونهٔ اکسنده با مجموع تغییر عدد اکسایش گونهٔ کاهنده برابر است. در معادلهٔ داده شده، ضریب H_2O مشخص است ولی این ضریب به ما کمکی نمی‌کند و باید مراحل موازنه به روش اکسایش- کاهش را به‌طور کامل انجام دهیم: ابتدا تغییر عدد اکسایش اتم‌های اکسنده و کاهنده را محاسبه می‌کنیم: سپس تغییرات هر گونه را به‌عنوان ضریب استوکیومتری گونهٔ دیگر قرار می‌دهیم: (این کار را در سمت فراورده‌ها انجام می‌دهیم.)

$$HNO_3(aq)+P_4(s)+H_2O(l) \longrightarrow 3H_3PO_4(aq)+5NO(g)$$

حال ادامهٔ موازنه را به روش وارسی انجام می‌دهیم. در این شرایط ضریب P_4 برابر $\frac{3}{4}$ و ضریب HNO_3 برابر ۵ و ضریب H_2O برابر ۲ می‌شود. اکنون همهٔ ضرایب را در عدد ۴ ضرب می‌کنیم که ضریب کسری نداشته باشیم:

$$20HNO_3(aq)+3P_4(s)+8H_2O(l)\rightarrow 12H_3PO_4(aq)+20NO(g)$$

روش دوم: این موازنه را به روش تشکیل معادله نیز می‌توانید حل نمائید. به این منظور برای هر ماده که ضریب مجهول دارد یک حرف انگلیسی در نظر گرفته و برای هر عنصر یک معادله تشکیل می‌دهیم:

$$a\,HNO_3(aq)+b\,P_4(s)+8H_2O(l)\rightarrow c\,H_3PO_4(aq)+d\,NO(g)$$

$$\left.\begin{array}{l}H: a+8(2)=3c\\ N: a=d\\ O: 3a+8(1)=4c+d\\ P: 4b=c\end{array}\right\}\Rightarrow 3a+8=4c+a\Rightarrow\left\{\begin{array}{l}a-3c=-16\\ 2a-4c=-8\end{array}\right.\Rightarrow a=20, c=12\Rightarrow a=d\Rightarrow d=20\ ,\ 4b=c=12\Rightarrow b=3$$

ضرایب را در معادله قرار می‌دهیم و به معادلهٔ موازنه شده می‌رسیم:

$$20HNO_3(aq)+3P_4(s)+8H_2O(l)\rightarrow 12H_3PO_4(aq)+20NO(g)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در نیتریک اسید (HNO_3) و فسفریک اسید (H_3PO_4)، عدد اکسایش اتم مرکزی برابر $(+5)$ است:

$$H\underline{N}O_3\Rightarrow 1+N+3(-2)=0\Rightarrow N=+5 \qquad H_3\underline{P}O_4\Rightarrow 3+P+4(-2)=0\Rightarrow P=+5$$

عبارت دوم:

★ **نکته** شمار الکترون‌های مبادله شده در واکنش‌های اکسایش - کاهش را می‌توان از رابطه‌های زیر به‌دست آورد:

ضریب گونهٔ اکسایش‌یافته×زیروند گونهٔ اکسایش‌یافته×میزان اکسایش گونهٔ اکسایش‌یافته=شمار الکترون‌های مبادله‌شده

ضریب گونهٔ کاهش‌یافته×زیروند گونهٔ کاهش‌یافته×میزان کاهش گونهٔ کاهش‌یافته=شمار الکترون‌های مبادله‌شده

$$\text{شمار الکترون‌های مبادله شده براساس گونهٔ } HNO_3 = \underbrace{3}_{\substack{\text{میزان کاهش N}\\ \text{در } HNO_3}} \times \overbrace{1}^{\text{زیروند } HNO_3} \times \underbrace{20}_{\text{ضریب } HNO_3} = 60e^-$$

$$\text{شمار الکترون‌های مبادله شده براساس گونهٔ } P_4 = \underbrace{5}_{\substack{\text{میزان اکسایش P}\\ \text{در } P_4}} \times \overbrace{4}^{\text{زیروند } P_4} \times \underbrace{3}_{\text{ضریب } P_4} = 60e^-$$

عبارت سوم: در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، ۱۲ اتم فسفر وجود دارد که هر اتم آن ۵ واحد اکسایش می‌یابد؛ بنابراین مجموع تغییرات عدد اکسایش اتم‌های فسفر برابر ۶۰ است که این عدد ۵ برابر ضریب استوکیومتری فسفریک اسید (۱۲) است. عبارت چهارم: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها برابر ۳۱ و مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها برابر ۳۲ می‌باشد. عبارت پنجم: همان‌طور که در ابتدای پاسخ گفته شد، مجموع تغییرات عدد اکسایش هر دو گونه برابر با ۶۰ است؛ برای توضیح بیشتر دقت کنید که عدد اکسایش هر اتم نیتروژن ۳ واحد کاهش یافته و مجموعاً ۲۰ اتم نیتروژن در این واکنش وجود دارد. همچنین عدد اکسایش هراتم فسفر ۵ واحد افزایش یافته و مجموعاً ۱۲ اتم فسفر در این واکنش شرکت داشته است.

C ۲۳۴۵ **۱** واکنش‌های موازنه شدهٔ هر یک از عبارت‌ها به صورت زیر است:

عبارت (الف): $MnO_2(s)+4HCl(aq)\rightarrow MnCl_2(aq)+Cl_2(g)+2H_2O(l)$

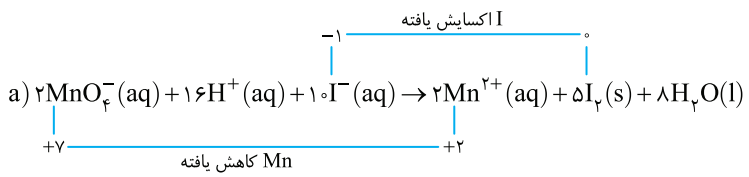
عبارت (ب): $5KBr(aq)+KBrO_3(aq)+6HCl(aq)\rightarrow 6KCl(aq)+3Br_2(l)+3H_2O(l)$

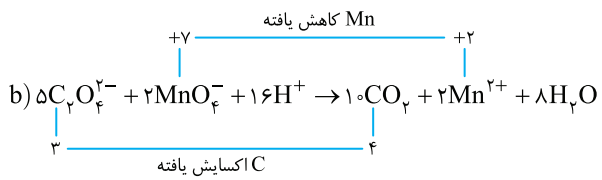
عبارت (پ): $3As_2S_3(aq)+28HNO_3(aq)+4H_2O(l)\rightarrow 6H_3AsO_4(aq)+9H_2SO_4(aq)+28NO(g)$

عبارت (ت): $2NaHCO_3(s)\rightarrow Na_2CO_3(s)+H_2O(g)+CO_2(g)$

در واکنش‌های دو عبارت (الف) و (ب) چون عنصر دواتمی به حالت آزاد دیده می‌شود، واکنش از نوع اکسایش - کاهش است. در واکنش عبارت (پ) با بررسی عدد اکسایش عناصر (برای مثال نیتروژن) متوجه می‌شویم که چون تغییر عدد اکسایش حداقل یک عنصر دیده می‌شود، بنابراین واکنش از نوع اکسایش - کاهش است. ولی در واکنش عبارت (ت) عدد اکسایش هیچ یک از عناصر تغییر نکرده است، پس واکنش از نوع اکسایش - کاهش نیست. مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش (پ) از بقیه بیشتر است.

C ۲۳۴۶ **۳** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده به صورت زیر است:





بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب مواد واکنش‌دهنده در واکنش a برابر ۲۸ (۱۰+۱۶+۲) و مجموع ضرایب مواد فراورده در واکنش b برابر ۲۰ (۸+۲+۱۰) است، لذا نسبت خواسته شده برابر $\frac{28}{20}$ (۱/۴) است. عبارت‌های (ب) و (ث): اکسنده و کاهنده در واکنش a به ترتیب MnO_4^- و I^- در واکنش b به ترتیب MnO_4^- و $C_2O_4^{2-}$ است. نسبت ضریب گونهٔ کاهنده $(C_2O_4^{2-})$ در واکنش b به ضریب گونهٔ اکسنده (MnO_4^-) در واکنش a برابر ۲/۵ $(\frac{5}{2})$ است.

عبارت (پ): ضریب H_2O در هر دو واکنش یکسان و برابر ۸ است. عبارت (ت): در واکنش (a)، هر اتم Mn، ۵ الکترون دریافت می‌کند. در معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش ۲ اتم Mn هست، پس در این واکنش ۱۰ الکترون مبادله می‌شود. در واکنش (b)، هر اتم کربن یک الکترون از دست می‌دهد و در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش (b)، ۱۰ اتم کربن وجود دارد، طی واکنش ۱۰ الکترون مبادله می‌شود. پس نسبت الکترون‌های مبادله شده برابر یک است.

B ۲۳۴۷ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): در سلول‌های الکترولیتی، واکنش‌های شیمیایی در خلاف جهت طبیعی و با اعمال ولتاژ بیرونی انجام می‌شوند. اساس کار سلول‌های الکترولیتی، تبدیل انرژی الکتریکی به شیمیایی و اساس کار سلول‌های گالوانی، تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی است. عبارت (پ): سلول‌های الکترولیتی در تجزیهٔ ترکیبات یونی در حالت محلول یا مذاب، برقکافت آب، آبکاری فلزها و ... کاربرد دارند. عبارت‌های (ت) و (ث): در سلول الکترولیتی، دو الکترود درون یک الکترولیت بوده و معمولاً این الکترودها گرافیتی و بی‌اثر هستند. در این سلول‌ها، کاتد به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل است و الکترولیت محتوی یون‌هایی است که آزادانه جابه‌جا می‌شوند.

B ۲۳۴۸ ۳ در بسیاری از سلول‌های الکترولیتی الکترودها بی‌اثر هستند؛ از این‌رو از تیغه‌هایی از جنس گرافیت استفاده می‌کنند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در سلول‌های الکترولیتی برخلاف گالوانی، آند قطب مثبت و کاتد قطب منفی است. گزینه‌های (۲) و (۴): در همهٔ سلول‌های الکتروشیمیایی اکسایش در آند اتفاق می‌افتد، سپس الکترون‌های تولید شده در آند از طریق سیم و پس از عبور از باتری به کاتد انتقال یافته و آنجا مصرف می‌شوند.

B ۲۳۴۹ ۱ در سلول‌های الکترولیتی واکنش اکسایش - کاهش به صورت غیرخودبه‌خودی انجام می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی، جهت حرکت الکترون‌ها در سیم و کاتیون‌ها در الکترولیت، هر دو از آند به سمت کاتد است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در همهٔ سلول‌های الکتروشیمیایی، فارغ از گالوانی یا الکترولیتی بودن، در آند نیم‌واکنش اکسایش و در کاتد، نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد. گزینهٔ (۳): در سلول‌های الکترولیتی معمولاً از تیغه‌های گرافیتی استفاده می‌شود که اغلب در واکنش‌ها شرکت نمی‌کنند مگر در مواردی همچون سلول هال که اکسیژن تولید شده با تیغه‌های گرافیتی در آند واکنش می‌دهد. در بخش‌های بعدی با فرایند هال آشنا خواهید شد. گزینهٔ (۴): در واکنش‌های انجام شده در سلول‌های الکترولیتی، واکنش در خلاف جهت طبیعی انجام می‌شود و در آن‌ها انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل شده و سطح انرژی مواد شرکت‌کننده در واکنش افزایش می‌یابد.

B ۲۳۵۰ ۲ عبارت‌های اول تا سوم نادرست و عبارت چهارم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هر دو الکترود در سلول الکترولیتی اغلب گرافیتی هستند. عبارت دوم: الکترون‌ها از قطب منفی باتری به سمت کاتد سلول الکترولیتی رفته و در آنجا توسط کاتیون‌ها در نیم‌واکنش کاهش مصرف می‌شوند؛ به دلیل وجود الکترون‌ها در سطح میلهٔ کاتدی، کاتد قطب منفی است. عبارت سوم: جهت حرکت الکترون‌ها از آند (قطب مثبت) به سمت کاتد (قطب منفی) است. عبارت چهارم: در سلول الکترولیتی، کاتد با دریافت الکترون از باتری دارای بار منفی شده و باعث می‌شود که کاتیون‌ها برای کاهش به سمت کاتد (قطب منفی) جذب شوند و به دلیل کاهش تعدادی از کاتیون‌ها در الکترولیت، الکترولیت دارای بار منفی شده و برای تعادل بار الکتریکی آن، آنیون‌ها به سمت آند (قطب مثبت) حرکت می‌کنند.

B ۲۳۵۱ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول‌های الکترولیتی اغلب از دو الکترود از جنس گرافیت که درون یک محلول الکترولیت قرار می‌گیرند، استفاده می‌شود. عبارت (پ): محلول الکترولیت باید حاوی یون‌های متحرک (مادهٔ یونی مذاب یا محلول در آب) باشد. عبارت (پ): در این سلول، کاتد به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل است. عبارت (ت): در سلول الکترولیتی، کاتیون‌ها به سمت کاتد (قطب منفی) و آنیون‌ها به سمت آند (قطب مثبت) حرکت می‌کنند.

B ۲۳۵۲ ۲ جهت حرکت الکترون‌ها در هر دو سلول گالوانی و الکترولیتی از آند به سمت کاتد است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در سلول گالوانی قطب مثبت کاتد و قطب منفی آند است و در سلول الکترولیتی قطب مثبت آند و قطب منفی کاتد است. گزینهٔ (۳): در سلول گالوانی انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی و در سلول الکترولیتی، انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود. گزینهٔ (۴): در سلول گالوانی، واکنش به طور طبیعی انجام‌پذیر بوده و از انرژی شیمیایی واکنش انجام شده، انرژی الکتریکی تولید می‌شود، ولی در سلول الکترولیتی واکنش به طور طبیعی انجام‌پذیر نیست، به همین دلیل انرژی الکتریکی مصرف شده و واکنش را انجام‌پذیر می‌کند.

B ۲۳۵۳ ۴ در سلول‌های گالوانی و الکترولیتی، آند محل انجام نیم‌واکنش اکسایش (تشکیل یون از اتم) و کاتد محل نیم‌واکنش کاهش (تشکیل اتم از یون) است، با این تفاوت که در سلول‌های گالوانی آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت است. در حالی‌که در سلول‌های الکترولیتی، آند قطب مثبت و کاتد قطب منفی می‌باشد. با توجه به این توضیحات، به بررسی گزینه‌های نادرست می‌پردازیم. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): در سلول‌های گالوانی، آند قطب منفی سلول را تشکیل می‌دهد. گزینهٔ (۲): در سلول‌های گالوانی، آند محل اکسایش و تبدیل اتم به یون $(X(s) \rightarrow X^{n+}(aq)+ne^-)$ است. گزینهٔ (۳): در سلول‌های الکترولیتی، کاتد قطب منفی سلول است که در آن نیم‌واکنش کاهش $(X^{n+}(aq)+ne^- \rightarrow X(s))$ رخ می‌دهد و با تبدیل یون‌ها به اتم‌ها و قرار گرفتن آن‌ها روی کاتد، جرم کاتد افزایش می‌یابد.

B ۲۳۵۴ ۱ قطب منفی در سلول الکترولیتی، کاتد بوده و در سطح آن نیم‌واکنش کاهش انجام می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در سلول گالوانی، قطب منفی آند بوده که با اکسایش فلز، تیغه دچار کاهش جرم می‌شود. $M(s) \rightarrow M^{n+}(aq)+ne^-$

گزینهٔ (۳): ولتاژ هر دو سلول از رابطهٔ $E^\circ(\text{آند}) - E^\circ(\text{کاتد})$ به‌دست می‌آید. گزینهٔ (۴): در سلول الکترولیتی برخلاف سلول گالوانی، هر دو الکترود در یک الکترولیت قرار دارند و در آن از دیوارهٔ متخلخل استفاده نمی‌شود.

B ۲۳۵۵ ۱ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. با توجه به اینکه در شکل (۱) با تولید انرژی الکتریکی، لامپ روشن شده است، سلول گالوانی بوده و در شکل (۲)، به کمک انرژی الکتریکی (تولید شده توسط باتری) یک واکنش شیمیایی انجام می‌شود در ضمن هر دو الکترود داخل یک الکترولیت قرار دارند (دیوارهٔ متخلخل نداریم)، پس سلول الکترولیتی می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول (۲) (سلول الکترولیتی)، الکترون‌ها از طریق سیم از آند وارد قطب مثبت باتری شده و سپس از قطب منفی باتری خارج شده و به سمت کاتد می‌روند. عبارت (ب): در سلول الکترولیتی (شکل ۲) کاتیون‌ها به سمت کاتد حرکت کرده و با کاهش یافتن، از غلظت آن‌ها کاسته می‌شود و در سلول گالوانی (شکل ۱)، با اکسایش یافتن فلز در آند به غلظت کاتیون آندی افزوده می‌شود. عبارت (پ): در سلول گالوانی (شکل ۱) جهت حرکت الکترون‌ها از قطب منفی (آند) به سمت قطب مثبت (کاتد) بوده و در سلول الکترولیتی (شکل ۲) جهت حرکت الکترون‌ها از قطب مثبت (آند) به سمت قطب منفی (کاتد) است. عبارت (ت): در سلول الکترولیتی (شکل ۲)، کاتد (قطب منفی) الکترون‌ها را از باتری دریافت می‌کند و در سلول گالوانی (شکل ۱) قطب منفی (آند) دهندهٔ الکترون‌هاست.

۲۳۵۶ ۳ موارد (الف) و (پ) عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. برای آن‌که یک سلول گالوانی بتواند ولتاژ مورد نیاز یک سلول الکترولیتی را تأمین کند، باید emf آن از اندازهٔ emf سلول الکترولیتی بزرگ‌تر باشد؛ پس خواهیم داشت:

مورد (الف): $emf=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})\Rightarrow emf(\text{الکترولیتی})=(\circ/۳۴)-(\circ/۸)=-\circ/۴۶V$ ، $emf(\text{گالوانی})=(-\circ/۴۴)-(-۱/۱۸)=+\circ/۷۴V$

(گالوانی) emf بزرگ‌تر از (الکترولیتی) emf است؛ پس درست است.

مورد (ب): $emf=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})\Rightarrow emf(\text{الکترولیتی})=(-۱/۱۸)-(-\circ/۴۴)=-\circ/۷۶V$ ، $emf(\text{گالوانی})=(\circ/۸)-(\circ/۳۴)=+\circ/۴۶V$

(گالوانی) emf از (الکترولیتی) emf کوچک‌تر است؛ پس نادرست است.

مورد (پ): $emf=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})\Rightarrow emf(\text{الکترولیتی})=(-\circ/۴۴)-(\circ/۳۴)=-\circ/۷۸V$ ، $emf(\text{گالوانی})=(\circ/۸)-(-۱/۱۸)=۱/۹۸V$

(گالوانی) emf بزرگ‌تر از (الکترولیتی) emf است؛ پس درست است.

مورد (ت): $emf=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})\Rightarrow emf(\text{الکترولیتی})=(-۱/۱۸)-(\circ/۸)=-۱/۹۸V$ ، $emf(\text{گالوانی})=(\circ/۳۴)-(-\circ/۴۴)=\circ/۷۸V$

(گالوانی) emf کوچک‌تر از (الکترولیتی) emf است؛ پس نادرست است.

۲۳۵۷ ۱ ابتدا نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی را موازنه می‌کنیم:

نیم‌واکنش آندی: $2H_2O(l)\rightarrow O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-$ نیم‌واکنش کاتدی: $Ag^+(aq)+e^-\rightarrow Ag(s)$

قسمت اول: برای محاسبهٔ pH محلول باقی‌مانده، ابتدا غلظت یون H^+ موجود در محلول را محاسبه کرده و از آن $-\log$ می‌گیریم:

$$?\,mol\,H^+=\circ/۳mol\,e^-\times\frac{4mol\,H^+}{4mol\,e^-}=\circ/۳mol\,H^+\Rightarrow[H^+]=\frac{\circ/۳mol}{۳L}=\circ/۱\,mol.L^{-۱},\ pH=-\log[H^+]=-\log\circ/۱=۱$$

قسمت دوم: برای محاسبهٔ جرم نقرهٔ تولید شده، از تعداد الکترون‌های مبادله شده و معادلهٔ نیم‌واکنش کاتدی استفاده می‌کنیم:

$$?\,g\,Ag=\circ/۳mol\,e^-\times\frac{۱mol\,Ag}{۱mol\,e^-}\times\frac{۱۰۸g\,Ag}{۱mol\,Ag}=۳۲/۴g\,Ag$$

۲۳۵۸ ۳ واکنش برقکافت به‌طور طبیعی انجام نمی‌پذیرد، زیرا E° سلول مورد نظر $(E^\circ(\text{آند})-E^\circ(\text{کاتد}))$ منفی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): برقکافت، یک واکنش تجزیه‌ای در اثر عبور جریان الکتریکی است. گزینهٔ (۲): انرژی الکتریکی لازم برای برقکافت (تجزیه)، توسط یک منبع جریان مستقیم مانند باتری تأمین می‌شود. گزینهٔ (۴): واکنش تجزیهٔ مادهٔ مذاب یونی و یا مادهٔ یونی محلول در آب، با مصرف انرژی الکتریکی، انجام‌پذیر است که در سلول الکترولیتی انجام می‌گیرد، زیرا تجزیهٔ مادهٔ یونی (انجام واکنش در جهت رفت) به‌صورت طبیعی و خودبه‌خودی امکان‌پذیر نیست.

۲۳۵۹ ۲ عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد، از این‌رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود. عبارت (ب): برقکافت آب یک نمونه از واکنش‌هایی است که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود و فراورده‌های آن گازهای هیدروژن و اکسیژن است. عبارت (پ): در سلول الکترولیتی، الکترودها، اغلب گرافیتی و بی‌اثر هستند و در واکنش‌ها شرکت نمی‌کنند. عبارت (ت): در سلول الکترولیتی، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد و جهت حرکت کاتیون‌ها در درون الکترولیت به سمت کاتد است.

نکته ترکیبی

سلول برقکافت آب		
الکترود	آند	کاتد
نیم‌واکنش	$2H_2O(l)\rightarrow O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-$	$2H_2O(l)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2OH^-(aq)$
pH محیط اطراف	اسیدی (کاغذ pH قرمز رنگ)	بازی (کاغذ pH آبی رنگ)
گاز تولید شده	اکسیژن (O_2)	هیدروژن (H_2)
قطب	مثبت	منفی

۲۳۶۰ ۲ با توجه به اینکه جریان الکترون در مدار بیرونی از چپ به راست است، تیغهٔ سمت چپ، آند و تیغهٔ سمت راست، کاتد است. **پاسخ درست پرسش‌ها:** پرسش (الف): آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. از این‌رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود. لذا مایع درون سلول، محلول رقیق الکترولیت است. پرسش (ب): تیغهٔ سمت چپ، نقش آند و تیغهٔ سمت راست، نقش کاتد را دارد. پرسش (پ): در کاتد (تیغهٔ سمت راست)، $H_2(g)$ و $OH^-(aq)$ و در آند (تیغهٔ سمت چپ)، $O_2(g)$ و $H^+(aq)$ تولید می‌شود.

۲۳۶۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در نیم‌واکنش اکسایش در آند، یون‌های هیدروژن تولید می‌شوند که باعث اسیدی شدن محیط اطراف آند می‌شود و کاغذ pH را در این محلول به رنگ قرمز درمی‌آورد. $2H_2O(l)\rightarrow O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-$

عبارت (ب): در نیم‌واکنش کاهش در کاتد، یون‌های هیدروکسید تولید می‌شوند که باعث بازی شدن محیط اطراف کاتد می‌شود و کاغذ pH را در این محلول به رنگ آبی درمی‌آورد. $2H_2O(l)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2OH^-(aq)$

عبارت (پ): نیم‌واکنش کاهش به‌صورت $2H_2O(l)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2OH^-(aq)$ است که در آن، ۲ الکترون مصرف می‌شود. نیم‌واکنش کاهش در سلول گالوانی (روی-مس) نیز به‌صورت $Cu^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Cu(s)$ است که در آن، ۲ الکترون مصرف می‌شود. عبارت (ت): در همهٔ انواع سلول‌ها (چه گالوانی و چه الکترولیتی) جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی، از سمت آند به سمت کاتد است.

* **توجه** در گسترهٔ pH در دمای اتاق، رنگ کاغذ pH در محیط اسیدی از قرمز به سمت نارنجی رفته و کم‌کم در pHهای نزدیک خنثی (۷) به رنگ سبز تبدیل می‌شود. سپس با ادامهٔ افزایش pH کاغذ pH کم‌کم به رنگ آبی می‌گراید و در نهایت در pHهای بسیار بازی به رنگ آبی تیره و بنفش تغییر رنگ می‌دهد.

B ۲۳۶۲ ۱ شکل داده شده در سؤال، یک نمونه از دستگاه سادهٔ برقکافت آب می‌باشد که با اتصال به باتری قادر به تجزیهٔ آب است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): با دقت در شکل مورد نظر، لولهٔ سمت چپ حجم گاز بیشتری نسبت به لولهٔ سمت راست دارد، پس در این لوله می‌بایست گاز هیدروژن تولید شود، زیرا در معادلهٔ موازنه شدهٔ تجزیهٔ آب، به ازای هر مول اکسیژن، دو مول هیدروژن تولید می‌شود. گاز هیدروژن در قطب منفی این سلول تشکیل می‌شود که الکترود در این قطب، به قطب منفی باتری متصل می‌باشد. گزینهٔ (۳): با توجه به توضیحات عبارت (ب)، در لولهٔ سمت راست الکترود آند وجود دارد و در آن گاز اکسیژن و یون هیدروژن تولید می‌شود؛ بنابراین محیط این محلول اسیدی است و رنگ کاغذ pH در آن قرمز می‌باشد. گزینهٔ (۴): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش برقکافت آب، برای برقکافت هر دو مول مولکول آب، نیاز به چهار مول الکترون می‌باشد، پس به ازای مبادلهٔ دو مول الکترون، یک مول مولکول آب تجزیه شده و یک مول گاز هیدروژن و نیم مول گاز اکسیژن تولید می‌شود، بنابراین در این حالت، مجموع جرم گازهای آزاد شده برابر ۱۸ (۲+۱۶) گرم می‌باشد. $2H_2O(l)\rightarrow 2H_2(g)+O_2(g)$

B ۲۳۶۳ ۲ برای برقکافت آب می‌توان از سلول‌های گالوانی (ب) و (ث) استفاده کرد. همان‌طور که می‌دانید پتانسیل همهٔ سلول‌های الکترولیتی منفی است و برای انجام واکنش نیازمند ولتاژ خارجی می‌باشد؛ با توجه به اینکه در هر سلولی، emf از کم کردن پتانسیل الکترودی استاندارد آند از کاتد به‌دست می‌آید، ابتدا emf سلول برقکافت آب را می‌یابیم و سپس با محاسبهٔ emf هر یک از سلول‌های گالوانی داده‌شده، به پاسخ سؤال دست می‌یابیم. پس می‌توان نوشت:

پتانسیل استاندارد سلول برقکافت آب $= -0/83-1/23=-2/06V$

سلول (الف): $-0/4-(-1/18)=0/78V$ سلول (ب): $1/68-(-1/18)=2/86V$

سلول (پ): $0/85-(-0/4)=1/25V$ سلول (ت): $1/68-(0/85)=0/83V$

سلول (ث): $0/85-(-1/66)=2/51V$

B ۲۳۶۴ ۲ در شکل (ب)، در لولهٔ سمت چپ هیدروژن و در لولهٔ سمت راست اکسیژن تولید می‌شود: $2H_2O(l)\rightarrow 2H_2(g)+O_2(g)$

با توجه به معادلهٔ کلی واکنش برقکافت آب، به‌ازای هر مول اکسیژن، ۲ مول هیدروژن آزاد می‌شود. یعنی به‌ازای هر ۳۲ گرم اکسیژن، ۴ گرم هیدروژن داریم: $\frac{32}{4}=8$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۳): در برقکافت (سلول الکترولیتی)، کاتد (الکترود متصل به قطب منفی) الکترون‌های رانده شده از باتری را به الکترولیت منتقل کرده و آند (الکترود متصل به قطب مثبت) الکترون‌ها را از الکترولیت گرفته و به باتری می‌دهد. گزینهٔ (۴): در شکل (ب)، حجم گاز تولید شده در لولهٔ سمت چپ، دو برابر حجم گاز تولید شده در لولهٔ سمت راست است؛ پس لولهٔ سمت چپ دارای گاز هیدروژن می‌باشد، اما این گاز در اطراف کاتد آزاد شده و کاتد به قطب منفی متصل است.

B ۲۳۶۵ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. معادلهٔ نیم‌واکنش‌ها و واکنش کلی انجام شده در سلول برقکافت آب به صورت زیر است:

نیم‌واکنش اکسایش: $H_2O(l)\rightarrow O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $4H_2O(l)+4e^-\rightarrow 2H_2(g)+4OH^-(aq)$

واکنش کلی: $2H_2O(l)\rightarrow 2H_2(g)+O_2(g)\sim 4e^-$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در سلول‌های الکترولیتی نیاز است تا جریان الکتریکی داخل محلول برقرار شود. آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد؛ از این‌رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود. عبارت (ب): با توجه به ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها در واکنش کلی، ضریب گاز هیدروژن دو برابر اکسیژن است؛ بنابراین لولهٔ A که حجم گاز در آن بیشتر است، مربوط به نیم‌واکنش کاهش (کاتد) و لولهٔ B که حجم گاز در آن کمتر است، مربوط به نیم‌واکنش اکسایش (آند) می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در این نیم‌واکنش (OH^-)، یون‌های OH^- تولید می‌شوند که خاصیت بازی داشته و کاغذ pH را به رنگ آبی درمی‌آورند. عبارت (پ): B نیم‌سلول آند است و به قطب مثبت باتری متصل است. عبارت (ت): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن متان به صورت مقابل است: $CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$

بنابراین داریم: $?\,g\,CH_4=12/04\times10^{23}e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}e^-}\times\frac{1\,mol\,O_2}{4\,mol\,e^-}\times\frac{1\,mol\,CH_4}{2\,mol\,O_2}\times\frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=4g\,CH_4$

عبارت (ث): در شرایط یکسان، نسبت چگالی دو گاز برابر نسبت جرم مولی آن‌ها است. گاز موجود در ظرف B اکسیژن (O_2) و گاز موجود در ظرف A هیدروژن (H_2) است:

$$\frac{d_{O_2}}{d_{H_2}}=\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}=\frac{32}{2}=16$$

B ۲۳۶۶ ۱ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن»، نوعی سلول گالوانی است که نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش انجام شده در آن به صورت زیر است:

نیم‌واکنش کاهش (کاتدی): $4H^+(aq)+O_2(g)+4e^-\rightarrow 2H_2O(g)$

نیم‌واکنش اکسایش (آندی): $H_2(g)\rightarrow 2H^+(aq)+2e^-$

سلول برقکافت آب، نوعی سلول الکترولیتی است و نیم‌واکنش اکسایش و کاهش انجام شده در آن به صورت زیر می‌باشد:

نیم‌واکنش کاهش (کاتدی): $2H_2O(l)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2OH^-(aq)$

نیم‌واکنش اکسایش (آندی): $2H_2O(l)\rightarrow O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در سلول‌های گالوانی مانند سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» و در سلول‌های الکترولیتی مانند سلول برقکافت آب، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی (سیم) از آند به کاتد است. عبارت دوم: معادلهٔ واکنش کلی برقکافت آب معکوس معادلهٔ واکنش کلی انجام شده در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» است:

معادلهٔ کلی سلول سوختی: $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$

معادلهٔ کلی برقکافت: $2H_2O(l)\rightarrow 2H_2(g)+O_2(g)$

عبارت سوم: در هر دو سلول در آند، یون H^+ تولید می‌شود و اطراف آند هر دو سلول اسیدی است، پس کاغذ pH در پیرامون آند هر دو سلول به رنگ قرمز درمی‌آید.
عبارت چهارم: در نیم واکنش کاتدی سلول سوختی، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود، در حالی که در نیم‌واکنش کاتدی سلول برقکافت آب، ۲ مول الکترون مبادله شده است.
عبارت پنجم: نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی با نیم‌واکنش کاهش در سلول برقکافت آب یکسان نیست؛ در واقع در نیم‌واکنش کاهش سلول سوختی، مولکول‌های O_2 در حال کاهش هستند ولی در نیم‌واکنش کاهش برقکافت آب، مولکول‌های H_2O کاهش می‌یابند.

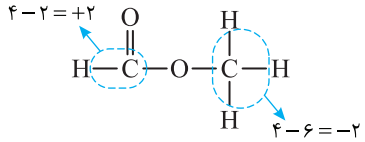
B ۲۳۶۷ ۲ در سلول $(A-B)$، A آند است؛ پس: $B>A$: ترتیب E° و در سلول $(C-A)$، C آند است؛ پس: $A>C$: ترتیب E° . در نتیجه ترتیب کاهندگی گونه‌ها به صورت $C>A>B$ است؛ پس نتیجه می‌گیریم ترتیب اکسندگی کاتیون آن‌ها به‌صورت « $C^+<A^+<B^+$ » است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به ترتیب E° های داده شده، نقش SHE و Ag در سلول‌های مربوطه کاتد است. گزینهٔ (۳): نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» در شرایط STP:

$$4H^+(aq)+4e^-+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(l)$$

نیم‌واکنش اکسایش در سلول برقکافت آب:

$$2H_2O(l)\rightarrow 4H^+(aq)+4e^-+O_2(g)$$

گزینهٔ (۴):



B ۲۳۶۸ ۴ نیم‌واکنش دارای E° کمتر، نیم‌واکنش آندی و نیم‌واکنش دارای E° بیشتر، نیم‌واکنش کاتدی خواهد بود.

$$\text{اکسایش (نیم‌واکنش آندی)}: Si(s)+2H_2O(l)\rightarrow SiO_2(s)+4H^+(aq)+4e^-$$

$$\text{کاهش (نیم‌واکنش کاتدی)}: 4H_2O(l)+4e^-\rightarrow 2H_2(g)+4OH^-(aq)$$

$$Si(s)+2H_2O(l)\rightarrow SiO_2(s)+2H_2(g)$$

$$emf=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=-0/83-(-0/84)=0/01\,V$$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): درست. در هر دو فرایند، در کاتد محیط بازی است، زیرا OH^- تولید می‌شود. گزینهٔ (۲): درست. در هر دو با مصرف آب، H^+ تولید می‌شود. گزینهٔ (۳): درست. در این واکنش همانند سوختن هیدروژن در سلول سوختی، ۴ الکترون مبادله می‌شود؛ زیرا Si با عدد اکسایش صفر، به عدد اکسایش ۴+ در SiO_2 رسیده است. گزینهٔ (۴): نادرست. در این سلول افزون‌بر سرعت، emf و بازده ناچیز است و دلیل استفاده از آن برای تولید گاز هیدروژن، استفاده از نور خورشید به عنوان یک منبع انرژی پاک و تجدیدپذیر و ارزان می‌باشد.

B ۲۳۶۹ ۱ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شیمی‌دان‌ها برای انجام واکنش اکسایش - کاهش در سلول‌های نور الکتروشیمیایی، از نور بهره می‌برند، در واقع نور با برخورد به آند، الکترون‌های آن را برانگیخته می‌کند و باعث می‌شود که این الکترون‌ها با جریان در مدار خارجی، به کاتد برسند. عبارت (ب): در این سلول، هدف تولید گاز هیدروژن است، بنابراین آب باید در کاتد کاهش یابد تا گاز هیدروژن تولید شود:

$$\text{نیم‌واکنش کاهش در کاتد}: 2H_2O(l)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2OH^-(aq)$$

$$\text{نیم‌واکنش اکسایش در آند}: Si(s)+2H_2O(l)\rightarrow SiO_2(s)+4H^+(aq)+4e^-$$

عبارت (پ): یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که بازده و سرعت انجام واکنش در سلول نور الکتروشیمیایی پایین است، اما برخی استفاده از آن‌ها را برای تهیهٔ گاز هیدروژن توصیه می‌کنند؛ زیرا به دلیل استفاده از نور (که این نور می‌تواند نور خورشید باشد) این روش بسیار ارزان بوده و در ضمن به دلیل عدم استفاده از سوخت فسیلی، آلایندگی کمتری نیز دارد. عبارت (ت): emf سلول نور الکتروشیمیایی عددی کوچک $(+0/01\,V)$ است:

$$E^\circ(\text{سلول})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})\Rightarrow E^\circ(\text{سلول})=(-0/83)-(-0/84)=+0/01\,V$$

عبارت (ث): تأمین سوخت سلول سوختی $(H_2(g))$ از این روش، دارای هزینهٔ کمتری نسبت به روش برقکافت آب است.

B ۲۳۷۰ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های برقکافت آب و سوختن کامل متان به صورت زیر است:

$$I)\ 2H_2O(l)\rightarrow O_2(g)+2H_2(g)\sim 4e^-$$

$$II)\ CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)\sim 8e^-$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CH_4=1/2\,mol\,e^-\times\frac{1\,mol\,O_2}{4\,mol\,e^-}\times\frac{1\,mol\,CH_4}{2\,mol\,O_2}\times\frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=2/4\,g\,CH_4$$

روش دوم (تناسب): با ضرب معادلهٔ (I) در عدد ۲ و یکسان شدن ضریب O_2 در دو واکنش، متوجه می‌شویم که به ازای مصرف ۸ مول الکترون در واکنش (I) در نهایت ۱ مول متان در واکنش (II) مصرف می‌شود:

$$\frac{\text{مول الکترون}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم } CH_4}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{1/2}{8}=\frac{x\,g\,CH_4}{1\times 16}\Rightarrow x=2/4\,g\,CH_4$$

B ۲۳۷۱ ۴ ابتدا نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی این سلول را نوشته و موازنه می‌کنیم:

$$\text{نیم‌واکنش آندی}: 2H_2O(l)\rightarrow O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-$$

$$\text{نیم‌واکنش کاتدی}: 2H_2O(l)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2OH^-(aq)$$

با توجه به معادله‌های نوشته شده داریم:

$$?\,mol\,H^+=0/05\,g\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2}\times\frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,H_2}\times\frac{4\,mol\,H^+}{4\,mol\,e^-}=0/05\,mol\,H^+$$

از آنجا که حجم محلول اطراف آند یک لیتر است، پس غلظت یون هیدروژن برابر مقدار مول آن بوده و می‌توان pH محلول را محاسبه کرد:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(۰/۰۵)=۲-۰/۷=۱/۳$$

در ابتدای واکنش، محلول خنثی بوده و دارای pH هفت است، پس تغییر pH محلول طی این فرایند، ۵/۷ واحد می‌باشد.

B ۲۳۷۲ ۲ نیم‌واکنش آندی در واکنش اکسایش - کاهش داده شده به صورت $Al\rightarrow Al^{۳+}+۳e^-$ است.

نیم‌واکنش کاتدی برقکافت آب: $۲H_۲O(l)+۲e^-\rightarrow ۲OH^-(aq)+H_۲(g)$

محاسبهٔ شمار مول‌های الکترون مصرف شده در نیم‌واکنش کاتدی برقکافت آب:

$$?\,mol\,e^-=۲/۲۴L\,H_۲\times\frac{۱\,mol\,H_۲}{۲۲/۴L\,H_۲}\times\frac{۲mol\,e^-}{۱\,mol\,H_۲}=۰/۲mol\,e^-$$

$$?\,g\,Al=۰/۲mol\,e^-\times\frac{۱\,mol\,Al}{۳mol\,e^-}\times\frac{۲۷g\,Al}{۱\,mol\,Al}=۱/۸g\,Al$$

نیم‌واکنش کاتدی: $Cu^{۲+}+۲e^-\rightarrow Cu$

$$?\,mol\,Cu=۰/۲mol\,e^-\times\frac{۱\,mol\,Cu}{۲mol\,e^-}=۰/۱\,mol\,Cu$$

A ۲۳۷۳ ۲ فلز سدیم یک کاهندهٔ قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود؛ عنصری که در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند. برای تهیهٔ این فلز از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی استفاده می‌کنند.

B ۲۳۷۴ ۲

نکته ترکیبی

سلول برقکافت NaCl		
الکترود	آند	کاتد
نیم‌واکنش	$۲Cl^-(l)\rightarrow Cl_۲(g)+۲e^-$	$Na^+(l)+e^-\rightarrow Na(l)$
نقطهٔ جوش الکترولیت	۸۰۱°C	
نقطهٔ جوش در حضور $CaCl_۲$	۵۸۷°C	
فراوردهٔ تولیدی	گاز کلر $(Cl_۲(g))$	سدیم مذاب $(Na(l))$
قطب	مثبت	منفی

عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): به دلیل پایداری بیشتر یون‌های سدیم از اتم‌های آن برای تهیهٔ این فلز باید انرژی زیادی مصرف کرد.
عبارت (ب): برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی آند از طریق سیم به قطب مثبت باتری متصل است.
عبارت (پ): برای تهیهٔ فلز سدیم از برقکافت سدیم کلرید مذاب (نه محلول سدیم کلرید!) استفاده می‌شود. عبارت (ت): افزودن مقداری کلسیم کلرید به سدیم کلرید، دمای ذوب را تا حدود ۵۸۷°C پایین می‌آورد.

B ۲۳۷۵ ۴ الکترون‌ها از الکترود متصل به قطب مثبت باتری به سمت قطب منفی باتری می‌روند. جهت حرکت الکترون‌ها از آند به کاتد است. در سلول‌های الکترولیتی آند (قطب مثبت) به قطب مثبت باتری و کاتد (قطب منفی) به قطب منفی باتری متصل است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱):

واکنش انجام شده در کاتد: $Na^+(l)+e^-\rightarrow Na(l)$ واکنش انجام شده در آند: $۲Cl^-(l)\rightarrow Cl_۲(g)+۲e^-$

برای به‌دست آوردن واکنش کلی ابتدا واکنش انجام شده در کاتد را در عدد دو ضرب می‌کنیم تا تعداد الکترون‌های طرفین با هم برابر شود و سپس واکنش‌ها را با یکدیگر جمع می‌کنیم:

$$۲Na^+(l)+۲Cl^-(l)\rightarrow ۲Na(l)+Cl_۲(g)$$

گزینهٔ (۲): در اطراف الکترود متصل به قطب مثبت باتری یعنی آند، گاز کلر تولید می‌شود. گزینهٔ (۳): یون‌های کلرید مذاب در اطراف آند اکسایش یافته و الکترون از دست می‌دهند. $۲Cl^-(l)\rightarrow Cl_۲(g)+۲e^-$

در اطراف کاتد یون‌های سدیم مذاب کاهش یافته و الکترون می‌گیرند. $Na^+(l)+e^-\rightarrow Na(l)$

B ۲۳۷۶ ۳ موارد (ب)، (پ) و (ت) روی شکل درست نمایش داده شده است. شکل داده شده مربوط به برقکافت سدیم کلرید مذاب است. **بررسی عبارت‌ها:**
عبارت‌های (الف) و (ب): جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است. در آند گاز کلر تولید شده و در کاتد سدیم مایع تولید می‌شود. عبارت (پ): در داخل محلول کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند حرکت می‌کنند. عبارت (ت): در سلول‌های الکترولیتی کاتد به قطب منفی و آند به قطب مثبت باتری متصل می‌شود.

B ۲۳۷۷ ۴ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سدیم کلرید خالص در دمای ۸۰۱°C ذوب می‌شود. عبارت (ب): فلزهای فعال کاهنده‌های قوی هستند و باید آن‌ها را همانند سدیم از برقکافت نمک مذاب آن‌ها تهیه کرد. سدیم و منیزیم را به‌ترتیب از برقکافت سدیم کلرید و منیزیم کلرید تهیه می‌کنند.
عبارت (پ): شعاع اتمی کلر پس از گرفتن الکترون بزرگ‌تر می‌شود. به‌طور کلی شعاع فلزها پس از از دست دادن الکترون کوچک‌تر و شعاع نافلزها پس از گرفتن الکترون بزرگ‌تر می‌شود. عبارت (ت): با توجه به سلول دانز که سدیم مذاب تولید شده روی سدیم کلرید مذاب جمع می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که چگالی آن از سدیم کلرید مذاب کمتر است.

B ۲۳۷۸ ۴ معادلهٔ نیم‌واکنش انجام شده در بخش کاتدی سلول الکترولیتی برقکافت سدیم کلرید به صورت مقابل است: $Na^+(l)+e^-\rightarrow Na(l)$

$$?\,e^-=۴/۶g\,Na\times\frac{۱\,mol\,Na}{۲۳g\,Na}\times\frac{۱\,mol\,e^-}{۱\,mol\,Na}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}{۱\,mol\,e^-}=۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۳}e^-$$

بررسی سایر گزینه‌ها: برقکافت نوعی واکنش اکسایش - کاهش است که طی آن با اعمال ولتاژ بیرونی، یک ماده به عناصر سازنده‌اش در سلول الکترولیتی تبدیل می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی برخلاف سلول‌های گالوانی آند قطب مثبت است و در آن اکسایش گونه‌ها اتفاق می‌افتد و به طریق مشابه کاتد قطب منفی است که در آن عمل کاهش انجام می‌شود.

B ۲۳۷۹ ۴ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فلز سدیم یک کاهندهٔ قوی است. عبارت (ب): در برقکافت سدیم کلرید مذاب، در کاتد فلز سدیم و در قطب مثبت (آند) گاز کلر آزاد می‌شود. عبارت (پ): به‌ازای مصرف هر مول گاز هیدروژن در سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن دو مول الکترون مبادله می‌شود. همچنین در برقکافت NaCl مذاب به‌ازای تولید هر مول گاز Cl_2، دو مول الکترون مبادله می‌شود.

$$2NaCl \rightarrow 2Na + Cl_2 \sim 2e^-$$

$$?\,L\,Cl_2 = 8mol\,e^- \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{2mol\,e^-} \times \frac{22/4\,L\,Cl_2}{1\,mol\,Cl_2} = 89/6\,L\,Cl_2$$

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \sim 4e^-$$

$$?\,mol\,e^- = 8g\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{2g\,H_2} \times \frac{4mol\,e^-}{2mol\,H_2} = 8mol\,e^-$$

عبارت (ت): با توجه به شکل صورت سؤال، A بخش کاتدی و B یون کلرید است و جهت حرکت الکترون‌ها به درستی مشخص شده است.

B ۲۳۸۰ ۲ عبارت سوم و چهارم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: نیم‌واکنش کاتدی در برقکافت سدیم کلرید مذاب به صورت $Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$ است و فراوردهٔ آن $Na(l)$ می‌باشد. عبارت دوم: E° نیم‌واکنش آندی این سلول برابر با صفر است و E° این سلول سوختی برابر با E° نیم واکنش کاتدی این سلول است.

عبارت سوم:

$ClO_3^- \rightarrow Cl^-$ ⇒ تغییر عدد اکسایش گونهٔ اکسنده = ۶

(+۵ ، −۱)

$I_2 \rightarrow IO_3^-$ ⇒ تغییر عدد اکسایش گونهٔ کاهنده = ۵

(۰ ، +۵)

عبارت چهارم: معادلهٔ موازنه شدهٔ این نیم‌واکنش به صورت مقابل است:

$$Mn^{2+} + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 4H^+ + 2e^-$$

بنابراین f، b و d به ترتیب برابر با ۲، ۲ و ۴ است.

C ۲۳۸۱ ۳ هر تن آب دریا معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم جرم دارد. ابتدا جرم NaCl موجود در هر تن آب دریا را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 2/925 = \frac{\text{جرم NaCl}}{1000kg} \times 100 \Rightarrow \text{جرم NaCl} = 29/25kg$$

واکنش کلی سلول دانز به‌صورت روبه‌رو است:

$$2NaCl(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$$

روش اول (ضریب تبدیل):

$$?\,L\,Cl_2 = 29/25 \times 10^3\,g\,NaCl \times \frac{1mol\,NaCl}{58/5\,g\,NaCl} \times \frac{1mol\,Cl_2}{2mol\,NaCl} \times \frac{22/4\,L\,Cl_2}{1mol\,Cl_2} = 5600\,L$$ حجم نظری کلر

با استفاده از حجم نظری کلر، حجم عملی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{x\,L\,Cl_2}{5600L} \times 100 \Rightarrow x = 4480L$$ حجم عملی کلر

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{بازده درصدی}}{100} \times \text{جرم سدیم کلرید} = \frac{\text{حجم گاز کلر}}{\text{ضریب} \times 22/4} \Rightarrow \frac{\frac{80}{100} \times 29/25 \times 10^3}{2 \times 58/5} = \frac{x\,L\,Cl_2}{22/4} \Rightarrow x = 4480L$$

توضیح محاسبات

$$\frac{22/4 \times 29/25 \times 10^3 \times 80}{2 \times 58/5 \times 100} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{22/4 \times 29/25 \times 10^3 \times 80}{2 \times 58/5 \times 100} = \frac{22/4 \times 10 \times 80}{2 \times 2} = 22/4 \times 10 \times 20 = 4480$$

B ۲۳۸۲ ۴ مواد B، C و G هر سه نشان دهندهٔ فرمول شیمیایی $MgCl_2$ هستند. اما حالت C و G یکسان (مایع) و حالت B جامد است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شکل داده شده مراحل تهیهٔ فلز Mg از آب دریا به روش برقکافت را نشان می‌دهد. گزینهٔ (۲): فرایند (۱) مربوط به خشک کردن $MgCl_2$ می‌باشد. گزینهٔ (۳): فرایند (۲) تولید $MgCl_2$ مایع به روش ذوب کردن است.

B ۲۳۸۳ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): از بین مواد A تا H فقط D گاز کلر (Cl_2) و A و E به‌ترتیب جامدهای $Mg(OH)_2$ و Mg هستند. عبارت (ب): از سلول الکترولیتی مادهٔ F (که Mg مایع است) را جدا و سرد می‌کنند تا به E (که Mg جامد است) تبدیل شود. عبارت (پ): مادهٔ H هیدروکلریک اسید (نه هیدروژن کلرید!) است. عبارت (ت): مادهٔ D که گاز کلر است، در اثر اکسایش یون‌های کلر از قسمت آند سلول خارج می‌شود. عبارت (ث): واکنش انجام شده در مخزن B، از نوع اکسایش - کاهش نیست. این واکنش از نوع خنثی شدن اسید و باز است.

$$Mg(OH)_2(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

B ۲۳۸۴ ۴

نکته ترکیبی

سلول برقکافت $MgCl_2$		
الکترود	آند	کاتد
نیم‌واکنش	$2Cl^-(l) + Cl_2(g) + 2e^-$	$Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(l)$
فراوردهٔ تولیدی	گاز کلر (Cl_2)	منیزیم مذاب $(Mg(l))$
مقایسهٔ چگالی	$MgCl_2(l) > Mg(l)$	
قطب	مثبت	منفی

در تهیهٔ منیزیم از آب دریا، ابتدا با افزودن محلول حاوی یون‌های OH^- به آن، رسوب $Mg(OH)_2$ را تولید می‌کنند که به علت انحلال‌پذیری بسیار کم، تأثیر ناچیزی بر افزایش pH آب دریا دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): برای برقکافت ترکیباتی همچون سدیم کلرید و منیزیم کلرید، از حالت مذاب آن‌ها استفاده می‌شود؛ زیرا در اثر برقکافت محلول آن‌ها به‌جای کاهش یون‌های فلزی و تولید فلز، مولکول‌های آب کاهش یافته و گاز هیدروژن تولید می‌شود. گزینهٔ (۲): در سلول برقکافت $MgCl_2$ مذاب، منیزیم مذاب تولید شده، چگالی کمتری نسبت به $MgCl_2$ مذاب دارد و به همین دلیل آن را از بالای سلول جمع‌آوری می‌کنند. گزینهٔ (۳): در برقکافت هر دو ترکیب، گاز Cl_2 تولید می‌شود؛ زیرا در هر دو ترکیب آنیون Cl^- وجود دارد و در اثر اکسایش Cl^- در آند، گاز Cl_2 تولید می‌شود.

B ۲۳۸۵ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش کلی انجام شده در سلول الکترولیتی برقکافت منیزیم کلرید مذاب به صورت روبه‌رو است: $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$

بررسی گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۲): در همهٔ سلول‌های الکتروشیمیایی، در الکترولیت، کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند حرکت می‌کنند. همچنین در همهٔ این سلول‌ها الکترون‌ها از آند به سمت کاتد در مدار خارجی (سیم) جریان می‌یابند. دقت کنید در سلول‌های الکترولیتی برخلاف گالوانی، آند و کاتد به ترتیب قطب‌های مثبت و منفی هستند. گزینهٔ (۳): در سلول الکترولیتی برقکافت $MgCl_2$ مذاب، چگالی Mg از $MgCl_2$ کمتر است و در بالای آن تجمع می‌یابد. با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,Cl_2 = 6g\,Mg \times \frac{1\,mol\,Mg}{24g\,Mg} \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{1\,mol\,Mg} \times \frac{22/4\,L\,Cl_2}{1\,mol\,Cl_2} = 5/6\,L\,Cl_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم Mg}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } Cl_2\,(STP)}{\text{ضریب} \times 22/4} = \frac{6}{1 \times 24} = \frac{x\,L\,Cl_2}{1 \times 22/4} \Rightarrow x = 5/6\,L\,Cl_2$$

گزینهٔ (۴): در صورت استفاده از محلول آبی $MgCl_2$ به‌جای مذاب آن، به‌جای کاهش یون‌های Mg^{2+} در کاتد، مولکول‌های آب کاهش یافته و به‌جای تولید Mg، گاز H_2 تولید می‌شود.

B ۲۳۸۶ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: نیم‌واکنش‌های انجام شده در کاتد و آند سلول برقکافت منیزیم کلرید مذاب به‌صورت مقابل است: $2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$: نیم‌واکنش اکسایش (آند) $Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(l)$: نیم‌واکنش کاهش (کاتد)

عبارت دوم: در این فرایند، علاوه‌بر حالت‌های مایع و جامد مواد، حالت‌های محلول $(HCl(aq))$ و گاز $(Cl_2(g))$ نیز وجود دارد. عبارت سوم: در فرایند برقکافت منیزیم کلرید، از منیزیم کلرید مذاب استفاده می‌شود، (نه محلول!). واکنش کلی انجام شده در این فرایند به‌صورت مقابل است: $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$

چنان‌چه در این فرایند از محلول منیزیم کلرید استفاده شود، به جای کاهش یون‌های Mg^{2+}، مولکول‌های آب (حلال) کاهش یافته و گاز H_2 تولید می‌شود. عبارت چهارم: HCl مورد نیاز در این واکنش از طریق انحلال گاز Cl_2 در آب به‌دست می‌آید. البته چنین نکته‌ای را نمی‌توان از متن کتاب درسی استنباط نمود و طراح محترم نباید چنین موضوعی را مطرح می‌کرد. عبارت پنجم: در مرحلهٔ اول این فرایند، کاتیون‌های Mg^{2+} موجود در آب دریا را با یون‌های OH^- رسوب $(Mg(OH)_2)$ می‌دهند تا بتوانند یون‌های Mg^{2+} را از ناخالصی‌های دیگر و ذرات ریز موجود در آب دریا جدا کنند.

$$Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s)$$

B ۲۳۸۷ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در برقکافت آب به ازای تولید ۱ مول O_2 در آند، ۲ مول H_2 در کاتد تولید می‌شود. بنابراین در شرایط یکسان حجم گاز H_2 تولید شده در کاتد دو برابر حجم گاز O_2 تولید شده در آند می‌باشد. گزینهٔ (۲): سلول‌های سوختی همانند باتری‌ها جزء سلول‌های گالوانی می‌باشند اما سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها توانایی ذخیرهٔ انرژی شیمیایی را ندارند. گزینهٔ (۳): در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» به‌ازای مبادلهٔ ۴ مول e^-، ۲ مول آب تولید می‌شود، بنابراین $36\,(2 \times 18)$ گرم آب در کاتد تولید می‌شود. گزینهٔ (۴): در تهیهٔ منیزیم از آب دریا، در مرحلهٔ پایانی در اثر برقکافت $MgCl_2$ مذاب، در آند گاز Cl_2 و در کاتد فلز منیزیم تولید می‌شود.

B ۲۳۸۸ ۳ **پاسخ صحیح جاهای خالی:** عبارت (الف): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده در برقکافت آب، ضریب هیدروژن ۲ برابر اکسیژن است. پس در دما و فشار معین حجم آن نیز دو برابر خواهد شد. عبارت (ب): در این فرایند ابتدا منیزیم را به صورت $Mg(OH)_2(s)$ رسوب می‌دهند. عبارت (پ): پتانسیل کاهشی استاندارد مس از نقره کوچک‌تر است. پس نیم‌سلول مس آند سلول بوده و الکترون از آن به سمت کاتد (نقره) حرکت می‌کند. عبارت (ت): در این سلول، تیغهٔ روی آند و تیغهٔ مس کاتد است. با توجه به ضریب استوکیومتری گونه‌ها در واکنش به‌ازای مصرف یک مول روی (۶۵ گرم)، یک مول مس (۶۴ گرم) تولید می‌شود. پس جرم مواد جامد کاهش می‌یابد.

B ۲۳۸۹ ۲ اگر بازده همهٔ واکنش‌ها ۱۰۰ درصد باشد، هر مقدار منیزیم در ابتدا در منیزیم کلرید وجود داشته باشد، در نهایت در برقکافت به فلز منیزیم تبدیل می‌شود، اما در طی این مراحل ما سه واکنش داریم که هر کدام با بازدهی ۹۰ درصد انجام می‌شود، پس می‌توان نوشت:

$$?\,g\,Mg = 70/32g\,MgCl_2 \times \frac{1\,mol\,MgCl_2}{95g\,MgCl_2} \times \frac{1\,mol\,Mg}{1\,mol\,MgCl_2} \times \frac{24g\,Mg}{1\,mol\,Mg} \times \frac{90}{100} \times \frac{90}{100} \times \frac{90}{100} \simeq 12/95g\,Mg$$

B ۲۳۹۰ ۳ واکنش کلی برقکافت منیزیم کلرید به‌صورت روبه‌رو است: $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل): از روی مقدار عملی منیزیم، مقدار نظری آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 76 = \frac{16/8}{x\,kg} \times 100 \Rightarrow x \simeq 22/105kg\,Mg$$

از روی مقدار نظری منیزیم، مقدار خالص منیزیم کلرید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,MgCl_2 = 22/105kg\,Mg \times \frac{1\,mol\,Mg}{24g\,Mg} \times \frac{1\,mol\,MgCl_2}{1\,mol\,Mg} \times \frac{95g\,MgCl_2}{1\,mol\,MgCl_2} \simeq 87/5kg\,MgCl_2$$

اکنون مقدار درصد خلوص را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص}=\frac{\text{جرم خالص}}{\text{جرم ناخالص}}\times ۱۰۰ \Rightarrow \text{درصد خلوص}=\frac{۸۷/۵\text{kg}}{۱۲۵\text{kg}}\times ۱۰۰=٪۷۰$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم منیزیم کلرید ناخالص}\times\frac{R}{۱۰۰}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم منیزیم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱۲۵\times\frac{۷۶}{۱۰۰}\times\frac{P}{۱۰۰}}{۱\times۹۵}=\frac{۱۶/۸}{۱\times۲۴}\Rightarrow P=٪۷۰$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۹۵\times۱۶/۸\times۱۰۰\times۱۰۰}{۱۲۵\times۲۴\times۷۶}=? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{{}^{۱۹}۹۵\times{}^{۷}۱۶/۸\times۱۰۰\times۱۰۰}{۱۲۵\times۲۴\times۷۶_{۱۰}{}_{۲۵}} \xrightarrow[\text{به جای ۱۹ و ۷۶ اعداد ۲۰ و ۷۷ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده کردن}} \frac{{}^{۴}۲۰\times۷\times۱۰۰\times{}^{۱۰}۱۰۰}{۲۵\times۷۷\times{}_{۵}۱۰_{۱۱}}=\frac{۴۰۰۰}{۵۵}\simeq٪۷۳$$

پاسخ نزدیک به عدد ۷۳ است. (پاسخ: ۷۰)

B ۲۳۹۱ ۴ نخستین عنصر دورهٔ سوم سدیم $(_{۱۱}Na)$ و دومین فلز قلیایی خاکی منیزیم $(_{۱۲}Mg)$ است؛ بنابراین سؤال به مقایسهٔ برقکافت NaCl و $MgCl_۲$ پرداخته است.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در برقکافت NaCl برخلاف $MgCl_۲$ به الکترولیت مذاب مقداری کلسیم کلرید می‌افزایند اما دقت کنید که افزودن $CaCl_۲$ دمای ذوب را به $۵۸۷^\circ C$ می‌رساند نه اینکه به اندازهٔ $۵۸۷^\circ C$ کاهش دهد. عبارت (ب): در برقکافت هر دو ترکیب، از حالت مذاب ترکیب یونی استفاده می‌کنند؛ زیرا در صورت استفاده از محلول آبی آن‌ها، به دلیل تمایل بیشتر مولکول‌های $H_۲O$ نسبت به Na^+ و $Mg^{۲+}$، گاز $H_۲$ تولید می‌شود. عبارت (پ): در برقکافت هر دو ترکیب گاز کلر $(Cl_۲)$ تولید می‌شود که خاصیت گندزدایی دارد. عبارت (ت): در برقکافت هر دو ترکیب از سلول الکترولیتی استفاده می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی الکترون‌ها از آند (قطب مثبت) به کاتد (قطب منفی) منتقل می‌شوند.

C ۲۳۹۲ ۴ **روش اول (کسر تبدیل):** قسمت اول:

$$?\,g\,Cl_۲=۸۵۲\,m^۳\,\text{آب}\times\frac{۱۰^۳\,L\,\text{آب}}{۱\,m^۳\,\text{آب}}\times\frac{۱\,kg\,\text{آب}}{۱\,L\,\text{آب}}\times\frac{۱۰^۳\,g\,\text{آب}}{۱\,kg\,\text{آب}}\times\frac{۱/۲\,g\,Cl_۲}{۱۰^۶\,g\,\text{آب}}=۱۰۲۲/۴\,g\,Cl_۲$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ برقکافت منیزیم کلرید مذاب:

$$MgCl_۲(l)\rightarrow Mg(l)+Cl_۲(g)$$

$$?\,kg\,MgCl_۲=۱۰۲۲/۴\,g\,Cl_۲\times\frac{۱\,mol\,Cl_۲}{۷۱\,g\,Cl_۲}\times\frac{۱\,mol\,MgCl_۲}{۱\,mol\,Cl_۲}\times\frac{۹۵\,g\,MgCl_۲}{۱\,mol\,MgCl_۲}\times\frac{۱\,kg\,MgCl_۲}{۱۰^۳\,g\,MgCl_۲}=۱/۳۶۸\,kg\,MgCl_۲$$

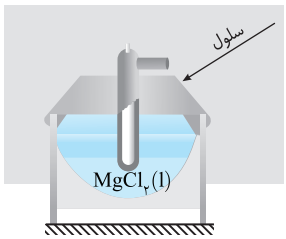
روش دوم (تناسب): معادلهٔ موازنه شدهٔ برقکافت منیزیم کلرید مذاب:

$$MgCl_۲(l)\rightarrow Mg(l)+Cl_۲(g)$$

$$\frac{\text{گرم محلول}\times\frac{ppm}{۱۰^۶}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{x\,g\,Cl_۲}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{y\,g\,MgCl_۲}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}$$

$$\frac{۸۵۲\times۱۰^۶\times\frac{۱/۲}{۱۰^۶}}{۱\times۷۱}=\frac{x\,g\,Cl_۲}{۱\times۷۱}=\frac{y\,g\,MgCl_۲}{۱\times۹۵}\Rightarrow x=۱۰۲۲/۴g\ ,\ y=۱۳۶۸g\,MgCl_۲=۱/۳۶۸kg\,MgCl_۲$$

C ۲۳۹۳ ۲ موارد دوم و چهارم به درستی بیان شده‌اند. **بررسی موارد:** مورد اول: با توجه به شکل مقابل، در سلول برقکافت منیزیم کلرید $Mg(l)$ (فراوردهٔ نهایی) به علت چگالی کمتری که از $MgCl_۲(l)$ دارد، در بالای ظرف قرار می‌گیرد و ته‌نشین نمی‌شود.



مورد دوم: در کاتد سلول‌ها، نیم‌واکنش‌های زیر انجام می‌شوند:

$$Na^+(l)+e^-\rightarrow Na(l) \qquad Mg^{۲+}(l)+۲e^-\rightarrow Mg(l)$$

با توجه به اینکه یون‌ها الکترون دریافت می‌کنند، می‌توان گفت که افزایش شعاع اتفاق می‌افتد. مورد سوم: با توجه به نیم‌واکنش‌ها،

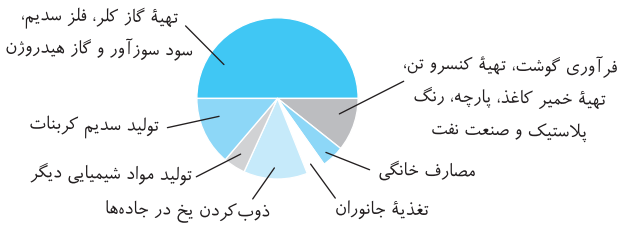
$$Na^+(l)+e^-\rightarrow Na(l) \qquad Mg^{۲+}(l)+۲e^-\rightarrow Mg(l)$$

جرم فلز مذاب تولید شده در هر کدام را به ازای مبادلهٔ یک مول الکترون محاسبه می‌کنیم.

$$?\,g\,Na=۱\,mol\,e^-\times\frac{۱\,mol\,Na}{۱\,mol\,e^-}\times\frac{۲۳\,g\,Na}{۱\,mol\,Na}=۲۳g\,Na \quad ,$$

$$?\,g\,Mg=۱\,mol\,e^-\times\frac{۱\,mol\,Mg}{۲\,mol\,e^-}\times\frac{۲۴\,g\,Mg}{۱\,mol\,Mg}=۱۲g\,Mg$$

تفاوت جرم گفته شده برابر ۱۱=۱۲−۲۳ گرم است. مورد چهارم: با توجه به شکل مقابل، کاربرد سدیم کلرید (واکنش‌دهندهٔ سلول A) در ذوب یخ جاده‌ها از مصارف خانگی بیشتر است.



کاربردهای NaCl

A ۲۳۹۴ ۱ فرایند برقکافت نمک‌های مذاب، در یک سلول الکترولیتی و در جهت غیرطبیعی و با مصرف انرژی الکتریکی انجام می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در کاتد سلول الکترولیتی برقکافت نمک‌های مذاب، کاتیون نمک کاهش یافته و فلز تولید می‌شود $(M^{n+}(l)+ne^-\rightarrow M(l))$. گزینهٔ (۳): در آند این سلول، آنیون نمک الکترون از دست داده و اکسید می‌شود و نافلز به‌صورت عنصر در اطراف آند تولید می‌شود $(X^{m-}(l)\rightarrow me^-+X)$. گزینهٔ (۴): بسیاری از فلزها در طبیعت به‌صورت نمک وجود دارند، بنابراین برای تولید فلزها به‌صورت آزاد می‌توان از برقکافت نمک‌های آن‌ها استفاده کرد.

B ۲۳۹۵ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نیم‌واکنش اکسایش در برقکافت آب به‌صورت $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$ است؛ بنابراین در آند گاز اکسیژن آزاد می‌شود. عبارت (ب): خصلت نافلزی کلر از برم بیشتر است و در نتیجه کلر خاصیت اکسندگی بیشتری نسبت به برم دارد؛ بنابراین تمایل کلر برای گرفتن الکترون بیشتر از برم است و در رقابت برای گرفتن الکترون برنده می‌شود. عبارت‌های (پ) و (ت): در رقابت برای کاهش یافتن، گونه‌ای که پتانسیل کاهشی استاندارد (E°) بزرگ‌تری دارد، یعنی اکسندهٔ قوی‌تری است، زودتر در کاتد کاهش می‌یابد. همچنین در رقابت آندی، گونه‌ای که پتانسیل کاهشی استاندارد (E°) کوچک‌تری دارد، یعنی کاهندهٔ قوی‌تری است، زودتر در آند اکسایش می‌یابد.

B ۲۳۹۶ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در برقکافت نمک مذاب منیزیم نیترید آنیون‌ها (N^{3-}) و کاتیون‌ها (Mg^{2+}) در حالت فیزیکی مایع هستند و در کاتد Mg^{2+} کاهش می‌یابد:

$$Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(l)$$

عبارت (ب): در برقکافت نمک پتاسیم اکسید، در آند $O^{2-}(l)$ (آنیون نمک) اکسید شده و گاز O_2 تولید می‌شود. عبارت (پ): در برقکافت نمک لیتیم برمید، در آند آنیون‌های برم اکسید شده و گاز برم تولید می‌شود:

$$2Br^-(l) \rightarrow Br_2(g) + 2e^-$$

عبارت (ت): در برقکافت نمک آلومینیم فلوئورید در کاتد Al^{3+} مایع (کاتیون نمک) با گرفتن الکترون کاهش یافته و $Al(l)$ تولید می‌شود.

B ۲۳۹۷ ۲ جهت حرکت الکترون‌ها در سلول الکترولیتی از آند (قطب مثبت) به سمت کاتد (قطب منفی) است. کاتیون‌های Pb^{2+} به سمت کاتد و آنیون‌های Br^- به سمت آند حرکت می‌کنند. فراوردهٔ نیم‌واکنش کاتدی فلز سرب $(Pb^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Pb(l))$ و فراوردهٔ نیم‌واکنش آندی گاز برم $(2Br^-(l) \rightarrow 2e^- + Br_2(g))$ است. قطب منفی باتری به کاتد سلول (قطب منفی) و قطب مثبت باتری به آند سلول (قطب مثبت) متصل است.

B ۲۳۹۸ ۳ در سلول گالوانی استانداردی که E° آن کمتر از ولتاژ مورد نیاز برای برقکافت در یک سلول الکترولیتی است، برقکافت انجام نمی‌شود. به این ترتیب باید E° سلول‌های گالوانی نوشته شده در گزینه‌ها را از رابطهٔ $(E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}))$ به‌دست آورد. در سلول گالوانی نیم‌سلول با E° منفی‌تر، آند و نیم‌سلول با E° مثبت‌تر، کاتد است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): Cd آند و Br کاتد:

$$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(Br) - E^\circ(Cd) = 1/07 - (-0/4) = 1/47\ V$$

گزینهٔ (۲): Mg آند و Cd کاتد:

$$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(Cd) - E^\circ(Mg) = (-0/4) - (-2/38) = 1/98\ V$$

گزینهٔ (۳): Cu آند و Br کاتد:

$$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(Br) - E^\circ(Cu) = 1/07 - 0/34 = 0/73V$$

$1/2 > 0/73$ است، پس سلول گالوانی متشکل از مس و برم قادر به تأمین ولتاژ لازم برای برقکافت نیست.

گزینهٔ (۴): Mg آند و Cu کاتد:

$$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(Cu) - E^\circ(Mg) = 0/34 - (-2/38) = 2/72\ V$$

B ۲۳۹۹ ۱ در برقکافت نمک مذاب KF داریم:

$$2\times(K^+(l) + e^- \rightarrow K(l)) \quad \text{:نیم‌واکنش کاهش}$$

$$2F^-(l) \rightarrow 2e^- + F_2(g) \quad \text{:نیم‌واکنش اکسایش}$$

$$2K^+(l) + 2F^-(l) \rightarrow 2K(l) + F_2(g) \sim 2e^- \quad \text{:واکنش کلی}$$

قسمت اول: با استفاده از حجم و چگالی گاز F_2، به جرم یون پتاسیم مصرف شده می‌رسیم:

$$?\,g\,K^+ = 50\,mL\,F_2 \times \frac{1/9\,g\,F_2}{1\,mL\,F_2} \times \frac{1\,mol\,F_2}{38\,g\,F_2} \times \frac{2\,mol\,K^+}{1\,mol\,F_2} \times \frac{39\,g\,K^+}{1\,mol\,K^+} = 195\,g\,K^+$$

قسمت دوم:

$$?\,e^- = 50\,mL\,F_2 \times \frac{1/9\,g\,F_2}{1\,mL\,F_2} \times \frac{1\,mol\,F_2}{38\,g\,F_2} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,F_2} \times \frac{N_A\,e^-}{1\,mol\,e^-} = 5N_A\,e^-$$

توضیح محاسبات

$$\frac{50\times1/9\times2\times N_A}{38} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{50\times1/9\times2\times N_A}{38} = \frac{50N_A}{10} = 5N_A$$

A ۲۴۰۰ ۱ عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: عدد اکسایش اتم اکسیژن در این ترکیب برابر -2 است. پس:

$$x + (3\times-2) = -1 \rightarrow x = +5$$

عبارت دوم: در میان فلزها، کمترین پتانسیل کاهشی به لیتیم مربوط است. عبارت سوم: اغلب نافلزها در واکنش با فلزها نقش اکسنده را دارند. عبارت چهارم: در فرایند برقکافت لیتیم برمید مذاب، فلز لیتیم در کاتد و بخار برم در آند حاصل می‌شود. عبارت پنجم: سلول‌های سوختی ردپای کربن دی‌اکسید را کاهش می‌دهند.

B ۲۴۰۱ ۱ با توجه به رقابت‌های آندی و کاتدی:

رقابت کاتدی:
$$\begin{cases} Na^+ \Rightarrow E^\circ(Na^+/Na) = -2/71\ V \\ Ca^{2+} \Rightarrow E^\circ(Ca^{2+}/Ca) = -2/87V \end{cases} \xrightarrow[E^\circ \text{ بزرگ‌تر}]{\text{برندهٔ رقابت کاتدی}} Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$$

رقابت آندی:
$$\begin{cases} I^- \Rightarrow E^\circ(I_2/I^-) = 0/54V \\ Br^- \Rightarrow E^\circ(Br_2/Br^-) = 1/07V \end{cases} \xrightarrow[E^\circ \text{ کوچک‌تر}]{\text{برندهٔ رقابت آندی}} 2I^-(l) \rightarrow 2e^- + I_2(l)$$

محصول اولیهٔ برقکافت، $I_2(l)$ و $Na(l)$ است.

C ۲۴۰۲ ۱ برقکافت مخلوط دو نمک مذاب $NiBr_2$ و $FeCl_3$:

رقابت کاتدی $\begin{cases} Ni^{2+} \Rightarrow E^\circ(Ni^{2+}/Ni) = -0/25V \\ Fe^{3+} \Rightarrow E^\circ(Fe^{3+}/Fe) = -0/04V \end{cases} \xrightarrow[\text{بزرگ‌تر } E^\circ]{\text{برندهٔ رقابت کاتدی}} 2\times(Fe^{3+}(l)+3e^- \rightarrow Fe(l))$

رقابت آندی $\begin{cases} Br^- \\ Cl^- \end{cases}$ در گروه ۱۷ از بالا به پایین، خصلت نافلزی کمتر، تمایل به الکترون‌دهی بیشتر $\xrightarrow[\text{خصلت نافلزی کمتر}]{\text{برندهٔ رقابت آندی}} 3\times(2Br^-(l) \rightarrow 2e^- + Br_2(g))$

واکنش کلی: $2Fe^{3+} + 6Br^- \rightarrow 2Fe + 3Br_2$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): تمایل الکترون‌دهی Br^- بیشتر از F^- است، پس Br^- اکسید می‌شود و پتاسیم فلزی فعال‌تر از سدیم بوده و تمایل آن برای اکسایش بیشتر است، پس تمایل Na^+ برای کاهش بیشتر می‌باشد:

نیم‌واکنش کاهش: $2\times(Na^+ + e^- \rightarrow Na)$

نیم‌واکنش اکسایش: $2Br^- \rightarrow 2e^- + Br_2$

واکنش کلی: $2Na^+ + 2Br^- \rightarrow 2Na + Br_2$

گزینهٔ (۳): تمایل I^- برای اکسید شدن بیشتر از Cl^- است و چون $E^\circ(Mg^{2+}/Mg) < E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$ است، یون روی در رقابت کاتدی برنده است:

نیم‌واکنش کاهش: $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$

نیم‌واکنش اکسایش: $2I^- \rightarrow 2e^- + I_2$

واکنش کلی: $Zn^{2+} + 2I^- \rightarrow Zn + I_2$

گزینهٔ (۴): قدرت کاهندگی I^- بیشتر از F^- است و I^- اکسید می‌شود؛ همچنین E° سرب بزرگ‌تر از E° آلومینیم است، پس Pb^{2+} کاهش می‌یابد:

نیم‌واکنش کاهش: $Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$

نیم‌واکنش اکسایش: $2I^- \rightarrow 2e^- + I_2$

واکنش کلی: $Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow Pb + I_2$

B ۲۴۰۳ ۱ در میان موارد داده شده فقط فراوردهٔ برقکافت مخلوط KCl و CaF_2، یک فلز قلیایی خاکی و یک هالوژن از تناوب سوم یعنی Cl_2 است. اگر بخواهیم فلز تولید شده در برقکافت نمک‌های مذاب، فلز قلیایی خاکی باشد، باید فلز دیگری که در رقابت کاتدی شرکت می‌کند، E° کمتری داشته باشد تا در رقابت برای کاهش یافتن، بازنده شود، پس در عبارت (ب) و (ت)، K^+ و Li^+ به دلیل E° کمتر باقی مانده و Ca^{2+} و Ba^{2+} کاهش یافته و فلز قلیایی خاکی تولید می‌کنند. هالوژن تناوب سوم کلر است، برای اینکه Cl_2 تولید شود، Cl^- باید در رقابت با یون عنصر نافلز فعال‌تر از خود باشد (نافلز فعال‌تر ⇐ الکترون‌گیرتر ⇐ تمایل کمتر به اکسایش یافتن). فلوئور فعال‌تر از کلر بوده و در عبارت (ب)، Cl^- در رقابت آندی برنده شده و Cl_2 تولید می‌شود.

C ۲۴۰۴ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) جملهٔ داده شده را به‌درستی کامل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): رقابت در قطب مثبت (آند):

رقابت آندی: $\begin{cases} F^- \\ I^- \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} F > I: \text{قدرت الکترون‌گیری} \\ F^- < I^-: \text{قدرت الکترون‌دهی} \end{matrix} \Rightarrow 2I^-(l) \rightarrow I_2(l) + 2e^-$

عبارت (ب): رقابت در قطب منفی (کاتد):

رقابت کاتدی: $\begin{cases} Mg^{2+} \\ Cu^{2+} \end{cases} \Rightarrow$ مس از منیزیم بیشتر است $E^\circ \Rightarrow Cu^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Cu(l)$

عبارت (پ): رقابت در قطب مثبت (آند):

رقابت آندی: $\begin{cases} Br^- \\ Cl^- \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} Cl > Br: \text{قدرت الکترون‌گیری} \\ Cl^- < Br^-: \text{قدرت الکترون‌دهی} \end{matrix} \Rightarrow 2Br^-(l) \rightarrow Br_2(g) + 2e^-$

عبارت (ت): رقابت در قطب منفی (کاتد):

رقابت کاتدی: $\begin{cases} K^+ \\ Na^+ \end{cases} \Rightarrow$ سدیم از پتاسیم بیشتر است $E^\circ \Rightarrow Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$

C ۲۴۰۵ ۱ پیش از شروع حل سؤال، ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط واکنش محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1V_{n_1}}{T_1} = \frac{P_2V_{n_2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1\times 22/4}{273} = \frac{0/5V_{n_2}}{(273+273)} \Rightarrow V_{n_2} = 89/6 L.mol^{-1}$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های انجام شده در سلول الکترولیتی مذکور به صورت زیر است:

$2NaCl(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$ $\qquad$ $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$

در سلول‌های الکترولیتی، آنیون‌ها به سمت آند حرکت می‌کنند با توجه به یکسان بودن آنیون‌ها در هر دو واکنش، در آند این سلول فقط گاز کلر تولید شده است. ابتدا شمار مول‌های Cl_2 تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,Cl_2 = 44/8 L\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{89/6 L\,Cl_2} = 0/5 mol\,Cl_2$$

مقدار به‌دست آمده برای Cl_2 مربوط به مجموع Cl_2 تولید شده در دو واکنش است. با توجه به اینکه مقدار سدیم (فلز کاهنده‌تر) تولید شده برابر ۴/۶ گرم است، می‌توان سهم گاز Cl_2 واکنش برقکافت NaCl را به دست آورد:

$$?\,mol\,Cl_2(\text{برقکافت NaCl}) = 4/6\,g\,Na \times \frac{1\,mol\,Na}{23\,g\,Na} \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{2\,mol\,Na} = 0/1\,mol\,Cl_2(\text{برقکافت NaCl})$$

پس در فرایند برقکافت $MgCl_2$، مقدار $0/4\,mol$ $(0/1-0/5)$ گاز Cl_2 تولید شده است. سپس با توجه به مقادیر Cl_2 تولیدی در هر فرایند، می‌توان جرم NaCl و $MgCl_2$ و همچنین جرم Mg^{2+} موجود در مخلوط اولیه را محاسبه کرد:

$$?\,g\,NaCl = 0/1\,mol\,Cl_2 \times \frac{2\,mol\,NaCl}{1\,mol\,Cl_2} \times \frac{58/5\,g\,NaCl}{1\,mol\,NaCl} = 11/7\,g\,NaCl$$

$$?\,g\,MgCl_2 = 0/4\,mol\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,MgCl_2}{1\,mol\,Cl_2} \times \frac{95\,g\,MgCl_2}{1\,mol\,MgCl_2} = 38\,g\,MgCl_2$$

$$?\,g\,Mg^{2+} = 0/4\,mol\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,MgCl_2}{1\,mol\,Cl_2} \times \frac{1\,mol\,Mg^{2+}}{1\,mol\,MgCl_2} \times \frac{24\,g\,Mg^{2+}}{1\,mol\,Mg^{2+}} = 9/6\,g\,Mg^{2+}$$

در نهایت درصد جرمی Mg^{2+} را در مخلوط اولیه محاسبه می‌کنیم:

$$\%Mg^{2+} = \frac{\text{جرم } Mg^{2+}}{\text{جرم NaCl} + \text{جرم } MgCl_2} \times 100 = \frac{9/6}{11/7+38} \times 100 \simeq \%19/3$$

A ۲۴۰۶ ۴ آهن پرمصرف‌ترین فلز در جهان است و سالانه حدود ۲۰ درصد از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورده شده مصرف می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها در اثر اکسید شدن آن‌ها در واکنش اکسایش - کاهش، خوردگی می‌گویند. گزینهٔ (۲): پتانسیل کاهشی اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است. با این توصیف اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها آن‌ها را اکسید کند. گزینهٔ (۳): در فلزهایی مانند آهن با ادامهٔ اکسایش، لایه‌ای ترد و شکننده تشکیل می‌شود که به تدریج فرو می‌ریزد.

B ۲۴۰۷ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌های سوم و چهارم:** عبارت سوم: پتانسیل کاهشی اکسیژن در محیط اسیدی بزرگ‌تر از پتانسیل کاهشی آن در محیط خنثی است؛ پس سرعت خوردگی آهن در محیط‌های اسیدی بیشتر از محیط‌های معمولی است.

★ **نکته** محیط اسیدی، سرعت زنگ زدن آهن را افزایش می‌دهد. در فرایند زنگ زدن آهن، گاز اکسیژن عامل اکسنده است و نیم‌واکنش کاتدی در محیط غیراسیدی به صورت مقابل انجام می‌شود.

$$O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq),\ E^\circ = 0/4\ V$$

حال اگر محیط اسیدی باشد، به جای انجام این نیم‌واکنش، نیم‌واکنش $O_2(g)+4H^+(aq)+4e^- \rightarrow 2H_2O(l),\ E^\circ = 1/23\ V$ رخ می‌دهد که در این صورت به علت بزرگ‌تر بودن E° نیم‌واکنش دوم، در محیط اسیدی گاز اکسیژن از اتم‌های آهن راحت‌تر الکترون می‌گیرد و قدرت اکسندگی آن افزایش می‌یابد. از این‌رو سرعت زنگ زدن آهن در محیط‌های اسیدی **بیشتر از** محیط‌های غیراسیدی است.

عبارت چهارم: زنگ زدن آهن یک واکنش اکسایش- کاهش است که در آن، آهن در انتها، به آهن (III) هیدروکسید تبدیل می‌شود و عدد اکسایش آن سه واحد افزایش می‌یابد.

$$\overset{0}{4Fe}(s)+6H_2O(l)+3O_2(g) \rightarrow 4\overset{+3}{Fe(OH)_3}(s)$$

(۳ واحد تغییر)

B ۲۴۰۸ ۱ پتانسیل کاهشی اغلب فلزها منفی بوده؛ اما پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است. با این توصیف اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آن‌ها را اکسید کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): Pb نماد شیمیایی سرب است. سرب جزء فلزات نجیب نیست و با اسیدها و گاز اکسیژن وارد واکنش می‌شود. گزینهٔ (۳): هر فلزی که E° آن کمتر از E° اکسیژن است در واکنش با اکسیژن اکسایش می‌یابد، اما لزوماً خورده نمی‌شود. خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش - کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن و زنگار سبز بر سطح مس نمونه‌هایی از خوردگی هستند. این در حالی است که در فلزهایی همچون آلومینیم یا روی، اکسید فلز به صورت لایه‌ای نفوذناپذیر به سطح فلز می‌چسبد و از واکنش سایر اجزای فلز با اکسیژن و خورده شدن آن ممانعت می‌کند. گزینهٔ (۴): به علت پتانسیل کاهشی بیشتر طلا نسبت به اکسیژن، حتی در محیط‌های اسیدی، این فلز درخشش و جلای خود را حفظ می‌کند.

B ۲۴۰۹ ۲ در فرایند خوردگی آهن در محیط غیراسیدی، در محلی که غلظت اکسیژن زیاد است (اطراف قطرهٔ آب)، نیم‌واکنش کاهش و در محلی که غلظت اکسیژن کم است (زیر قطرهٔ آب) نیم‌واکنش اکسایش رخ می‌دهد:

$$\text{نیم‌واکنش اکسایش}: Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq)+2e^- \quad , \quad \text{نیم‌واکنش کاهش}: 2H_2O(l)+O_2(g)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$$

B ۲۴۱۰ ۳ همهٔ موارد به‌جز مورد چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هنگامی که فلزها در هوا قرار می‌گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید درمی‌آیند. عبارت دوم: برای خوردگی آهن، حضور آب و اکسیژن الزامی است. آب در انجام واکنش کاهش نقش داشته و همچنین به عنوان رسانای یونی عمل می‌کند. وجود اکسیژن نیز برای کاهش یافتن و مصرف الکترون‌ها الزامی است. عبارت سوم: در خوردگی آهن، بخشی از فلز به عنوان آند (اکسایش آهن) و بخشی به عنوان کاتد (کاهش اکسیژن) عمل می‌کند. عبارت چهارم: نیم‌واکنش کاتدی در فرایند خوردگی آهن در یک محیط غیراسیدی به‌صورت $2H_2O(l)+O_2(g)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$ است که در آن یون هیدروکسید تولید می‌شود. لذا محیط خاصیت بازی پیدا کرده و pH آن افزایش می‌یابد. عبارت پنجم: در فرایند خوردگی آهن، در بخشی که غلظت O_2 زیاد است، نیم‌واکنش کاهش O_2 انجام می‌شود:

$$\text{نیم‌واکنش کاهش } O_2: O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$$

B ۲۴۱۱ ۲ عبارت‌های (الف) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در فرایند زنگ زدن آهن و در اثر اکسایش فلز آهن، ابتدا یون آهن (II) تولید می‌شود و سپس یون آهن (II) اکسید شده و به یون آهن (III) تبدیل می‌شود. عبارت (ب): ترکیب A همان زنگ آهن با فرمول شیمیایی $Fe(OH)_3$ است. عبارت (پ): در اثر انجام نیم‌واکنش کاهش به ازای مصرف یک مول اکسیژن، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود:

$$O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$$

بنابراین در اثر مصرف ۰/۲۵ مول اکسیژن، ۱ مول الکترون مبادله خواهد شد:

$$?\,mol\,e^- = 0/25\,mol\,O_2 \times \frac{4\,mol\,e^-}{1\,mol\,O_2} = 1\,mol\,e^-$$

عبارت (ت): در شکل داده شده گونه‌های (۱) و (۲) هر دو مربوط به Fe^{2+} و گونهٔ (۳)، Fe^{3+} است که بار الکتریکی آن با بار الکتریکی یون اسکاندیم (Sc^{3+}) برابر است.

عبارت (ث): نیم‌واکنش (۱) همان نیم‌واکنش اکسایش و نیم‌واکنش (۲) همان نیم‌واکنش کاهش است.

B ۲۴۱۲ **۴** حضور قطرهٔ آب در تولید زنگ آهن $(Fe(OH)_3)$ ضروری است. مولکول‌های آب در فرایند خوردگی آن، دو نقش رسانایی یونی و واکنش‌دهنده را دارند.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۲): قطرهٔ آب مانند الکترولیت در سلول گالوانی عمل کرده و Fe^{2+} تولید شده در آند از طریق آب به سمت کاتد حرکت می‌کند، سپس Fe^{2+} در مجاورت یون‌های هیدروکسید تولیدی در کاتد، به $Fe(OH)_2(s)$ تبدیل می‌شود: $Fe^{2+}(aq)+2OH^-(aq)\rightarrow Fe(OH)_2(s)$

گزینهٔ (۳): آهن (II) هیدروکسید جامد تولید شده، در مجاورت رطوبت و گاز اکسیژن به آهن (III) هیدروکسید جامد $(Fe(OH)_3(s))$ که رنگی قرمز - قهوه‌ای دارد تبدیل می‌شود: $4Fe(OH)_2(s)+O_2(g)+2H_2O(l)\rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$

B ۲۴۱۳ **۴** نیم‌واکنش‌های موازنه‌شده در فرایند خوردگی آهن در محیط غیراسیدی به‌صورت زیر است:

نیم‌واکنش کاتدی: $O_2(g)+2H_2O(l)+4e^-\rightarrow 4OH^-(aq)$

نیم‌واکنش آندی: $Fe(s)\rightarrow Fe^{3+}(aq)+3e^-$

لذا مجموع ضرایب تمام گونه‌های سمت چپ در نیم‌واکنش کاتدی برابر ۷ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در محل انجام نیم‌واکنش آندی غلظت اکسیژن کم و در محل انجام نیم‌واکنش کاتدی غلظت اکسیژن زیاد است. گزینهٔ (۲): الکترون‌ها از طریق فلز (رسانای الکترونی) و یون‌ها از طریق قطرهٔ آب (رسانای یونی) به سمت پایگاه کاتدی حرکت می‌کنند. گزینهٔ (۳): واکنش کلی زنگ زدن آهن به‌صورت $4Fe(s)+6H_2O(l)+3O_2(g)\rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$ است.

B ۲۴۱۴ **۲** عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هر عاملی که بتواند فلز را اکسید کرده و آن را به کاتیون تبدیل کند، موجب خوردگی فلز می‌شود. اکسیژن یکی از این عوامل است. از عوامل دیگر خوردگی می‌توان به مجاورت یک فلز با آب یا یک محلول اسیدی اشاره کرد. عبارت (ب): در واکنش فلزها با یک محلول اسیدی یا آب، فلزها اکسیده شده و دچار خوردگی می‌شوند. عبارت (پ): E° نیم‌واکنش کاتدی در محیط اسیدی $(+1/23V)$ از E° نیم‌واکنش کاتدی در محیط غیراسیدی $(+0/4V)$ بیشتر است. عبارت (ت): E° نیم‌واکنش کاتدی در محیط اسیدی $(+1/23V)$ از E° نیم‌واکنش کاتدی در محیط غیراسیدی $(+0/4V)$ بیشتر است، لذا اکسیژن در محیط اسیدی اکسندهٔ قوی‌تری بوده و فرایند خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد.

عبارت (ث): معادلهٔ کلی فرایند خوردگی آهن به صورت مقابل است: $4Fe(s)+6H_2O(l)+3O_2(g)\rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$

در این فرایند $Fe(s)$ به Fe^{3+} تبدیل می‌شود؛ پس به ازای اکسایش یک مول Fe، ۳ مول الکترون در فلز جابه‌جا می‌شود.

B ۲۴۱۵ **۳** به‌جز مورد (پ) سایر موارد سبب افزایش سرعت خوردگی آهن می‌شوند. **بررسی موارد:** مورد (الف): پتانسیل کاهشی اکسیژن در محیط‌های اسیدی بیشتر است و در نتیجه در این محیط، آهن با سرعت بیشتری با اکسیژن واکنش داده و خورده می‌شود. مورد (ب): در فرایند خوردگی آهن، قطرهٔ آب نقش الکترولیت را برای انتقال یون‌ها بر عهده دارد. وجود نمک در قطرهٔ آب سبب می‌شود انتقال جریان الکتریکی با سرعت بیشتری انجام شود و در نتیجه سرعت خوردگی آهن افزایش می‌یابد.

مورد (پ): قرار گرفتن یک فلز با E° منفی‌تر در کنار آهن، موجب حفاظت کاتدی آن فلز از آهن شده و سرعت خوردگی آهن کاهش می‌یابد. مورد (ت): در محیط‌های مرطوب، آب به عنوان الکترولیت و البته واکنش‌دهنده، با شکل‌گیری یک سلول گالوانی به افزایش سرعت واکنش کمک می‌کند.

B ۲۴۱۶ **۱** عوامل حفاظت کاتدی یک فلز با E° کمتر و pH محیط، بر سرعت واکنش خوردگی تأثیر می‌گذارند: ۱- هر چه pH محیط اسیدی‌تر باشد، سرعت واکنش خوردگی بیشتر است؛ زیرا پتانسیل کاهشی استاندارد اکسیژن در این محیط‌ها بیشتر است. ۲- اگر فلزی با E° منفی‌تر از آهن در مجاورت آن باشد، در رقابت کاتدی با آهن پیروز شده و از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند؛ بنابراین بیشترین سرعت واکنش مربوط به شکل (II) است که محیط اسیدی بوده و فلز قرار گرفته در مجاورت آهن نقره است که E° بیشتری نسبت به آهن دارد و سبب خوردگی سریع‌تر آهن می‌شود. از طرفی کمترین سرعت واکنش مربوط به شکل (III) است که در آن محیط خنثی بوده $(pH=7)$ و فلز Zn هم به عنوان محافظ کاتدی در مجاورت آهن وجود دارد.

B ۲۴۱۷ **۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (ب): در محیط‌های بازی E° نیم‌واکنش کاهش اکسیژن پایین است و از طرفی در محیط‌های خشک، برای انتقال کاتیون‌های Fe^{2+} از آند به کاتد، نیاز به یک رسانای یونی (مدار بیرونی) داریم که بدون آن مدار الکتریکی سلول زنگ زدن آهن کامل نخواهد شد؛ همان‌طور که گفته شد این رسانای یونی، همان قطرهٔ آب است. عبارت (پ): در آب دریا غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها بیشتر از آب آشامیدنی است. این یون‌ها سبب افزایش سرعت خوردگی آهن می‌شود؛ زیرا حضور یون‌ها در الکترولیت (قطرهٔ آب) سبب افزایش رسانایی یونی و جریان می‌شود. عبارت (ت): این فلزها که E° کمتری نسبت به آهن دارند، در حضور اکسیژن به جای آهن الکترون داده و از خوردگی آهن جلوگیری می‌کنند.

B ۲۴۱۸ **۱** در فرایند خوردگی آهن، مولکول‌های آب در واکنش کلی فرایند شرکت می‌کنند. در نیم‌واکنش کاهش گاز اکسیژن، مولکول‌های آب شرکت می‌کنند و یون هیدروکسید تولید می‌شود:

نیم‌واکنش کاهش O_2: $2H_2O(l)+O_2(g)+4e^-\rightarrow 4OH^-(aq)$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): واکنش خوردگی آهن در محیط خلأ که فاقد گاز اکسیژن است، انجام نمی‌شود. گزینهٔ (۳): واکنش خوردگی آهن و تولید Fe_2O_3 در دو مرحله انجام می‌شود؛ ابتدا آهن به Fe^{2+} و سپس به Fe^{3+} تبدیل می‌شود. گزینهٔ (۴): با توجه به توضیحات بالا، تفاوت مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده(ها) و واکنش‌دهنده(ها) در معادلهٔ نیم‌واکنش کاهش، برابر ۲ نیست.

B ۲۴۱۹ **۱** با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $4Fe(s)+6H_2O(l)+2O_2(g)\rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$

آهن اکسایش یافته و در نهایت $Fe(OH)_3$ به‌دست می‌آید.

$$?\,g\,Fe(OH)_3 = 22/4\,g\,Fe \times \frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe} \times \frac{4\,mol\,Fe(OH)_3}{4\,mol\,Fe} \times \frac{107\,g\,Fe(OH)_3}{1\,mol\,Fe(OH)_3} = 42/8\,g\,Fe(OH)_3$$

نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

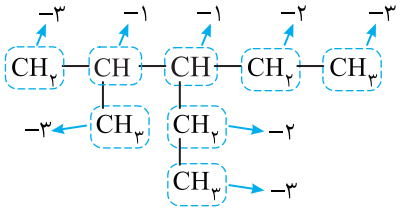
$$\text{تعداد الکترون} = 5/4\,mL\,H_2O \times \frac{1\,g\,H_2O}{1\,mL\,H_2O} \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O} \times \frac{4\,mol\,e^-}{2\,mol\,H_2O} \times \frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-} = 3/612\times10^{23}\,e^-$$

C ۲۴۲۰ ۴ تنها عبارت (الف) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): خوردگی در مس به صورت ایجاد زنگار سبز بر روی آن است و قرمز رنگ نیست. عبارت (ب): نیم‌واکنش کاتدی در خوردگی آهن در محیط اسیدی به صورت: $O_2(g)+4H^+(aq)+4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$ است که عکس این فرایند در نیم‌واکنش آندی برقکافت آب اتفاق می‌افتد. عبارت (پ): افزایش غلظت O_2 نیم‌واکنش کاهش را به جلو رانده و افزایش غلظت CO_2 محیط اسیدی را برای خوردگی فراهم می‌کند. پس هر دو عامل خوردگی آهن را سرعت می‌بخشند. عبارت (ت): زنگ آهن در نتیجهٔ تولید $Fe(OH)_3$ است که رنگ قرمز - قهوه‌ای داشته و نامحلول بوده و درصد جرمی آهن در این ترکیب ۵۲/۳ درصد است. عبارت (ث): در خوردگی آهن قطرهٔ آب نقش رسانای یونی و مدار بیرونی و فلز آهن نقش رسانای الکترونی و مدار درونی را دارد.

C ۲۴۲۱ ۳ تنها عبارت سوم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ابتدا عدد اکسایش عنصر X را به‌دست می‌آوریم:

$$HXO_3 \Rightarrow 1+X+3(-2)=0 \Rightarrow X=+5$$

با توجه به اینکه HXO_3 فقط می‌تواند عامل اکسنده باشد، در نتیجه $+5$ بالاترین عدد اکسایش ممکن برای X است و عنصر X متعلق به گروه ۱۵ جدول تناوبی می‌باشد. عبارت دوم: عدد اکسایش اتم‌های کربن در این ترکیب به صورت زیر می‌باشد:



۴ اتم کربن با عدد اکسایش -3 ۲ اتم کربن با عدد اکسایش -2

۲ اتم کربن عدد اکسایش -1

عبارت سوم: E° فلز پوشاننده می‌تواند بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از E° فلز مورد نظر برای آبکاری باشد. عبارت چهارم: رسوب $Fe(OH)_2$ که رنگ سبز دارد به دلیل غلظت بالای اکسیژن در بخش کاتدی، اکسایش یافته و به رسوب قهوه‌ای رنگ آهن (III) هیدروکسید تبدیل می‌شود. قطرهٔ آب در این سلول نقش الکترولیت دارد.

$$4Fe(OH)_2(s)+O_2(g)+2H_2O(l) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$$

عبارت پنجم: معادلهٔ واکنش انجام شده در این سلول به صورت مقابل است: $V(s)+2Ag^+(aq) \rightarrow 2Ag(s)+V^{2+}(aq)$

به‌ازای مصرف یک مول وانادیم در این واکنش، ۲ مول الکترون میان گونه‌های اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود. در نتیجه در صورت مصرف ۰/۳ مول از آن $3/612\times10^{23}$ الکترون مبادله می‌شود.

B ۲۴۲۲ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فلزهای نجیبی مانند طلا و پلاتین حتی در محیط‌های اسیدی اکسایش نمی‌یابند، اما وسایل آهنی در هوای مرطوب دچار خوردگی می‌شوند. عبارت (ب): واکنش ناخواستهٔ خوردگی وسایل آهنی در شهرهای بندری و ساحلی بیشتر خودنمایی می‌کند. عبارت (پ): برای جلوگیری از خوردگی آهن، ساده‌ترین راه ایجاد یک پوشش محافظ است تا از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری کند. عبارت (ت): روش‌هایی مانند رنگ زدن، قیراندود کردن و روکش دادن نمی‌توانند به‌طور کامل از خوردگی پیشگیری کنند. عبارت (ث): اگر سطح آهن را با فلز دیگری که راحت‌تر از آهن اکسید می‌شود (کاهندهٔ قوی‌تر) بپوشانیم، آن فلز اکسید شده و مانع از زنگ زدن آهن می‌شود.

B ۲۴۲۳ ۲ عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): به کارگیری یک فلز به عنوان کاهنده برای جلوگیری از فرایند خوردگی آهن، حفاظت کاتدی نام دارد. عبارت (ب): هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز کاهنده‌تر در این رقابت برنده می‌شود. عبارت (پ): فلز مورد استفاده در فرایند حفاظت کاتدی باید دارای E° منفی‌تری نسبت به آهن باشد (پایین‌تر از آهن در سری الکتروشیمیایی) تا به جای آهن اکسید شود. عبارت (ت): فداکاری فلز روی برای حفاظت از آهن سبب شد تا در صنعت ورقه‌های آهنی با پوششی از فلز روی تهیه شود. این نوع آهن به آهن گالوانیزه (آهن سفید) معروف است و در ساخت تانکر آب، کانال کولر و ... به‌کار می‌رود. عبارت (ث): در فرایند حفاظت فیزیکی از فلزی استفاده می‌شود که E° منفی‌تری داشته باشد و به عبارت دیگر کاهندهٔ قوی‌تری باشد.

B ۲۴۲۴ ۳ در حفاظت کاتدی از آهن به وسیلهٔ منیزیم، منیزیم نقش آند را داشته و اکسید می‌شود $(Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq)+2e^-)$، آهن نقش کاتد را داشته و از خوردگی در امان می‌ماند (زیرا در حفاظت کاتدی، فلز آهن قادر به کاهش یافتن نیست) و اکسیژن کاهش می‌یابد $(O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq))$؛ لذا واکنش کلی از جمع نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش به‌دست می‌آید: $2Mg(s)+O_2(g)+2H_2O(l) \rightarrow 4OH^-(aq)+2Mg^{2+}(aq)$

B ۲۴۲۵ ۱ از همهٔ فلزها به جز کروم می‌توان استفاده نمود. در حفاظت کاتدی، از فلزی که دارای E° مثبت‌تر از فلز مورد نظر است، نمی‌توان استفاده کرد؛ زیرا کاهندهٔ ضعیف‌تری بوده و فلز مورد نظر اکسید شده و دچار خوردگی می‌شود. در اینجا برای محافظت کاتدی از فلز روی با $E^\circ(Zn^{2+}/Zn)=-0/76V$، نمی‌توان از فلز کروم با $E^\circ(Cr^{3+}/Cr)=-0/74V$ استفاده کرد.

B ۲۴۲۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) به‌درستی عبارت داده شده را تکمیل می‌کنند. اگر فلز A توسط فلز B از خورده شدن در امان بماند، فلز B به عنوان محافظ کاتدی دارای E° منفی‌تری بوده و نقش آند را دارد و فلز A دچار خوردگی نمی‌شود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): B آند بوده، اکسید می‌شود $(B(s) \rightarrow B^{n+}(aq)+ne^-)$ و از جرم آن کاسته می‌شود. عبارت (ب): فلز A نقش کاتد را دارد، اما فلزها کاهش نمی‌یابند، پس جرم فلز A تغییری نمی‌کند (کاتیون A^{m+} وجود ندارد که با کاهش یافتن به جرم فلز A بیفزاید.) عبارت (پ): فلز A می‌تواند مس (با E° مثبت‌تر) و فلز B می‌تواند روی (با E° منفی‌تر) باشد. عبارت (ت): در هر صورت، نیم‌واکنش کاتدی که همان نیم‌واکنش کاهش O_2 در محیط خنثی است، به‌صورت مقابل می‌باشد. $O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

B ۲۴۲۷ ۴ همهٔ عبارت‌های داده شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در حفاظت کاتدی، فلز محافظ اکسایش می‌یابد. به منظور این فرایند، پتانسیل کاهشی استاندارد فلز محافظ باید از فلز دیگر کمتر باشد. عبارت (ب): اگر فلز M از جنس منیزیم باشد، به مرور زمان خورده شده و نیاز به تعویض خواهد داشت. عبارت (پ): نیم‌واکنش کاتدی در مجاورت کاتد (فلز A) انجام می‌شود. در نیم‌واکنش کاتدی که فرایند کاهش انجام می‌شود، فلز کاهش نمی‌یابد، بلکه اکسیژن در مجاورت رطوبت کاهش می‌یابد. عبارت (ت): به پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌واکنش‌های زیر توجه کنید:

$$O_2(g)+4H^+(aq)+4e\rightarrow 2H_2O(l), E^\circ=+1/23V \qquad O_2(g)+2H_2O(l)+4e\rightarrow 4OH^-(aq), E^\circ=+0/40V$$

با افزایش خاصیت اسیدی، نیم‌واکنش اکسایش ثابت می‌ماند اما واکنش کاهش تغییر می‌کند. emf سلول تشکیل شده در این دو حالت برابر است با:

$$emf(1)=0/4-E^\circ_{\text{آند}} \qquad emf(2)=1/23-E^\circ_{\text{آند}}$$

بنابراین نیروی الکتروموتوری سلول در حالت دوم بیشتر از حالت اول است.

B ۲۴۲۸ ۴ معادله‌های موازنه‌شدهٔ نیم‌واکنش‌های انجام شده در آند و کاتد این سلول به صورت زیر است:

نیم‌واکنش کاتدی: $O_2+2H_2O+4e^-\rightarrow 4OH^-$

نیم‌واکنش آندی: $Zn\rightarrow Zn^{2+}+2e^-$

واکنش کلی: $2Zn+O_2+2H_2O\rightarrow 2Zn(OH)_2$

$$?\,g\,Zn=0/224L\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{22/4L\,O_2}\times\frac{2mol\,Zn}{1\,mol\,O_2}\times\frac{65g\,Zn}{1\,mol\,Zn}=1/3g\,Zn$$

توضیح محاسبات

$$\frac{0/224\times2\times65}{22/4}=?\xrightarrow{\text{دسته‌بندی و ساده کردن}}\frac{224\times2\times65}{224}\times\frac{10^{-2}}{10^{-1}}=130\times10^{-2}=1/3$$

درصد Zn مصرف‌شده $=\frac{26}{100}\times100=\%26$

Zn مصرف شده در ۲۰ روز $=20\times1/3=26g\,Zn$

A ۲۴۲۹ ۱ نام دیگر آن، آهن سفید است که با فلز روی پوشیده شده و روی نقش محافظ کاتدی را دارد و مانع از خوردگی آهن می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در آهن سفید، E° روی کمتر از E° آهن و کاهندهٔ قوی‌تری است و اکسید می‌شود و آهن دچار خوردگی نمی‌شود. دقت کنید که در این فرایند، خود روی نیز خورده نمی‌شود زیرا اکسید روی (ZnO)، ماده‌ای چسبنده و محکم بوده که سطح روی را می‌پوشاند و مانع از خوردگی آن و لایهٔ زیرین آن می‌شود. گزینهٔ (۳): در آهن سفید (روی - آهن)، روی اکسید می‌شود، اما آهن نمی‌تواند کاهش یابد (فلزها کاهش نمی‌یابند). گزینهٔ (۴): در سلول گالوانی تشکیل شده، در صورت ایجاد خراش، روی با E° کوچک‌تر نقش آند (قطب منفی) را داشته و اکسید می‌شود.

B ۲۴۳۰ ۴ تنها عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر در سطح یک ورق گالوانیزه، خراشی ایجاد شود، الکترون‌ها از آند (روی) به سمت کاتد (آهن) حرکت می‌کنند. عبارت (ب): الکترون‌های رسیده به سطح آهن (کاتد) با اکسیژن و رطوبت در نیم‌واکنش کاهش شرکت می‌کنند، زیرا آهن نمی‌تواند کاهش یابد. عبارت (پ): در آهن گالوانیزه حضور آب به عنوان رسانای یونی برای خوردگی فلز روی الزامی است. عبارت (ت): نیم‌واکنش‌های اکسایش (روی) و کاهش (اکسیژن) و واکنش کلی انجام شده به‌صورت مقابل است:

نیم‌واکنش اکسایش: $2\times(Zn(s)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+2e^-)$

نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g)+2H_2O(l)+4e^-\rightarrow 4OH^-(aq)$

واکنش کلی: $2Zn(s)+O_2(g)+2H_2O(l)\rightarrow 2Zn^{2+}(aq)+4OH^-(aq)$

B ۲۴۳۱ ۴ پیش از ایجاد خراش، حفاظت Zn از Fe از نوع فیزیکی است و با ایجاد خراش عمیق، حفاظت آن از نوع کاتدی می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): آهن سفید، یک سلول گالوانی است. در شکل، فلز بالایی، روی (آند یا قطب منفی) و فلز پایینی، آهن (کاتد یا قطب مثبت) است. مورد (۱)، قطرهٔ آب (رسانای یونی) و مورد (۲)، گاز اکسیژن است. گزینهٔ (۲): با اکسید شدن فلز روی (فلز بالایی)، کاتیون‌های روی ($Zn^{2+}(aq)$ یا مورد (۳)) تولید می‌شوند. به ازای مبادلهٔ ۴ مول الکترون در نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، ۲ مول یون روی و ۴ مول یون هیدروکسید تولید می‌شود. لذا به ازای تولید یک مول از Zn^{2+}، ۲ مول OH^- تولید می‌شود. گزینهٔ (۳): نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش با ضریب یکسان الکترون به‌صورت زیر هستند:

نیم‌واکنش کاهش (کاتدی): $O_2(g)+2H_2O(l)+4e^-\rightarrow 4OH^-(aq)$

نیم‌واکنش اکسایش: $2Zn(s)\rightarrow 2Zn^{2+}(aq)+4e^-$

مجموع ضرایب مواد در نیم‌واکنش اکسایش برابر ۴ و با ضریب فراورده (OH^-) در نیم‌واکنش کاتدی (کاهش) برابر است.

B ۲۴۳۲ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در صورت ایجاد خراش در آهن گالوانیزه، روی به عنوان آند اکسید شده و از جرم آن کاسته می‌شود. آهن نیز در نقش کاتد بوده، اما فلز آهن کاهش نمی‌یابد و جرم آن تغییری نمی‌کند. عبارت (ب): در حفاظت کاتدی، در سطح فلزی که در نقش کاتد محافظت می‌شود، الکترون‌ها از آند (محافظ کاتدی) توسط گاز اکسیژن جذب می‌شوند. عبارت (پ): نیم‌واکنش کاهش در حفاظت کاتدی با نیم‌واکنش کاهش در فرایند خوردگی آهن در محیط غیراسیدی، یکسان است. عبارت (ت): واکنش خوردگی آهن گالوانیزه (خوردگی فلز روی) در باران اسیدی به دلیل افزایش غلظت H^+، سریع‌تر از خوردگی در باران طبیعی است.(غلظت H^+ بیشتر $\Leftarrow$ افزایش پیشرفت واکنش خوردگی در جهت رفت $\Leftarrow$ افزایش سرعت خوردگی)

B ۲۴۳۳ ۳ A کاهنده‌تر از Fe و Fe کاهنده‌تر از B است. بنابراین زمانی که به جای فلز M، فلز A قرار گیرد، این فلز از خوردگی Fe محافظت می‌کند اما اگر فلز B جای فلز M قرار گیرد، آهن خورده می‌شود. در واقع A مثل Zn در آهن سفید و B مثل Sn در حلبی عمل می‌کند.

B ۲۴۳۴ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (پ): فلز پوشانندهٔ آهن در حلبی قلع است که E° مثبت‌تری از آهن داشته و در صورت ایجاد خراش عمیق نمی‌تواند از آن در برابر اکسیژن محافظت کند. عبارت (ث): در حلبی پس از ایجاد خراش O_2 و Fe به ترتیب گونه‌های اکسنده و کاهنده هستند.

B ۲۴۳۵ ۳ بعد از ایجاد خراش، به علت اینکه E° آهن از E° قلع کوچک‌تر است، قدرت کاهندگی آهن بیشتر بوده و آهن در معرض اکسیژن و رطوبت اکسید شده و زنگ می‌زند؛ در نتیجه قلع به عنوان کاتد، محافظت کاتدی می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): پس از ایجاد خراش بر سطح حلبی، جرم آهن کاهش یافته و جرم قلع بدون تغییر می‌ماند.

گزینهٔ (۲): فلز آهن در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از فلز قلع قرار گرفته (E° منفی‌تر) و یون Fe^{2+} نسبت به یون Sn^{2+} اکسندهٔ ضعیف‌تری است. (تمایل Fe^{2+} برای کاهش، کمتر از تمایل Sn^{2+} برای کاهش است.) گزینهٔ (۴): در سلول گالوانی ایجاد شده در محل خراش در حلبی، آهن آند (قطب منفی) بوده و جهت حرکت الکترون از آهن (آند) به قلع (کاتد) است.

B ۲۴۳۶ ۱ فقط مورد چهارم می‌تواند جمله را به درستی کامل کند. از آنجا که اسیدهای موجود در مواد غذایی با فلز روی واکنش داده و باعث ورود کاتیون‌های آن به داخل مواد غذایی می‌شوند، (زیرا E° روی منفی‌تر از E° هیدروژن مواد غذایی بوده و روی اکسید می‌شود)، قوطی‌های کنسرو را نمی‌توان از جنس آهن گالوانیزه (آهن سفید) ساخت و آن‌ها را از جنس حلبی می‌سازند. (E° قلع مثبت‌تر از E° هیدروژن مواد غذایی بوده و قلع در مجاورت H^+ موجود در مواد غذایی اکسید نمی‌شود.)

B ۲۴۳۷ ۱ با توجه به جدول زیر تنها گزینهٔ (۱) جملهٔ داده شده را به‌درستی کامل نمی‌کند، زیرا در آهن گالوانیزه، آهن دچار خوردگی نشده و جرم آن ثابت می‌ماند، ولی در حلبی در صورت ایجاد خراش، آهن در نقش آند، دچار خوردگی شده و جرم آن کاهش می‌یابد:

ماده	کاتد	آند	محافظ کاتدی	فلزی که محافظت می‌شود	جهت حرکت الکترون‌ها	جهت حرکت کاتیون‌ها
آهن گالوانیزه	$O_2+2H_2O+4e^- \rightarrow 4OH^-$ در سطح آهن	$Zn \rightarrow Zn^{2+}+2e^-$	روی	آهن	از روی به سمت آهن	از روی به سمت آهن
حلبی	$O_2+2H_2O+4e^- \rightarrow 4OH^-$ در سطح قلع	$Fe \rightarrow Fe^{2+}+2e^-$	آهن	قلع	از آهن به سمت قلع	از آهن به سمت قلع

B ۲۴۳۸ ۱ فقط عبارت چهارم درست است. با توجه به یون Fe^{2+} تولید شده می‌توان متوجه شد که فلز M نمی‌تواند از آهن در برابر خوردگی محافظت کند زیرا $E^\circ(M^{2+}/M) > E^\circ(Fe^{2+}/Fe)$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آهن به کار رفته در ساخت کانال کولر و تانکرها آهن سفید است که سطح آن را روی می‌پوشاند و به علت حفاظت کاتدی آن دچار خوردگی نمی‌شود. این در حالی است که طبق شکل نشان داده شده، آهن با اکسیژن واکنش داده و دچار خوردگی شده است. عبارت دوم: نیم‌واکنش کاتدی واکنش داده شده به صورت $O_2+2H_2O+4e^- \rightarrow 4OH^-$ است. عبارت‌های سوم و چهارم: مقدار E° فلز M بیشتر از آهن است لذا فقط می‌تواند Sn باشد نه Zn.

B ۲۴۳۹ ۱ در حلبی، در صورت ایجاد خراش و تماس رطوبت و اکسیژن با سطح آهن، چون قدرت کاهندگی فلز آهن از فلز قلع بیشتر است ($E^\circ(Fe) < E^\circ(Sn)$)، آهن اکسید شده و قلع حفاظت کاتدی می‌شود و اکسیژن در سطح فلز قلع (کاتد) کاهش می‌یابد.

نیم‌واکنش اکسایش: $4\times(Fe(s) \rightarrow Fe^{3+}(aq)+3e^-)$

نیم‌واکنش کاهش: $3\times(O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq))$

واکنش کلی: $4Fe(s)+3O_2(g)+6H_2O(l) \rightarrow 4Fe^{3+}(aq)+12OH^-(aq)$

حال با جرم کاتیون تولید شده (Fe^{3+}) می‌توان به حجم گاز مصرف شده در شرایط استاندارد رسید:

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,\text{L } O_2 = 126\,\text{g } Fe^{3+} \times \frac{1\,\text{mol } Fe^{3+}}{56\,\text{g } Fe^{3+}} \times \frac{3\,\text{mol } O_2}{4\,\text{mol } Fe^{3+}} \times \frac{22/4\,\text{L } O_2}{1\,\text{mol } O_2} = 37/8\,\text{L } O_2$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم کاتیون}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی کاتیون}} = \frac{\text{لیتر گاز}}{\text{ضریب} \times 22/4} \Rightarrow \frac{126}{56\times 4} = \frac{x}{22/4\times 3} \Rightarrow x = 37/8\,\text{L } O_2$$

B ۲۴۴۰ ۲ در آهن گالوانیزه، روی آند بوده، اکسید شده و از جرم آن کاسته می‌شود: $2Zn(s)+O_2(g)+2H_2O(l) \rightarrow 2Zn^{2+}(aq)+4OH^-(aq) \sim 4e^-$

در حلبی، آهن آند بوده، اکسید شده و از جرم آن کاسته می‌شود (دچار خوردگی می‌شود): $4Fe(s)+3O_2(g)+6H_2O(l) \rightarrow 4Fe^{3+}(aq)+12OH^-(aq) \sim 12e^-$

ابتدا، تعداد مول الکترون‌های مبادله شده در آهن گالوانیزه، به ازای ۱۱۷ گرم فلز روی مصرف شده را به‌دست می‌آوریم. سپس از تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به جرم آهن مصرف شده در حلبی می‌رسیم.

$$\text{تعداد الکترون‌های مبادله شده در آهن گالوانیزه} = 117\,\text{g Zn} \times \frac{1\,\text{mol Zn}}{65\,\text{g Zn}} \times \frac{4\,\text{mol } e^-}{2\,\text{mol Zn}} = 3/6\,\text{mol } e^-$$

$$\text{جرم آهن مصرف شده} = 3/6\,\text{mol } e^- \times \frac{4\,\text{mol Fe}}{12\,\text{mol } e^-} \times \frac{56\,\text{g Fe}}{1\,\text{mol Fe}} = 67/2\,\text{g Fe}$$

C ۲۴۴۱ ۲ قسمت اول: در تمامی واکنش‌های داده شده، O_2 اکسنده بوده و در حضور H_2O، سبب اکسایش دیگر گونه‌ها می‌شود. معادلهٔ این فرایند در محیط غیراسیدی به صورت «$O_2+2H_2O+4e^- \rightarrow 4OH^-$» است. قسمت دوم: معادلهٔ واکنش کلی انجام شده در باتری «روی- نقره» به صورت زیر است:

$$Zn(s)+2Ag^+(aq) \xrightarrow{2e^-} Zn^{2+}(aq)+2Ag(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,\text{g Ag} = 24/08\times 10^{24}\,e^- \times \frac{1\,\text{mol } e^-}{6/02\times 10^{23}\,e^-} \times \frac{2\,\text{mol Ag}}{2\,\text{mol } e^-} \times \frac{108\,\text{g Ag}}{1\,\text{mol Ag}} = 4320\,\text{g Ag}$$

روش دوم: (تناسب):
$$\frac{\text{تعداد الکترون}}{\text{ضریب} \times N_A} = \frac{\text{جرم Ag}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{24/08\times 10^{24}}{2\times(6/02\times 10^{23})} = \frac{x\,\text{g Ag}}{2\times 108} \Rightarrow x = 4320\,\text{g Ag}$$

B ۲۴۴۲ ۴ الکترولیت مورد استفاده در فرایند آبکاری باید حاوی کاتیون‌های آند باشد، زیرا کاتیون‌های آند باید از طریق هدایت یونی سلول به سمت کاتد حرکت کرده و در کاتد کاهش یابند. غلظت محلول الکترولیت در اثر فرایند آبکاری ثابت می‌ماند، زیرا همان مقدار کاتیون که در آند تولید می‌شود $(M(s)\rightarrow M^{n+}(aq)+ne^-)$ در کاتد مصرف می‌شود $(M^{n+}(aq)+ne^-\rightarrow M(s))$. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): آبکاری، پوشاندن سطح یک فلز با لایهٔ نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، در یک سلول الکترولیتی است. گزینهٔ (۲): در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیرهٔ درب و ... استفاده می‌شود. سطح اغلب این وسایل فلزی را با فلزهایی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می‌پوشانند. گزینهٔ (۳): فرایند آبکاری در سلول الکترولیتی انجام می‌شود که در آن جرم تیغهٔ کاتدی (جسمی که می‌خواهیم توسط فلزی دیگر آبکاری کنیم) افزایش یافته و جرم تیغهٔ آندی (فلز پوشاننده یا تیغه‌ای از جنس فلزی که می‌خواهیم با آن آبکاری کنیم) کاهش می‌یابد. به کمک فرایند آبکاری می‌توان لایه‌ای از فلز پوشاننده (فلز نقره) را روی جسمی دیگر مانند قاشق فولادی تشکیل داد.

B ۲۴۴۳ ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. پوشاندن سطح یک فلز با لایهٔ نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری نام دارد. این فرایند در سلول الکترولیتی انجام می‌شود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در فرایند آبکاری، الکترون‌ها از تیغهٔ آندی به تیغهٔ کاتدی منتقل می‌شوند که قرار است بر روی آن روکش ایجاد شود؛ بنابراین این جسم باید رسانایی الکتریکی داشته باشد. عبارت (ب): سلولی که در آن آبکاری انجام می‌شود یک سلول الکترولیتی است. در سلول‌های الکترولیتی، آند محل اکسایش و تولید الکترون بوده و بار الکتریکی آن مثبت است. عبارت (پ): محلول الکترولیت باید حاوی کاتیون‌های فلز پوشاننده باشد تا این کاتیون‌ها بتوانند با دریافت الکترون از تیغهٔ کاتد (جسمی که قرار است آبکاری شود) بر روی جسم قرار گیرند. عبارت (ت): طی فرایند آبکاری، با اکسایش اتم‌های فلزی در آند و تولید کاتیون‌ها، از جرم تیغهٔ آندی کاسته شده و با کاهش کاتیون‌ها در کاتد و قرار گرفتن آن‌ها بر سطح کاتد به جرم کاتد افزوده می‌شود.

B ۲۴۴۴ ۱ در سلول الکترولیتی مربوط به آبکاری، قطب مثبت سلول (آند) یعنی فلز نقره به قطب مثبت باتری و قطب منفی سلول (کاتد)، یعنی قاشق فولادی به قطب منفی باتری متصل می‌شود. پس شمارهٔ (۱) قطب مثبت باتری است. شمارهٔ (۲)، قاشق فولادی، کاتد سلول بوده که کاتیون‌های Ag^+ با کاهش یافتن، بر روی سطح آن را می‌پوشانند. شمارهٔ (۳)، الکترولیت حاوی یون‌های Ag^+ مانند $AgNO_3$ است و جهت حرکت الکترون‌ها، از آند (تیغهٔ نقره) به سمت کاتد (قاشق فولادی) است.

B ۲۴۴۵ ۴ همهٔ عبارت‌های داده شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آبکاری یک فرایند غیر خود به خودی است و به طور طبیعی انجام نمی‌شود. انرژی مورد نیاز آن توسط یک منبع جریان مستقیم مانند باتری انجام می‌شود. عبارت (ب): فرایند آبکاری توسط یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود. نیم‌واکنش اکسایش همانند نیم‌واکنش کاهش توسط اتم‌های A انجام می‌شود. عبارت (پ): الکترود B باید توسط فلز A روکش شود. به همین منظور باید نیم‌واکنش کاهش توسط کاتیون‌های فلز A انجام شود و باید این کاتیون‌ها نسبت به آب قدرت اکسندگی بیشتری داشته باشند تا بتوانند در رقابت کاتدی پیروز شوند. عبارت (ت): جهت حرکت الکترون‌ها از آند به کاتد (پیکان ۲) است. الکترود A در این سلول الکترون از دست داده و آند است. همچنین نیم‌واکنش کاتدی در اطراف الکترود B انجام شده و از همین رو این الکترود نیز کاتد را تشکیل می‌دهد. برای آن که غلظت کاتیون‌های فلز روکش بیشتر شود، الکترولیت مورد نظر باید شامل کاتیون‌های فلز A باشد.

B ۲۴۴۶ ۱ در فرایند آبکاری با صرف‌نظر کردن از آنیون‌های حاصل از انحلال نمک حل‌شده، محلول الکترولیت فقط دارای یون‌های فلزی است که قرار است لایهٔ نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد؛ در واقع الکترولیت فقط شامل کاتیون‌های فلز پوشاننده (Ag^+) است و غلظت کاتیون Cu^{2+} در آن برابر با صفر است. از طرفی غلظت محلول الکترولیت در فرایند آبکاری ثابت است، زیرا هر مقدار Ag^+ که روی قطعهٔ مسی می‌نشیند، به همان مقدار در آند تولید می‌شود. به نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش انجام شده در این سلول توجه کنید:

$$\text{نیم‌واکنش اکسایش: } Ag(s)\rightarrow Ag^+(aq)+e^- \qquad \text{نیم‌واکنش کاهش: } Ag^+(aq)+e^-\rightarrow Ag(s)$$

B ۲۴۴۷ ۱ موارد اول و چهارم درست هستند. **بررسی تمام موارد:** مورد اول: نیم‌واکنش اکسایش در آند انجام می‌شود و آند متصل به قطب مثبت باتری می‌باشد. مورد دوم: فرایند انجام شده در طی آبکاری، غیر خودبه‌خودی بوده و با وجود ولتاژ خارجی انجام می‌شود. مورد سوم: نقره کلرید در آب نامحلول است و نمی‌تواند به عنوان الکترولیت استفاده شود. مورد چهارم: چون نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در این سلول، عکس یکدیگر هستند بنابراین هر مقدار مول یون نقره که از آند این سلول تولید می‌شود، در کاتد این سلول کاهش می‌یابد؛ بنابراین غلظت کاتیون‌های نقره در محلول الکترولیت این سلول به تقریب ثابت می‌ماند.

B ۲۴۴۸ ۲ **پاسخ درست پرسش‌ها:** پرسش (الف): انتخاب محلول نمک نقره به عنوان الکترولیت موجب افزایش غلظت (مقدار) یون‌های نقره در محلول و انجام بهتر فرایند مهاجرت و جابه‌جایی این یون‌ها به سمت کاتد (قاشق) می‌شود. ضمناً با شروع واکنش، غلظت یون‌های نقره در محلول ثابت می‌ماند، زیرا به ازای هر یک یون نقرهٔ وارد شده به محلول، یک یون در نیم‌واکنش کاتدی کاهش می‌یابد. پرسش (ب): با توجه به شکل، تعدادی از اتم‌های تیغهٔ سمت چپ از آن جدا شده‌اند، لذا این شکل مربوط به مدتی پس از برقراری جریان الکتریکی است. پرسش (پ): معادلهٔ نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی به‌ترتیب به‌صورت $Ag(s)\rightarrow Ag^+(aq)+e^-$ و $Ag^+(aq)+e^-\rightarrow Ag(s)$ است، لذا عکس یکدیگرند.

B ۲۴۴۹ ۲ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در فرایند آبکاری، فلز روکش (روی) در آند اکسید می‌شود $(Zn(s)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+2e^-)$؛ همچنین کاتیون‌های فلز روکش در کاتد کاهش یافته و فلز بر روی سطح جسم مورد نظر (آهن) می‌نشیند $(Zn^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Zn(s))$. عبارت دوم: محلول الکترولیت، در آبکاری فلزها، حاوی کاتیون‌های فلز پوشاننده (Zn^{2+}) است. عبارت سوم: آهن گالوانیزه، آهن با روکش روی است. بنابراین، آهن جسمی است که قرار است با فلز روی آبکاری شود. پس آهن در کاتد و فلز روی در آند قرار می‌گیرند و جهت حرکت الکترون‌ها از روی (آند) به سمت آهن (کاتد) است. عبارت چهارم: آهن در کاتد (قطب منفی) و روی در آند (قطب مثبت) قرار می‌گیرد. عبارت پنجم: در فرایند آبکاری، غلظت یون‌های Zn^{2+} در محلول الکترولیت ثابت است. دقت کنید که در الکترولیت، غلظت یون‌های Fe^{2+} صفر است.

B ۲۴۵۰ ۴ در انتخاب فلز پوشاننده در فرایند آبکاری، باید به این نکته توجه داشت که E° کاتیون‌های فلز پوشاننده باید بزرگ‌تر از E° مولکول‌های آب باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): قطب منفی در این سلول کاتد بوده که جسم B در آن قرار می‌گیرد. فلز پوشانندهٔ A در آند اکسایش یافته $(A(s)\rightarrow A^{n+}(aq)+ne^-)$ و کاتیون‌های A^{n+} به سمت کاتد رفته و روی جسم B کاهش می‌یابند $(A^{n+}(aq)+ne^-\rightarrow A(s))$. گزینهٔ (۲): در سلول مربوط به این فرایند، در آند A اکسید شده و در کاتد A^{n+} کاهش می‌یابد تا لایه‌ای از فلز A روی جسم B را بپوشاند. گزینهٔ (۳): کاتیون‌های فلز A باید در رقابت کاتدی (بین کاتیون‌های A^{n+} و مولکول‌های آب) برنده باشند، پس کاتیون‌های فلز A باید اکسنده‌تر بوده و E° بزرگ‌تری از E° آب داشته باشند.

B ۲۴۵۱ ۱ فقط مورد چهارم جملهٔ داده شده را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد:** مورد اول: در آبکاری قاشق نقره‌ای توسط فلز مس، الکترولیت نمی‌تواند نقره نیترات باشد، زیرا باید حاوی یون‌های Cu^{2+} باشد و قاشق در کاتد قرار داده می‌شود و محل انجام نیم‌واکنش کاهش Cu^{2+} است. مورد دوم: در آبکاری قاشق آلومینیمی توسط فلز آهن، الکترولیت می‌تواند آهن (II) سولفات (حاوی کاتیون‌های فلز روکش) باشد و قاشق در کاتد (قطب منفی) قرار گرفته و به قطب منفی باتری متصل می‌شود. مورد سوم: در آبکاری یک قاشق مسی با فلز روی، الکترولیت نمی‌تواند مس (II) سولفات باشد (حاوی یون‌های Cu^{2+})، چرا که باید کاتیون‌های فلز روکش (روی) در محلول قرار داشته و قاشق در کاتد مقصد حرکت الکترون‌ها و روی در آند مبدأ حرکت الکترون‌ها است. مورد چهارم: در آبکاری یک قاشق نیکلی توسط فلز سرب (پوشاننده)، الکترولیت می‌تواند محلول سرب (II) برمید (حاوی کاتیون‌های فلز پوشاننده) باشد و قاشق مقصد حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی است، زیرا قاشق در کاتد بوده و الکترون‌ها از آند به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

B ۲۴۵۲ ۲ باید از افزایش جرم جسم مسی که برابر جرم فلز پوشانندهٔ اکسایش یافته است و تعداد الکترون‌های مبادله شده، به فلز مورد نظر برسیم؛ ابتدا با توجه به ۳ گزینهٔ اول، فرض می‌کنیم تعداد الکترون‌ها در نیم‌واکنش کاهش برابر ۲ است.

$$M^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow M(s)$$

$$\text{مول فلز}=4/816\times10^{24}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{1\,mol\ \text{فلز}}{2\,mol\,e^-}=4\,mol \Rightarrow 4=\frac{472}{x}\Rightarrow x=118\,g.mol^{-1}\ \text{فلز}$$

$$\text{مول فلز}=\frac{\text{گرم فلز}}{\text{جرم مولی}}=\frac{472}{x}$$

B ۲۴۵۳ ۱ توجه داشته باشید که از آنجایی که جنس تیغهٔ آندی از فلز نقره است، با گذشت زمان غلظت کاتیون‌های نقره تغییری نمی‌کند؛ بنابراین تعداد کاتیون‌های نقره برابر با تعداد کاتیون‌های نقره در محلول ابتدایی است:

$$20\,L\ AgNO_3\ \text{محلول}\times\frac{0/5\,mol\,AgNO_3}{1\,L\,AgNO_3}\times\frac{1\,mol\,Ag^+}{1\,mol\,AgNO_3}\times\frac{6/02\times10^{23}\,Ag^+}{1\,mol\,Ag^+}=6/02\times10^{24}$$

B ۲۴۵۴ ۳ ابتدا شمار مول الکترون مبادله شده در فرایند آبکاری را محاسبه می‌کنیم:

$$500\ \text{قاشق}\times\frac{1/204\times10^{22}\,e^-}{1\ \text{قاشق}}\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}=10\,mol\,e^-$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده در سلول سوختی هیدروژن به شکل مقابل است:

$$2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)\sim 4e^-$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2=10\,mol\,e^-\times\frac{100}{\underset{\text{بازدهی}}{80}}\times\frac{2mol\,H_2}{4mol\,e^-}\times\frac{2g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=12/5\,g\,H_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}{\text{شمار مول}\,e^-\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\,H_2\times\text{بازدهٔ درصدی}}{e^-\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,g\,H_2\times\frac{80}{100}}{2\times2}=\frac{10}{4}\Rightarrow x=12/5\,g\,H_2$$

B ۲۴۵۵ ۱ افزایش جرم تیغهٔ نقره‌ای مربوط به کاهش Cr^{3+} در کاتد است. پس ۲۸۶ گرم Cr^{3+} در مدت ۱/۱ دقیقه در ۲/۵ لیتر محلول در آند تولید شده است:

$$\text{سرعت تولید}\ Cr^{3+}=286g\,Cr^{3+}\times\frac{1\,mol\,Cr^{3+}}{52g\,Cr^{3+}}\times\frac{1}{2/5L}\times\frac{1}{1/1\,min}\times\frac{1\,min}{60s}=\frac{1}{30}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

C ۲۴۵۶ ۱ در آبکاری هر قطعه $5/4\times10^{-2}$ گرم نقره روی قطعه قرار می‌گیرد و نقرهٔ موجود در ۷۸ گرم محلول نقره سولفات با درصد خلوص ۸۰، نقرهٔ نشسته روی قطعه را جبران می‌کند. پس ما با به‌دست آوردن جرم نقرهٔ این محلول در حقیقت جرم نقرهٔ مورد استفاده در آبکاری را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,Ag=78g\ Ag_2SO_4\ \text{ناخالص}\times\frac{80g\,Ag_2SO_4}{100g\,Ag_2SO_4\ \text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,Ag_2SO_4}{312g\,Ag_2SO_4}\times\frac{2mol\,Ag}{1\,mol\,Ag_2SO_4}\times\frac{108g\,Ag}{1\,mol\,Ag}=43/2g$$

پس جرم کل نقرهٔ مورد استفاده برای آبکاری $43/2g$ است. اکنون تعداد قطعات را محاسبه می‌کنیم:

$$5/4\times10^{-2}\,g\times n=43/2g\Rightarrow n=800\ \text{قطعه}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{78\times80\times2\times108}{100\times312}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{78\times80\times2\times108}{100\times312}=\frac{80\times2\times\overset{27}{\cancel{108}}}{100\times\underset{4}{\cancel{312}}}=80\times2\times27\times10^{-2}=43/2$$

C ۲۴۵۷ ۲ ابتدا جرم فلز نقرهٔ مصرف‌شده را به‌دست می‌آوریم:

$$3=\frac{X}{24}\times100\Rightarrow X=0/72g\,Ag$$

سپس با استفاده از نیم‌واکنش آندی $Ag(s)\rightarrow Ag^+(aq)+e^-$، تعداد الکترون‌های عبوری از مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,e^-=0/72g\,Ag\times\frac{1\,mol\,Ag}{108g\,Ag}\times\frac{1\,mol\,e^-}{1\,mol\,Ag}\times\frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-}\simeq4/0\times10^{21}\,e^-$$

حال با توجه به نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی: $Ag^+(aq)+e^-\rightarrow Ag(s)$:نیم‌واکنش کاتدی ، $Ag(s)\rightarrow Ag^+(aq)+e^-$:نیم‌واکنش آندی

می‌توان دریافت که تعداد کاتیون‌های $Ag^+(aq)$ موجود در محلول ثابت می‌ماند:

$$?\,Ag^+=5L\ \text{محلول}\times\frac{0/8mol\,AgNO_3}{1\,L\ \text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Ag^+}{1\,mol\,AgNO_3}\times\frac{6/02\times10^{23}\,Ag^+}{1\,mol\,Ag^+}=2/408\times10^{24}\,Ag^+$$

B ۲۴۵۸ ۲ **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): برخی فلزها با اینکه اکسایش می‌یابند اما خورده نمی‌شوند. از این فلزها می‌توان برای ساخت وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی‌تری استحکام خود را حفظ می‌کنند. گزینهٔ (۲): آلومینیم علی‌رغم اینکه فلزی فعال است و در حضور اکسیژن اکسایش می‌یابد ولی دچار خوردگی نمی‌شود. گزینهٔ (۳): فلز Al با تشکیل لایهٔ چسبنده و متراکم Al_2O_3 از ادامهٔ اکسایش جلوگیری می‌کند، به‌طوری که لایه‌های زیرین برای مدت طولانی دست‌نخورده باقی می‌ماند و استحکام خود را حفظ می‌کند. گزینهٔ (۴): به دلیل استحکام بالای آلومینیم از این عنصر در ساخت لوازم خانگی، هواپیما، کشتی و ... استفاده می‌کنند.

B ۲۴۵۹ ۲ رایج‌ترین روش برای برقکافت نمک‌های مذاب آلومینیم به فرایند هال معروف است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): آهن اکسید شده و خورده می‌شود.
گزینهٔ (۳): واکنش استخراج آلومینیم در فرایند هال به‌صورت زیر است که مجموع ضرایب مولی مواد در آن برابر ۱۲ است.

$$۲Al_۲O_۳(l)+۳C(s\text{, گرافیت})\rightarrow ۴Al(l)+۳CO_۲(g)$$

گزینهٔ (۴): آلومینیم در طبیعت به صورت بوکسیت ($Al_۲O_۳$ به همراه ناخالصی) یافت می‌شود.

B ۲۴۶۰ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): رایج‌ترین روش برای تولید آلومینیم از برقکافت نمک‌های مذاب آن به فرایند هال معروف است. عبارت (ب): در سلول الکترولیتی فرایند هال در کاتد، فرایند کاهش یون‌های آلومینیم انجام شده و گاز کربن دی‌اکسید در آند تولید می‌شود. عبارت (پ):
واکنش‌های انجام شده در آند سلول الکترولیتی فرایند هال به‌صورت روبه‌رو است: $C(s\text{, گرافیت})+O_۲(g)\rightarrow CO_۲(g)$ $\quad ۲O^{۲-}(l)\rightarrow O_۲(g)+۴e^-$
همان‌طور که می‌بینید در اثر اکسایش ۲ مول یون اکسید، ۱ مول گاز اکسیژن تولید شده و ۱ مول از گرافیت آند با آن واکنش داده و گاز کربن دی‌اکسید را تولید می‌کند.
عبارت (ت): با توجه به واکنش انجام شده در فرایند هال اختلاف ضرایب مولی مواد غیرگازی و گازی برابر ۶ است.

$$\underbrace{۲Al_۲O_۳(l)+۳C(s\text{, گرافیت})\rightarrow ۴Al(l)}_{\text{مواد غیرگازی}=۹}+\underbrace{۳CO_۲(g)}_{\text{مادهٔ گازی}=۳}$$

B ۲۴۶۱ ۱ آلومینیم مذاب چگالی بیشتری نسبت به الکترولیت در سلول الکترولیتی هال دارد، به همین دلیل از پایین سلول جدا می‌شود. در واکنش انجام شده در فرایند هال عدد اکسایش C از صفر به $(+۴)$ در کربن دی‌اکسید افزایش می‌یابد، پس اکسایش یافته و باعث کاهش $Al_۲O_۳$ می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): حجم گاز کربن دی‌اکسید تولیدی در واکنش فرایند هال به ازای تولید یک مول آلومینیم را به‌دست می‌آوریم:

$$۲Al_۲O_۳(l)+۳C(s)\rightarrow ۴Al(l)+۳CO_۲(g)$$

$$?\,L\,CO_۲=۱\,mol\,Al\times\frac{۳mol\,CO_۲}{۴mol\,Al}\times\frac{۲۲/۴L\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=۱۶/۸L\,CO_۲$$

گزینهٔ (۳): الکترودهای کف و بدنهٔ سلول، نقش کاتد را دارند که به قطب منفی منبع جریان برق متصل است. گزینهٔ (۴): در سلول الکترولیتی هال کاتد و آند هر دو از جنس گرافیت هستند، اما آند در نقش واکنش‌دهنده ظاهر شده و با گاز اکسیژن واکنش داده و گاز کربن دی‌اکسید را تولید می‌کند. پس از جرم آند کاسته می‌شود، اما از جرم کاتد کاسته نمی‌شود.

A ۲۴۶۲ ۳ عبارت‌های سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: بخش Y به آلومینیم مذاب تولید شده مربوط است. عبارت دوم: سلول مورد استفاده در فرایند هال، از نوع الکترولیتی است. عبارت سوم: میله‌های گرافیت به قطب مثبت متصل می‌شوند و به دلیل واکنش با گاز اکسیژن، باید به مرور زمان تعویض شوند. عبارت چهارم: واکنش مورد نظر به صورت مقابل است: $۲Al_۲O_۳(s)+۳C(s)\rightarrow ۴Al(l)+۳CO_۲(g)$

B ۲۴۶۳ ۳ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** فلز آلومینیم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است. آلومینیم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود؛ از این‌رو این فلز از برقکافت نمک‌های مذاب آن طی فرایند هال به دست می‌آید. فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی هزینهٔ بالایی دارد؛ از این‌رو با بازیافت فلز آلومینیم می‌توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدناپذیر، برخی از هزینه‌های تولید این فلز را کاهش داد. برای نمونه تولید قوطی‌های آلومینیمی از قوطی‌های کهنه فقط به ۷ درصد از انرژی لازم برای تهیهٔ همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد. در شکل داده شده، A آلومینیم اکسید مذاب یا همان الکترولیت، B تیغهٔ آندی از جنس گرافیت و C بدنهٔ سلول هال است که نقش کاتد و قطب منفی سلول را دارد.

B ۲۴۶۴ ۴ همهٔ مطالب بیان شده، درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: مطابق واکنش زیر، در فرایند هال، گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌شود که یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است. $۲Al_۲O_۳(l)+۳C(s)\rightarrow ۴Al(l)+۳CO_۲(g)$

عبارت دوم: آلومینیم یک فلز فعال است و اکسید آن یک مادهٔ متراکم و چسبنده است. عبارت سوم: در سلول‌های الکترولیتی، آند و کاتد می‌توانند از یک جنس باشند. برای نمونه در فرایند هال، آند و کاتد از جنس گرافیت هستند. عبارت چهارم: قوی‌ترین عنصرهای اکسنده، فلوئور و اکسیژن هستند که در سمت راست جدول تناوبی جای دارند. عبارت پنجم: از فرایند برقکافت ترکیب‌های یونی برای تهیهٔ فلزهای فعال (مانند آلومینیم) و از برقکافت آب برای تهیهٔ گاز هیدروژن استفاده می‌شود. این موارد نمونه‌هایی از کاربردهای برقکافت هستند.

B ۲۴۶۵ ۳ واکنش‌های مورد نظر: $۲Al(s)+Fe_۲O_۳(s)\rightarrow Al_۲O_۳(s)+۲Fe(l)$ $\quad ۲Al_۲O_۳(l)+۳C(s)\rightarrow ۴Al(l)+۳CO_۲(g)$

روش اول (ضریب تبدیل): مقدار نظری آهن تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kg\,Fe=۳۱/۸۷۵kg\,Al_۲O_۳\times\frac{۱\,mol\,Al_۲O_۳}{۱۰۲g\,Al_۲O_۳}\times\frac{۴mol\,Al}{۲mol\,Al_۲O_۳}\times\frac{۲mol\,Fe}{۲mol\,Al}\times\frac{۵۶g\,Fe}{۱\,mol\,Fe}=۳۵kg\,Fe$$

بازده درصدی واکنش فرایند هال:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times۱۰۰\Rightarrow\text{بازده}=\frac{۲۱kg}{۳۵kg}\times۱۰۰=٪۶۰$$

روش دوم (تناسب): بین $Al_۲O_۳$ و Fe رابطهٔ روبه‌رو برقرار است: $۲Al_۲O_۳\sim ۴Fe$

$$\frac{Al_۲O_۳\text{ جرم}\times\frac{\text{بازده درصدی}}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم آهن}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۳۱/۸۷۵\times\frac{Ra}{۱۰۰}}{۲\times۱۰۲}=\frac{۲۱}{۴\times۵۶}\Rightarrow Ra=٪۶۰$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۲۱\times۲\times۱۰۲\times۱۰۰}{۵۶\times۴\times۳۱/۸۷۵}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{\overset{۳}{۲۱}\times۲\times۱۰۲\times۱۰۰}{\underset{۸}{۵۶}\times۴\times۳۱/۸۷۵}\xrightarrow[\text{به جای ۱۰۲ و ۳۱/۸۷۵ اعداد ۱۰۰ و ۳۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده کردن}}\frac{۳\times۲\times۱۰۰\times۱۰۰}{\underset{۴}{۸}\times۴\times۳۰}=\frac{\overset{۱۰}{۳}\times۱۰۰\times۱۰۰}{۳۰\times۴\times۴}=\frac{۱۰۰۰}{۱۶}=۶۲/۵$$

پاسخ نزدیک به عدد ۶۲/۵ است. (پاسخ: ۶۰)

B ۲۴۶۶ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های انجام شده و شمار مول الکترون‌های مبادله شده در آن‌ها به صورت زیر است:

فرایند هال (I): $2Al_2O_3(l)+3C(s)\rightarrow 4Al(l)+3CO_2(g)\sim 12e^-$ برقکافت سدیم کلرید (II): $2NaCl(l)\rightarrow 2Na(l)+Cl_2(g)\sim 2e^-$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,CO_2=14/2\,g\,Cl_2\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{71\,g\,Cl_2}\times\frac{2\,mol\,e\,(II)}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{2\,mol\,e\,(I)}{1\,mol\,e\,(II)}\times\frac{3\,mol\,CO_2}{12\,mol\,e\,(I)}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=4/48\,L\,CO_2$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\text{واکنش (II)}:\frac{\text{جرم } Cl_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول e}}{2}\Rightarrow\frac{14/2}{1\times 71}=\frac{x\,mol}{2}\Rightarrow x=0/4\,mol\,e^-$$

پس شمار مول الکترون‌های مبادله شده در فرایند هال برابر ۰/۸ است:

$$\text{واکنش (I)}:\frac{\text{جرم } CO_2}{\text{ضریب}\times 22/4}=\frac{\text{مول e}}{12}\Rightarrow\frac{y\,L\,CO_2}{3\times 22/4}=\frac{0/8}{12}\Rightarrow y=4/48\,L\,CO_2$$

B ۲۴۶۷ ۲ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ فرایند هال به‌صورت $2Al_2O_3(l)+3C(s)\rightarrow 4Al(l)+3CO_2(g)$ است. ابتدا باید محاسبه کنیم که در هر ماه چند کیلوگرم از آند مصرف می‌شود. روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kg\,C=1\,\text{ماه}\times\frac{720\,h}{1\,\text{ماه}}\times\frac{270\,kg\,Al}{1\,h}\times\frac{1000\,g}{1\,kg}\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{3\,mol\,C}{4\,mol\,Al}\times\frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C}\times\frac{1\,kg}{1000\,g}=64800\,kg\,C$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آلومینیم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{720\times 270}{27\times 4}=\frac{x}{3\times 12}\Rightarrow x=64800\,kg\,C$$

جرم هر الکترود آند (الکترود کربن) برابر ۶۰۰kg است که پس از مصرف حدود ۷۵٪ (یا به عبارتی ۴۵۰kg) آن باید الکترود عوض شود. بنابراین تعداد الکترودهای مورد نیاز برابر است با:

$$?\,\text{الکترود}=64800\,kg\,\text{الکترود}\times\frac{\text{الکترود }1}{450\,kg\,\text{الکترود}}=144\,\text{الکترود}$$

C ۲۴۶۸ ۲ عبارت‌های اول، چهارم و پنجم درست هستند. نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش و واکنش کلی انجام شده در این سلول به صورت زیر است:

نیم‌واکنش اکسایش: $Si(s)+2H_2O(l)\rightarrow SiO_2(s)+4H^+(aq)+4e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $4H_2O(l)+4e^-\rightarrow 2H_2(g)+4OH^-(aq)$

معادلهٔ واکنش کلی: $Si(s)+2H_2O(l)\rightarrow 2H_2(g)+SiO_2(s)$

$0 \xrightarrow{\text{۴ واحد اکسایش}} +4$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در معادلهٔ واکنش کلی این سلول، عنصر کاهنده، Si است که عدد اکسایش آن به اندازهٔ ۴ واحد افزایش می‌یابد. معادلهٔ واکنش کلی فرایند هال به صورت مقابل است:

$$2Al_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow 4Al(l)+3CO_2(g)$$

$0 \xrightarrow{\text{۴ واحد اکسایش}} +4$

در معادلهٔ کلی فرایند هال، عنصر کاهنده، کربن است که عدد اکسایش آن به اندازهٔ ۴ واحد افزایش می‌یابد. عبارت دوم:

نیم‌واکنش کاتدی انجام شده: $4H_2O(l)+4e^-\rightarrow 2H_2(g)+4OH^-(aq)$

نیم‌واکنش کاتدی انجام شده در سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن: $O_2(g)+4H^+(aq)+4e^-\rightarrow 2H_2O(l)$

عبارت سوم: نیم‌واکنش آندی انجام شده در سلول: $Si(s)+2H_2O(l)\rightarrow SiO_2(s)+4H^+(aq)+4e^-$

محیط اطراف آند این سلول به دلیل تولید یون H^+، اسیدی است و رنگ کاغذ pH در این محیط، قرمز می‌شود.

نیم‌واکنش کاتدی در برقکافت آب: $2H_2O(l)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2OH^-(aq)$

محیط اطراف کاتد این سلول به دلیل تولید یون OH^-، بازی است و رنگ کاغذ pH را آبی می‌کند. عبارت چهارم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش ترمیت به صورت $2Al(s)+Fe_2O_3(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+2Fe(l)$ است، مجموع ضرایب همهٔ گونه‌ها در معادلهٔ موازنه شدهٔ هر دو واکنش با هم برابر و مساوی ۶ است. عبارت پنجم: این سلول برای تهیهٔ گاز هیدروژن از آب کاربرد دارد و emf، بازده و سرعت انجام واکنش در آن پایین است. گاز هیدروژن به عنوان سوخت در رایج‌ترین سلول سوختی، یعنی سلول سوختی هیدرژن - اکسیژن به کار می‌رود.

C ۲۴۶۹ ۲ عبارت‌های سوم و چهارم درست هستند. نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی در این سلول به‌صورت زیر است:

نیم‌واکنش آندی: $Si(s)+2H_2O(l)\rightarrow SiO_2(s)+4H^+(aq)+4e^-$

نیم‌واکنش کاتدی: $4H_2O(l)+4e^-\rightarrow 2H_2(g)+4OH^-(aq)$

واکنش کلی: $Si(s)+2H_2O(l)\rightarrow SiO_2(s)+2H_2(g)$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: محلول پیرامون کاتد به دلیل تولید OH^-، خاصیت بازی دارد و رنگ کاغذ pH را به آبی تغییر می‌دهد. عبارت دوم: با توجه به معادلهٔ کلی واکنش، $Si(s)$ آند سلول را تشکیل می‌دهد. عبارت سوم: با توجه به نیم‌واکنش آندی، در محلول پیرامون آند، H^+ تولید می‌شود که باعث کاهش pH محلول پیرامون آند می‌شود. عبارت چهارم: معادلهٔ نیم‌واکنش کاتدی در برقکافت آب نیز همانند نیم‌واکنش کاتدی انجام شده در سلول نور-الکتروشیمیایی داده شده به‌صورت $2H_2O+2e^-\rightarrow H_2+2OH^-$ است. عبارت پنجم: معادلهٔ کلی واکنش انجام شده به‌صورت $Si+2H_2O\rightarrow SiO_2+2H_2$ است که نحوهٔ به‌دست آوردن آن در ابتدای پاسخ نوشته شده است.

پاسخ تشریحی — شیمی ۳: فصل سوم

A ۲۴۷۰ ۱ به درسنامه رجوع کنید.

A ۲۴۷۱ ۴ در هنگام پختن سفال‌های تهیه شده از خاک رس، به دلیل تبخیر آب، از جرم آن به مقدار بیشتری کاسته می‌شود. سفال از جمله نخستین مواد ساختگی است. برای تهیهٔ سفال باید سفالینه پخته شود، از این‌رو مقداری از آب تبخیر شده و جرم سفال نسبت به جرم خاک رس اولیه کاهش می‌یابد؛ بنابراین درصد جرمی سیلیس (SiO_2) در سفال بیشتر از خاک رس اولیه است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ترتیب درصد جرمی مواد سازندهٔ یک نمونه خاک رس که از معدن طلا استخراج شده به‌صورت مقابل است: $Au < MgO < Fe_2O_3 < Na_2O < H_2O < Al_2O_3 < SiO_2$ و مواد دیگر

گزینهٔ (۲): با توجه به مورد اول، خاک رس شامل Fe_2O_3، Na_2O، Al_2O_3 و MgO می‌شود اما حواست باشد که نام Al_2O_3 به‌صورت آلومینیم اکسید است، نه آلومینیم (III) اکسید، زیرا آلومینیم فلزی تک‌ظرفیتی است. گزینهٔ (۳): سرخ‌فام بودن خاک رس به دلیل وجود آهن (III) اکسید (Fe_2O_3) است.

A ۲۴۷۲ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: سیلیسیم دی‌اکسید (SiO_2)، بیشترین درصد جرمی را در خاک رس دارد.

ترکیب	SiO_2	Al_2O_3	H_2O	Na_2O	Fe_2O_3	MgO
رنگ	بی‌رنگ و شفاف	سفید	بی‌رنگ	سفید	سرخ	سفید

عبارت دوم: اجزای تشکیل‌دهندهٔ خاک رس به همراه رنگ آن‌ها در جدول مقابل نمایش داده شده است. بنابراین بیشتر ترکیب‌های تشکیل‌دهندهٔ خاک رس، بی‌رنگ یا سفید رنگ‌اند. عبارت سوم: در خاک رس، جامد کووالانسی (SiO_2) و جامدهای یونی $(MgO, Fe_2O_3, Na_2O, Al_2O_3)$ وجود دارند. علاوه‌بر این مواد، در خاک رس ترکیب مولکولی (H_2O) و جامد فلزی (Au) نیز وجود دارد. عبارت چهارم: در برخی از انواع خاک رس، فلزهای دارای ارزش اقتصادی زیاد (مانند طلا) برای استخراج نیز یافت می‌شود.

B ۲۴۷۳ ۱ تنها عبارت (ب) نادرست می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ترکیب‌های سیلیس و آب در ساختار خود دارای یون نمی‌باشند و با توجه به جدول داده شده، مجموع درصد جرمی آن‌ها حدود ۶۰ درصد می‌باشد. عبارت (ب): در ترکیب آهن (III) اکسید، کاتیون آهن (III) به آرایش الکترونی هشت‌تایی پایدار گاز نجیب نرسیده است.

$$_{26}Fe: [_{18}Ar]3d^6 4s^2 \Rightarrow {}_{26}Fe^{3+}: [_{18}Ar]3d^5$$

عبارت (پ): سیلیس عامل استحکام و دیرگداز بودن سازه‌های سنگی می‌باشد. عبارت (ت): عنصر طلا با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. عبارت (ث): در یک نمونهٔ ۱۰۰ گرمی از خاک رس، ۴۶/۲۰ گرم SiO_2 و ۱۳/۳۲ گرم H_2O وجود دارد. با تبخیر ۱۳/۳۲ گرم آب، جرم خاک باقی‌مانده برابر $86/68\,g$ $(100-13/32)$ می‌شود و درصد SiO_2 در آن برابر است با:

$$\text{درصد } SiO_2 \text{ در خاک بدون آب} = \frac{46/20\,g}{86/68\,g} \times 100 \simeq \%53/3$$

A ۲۴۷۴ ۱ ابتدا باید حساب کنیم که در ۱۳۵ گرم خاک رس، چند گرم سیلیس وجود دارد. بعد از آن باید محاسبه کنیم که در مقدار مشخص سیلیس، چند گرم سیلیسیم یافت می‌شود:

$$?\,g\,Si = 135\,g \text{ خاک رس} \times \frac{46/2\,g\,SiO_2}{100\,g \text{ خاک رس}} \times \frac{28\,g\,Si}{60\,g\,SiO_2} = 29/1\,g\,Si$$

توضیح محاسبات پاسخ نزدیک به ۲۸/۸ است. (پاسخ ۲۹/۱)

$$\frac{135\times46/2\times28}{100\times60} = ? \xrightarrow[\text{به جای } 46/2,28 \text{ و } 135 \text{ اعداد } 30, 48 \text{ و } 120 \text{ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{120\times\cancel{48}^{8}\times\cancel{30}}{\cancel{100}\times\cancel{60}_{10}} = 28/8$$

A ۲۴۷۵ ۳ ابتدا باید درصد جرمی آب در نمونهٔ اولیه از خاک رس را حساب کنیم:

$$\text{درصد جرمی آب در نمونهٔ اولیه} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم نمونه}} \times 100 = \frac{8}{60} \times 100 \simeq 13/3$$

در اثر حرارت، مقدار ۲ گرم از جرم آب و جرم نمونهٔ خاک رس کاسته می‌شود؛ بنابراین درصد جرمی جدید برابر است با:

$$\text{درصد جرمی آب در نمونهٔ جدید} = \frac{(8-2)}{(60-2)} \times 100 \simeq 10/3 \Rightarrow \text{کاهش درصد جرمی} = 13/3 - 10/3 = 3$$

B ۲۴۷۶ ۴ در یک نمونهٔ ۱۰۰ گرمی از این خاک به مقدار ۴۶/۲ گرم سیلیس و ۱۳/۳۲ گرم آب وجود دارد. با تبخیر x گرم از آب، جرم نمونه به $(100-x)$ و جرم آب به $(13/32-x)$ می‌رسد. ابتدا مقدار کاهش جرم آب و نمونه را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی آب} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم نمونه}} \times 100 \Rightarrow 9/7 = \frac{13/32-x}{100-x} \times 100 \Rightarrow 0/097 \times (100-x) = 13/32 - x \Rightarrow 0/903x = 3/62 \Rightarrow x \simeq 4\,g$$

بنابراین جرم نمونه ۴ گرم کاهش می‌یابد و به ۹۶ گرم می‌رسد اما جرم سیلیس در نمونه همچنان برابر ۴۶/۲ گرم می‌باشد. بنابراین درصد جرمی آن در نمونهٔ به‌دست آمده برابر است با:

$$\text{درصد جرمی سیلیس} = \frac{\text{جرم } SiO_2}{\text{جرم نمونه}} \times 100 = \frac{46/2}{96} \times 100 \simeq 48/12$$

B ۲۴۷۷ ۲ اگر جرم اولیهٔ خاک رس را برابر ۱۰۰ گرم در نظر بگیریم، جرم سیلیس و رطوبت موجود در آن به ترتیب برابر با ۳۶ و ۱۰ گرم است؛ اگر جرم آب اضافه شده به این نمونه خاک برابر x گرم باشد، داریم:

$$\%H_2O \text{ (جدید)} = \frac{\text{جرم } H_2O}{\text{جرم نمونه}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{10+x}{100+x} \times 100 \Rightarrow x = 12/5\,g$$

با اضافه کردن آب، جرم سیلیس بدون تغییر باقی مانده و جرم نمونه خاک به $112/5\,g$ $(100+12/5)$ می‌رسد، پس درصد جرمی سیلیس در نمونهٔ جدید برابر است با:

$$\%SiO_2 \text{ (جدید)} = \frac{\text{جرم } SiO_2}{\text{جرم نمونه}} \times 100 = \frac{36}{112/5} \times 100 = \%32$$

B ۲۴۷۸ ۳ فرض می‌کنیم جرم این خاک رس ۱۰۰ گرم باشد. ابتدا درصد جرمی Na_2O را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\,Na_2O=1/15\,g\,Na\times\frac{1\,mol\,Na}{23\,g\,Na}\times\frac{1\,mol\,Na_2O}{2\,mol\,Na}\times\frac{62\,g\,Na_2O}{1\,mol\,Na_2O}=1/55\,g\,Na_2O$$

پس درصد جرمی Na_2O، ۱/۵۵ است، از آنجایی که مجموع درصد جرمی ترکیب‌ها باید ۱۰۰ شود، پس درصد جرمی H_2O برابر است با:

$$0/45+1/55+x+43+46=100\Rightarrow x=9$$

بنابراین درصد جرمی آب برابر ۹٪ است. پس جرم H را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\,H=9\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{2\,mol\,H}{1\,mol\,H_2O}\times\frac{1\,g\,H}{1\,mol\,H}=1\,g\,H$$

از آنجا که محاسبات بر مبنای ۱۰۰ گرم خاک رس انجام شده، پس درصد هیدروژن در این نمونه خاک برابر ۱٪ است.

C ۲۴۷۹ ۲ از روی جرم کربن دی‌اکسید و آب تولید شده، مقدار کربن و هیدروژن و از روی جرم نیتروژن در گونهٔ دیگر، جرم این عنصر در ۳/۳ گرم نمونهٔ اولیه را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,C=7/92\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,C}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C}=2/16\,g\,C$$

$$?\,g\,H=1/98\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{2\,mol\,H}{1\,mol\,H_2O}\times\frac{1\,g\,H}{1\,mol\,H}=0/22\,g\,H,\quad ?\,g\,N=3/3\,g\,\text{نمونه}\times\frac{0/168\,g\,N}{1/98\,g\,\text{نمونه}}=0/28\,g\,N$$

سپس جرم اکسیژن در نمونه و درصد جرمی آن در مادهٔ مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم اکسیژن}=3/3-(2/16+0/22+0/28)=0/64\,g\,O\qquad \text{درصد جرمی اکسیژن}=\frac{0/64}{3/3}\times100=\%19/39$$

C ۲۴۸۰ ۱ فرمول شیمیایی ترکیب آلی به‌صورت $C_xH_yO_zBr_w$ است. با توجه به اینکه جرم مولی کل ترکیب ۱۶۱ گرم بر مول است، پس قطعاً تعداد برم در این ترکیب ۱ است.

$$\text{درصد جرمی کربن}=\frac{12\times x}{161}\times100\,,\ \text{درصد جرمی هیدروژن}=\frac{y}{161}\times100\Rightarrow\frac{\text{درصد جرمی کربن}}{\text{درصد جرمی هیدروژن}}=12\Rightarrow\frac{12x}{y}=12\Rightarrow x=y$$

پس فرمول شیمیایی ترکیب به‌صورت $C_xH_xO_zBr$ است و $13x+16z=81$. با حدس و آزمایش و از آنجایی که x و z قطعاً اعدادی صحیح هستند، معادله را حل می‌کنیم:

$$z=1,\ x=5\Rightarrow\text{فرمول ترکیب: } C_5H_5OBr$$

پس درصد جرمی اکسیژن برابر است با:

$$\text{درصد اکسیژن}=\frac{16}{161}\times100=\%9/93$$

C ۲۴۸۱ ۴ فرض می‌کنیم مخلوط مورد نظر شامل x گرم NH_3 و y گرم $CO(NH_2)_2$ باشد، بر این اساس داریم:

$$\text{درصد جرمی اتم O}=\frac{\frac{y}{60}\times16}{x+y}\times100=4\Rightarrow400y=60x+60y\Rightarrow17y=3x\Rightarrow x=\frac{17}{3}y$$

$$\frac{\text{درصد جرمی اتم N}}{\text{درصد جرمی اتم H}}=\frac{(\frac{x}{17}\times14)+(\frac{y}{60}\times28)}{(\frac{x}{17}\times3)+(\frac{y}{60}\times4)}=\frac{(\frac{\frac{17}{3}y}{17}\times14)+(\frac{7y}{15})}{(\frac{\frac{17}{3}y}{17}\times3)+(\frac{y}{15})}=\frac{\frac{77}{15}}{\frac{16}{15}}\simeq4/8$$

دقت کنید که نسبت درصد جرمی اتم N به اتم H با نسبت جرم اتم‌های N به اتم‌های H در مخلوط مورد نظر برابر است. در ۱۵۰ گرم از مخلوط ۶g اکسیژن وجود دارد؛ پس جرم اوره برابر $\frac{6}{16}\times60=22/5$ گرم و جرم آمونیاک برابر ۱۲۷/۵ گرم (معادل با $\frac{127/5}{17}=7/5$ مول) است؛ بنابراین داریم:

$$\text{غلظت مولی آمونیاک}=\frac{7/5\,mol}{5\,L}=1/5\,mol.L^{-1}\Rightarrow\%\alpha=\frac{[OH^-]}{M}\times100\Rightarrow0/2=\frac{[OH^-]}{1/5}\times100\Rightarrow[OH^-]=3\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+]\times[OH^-]=10^{-14}\Rightarrow[H^+]=\frac{10^{-14}}{3\times10^{-3}}=\frac{1}{3}\times10^{-11}\,mol.L^{-1}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(\frac{1}{3}\times10^{-11})=0/5+11=11/5$$

B ۲۴۸۲ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. به نکتهٔ زیر توجه کنید.

نکته‌ترکیبی جامدات بلوری در یک نگاه

نوع جامد بلوری	ذره‌های سازندهٔ بلور	رسانایی الکتریکی	دمای ذوب	سختی	مثال
یونی	کاتیون و آنیون	نارسانا (رسانا در حالت مذاب یا محلول)	بالا	سخت و شکننده	Al_2O_3، Fe_2O_3، Na_2O، MgO و ...
مولکولی	مولکول‌های مجزا	نارسانا	پایین	نرم (یخ سخت است)	I_2، S_8، H_2O، CO_2 و ...
کووالانسی	اتم‌ها	نارسانا (گرافیت رساناست)	بسیار بالا	بسیار سخت	گرافیت، الماس، سیلیسیم، سیلیس، سیلیسیم کربید و ...
فلزی	کاتیون‌ها و الکترون‌های آزاد	رسانا	بالا	سخت (جیوه، نرم است)	Li، Na، Mg، Ca، Fe، Al، Zn، Ti و ...

A ۲۴۸۳ ۱ شکل (الف) نشان‌دهندهٔ جامد کووالانسی؛ شکل (ب) نشان‌دهندهٔ جامد یونی و شکل (پ) نشان‌دهندهٔ جامد مولکولی است. آهن (III) اکسید، سدیم اکسید، منیزیم اکسید و آلومینیم اکسید، جامد یونی هستند. سیلیس، جامد کووالانسی، آب، جامد مولکولی و طلا، جامد فلزی است.

B ۲۴۸۴ ۲ در مواد کووالانسی تمامی اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل هستند و در واقع یک ساختار غول‌آسا را تشکیل می‌دهند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): به موادی مانند کربن دی‌اکسید، آب، متان و ... که از مولکول‌های مجزا تشکیل شده‌اند، مواد مولکولی گفته می‌شود. گزینهٔ (۳): سختی مواد مولکولی، به دلیل نیروهای بین ذره‌ای ضعیف‌تر نسبت به مواد کووالانسی کمتر می‌باشد. گزینهٔ (۴): جامدات یونی حداقل از دو اتم تشکیل شده‌اند و همواره ترکیب هستند ولی دیگر دسته‌ها از جامدات بلوری به صورت عنصری نیز یافت می‌شوند.

B ۲۴۸۵ ۱ عبارت (ب) نادرست است. شکل (الف)، (ب) و (پ) به‌ترتیب مربوط به ساختار ذره‌ای مواد یونی و مولکولی و فلزی در حالت خالص و جامد است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ترکیب‌های Fe_2O_3 و MgO جزء اکسیدهای فلزی بوده و جامدهای یونی هستند. عبارت (ب): SiO_2 جامد کووالانسی است و ساختارهای داده شده مربوط به جامدهای کووالانسی نیست، اما H_2O در حالت خالص و جامد یک جامد مولکولی است و ساختاری شبیه به شکل (ب) دارد. عبارت (پ): طلا یک فلز است و همانند فلزهای دیگر ساختاری شبیه به شکل (پ) دارد. عبارت (ت): هیچ‌کدام از شکل‌های داده شده برای نمایش ساختار ذره‌ای جامدهای کووالانسی مانند سیلیسیم مناسب نیست.

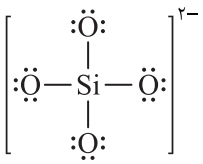
* **توجه** در ستون (الف) متانول یک ترکیب مولکولی و سدیم یک جامد فلزی است. در ستون (ب) سدیم کلرید یک جامد یونی است.

A ۲۴۸۶ ۱ در ساختار اغلب خاک‌های رس بعد از سیلیس، ترکیب‌هایی مانند Al_2O_3، Na_2O، Fe_2O_3 و ... بیشترین درصد جرمی را دارند که جزء ترکیب‌های یونی به حساب می‌آیند. شکل‌های (الف)، (ب) و (پ) به‌ترتیب مربوط به ساختار جامدهای یونی، جامدهای مولکولی و جامدهای فلزی است.

C ۲۴۸۷ ۲ عبارت‌های اول و دوم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: در ساختار جامدات کووالانسی، همهٔ اتم‌ها با یک‌دیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کنند. مورد دوم: فراوان‌ترین عنصر موجود در کرهٔ زمین، آهن است. آهن (III) اکسید باعث سرخ‌فام شدن خاک رس می‌شود. مورد سوم: ذرات تشکیل‌دهندهٔ جامدات یونی، شامل کاتیون‌ها و آنیون‌ها است و همچنین جامدات فلزی شامل کاتیون‌ها و الکترون‌های آزاد هستند، از این‌رو همهٔ ترکیباتی که دارای ذره‌های با بار مثبت و منفی هستند، جزء جامدات یونی نیستند. مورد چهارم: همهٔ ترکیبات یونی از کاتیون‌ها و آنیون‌ها تشکیل شده‌اند. به‌طور مثال سدیم کلرید $(NaCl)$ از کاتیون Na^+ و آنیون Cl^- تشکیل شده است. همچنین در برخی ترکیبات یونی مانند سدیم سیلیکات (Na_4SiO_4)، عنصر شبه‌فلزی نیز وجود دارد و در برخی ترکیبات یونی مانند آمونیوم نیترات (NH_4NO_3)، اصلاً عنصر فلزی وجود ندارد. مورد پنجم: پلیمرها از اتصال تعداد زیادی مولکول کوچک ایجاد می‌شوند؛ از این‌رو میان اتم‌های آن‌ها پیوند کووالانسی وجود دارد و میان مولکول‌های پلیمر، نیروهای وان‌درووالسی وجود دارد؛ بنابراین جزء جامدهای کووالانسی نیستند.

A ۲۴۸۸ ۴ اتم‌های سیلیسیم در حالت عنصری، پیوند اشتراکی ایجاد کرده و یک جامد کووالانسی تشکیل می‌دهند و میان اتم‌های سیلیسیم، پیوند اشتراکی وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): سیلیسیم $(_{14}Si)$ عنصری شبه‌فلزی از دورهٔ سوم جدول تناوبی است. گزینهٔ (۲): خواص فیزیکی شبه‌فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده درحالی‌که رفتار شیمیایی آن‌ها همانند نافلزها است. گزینهٔ (۳): سیلیسیم توانایی تشکیل ترکیبات یونی (Na_4SiO_4)، مولکولی $(SiCl_4)$ و کووالانسی (SiO_2) را دارد.

B ۲۴۸۹ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوستهٔ جامد زمین است. عبارت (ب): عنصرهای اصلی سازندهٔ جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم هستند، دو عنصری که از آن‌ها تاکنون یون تک‌اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است. عبارت (پ): ساختار یون سیلیکات به‌صورت مقابل است و در آن اتم‌های اکسیژن با پیوند یگانه به اتم سیلیسیم متصل هستند. عبارت (ت): اتم سیلیسیم می‌تواند در طبیعت به شکل جامدهای کووالانسی مثل سیلیس (SiO_2) و در قالب یون سیلیکات (SiO_4^{4-}) در جامدهای یونی مشاهده شود.

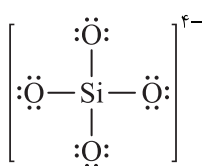
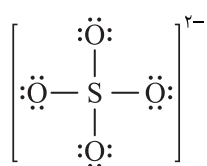
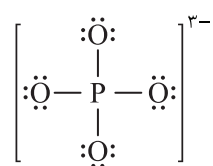


B ۲۴۹۰ ۴ چکش‌خوار بودن و خردنشدن در اثر ضربه از ویژگی‌های جامدهای فلزی است. سیلیسیم خالص یک جامد کووالانسی است که چکش‌خوار نبوده و در اثر ضربه خرد می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در سیلیسیم خالص، فقط پیوند کووالانسی وجود دارد و اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل شده‌اند، از این‌رو یک جامد کووالانسی است. گزینهٔ (۲): آنتالپی پیوند $Si-O$ بیشتر از آنتالپی پیوند $Si-Si$ است؛ از این‌رو سیلیسیم در طبیعت به‌طور خالص وجود ندارد و به‌طور عمده به شکل سیلیس (SiO_2) وجود دارد. گزینهٔ (۳): در ساختار جامدهای کووالانسی، اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل هستند.

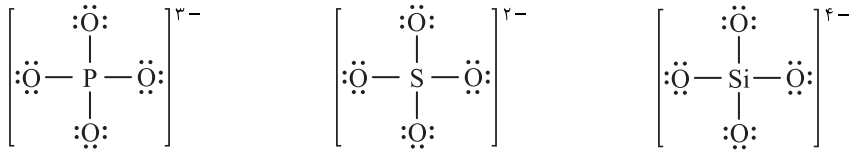
B ۲۴۹۱ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. سیلیسیم عنصر اصلی سازندهٔ سلول‌های خورشیدی است. **بررسی موارد:** مورد اول: پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام نیمه‌رساناها مثل سیلیسیم و ... ساخته می‌شوند. مورد دوم: سیلیسیم در طبیعت به‌صورت عنصری و خالص وجود ندارد و به‌طور عمده به شکل سیلیس دیده می‌شود. مورد سوم: سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوستهٔ جامد زمین است به‌طوری‌که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰٪ پوستهٔ جامد زمین را تشکیل می‌دهند. مورد چهارم: آرایش الکترونی سیلیسیم به‌صورت زیر است:

$$_{14}Si:[Ne]\underbrace{3s^2}_{3s}\underbrace{3p^2}_{3p} \Rightarrow \text{مجموع } l \text{ و } n \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2\times\underbrace{(3+0)}_{3s}+2\times\underbrace{(3+1)}_{3p}=6+8=14$$

مورد پنجم: ساختار لوویس یون‌های SiO_4^{4-}، SO_4^{2-} و PO_4^{3-} به‌صورت زیر بوده و در ساختار آن‌ها چهار پیوند اشتراکی وجود دارد.

B ۲۴۹۲ ۱ ساختار لوویس این سه یون به‌صورت زیر است:



سیلیکات سولفات فسفات

در ساختار هر سه یون ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۴ جفت‌الکترون پیوندی دیده می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): با توجه به ساختار لوویس‌های مورد (الف) بار یون سیلیکات (-4) و بار یون سولفات (-2) است. گزینهٔ (۳):

$$\text{سدیم سیلیکات: } Na_4SiO_4 \Rightarrow \frac{\text{شمار آنیون‌ها}}{\text{شمار کاتیون‌ها}} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{\frac{3}{2}}{\frac{1}{4}} = 6 \quad , \quad \text{کلسیم فسفات: } Ca_3(PO_4)_2 \Rightarrow \frac{\text{شمار کاتیون‌ها}}{\text{شمار آنیون‌ها}} = \frac{3}{2}$$

گزینهٔ (۴): سیلیسیم نیمه‌رسانا است و به مقدار کمی می‌تواند جریان الکتریسیته را عبور دهد.

B ۲۴۹۳ ۲ ابتدا عدد اکسایش اتم مرکزی و بار را برای هر یون تعیین می‌کنیم:

$$\text{یون سیلیکات} \Rightarrow \begin{cases} \underline{SiO_4^{4-}} \Rightarrow Si+4(-2)=-4 \Rightarrow Si=+4 \\ \text{بار یون سیلیکات}=-4 \end{cases}$$

$$\text{یون نیترات} \Rightarrow \begin{cases} \underline{NO_3^-} \Rightarrow N+3(-2)=-1 \Rightarrow N=+5 \\ \text{بار یون نیترات}=-1 \end{cases}$$

$$\text{یون هیدروژن کربنات} \Rightarrow \begin{cases} H\underline{CO_3^-} \Rightarrow C+1+3(-2)=-1 \Rightarrow C=+4 \\ \text{بار یون هیدروژن کربنات}=-1 \end{cases}$$

$$\text{یون فسفات} \Rightarrow \begin{cases} \underline{PO_4^{3-}} \Rightarrow P+4(-2)=-3 \Rightarrow P=+5 \\ \text{بار یون فسفات}=-3 \end{cases}$$

سپس جمع جبری بار یون‌ها و عدد اکسایش اتم مرکزی این یون‌ها را محاسبه می‌کنیم:

جمع جبری بار آنیون‌ها و عدد اکسایش اتم‌های مرکزی آن‌ها $=5+4+5+4+(-1)+(-4)+(-3)+(-1)=9$

B ۲۴۹۴ ۴ دومین عنصر فراوان در پوستهٔ جامد زمین، $_{14}Si$ است؛ بنابراین عنصر X، عنصر نیتروژن با عدد اتمی ۷ می‌باشد که در گروه ۱۵ جدول تناوبی قرار گرفته است. بیشترین و کمترین عدد اکسایش نیتروژن به‌ترتیب $+5$ و -3 می‌باشد. عدد اکسایش نیتروژن در HNO_3 برابر $(+5)$ و در NH_3 برابر (-3) است. HNO_3 و NH_3 به‌ترتیب اسید و باز هستند.

B ۲۴۹۵ ۳ به‌جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت اول: $CO_2(s)$ یک جامد مولکولی است. البته CO_2 در دما و فشار اتاق به حالت گاز می‌باشد. عبارت دوم: عنصرهای اصلی سازندهٔ جامدهای کووالانسی در طبیعت سیلیسیم و کربن هستند. عبارت سوم: یون تک‌اتمی عنصرهای کربن و سیلیسیم تاکنون در هیچ ترکیبی شناخته نشده‌اند.

A ۲۴۹۶ ۱ کربن دی‌اکسید در فشار و دمای اتاق، حالت فیزیکی گازی دارد، ولی سیلیس حالت فیزیکی جامد دارد.

A ۲۴۹۷ ۴ هر اتم اکسیژن در ساختار سیلیس، به حداکثر دو اتم سیلیسیم متصل است و نمی‌تواند تعداد بیشتری پیوند اشتراکی تشکیل دهد.

A ۲۴۹۸ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. این ساختار مربوط به ترکیب سیلیس می‌باشد و فرمول شیمیایی این ساختار (SiO_2) است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سیلیس نوعی جامد کووالانسی است و به‌کار بردن واژهٔ فرمول مولکولی برای آن درست نیست. عبارت (ب): با توجه به ساختار نمایش داده شده، اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن، حلقه‌های چندضلعی تشکیل می‌دهند. عبارت (پ): در این ترکیب تنها پل‌های $(Si-O-Si)$ مشاهده می‌شود و هیچ دو اتم سیلیسیم در آن با پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل نیستند. عبارت (ت): فرم بلوری سیلیس در حالت جامد سخت و دیرگداز است.

B ۲۴۹۹ ۳ فقط عبارت (پ) نادرست است. شکل (۱) نشان‌دهندهٔ $CO_2(s)$ و شکل (۲) نشان‌دهندهٔ $SiO_2(s)$ می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): SiO_2 از شمار بسیار زیادی اتم اکسیژن و سیلیسیم تشکیل شده که با پیوندهای $(O-Si-O)$ به هم متصل شده‌اند. عبارت (ب): جامدهای کووالانسی از جامدهای مولکولی، سخت‌تر و دیرگدازتر هستند. عبارت (پ): CO_2 در دما و فشار اتاق حالت گازی دارد. عبارت (ت): ترکیب شمارهٔ (۲) یک جامد کووالانسی است و مفاهیمی مثل مولکول و نیروهای بین‌مولکولی برای آن به‌کار نمی‌رود.

B ۲۵۰۰ ۱ شکل (۱) مربوط به بلور کربن دی‌اکسید (یخ خشک) و شکل (۲) مربوط به بلور سیلیس می‌باشد. کربن دی‌اکسید یک جامد مولکولی و سیلیس یک جامد کووالانسی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در ساختار سیلیس فقط پیوند $(Si-O)$ وجود دارد. گزینهٔ (۳): برای جامدهای کووالانسی مانند سیلیس نمی‌توان فرمول مولکولی نوشت، بلکه فرمول شیمیایی آن را می‌توان تعیین کرد. گزینهٔ (۴): در جامدهای کووالانسی نمی‌توان از واژهٔ نیروهای بین‌مولکولی و ... که مرتبط با وجود مولکول است، استفاده کرد.

B ۲۵۰۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): خاک رس اغلب شامل انواعی از اکسیدها از جمله اکسیدهای فلزی مانند آلومینیم اکسید و سدیم اکسید می‌باشد. عبارت (ب): یکی از مواد سازندهٔ اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها، شن و ماسه، سیلیس (SiO_2) است. عبارت (پ): ترکیبی که باعث استحکام و پایداری سازه‌های سنگی و نقش‌کنده‌های روی آن‌ها شده، SiO_2 می‌باشد که جزء جامدات کووالانسی دسته‌بندی می‌شود. عبارت (ت): فراوان‌ترین مادهٔ به‌کار رفته در خاک رس، SiO_2 می‌باشد. می‌دانیم شعاع Si بزرگ‌تر از O است و عدد اکسایش اتم Si در SiO_2 برابر با $(+4)$ است.

$$SiO_2: \ Si+2(-2)=0 \Rightarrow Si-4=0 \Rightarrow Si=+4$$

۲۵۰۲ | ۱ | B | عبارت‌های اول و سوم صحیح هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ساده‌ترین آمین، متیل آمین CH_5N می‌باشد که در ساختار آن شمار پیوندهای اشتراکی، ۶ برابر شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی است. عبارت دوم: سیانواتن با فرمول مولکولی C_2H_3N دارای جرم مولی $53g.mol^{-1}$ است. عبارت سوم: کوارتز نمونهٔ خالص و ماسه نمونهٔ ناخالص سیلیس است. عبارت چهارم: گاز مرداب، متان می‌باشد و مطابق معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش زیر، از سوختن کامل هر مول از آن، ۱ مول CO_2 (۴۴g) و ۲ مول H_2O (۳۶g) تولید می‌شود.

$$CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow 1CO_2(g)+2H_2O(l)$$

۲۵۰۳ | ۴ | A | **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نمی‌شود در حالی‌که کربن در طبیعت به حالت خالص (گرافیت و الماس) یافت می‌شود. گزینهٔ (۲): کربن همانند سیلیسیم در هیچ‌یک از ترکیب‌های خود به‌عنوان یون تک‌اتمی حضور ندارد. گزینهٔ (۳): عنصر کربن در ترکیبات یونی همچون $CaCO_3$، HCN و ... نیز یافت می‌شود.

۲۵۰۴ | ۴ | A | به شکل‌های گوناگون مولکولی یا بلوری یک عنصر آلوتروپ یا دگرشکل می‌گویند. مانند الماس و گرافیت که آلوتروپ (دگرشکل)های کربن هستند یا اکسیژن و اوزون که آلوتروپ (دگرشکل)های اکسیژن هستند.

* **توجه** گزینهٔ (۱) تعریف مفهوم ایزومری و گزینهٔ (۲) تعریف مفهوم ایزوتوپی است.

۲۵۰۵ | ۳ | B | همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هر دو دگرشکل، جامد کووالانسی هستند. در الماس چینش اتم‌های کربن به‌صورت سه‌بعدی و در گرافیت به‌صورت دوبعدی است. عبارت دوم: گرافیت ساختاری لایه‌ای دارد و برای ساخت مغز مداد به‌کار می‌رود و روی کاغذ اثر به جا می‌گذارد. عبارت سوم: دگرشکل شمارهٔ (۱) الماس و دگرشکل شمارهٔ (۲) گرافیت است. در ساختار گرافیت، مولکول‌های جدا از هم و مستقل وجود ندارد، چون گرافیت یک جامد کووالانسی است. عبارت چهارم: گرافیت برخلاف الماس رسانای جریان الکتریسیته است. عبارت پنجم: از دگرشکل شمارهٔ (۱) که همان الماس است در ساختار مته‌ها و ابزار برش استفاده می‌شود و چگالی بیشتری نسبت به گرافیت (دگرشکل شمارهٔ (۲)) دارد.

۲۵۰۶ | ۳ | A | الماس و گرافیت هر دو در دما و فشار اتاق جامد هستند و از کربن خالص تشکیل شده‌اند، اما میزان سختی الماس از گرافیت بیشتر است. گرافیت دگرشکل پایدارتر کربن در طبیعت می‌باشد، به همین دلیل آنتالپی سوختن گرافیت کمتر از الماس است. الماس برخلاف گرافیت رسانای جریان برق نیست.

۲۵۰۷ | ۴ | A | هر دو مادهٔ گرافیت و الماس جامد کووالانسی هستند و شامل یک شبکهٔ به هم پیوسته از اتم‌های کربن هستند؛ بنابراین فقط گزینهٔ (۴) نمی‌تواند دلیل مناسبی برای نرم‌تر بودن گرافیت نسبت به الماس باشد.

۲۵۰۸ | ۲ | A | در ساختار الماس، یک اتم کربن با ۴ پیوند اشتراکی یگانه به ۴ اتم کربن دیگر متصل است و در ساختار گرافیت، یک اتم کربن با یک پیوند اشتراکی دوگانه و دو پیوند اشتراکی یگانه به ۳ اتم کربن دیگر متصل است؛ بنابراین میانگین مرتبهٔ پیوند کربن - کربن در الماس یک و در گرافیت تقریباً ۱/۳ است. می‌دانیم هرچه مرتبهٔ پیوندی بزرگ‌تر باشد، طول پیوند کوتاه‌تر و آنتالپی آن پیوند بیشتر خواهد بود، پس میانگین آنتالپی پیوند در گرافیت بیشتر و میانگین طول پیوند در الماس بیشتر است.

۲۵۰۹ | ۱ | A | فقط مورد (پ) جمله را به درستی کامل می‌کند. در گرافیت، پیوندهای موجود در هر صفحه، بسیار قوی هستند، یعنی بین اتم‌های کربن در هر صفحه، پیوندهای قوی کووالانسی وجود دارد که باعث می‌شود دمای ذوب و جوش گرافیت بسیار بالا باشد.

۲۵۱۰ | ۳ | B | ساختار (۱)، گرافیت و ساختار (۲)، الماس است. آنتالپی سوختن گرافیت از الماس پایین‌تر است، پس سطح انرژی گرافیت پایین‌تر از الماس و پایداری گرافیت بیشتر از الماس است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): پایداری الماس نسبت به گرافیت کمتر است. گزینهٔ (۲): الماس متراکم‌تر از گرافیت بوده؛ بنابراین چگالی آن بیشتر از گرافیت است. در حجم برابر از این دو ماده، جرم الماس بیشتر از گرافیت است، از این‌رو در الماس شمار اتم‌های کربن بیشتر از گرافیت است. گزینهٔ (۴): هر اتم کربن چهار پیوند اشتراکی برقرار می‌کند، از این‌رو اگر تعداد اتم‌های کربن در الماس و گرافیت برابر باشد، شمار پیوندهای اشتراکی نیز یکسان است.

۲۵۱۱ | ۲ | C | موارد اول و پنجم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: شکل‌های (۱) و (۲) به ترتیب ساختار الماس و گرافیت را نشان می‌دهند که به ترتیب ساختارهای سه‌بعدی و دوبعدی دارند. مورد دوم: در ساختار الماس، هر اتم کربن با ۴ پیوند یگانه به ۴ اتم کربن دیگر اتصال دارد؛ اما در ساختار گرافیت هر اتم کربن با ۳ اتم کربن دیگر پیوند دارد که یکی از این پیوندها دوگانه می‌باشد؛ در نتیجه به‌طور میانگین آنتالپی پیوند کربن - کربن در گرافیت نسبت به الماس بیشتر است. مورد سوم: الماس نسبت به گرافیت سختی بیشتری دارد، اما رسانای جریان الکتریکی نیست. مورد چهارم: نقطهٔ ذوب، اندازهٔ آنتالپی سوختن و رسانایی گرمایی الماس از گرافیت بیشتر است و از میان موارد داده شده، فقط پایداری گرافیت از الماس بالاتر می‌باشد. مورد پنجم: چگالی الماس از گرافیت بیشتر است، در نتیجه در جرم‌های یکسان، گرافیت حجم بیشتری نسبت به الماس اشغال می‌کند.

۲۵۱۲ | ۳ | A | ساختار گرافن استحکام ویژه‌ای دارد، به‌طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است.

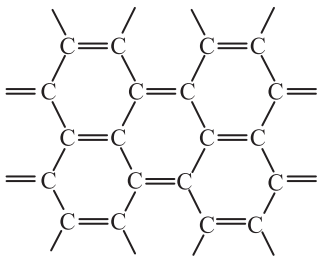
۲۵۱۳ | ۲ | A | فقط عبارت (ت) نادرست است. ضخامت هر لایهٔ گرافن به اندازهٔ یک اتم کربن و در حد نانومتر است.

۲۵۱۴ | ۴ | A | گرافن، لایه‌ای به ضخامت یک نانومتر از گرافیت است که رسانایی الکتریکی بالایی دارد.

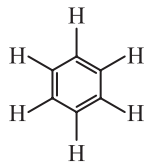
۲۵۱۵ | ۱ | A | فقط عبارت سوم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آزمایش، رسانایی الکتریکی گرافن را بررسی می‌کند و ضخامت این لایه در حد اتم کربن است. عبارت دوم: اگر نوک فلزی دو سیم را از هم دور کنیم، طول رسانا افزایش، مقاومت الکتریکی افزایش و جریان الکتریکی و نور لامپ کاهش می‌یابند. عبارت سوم: طول و مقاومت یک رسانا با هم نسبت مستقیم دارند. هر چه طول رسانا بیشتر باشد، مقاومت آن در برابر جریان الکتریکی افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که بعضی از جامدهای کووالانسی مثل گرافیت رسانای جریان الکتریسیته هستند.

۲۵۱۶ | ۲ | B | عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گرافن به علت نداشتن فواصل بین لایه‌ای موجود در گرافیت، چگالی بیشتری نسبت به آن دارد، در نتیجه در حجم یکسان جرم گرافن بیشتر از گرافیت است. عبارت (ب): گرافن از عنصر کربن تشکیل شده است. کربن دو آلوتروپ الماس و گرافیت را دارد که از الماس برای ساخت مته و ابزار برش شیشه استفاده می‌شود. عبارت (پ): کربن و سیلیسیم یون تک‌اتمی تشکیل نمی‌دهند اما در ساختار بعضی یون‌های چنداتمی وجود دارند. به‌عنوان مثال، کربن در یون کربنات (CO_3^{2-}) و سیلیسیم در یون سیلیکات (SiO_4^{4-}) دیده می‌شود. عبارت (ت): اوزون و اکسیژن آلوتروپ‌های اکسیژن هستند در حالی‌که گرافیت از لایه‌های گرافن تشکیل شده است. رابطهٔ اوزون و اکسیژن مثل رابطهٔ الماس و گرافیت است. عبارت (ث): تعداد پیوندهای میان دو اتم کربن در گرافن بیشتر از الماس است، پس فاصلهٔ هستهٔ اتم‌های کربن که در گرافن به یکدیگر متصل شده‌اند کمتر از الماس است.

B ۲۵۱۷ ۱ در ساختار گرافن، هر اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی به سه اتم کربن دیگر متصل است و ساختار شش‌ضلعی ایجاد کرده است. با توجه به اینکه هر اتم کربن، چهار ظرفیت دارد؛ می‌توان نتیجه گرفت که یکی از پیوندهای (کربن - کربن) در آن دوگانه است.

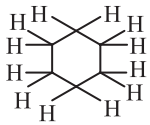


در بنزن نیز، هر اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی (یک پیوند دوگانه و دو پیوند یگانه) به سه اتم دیگر متصل است:



بنزن (C_6H_6)

در سیکلوهگزان، همهٔ پیوندها یگانه است:



سیکلوهگزان (C_6H_{12})

B ۲۵۱۸ ۴ عبارت‌های اول، دوم، سوم و چهارم درست بوده و عبارت پنجم نادرست است. به نکتهٔ زیر توجه کنید:

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: از آنجا که ساختار الماس و سیلیسیم کاملاً یکسان است، به کمک آنتالپی پیوندهای موجود در آن‌ها، می‌توان نقطهٔ ذوب آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد؛ به طوری که هر چه آنتالپی پیوند قوی‌تر باشد، نقطهٔ ذوب بالاتر خواهد بود. به این ترتیب از آنجا که آنتالپی پیوندهای $C-C$ و $Si-Si$ به ترتیب برابر ۳۴۸ و ۲۲۶ کیلوژول بر مول است؛ بنابراین پیوندهای موجود در ساختار الماس قوی‌تر از سیلیسیم خالص است و الماس نقطهٔ ذوب بالاتری دارد. عبارت سوم: با توجه به شعاع اتمی کوچک‌تر O نسبت به Si، طول پیوند $Si-O$ از $Si-Si$ کمتر بوده و در نتیجه آنتالپی پیوند آن بیشتر است. همچنین پیوند $Si-O$ قطبی بوده ولی پیوند $Si-Si$ ناقطبی است که این عامل نیز سبب می‌شود تا آنتالپی پیوند $Si-O$ بیشتر از $Si-Si$ باشد. عبارت چهارم: گرافن، تک‌لایه‌ای از گرافیت است و ضخامت آن به اندازهٔ یک اتم کربن است و می‌توان آن را یک گونهٔ شیمیایی دوبعدی دانست و شفاف و انعطاف‌پذیر است. عبارت پنجم: دقت کنید که به علت پایداری بیشتر سیلیس (SiO_2) نسبت به سیلیسیم خالص و همچنین اکسیژن‌دوست بودن عنصر سیلیسیم، این عنصر در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به طور عمده به شکل سیلیس یافت می‌شود.

B ۲۵۱۹ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: در الماس برخلاف گرافیت همهٔ اتم‌ها با پیوندهای یگانه به یکدیگر متصل شده‌اند. در الماس هر اتم کربن با ۴ پیوند کووالانسی به ۴ اتم کربن دیگر متصل می‌باشد اما در گرافیت هر اتم کربن با ۴ پیوند کووالانسی به ۳ اتم کربن دیگر متصل است. مورد دوم: از آنجا که الماس ساختار لایه‌ای ندارد و همهٔ اتم‌ها با پیوندهای کووالانسی به یکدیگر متصل‌اند، این ترکیب ساختار فشرده‌تری نسبت به گرافیت دارد و چگالی آن بیشتر خواهد بود. مورد سوم: شکل (۱) مربوط به الماس و شکل (۲) مربوط به گرافیت می‌باشد. هر لایهٔ سازندهٔ گرافیت (گرافن) برخلاف کل ترکیب شفاف بوده اما همانند آن رسانایی الکتریکی دارد. مورد چهارم: در سیلیس همانند الماس، همهٔ اتم‌ها با پیوندهای یگانه به یکدیگر متصل هستند و هر دو ترکیب ساختاری سه بعدی دارند. مورد پنجم: مولکول‌های آب در حالت جامد به صورت شش‌ضلعی قرار می‌گیرند ولی این ساختار همانند ساختار گرافیت (شکل ۲) به صورت دوبعدی نیست و ساختاری سه‌بعدی دارد.

B ۲۵۲۰ ۴ جرم مولی گرافیت و الماس فارغ از تعداد اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها برابر ۱۲ گرم بر مول (برابر جرم مولی اتم کربن) می‌باشد. در واقع تعداد اتم‌ها در مقدار جرم مولی تأثیری ندارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): گرافن یک لایهٔ مسطح و دوبعدی از اتم‌های کربن است و در ساختار آن پیوندهای $(C=C)$ و $(C-C)$ دیده می‌شود. گزینهٔ (۲): بین لایه‌های گرافن نیروهای بین‌مولکولی ضعیفی وجود دارد به‌طوری که هر لایه به راحتی می‌تواند روی لایهٔ دیگر بلغزد. توانایی لغزش لایه‌ها روی یکدیگر در گرافیت باعث نرمی آن شده است. گزینهٔ (۳): در گرافن، هر اتم کربن با یک پیوند دوگانه و دو پیوند یگانه، به سه اتم کربن دیگر متصل است.

A ۲۵۲۱ ۴ جامدهای کووالانسی شکننده بوده و چکش‌خوار نیستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): سیلیسیم کربید یک سایندهٔ ارزان است و در تهیهٔ سنباده به‌کار می‌رود. گزینهٔ (۲): سیلیسیم کربید جزء جامدهای کووالانسی است؛ زیرا ساختار آن شامل یک شبکهٔ غول‌آسا از اتم‌های کربن و سیلیسیم است که به هم متصل شده‌اند. گزینهٔ (۳): سیلیسیم کربید از نظر ساختاری مشابه الماس است. سختی سیلیسیم کربید از سیلیسیم بیشتر و از الماس کمتر است.

B ۲۵۲۲ ۱ تمام عبارت‌ها نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سیلیسیم کربید یک جامد کووالانسی سه‌بعدی است در حالی که گرافن دوبعدی است. عبارت (ب): در گرافیت هر اتم کربن به ۳ اتم کربن دیگر متصل است در حالی که در الماس هر اتم کربن به ۴ اتم کربن دیگر متصل است. عبارت (پ): در بین صفحات گرافیت نیروهای ضعیف وان‌دروالسی وجود دارد. عبارت (ت): در ساختار جامد کووالانسی سیلیس، هر اتم سیلیسیم با ۴ اتم اکسیژن پیوند کووالانسی یگانه برقرار می‌کند.

B ۲۵۲۳ ۳ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): شعاع اتمی کربن کوچک‌تر از شعاع اتمی سیلیسیم است، به همین دلیل میانگین آنتالپی پیوند «کربن - کربن» از آنتالپی پیوند «سیلیسیم - سیلیسیم» بیشتر است. پرسش (ب): میانگین آنتالپی پیوند «کربن - کربن» بیشتر از «سیلیسیم - سیلیسیم» است، به همین دلیل برای ذوب کردن الماس انرژی بیشتری صرف می‌شود. پرسش (پ): از آنجا که آنتالپی پیوند $(Si-O)$ بیشتر از پیوند $(Si-Si)$ و ساختار سیلیسیم و سیلیس مشابه یکدیگر است؛ بنابراین ساختار سیلیس پایدارتر از سیلیسیم خواهد بود.

B ۲۵۲۴ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آنتالپی پیوند $C-C$ از $Si-C$ بیشتر است؛ بنابراین سختی الماس از سیلیسیم کربید (SiC) بیشتر است. عبارت (ب): طول پیوند $Si-Si$ از پیوندهای $C-C$ و $Si-C$ بیشتر است؛ بنابراین آنتالپی آن از هر دو پیوند $C-C$ و $Si-C$ کمتر خواهد بود. عبارت (پ): سیلیسیم کربید به عنوان سایندهٔ ارزان استفاده می‌شود. عبارت (ت): سیلیسیم به صورت خالص در طبیعت یافت نمی‌شود و به طور عمده به شکل سیلیس (SiO_2) است؛ زیرا آنتالپی پیوند $Si-O$ از $Si-Si$ بیشتر و پایدارتر است.

B ۲۵۲۵ ۴ سطح انرژی گرافیت از الماس پایین‌تر بوده و در نتیجه پایداری گرافیت از الماس بیشتر است. گرافیت رسانای جریان الکتریسیته است.

A ۲۵۲۶ ۲ رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین‌مولکولی بستگی دارد، در حالی که رفتار شیمیایی آن به‌طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت‌الکترون‌های پیوندی) و جفت‌الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.

A ۲۵۲۷ ۴ اغلب ترکیب‌های آلی را می‌توان جزء مواد مولکولی به حساب آورد. **بررسی گزینهٔ (۳):** گرافیت جزء جامدهای کووالانسی و کلسیم فلوئورید یک ترکیب یونی است. هیدروژن برمید و استون ترکیب‌های مولکولی هستند.

A ۲۵۲۸ ۳ واژه‌های نیروهای بین‌مولکولی و فرمول مولکولی را فقط برای مواد مولکولی می‌توان استفاده کرد، در بین موارد مطرح شده سیلیس (SiO_2) جامد کووالانسی و سدیم کلرید $(NaCl)$ جامد یونی بوده و بقیهٔ موارد جزء مواد مولکولی هستند. بنابراین ۵ مادهٔ مولکولی در بین این مواد وجود دارد.

A ۲۵۲۹ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکول‌های H_2O در ساختار یخ یک آرایش منظم و سه‌بعدی دارند. عبارت (ب): مولکول‌های H_2O در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه‌بعدی با تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. عبارت (پ): در این ساختار هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است؛ بنابراین هر اتم اکسیژن در مجموع با ۴ اتم هیدروژن برهم‌کنش دارد. عبارت (ت): در این ساختار هر اتم هیدروژن به یک اتم اکسیژن با پیوند اشتراکی و به یک اتم اکسیژن از مولکول‌های دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است.

B ۲۵۳۰ ۲ سازه‌های یخی، زیبا و سخت اما زودگداز هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): سیلیس در حالت تراش‌خورده همانند یخ، شفاف، زیبا و سخت است. گزینهٔ (۳): در یخ اتم‌های هیدروژن و اکسیژن هم پیوند اشتراکی و هم پیوند هیدروژنی دارند. گزینهٔ (۴): دانهٔ برف یک سازهٔ یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های شش‌گوشه، مانند کندوی زنبور عسل است که در رأس هر شش‌گوشه، اتم‌های اکسیژن و بر روی اضلاع آن اتم‌های هیدروژن قرار دارند.

B ۲۵۳۱ ۳ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در ساختار الماس هر اتم کربن با ۴ پیوند یگانه به ۴ اتم کربن متصل است و در ساختار سیلیس نیز هر اتم سیلیسیم با ۴ پیوند یگانه به ۴ اتم اکسیژن متصل می‌باشد. کربن و سیلیسیم هر دو متعلق به گروه ۱۴ جدول دوره‌ای هستند. عبارت دوم: در ساختار یخ فقط پیوند یگانه (اکسیژن - هیدروژن) و در ساختار سیلیس فقط پیوند یگانه (سیلیسیم - اکسیژن) وجود دارد در حالی‌که در گرافیت پیوند دوگانهٔ (کربن - کربن) هم وجود دارد. عبارت سوم: لایه‌های مختلف گرافیت توسط پیوندهای ضعیف وان‌دروالس کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. عبارت چهارم: مقاومت کششی گرافن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است. از کنار هم قرار گرفتن لایه‌های گرافن، گرافیت تولید می‌گردد که برای ساخت مغز مداد استفاده می‌شود.

B ۲۵۳۲ ۴ در اثر حرارت دادن به یخ با دمای $0^\circ C$ و تبدیل آن به آب $0^\circ C$، نیروی (b) ضعیف می‌شود؛ زیرا (b) پیوند هیدروژنی بوده که از نوع نیروهای بین‌مولکولی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به شکل در رأس ساختارهای شش‌گوشهٔ موجود در یخ، اتم‌های اکسیژن و روی اضلاع آن‌ها، اتم‌های هیدروژن قرار دارند. گزینهٔ (۲): در این ساختار هر اتم اکسیژن با دو پیوند اشتراکی به دو اتم هیدروژن متصل است و با دو پیوند هیدروژنی با دو اتم هیدروژن از مولکول‌های مجاور برهم‌کنش برقرار کرده، پس در این ساختار دو نوع نیروی بین ذره‌ای (پیوند اشتراکی و پیوند هیدروژنی) وجود دارد. گزینهٔ (۳): تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه باعث به وجود آمدن فضای خالی درون حلقه‌های شش‌ضلعی و افزایش حجم آب هنگام یخ زدن می‌شود.

B ۲۵۳۳ ۲ عبارت‌های چهارم، پنجم و ششم عبارت را درست کامل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** مورد اول: یخ همانند گرافن دارای حلقه‌های شش‌ضلعی است. در یخ اضلاع این شش‌ضلعی‌ها، پیوند کووالانسی و هیدروژنی هستند، اما در گرافن فقط پیوند کووالانسی دیده می‌شود.

* **توجه** در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن مولکول خود با پیوند اشتراکی و با دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است.

مورد دوم: یخ آرایش منظمی از مولکول‌های H_2O در سه بعد است؛ در حالی‌که گرافیت آرایشی منظم و دوبعدی دارد. مورد سوم: الماس یک جامد کووالانسی است و نقطهٔ ذوب بسیار بالایی دارد، در حالی‌که یخ یک جامد مولکولی بوده و نقطهٔ ذوب آن پایین است. مورد چهارم: یخ و سیلیس هر دو دارای ظاهری شفاف هستند. مورد پنجم: یخ و هگزان هر دو روی آب قرار می‌گیرند. از این‌رو چگالی کمتری نسبت به آب مایع دارند. مورد ششم: یخ دارای پیوندهای $O-H$ بوده و می‌تواند پیوند هیدروژنی ایجاد کند، آمونیاک نیز دارای پیوندهای $N-H$ بوده و قابلیت ایجاد پیوند هیدروژنی دارد.

B ۲۵۳۴ ۲ با توجه به جدول زیر می‌توان نتیجه گرفت که موارد (الف)، (ب) و (ت) جزء ویژگی‌هایی هستند که مواد کووالانسی برخلاف مواد مولکولی دارند.

موضوع مورد بررسی	اغلب جامدهای کووالانسی	اغلب جامدهای مولکولی
جامد بودن در دما و فشار اتاق	✓	×
نقطهٔ ذوب و جوش بالا و دیرگداز بودن	✓	×
تنوع و شمار زیاد مواد	×	✓
سخت و شکننده بودن در اغلب مواد	✓	×
فرمول مولکولی و نیروی بین‌مولکولی	×	✓
عدم رسانایی در دما و فشار اتاق	✓	✓
پیوند اشتراکی	✓	✓

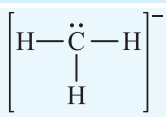
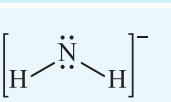
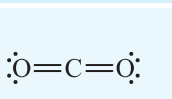
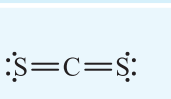
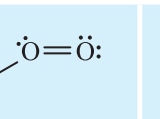
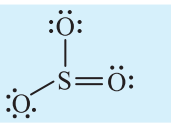
* **توجه** جامد بودن در دما و فشار اتاق فقط مختص مواد کووالانسی نیست. به‌عنوان مثال، ید که در دما و فشار اتاق جامد است، جزء مواد مولکولی است. اما چون در صورت سؤال گفته شده اغلب مواد مولکولی و کووالانسی، این مورد فقط برای جامدهای کووالانسی مناسب است، چرا که اغلب مواد مولکولی در دما و فشار اتاق جامد نیستند.

C ۲۵۳۵ ۳ موارد اول، سوم، چهارم، پنجم و هشتم از شباهت‌های ساختار سیلیس و یخ هستند. یخ و سیلیس هر دو ساختاری منظم و سه‌بعدی دارند. سیلیس یک جامد کووالانسی است و نقطهٔ ذوب بالایی دارد، در حالی‌که یخ یک جامد مولکولی است و نقطهٔ ذوب پایینی دارد. در ساختار یخ و سیلیس هر اتم اکسیژن دارای دو جفت‌الکترون ناپیوندی است. یخ و سیلیس از شش‌ضلعی‌هایی ساخته شده‌اند و در هر ضلع این شش‌ضلعی‌ها، سه اتم وجود دارد. سیلیس فقط دارای پیوند کووالانسی یگانه و یخ دارای پیوند کووالانسی یگانه و پیوند هیدروژنی است. داشتن ساختار غول‌آسا ویژهٔ جامدهای کووالانسی است. یخ به دلیل وجود پیوندهای اتم هیدروژن متصل به اکسیژن، برخلاف سیلیس، توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود را دارد. یخ و سیلیس تراش‌خورده هر دو دارای ساختاری شفاف هستند. توانایی تشکیل مولکول ویژهٔ جامدهای مولکولی است. سیلیس خالص برخلاف یخ به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به‌کار می‌رود.

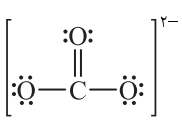
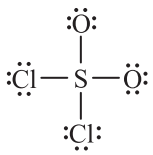
C ۲۵۳۶ ۲ موارد اول، دوم، سوم، چهارم و هشتم از شباهت‌های ساختارهای گرافن و یخ هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: گرافن تک‌لایه‌ای از گرافیت بوده و همانند یخ دارای ساختاری شفاف است. مورد دوم: در ساختار یخ و گرافن حلقه‌های شش‌گوشه‌ای به‌طور منظم قرار گرفته‌اند. مورد سوم: آب خالص و یخ دارای رسانایی الکتریکی ناچیز و گرافن و گرافیت دارای رسانایی الکتریکی بالایی هستند. مورد چهارم: در ساختار گرافن و یخ حلقه‌های شش‌ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند شانهٔ عسل را به‌وجود می‌آورند. مورد پنجم: گرافن فقط از اتم کربن تشکیل شده و گونه‌ای عنصری است، در حالی‌که یخ دارای اتم‌های اکسیژن و هیدروژن بوده و ترکیب محسوب می‌شود.

مورد ششم: یخ دارای پیوندهای کووالانسی یگانه و پیوند هیدروژنی بوده و سیرشده است، در حالی که گرافن علاوه‌بر پیوندهای C—C دارای پیوندهای C=C نیز بوده و از این‌رو سیرنشده است. مورد هفتم: گرافن یک جامد کووالانسی بوده و نقطهٔ جوش بالایی دارد، در حالی‌که یخ یک جامد مولکولی بوده و نقطهٔ جوش پایینی دارد. مورد هشتم: در ساختار گرافن و سیلیس پیوندهای اشتراکی قابل رؤیت است. مورد نهم: یخ به دلیل داشتن هیدروژن متصل به اکسیژن در ساختار خود، برخلاف سیلیس می‌تواند پیوندهای هیدروژنی ایجاد کند. مورد دهم: پرمصرف‌ترین فلز جهان، آهن بوده و برای استخراج آن از Fe_2O_3 (عامل سرخی خاک رس)، از اتم کربن استفاده می‌شود. در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی گرافن، اتم کربن قرار دارد، در حالی که در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی یخ، اتم اکسیژن قرار گرفته است.

B ۲۵۳۷ ۳ در جدول زیر تعداد الکترون‌ها و ساختار لوویس گونه‌های مطرح شده در گزینه‌ها را آورده‌ایم:

مولکول یا یون	CH_3^-	NH_2^-	CO_2	CS_2
تعداد الکترون	$6+3+1=10e^-$	$7+2+1=10e^-$	$6+(2\times8)=22e^-$	$6+(2\times16)=38e^-$
ساختار لوویس				
مولکول یا یون	CO	N_2	SO_3	O_3
تعداد الکترون	$6+8=14e^-$	$2\times7=14e^-$	$16+3\times8=40e^-$	$3\times8=24e^-$
ساختار لوویس				

B ۲۵۳۸ ۲ ابتدا به ساختار لوویس یون‌های CO_3^{2-} و SO_2Cl_2 توجه کنید:

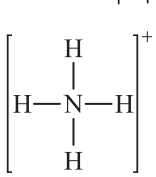
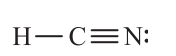



تعداد کل الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها در یون CO_3^{2-} (یون کربنات) برابر است با:

تعداد کل الکترون‌ها $=(1\times4)+(3\times6)+2=24$

تعداد الکترون‌های ناپیوندی در مولکول SO_2Cl_2 نیز برابر با ۲۴ است، زیرا اطراف اتم مرکزی ۴ اتم وجود دارد که هر کدام ۳ جفت ناپیوندی دارند.

C ۲۵۳۹ ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): می‌دانیم عنصری با عدد اتمی ۱۴، همان سیلیسیم (Si) است و SiO_2 یک مادهٔ مولکولی نیست بلکه جامد کووالانسی است. از طرفی، در ساختار لوویس ($:\ddot{O}=\ddot{X}-\ddot{O}:$) مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی اتم‌ها برابر ۱۸ الکترون است، از طرفی، مجموع الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها برابر $x+12$ می‌باشد، (x تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم X است.) با توجه به اینکه این مولکول خنثی است، اختلاف این دو عدد باید برابر صفر باشد: بار گونه $=$(مجموع الکترون‌های لایهٔ ظرفیت تمام اتم‌ها)$-$(مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی)$=(x+12)-(18)=0\Rightarrow x=6$

بنابراین تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم X برابر ۶ است و این اتم متعلق به گروه ۱۶ می‌باشد، در حالی که اتم $_{14}X$ متعلق به گروه ۱۴ است. عبارت (ب): در رسم آرایش لوویس، اتم‌های هیدروژن و فلوئور، همواره اتم کناری هستند و نمی‌توانند اتم مرکزی باشند. عبارت (پ): ساختار لوویس هیدروژن سیانید و یون آمونیوم به شکل روبه‌رو است که در هر کدام چهار پیوند کووالانسی وجود دارد. عبارت (ت): شمار کل الکترون‌های ظرفیت در یون نیترات و مولکول نیتروژن دی‌اکسید در زیر محاسبه شده است:

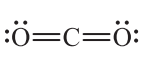
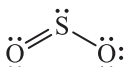
$NO_3^-: 1\times(5)+3\times(6)+1=24e^-$ $\quad$ $NO_2: 1\times(5)+2\times(6)=17e^-$

عبارت (ث): واژهٔ جرم مولکولی برای SiO_2 درست نیست؛ زیرا SiO_2 مادهٔ مولکولی نیست.

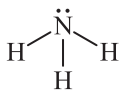
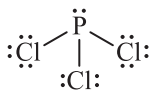
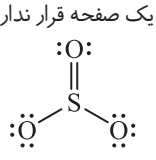
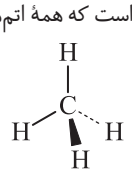
A ۲۵۴۰ ۳ توزیع جفت‌الکترون‌های پیوندی و جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در هر مولکول، نقش مهمی در تعیین رفتار آن مولکول در میدان الکتریکی دارد.

A ۲۵۴۱ ۳ رفتارهای فیزیکی یک ترکیب مولکولی (مثل آنتالپی تبخیر و نقطهٔ جوش) به نیروهای بین‌مولکولی وابسته است، در حالی که رفتار شیمیایی به‌طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت‌الکترون‌های پیوندی) و جفت‌الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.

B ۲۵۴۲ ۴ فقط عبارت (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): همهٔ مولکول‌های دواتمی خطی هستند، اما برخی از مولکول‌های سه‌اتمی خطی و برخی دیگر خمیده هستند. به‌طور مثال مولکول‌های HCN ساختار خطی و مولکول‌های H_2O ساختار خمیده دارند.

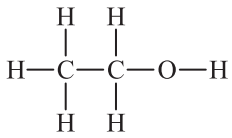
عبارت (ب): CO_2 برخلاف SO_2 دارای ساختاری خطی است. عبارت (پ): به ساختار لوویس سه مولکول زیر توجه کنید. با توجه به ساختارهای لوویس رسم شده، اتم مرکزی مولکول‌های NH_3 و PCl_3 برخلاف SO_3 دارای الکترون ناپیوندی هستند. عبارت (ت): با توجه به ساختار CH_4، واضح است که همهٔ اتم‌های آن روی یک صفحه قرار ندارند.

B ۲۵۴۳ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** مورد اول: به‌عنوان مثال نقض، مولکول اتین (C_2H_2) دارای ساختاری خطی است:

$H-C\equiv C-H$

مـورد دوم: با توجه به سـاختار لوویـس اتانول، پیوندهای $C-O$ ، $O-H$ و $C-H$ قطبی و پیوند $C-C$ ناقطبی اسـت. شمار پیوندهای قطبی در این مولکول برابر ۷ است.



مورد سوم: هر مولکولی که پیوند قطبی دارد، لزوماً قطبی نیست. برای مثال پیوندها در کربن دی‌اکسید (CO_2) قطبی هستند ولی مولکول CO_2 ناقطبی است. مورد چهارم: برخی مولکول‌های خطی مثل H_2 ، Cl_2 ، C_2H_2 و ... ناقطبی بوده و برخی مولکول‌های خطی مثل HCl ، HCN و ... قطبی هستند. مورد پنجم: پیوندهای قطبی با یک بردار نمایش داده می‌شوند و جهت این بردار به سمت اتمی است که خصلت نافلزی بیشتری داشته و دارای بار جزئی منفی است.

B ۲۵۴۴ ۴ نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون در تمام مولکول‌های قطبی، ناقطبی و یون‌ها مناسب است.

B ۲۵۴۵ ۲ دربارهٔ مولکول‌های دواتمی جورهسته می‌توان گفت ناقطبی هستند، ولی در این مولکول‌ها الزاماً اتم‌ها فاقد زوج‌الکترون ناپیوندی نیستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مولکول‌های دواتمی جورهسته در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، به دیگر سخن، گشتاور دوقطبی آن‌ها صفر بوده و مولکول‌های ناقطبی هستند.

* **توجه** مولکول‌هـای دواتمی ناجورهسـته در میدان الکتریکـی جهت‌گیری می‌کنند و توزیع الکترون‌ها یکنواخت نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سـازندهٔ آن‌ها یکسان نیست. گزینه‌های (۳) و (۴): به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیشتر است، بار جزئی منفی و عدد اکسایش منفی و به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن کمتر است، بار جزئی مثبت و عدد اکسایش مثبت نسبت می‌دهند.

B ۲۵۴۶ ۲ موارد دوم و سوم، جمله را به درستی کامل می‌کند. در برخی مولکول‌ها توزیع الکترون‌ها یکنواخت نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازندهٔ آن یکسان نیست، در این شرایط به اتمی که بار الکتریکی روی آن بیشتر است، بار جزئی منفی و به دیگری بار جزئی مثبت می‌دهند. گونه‌های دارای بار جزئی می‌توانند قطبی یا ناقطبی باشند؛ بنابراین می‌توانند گشتاور دوقطبی صفر یا بزرگ‌تر از صفر داشته باشند.

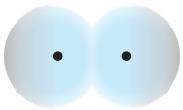
* **توجه** بار جزئی در اثر تراکم بیشتر بار الکتریکی پیوند اشتراکی، روی یکی از اتم‌های درگیر پیوند به وجود می‌آید. از طرفی انتقال کامل الکترون موجب ایجاد بار کامل می‌شود.

B ۲۵۴۷ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): در مولکول (۱)، احتمال حضور جفت‌الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است، از این‌رو احتمال حضور آن‌ها روی هسته‌ها یکسان و متقارن است و مولکول در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. عبارت (ت): با توجه به اینکه تمایل اتم کلر برای کشیدن جفت‌الکترون‌های پیوندی به سمت هستهٔ خود بیشتر از اتم هیدروژن است، در مولکول HCl اتم کلر بار جزئی منفی و اتم هیدروژن بار جزئی مثبت خواهد داشت.

B ۲۵۴۸ ۱

نکته‌ترکیبی **نقشـهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی:** برای تعیین اینکه نقشهٔ پتانسیل الکتروسـتاتیکی متعلق به چه مولکولی است، باید به سه مورد توجه کرد: ۱- شکل هندسی مولکول (خطی، خمیده، مثلثی و ...) ۲- رنگ اتم‌ها در نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی (آبی یا قرمز) ۳- شعاع اتمی و اندازهٔ اتم‌ها در نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی نسبت به یکدیگر نقشـهٔ پتانسـیل الکتروستاتیکی مورد نظر را فقط می‌توان به HCl نسبت داد. شـکل، نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی یک مولکول دواتمی ناجورهسته را نمایش می‌دهد که در میان گزینه‌ها فقط HCl را می‌توان به آن نسبت داد. F_2 مولکول دواتمی جورهسته، SiC جامد کووالانسی و $LiCl$ یک ترکیب یونی است. دلیل اینکه این نقشه را نمی‌توان به CO و $ClBr$ نسبت داد این است که در هر دو مورد اتم با شعاع بیشتر جزئی بار مثبت دارد.

B ۲۵۴۹ ۳ شکل داده شده نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی یک مولکول دواتمی ناجورهسته (مولکول قطبی) را نشان می‌دهد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در مولکول‌های قطبی احتمال حضور جفت‌الکترون‌های پیوندی روی هستهٔ دو اتم یکسان و متقارن نیست و جفت‌الکترون پیوندی به اتم با خصلت نافلزی بیشتر، نزدیک‌تر است. گزینهٔ (۲): با توجه به اینکه تراکم بار الکتریکی منفی بیشتر به سمت اتم B است، خاصیت نافلزی اتم B بیشتر از خاصیت نافلزی اتم A است.



گزینهٔ (۳): واکنش‌دهنده‌ها در فرایند هابر یعنی گازهای H_2 و N_2 مولکول‌های دواتمی جورهسته (ناقطبی) هستند. نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی واکنش‌دهنده‌ها در فرایند هابر به‌صورت روبه‌رو است:

گزینهٔ (۴): مولکول مورد نظر همانند کربن مونوکسید قطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. کربن مونوکسید (CO) یک مولکول دواتمی ناجورهسته و قطبی است.

B ۲۵۵۰ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: همهٔ مولکول‌های دواتمی ناجور هسته، قطبی هستند. عبارت دوم: HF برخلاف HCl و HBr یک اسید ضعیف است؛ بنابراین درجهٔ یونش آن در آب کمتر از یک بوده و خاصیت اسیدی محلول یک مولار آن از محلول یک مولار هر دو اسید دیگر کمتر بوده و pH بزرگ‌تری دارد. عبارت‌های سوم و چهارم: مولکول‌های HF برخلاف HCl و HBr قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود هستند؛ بنابراین نقطهٔ جوش HF از HCl و HBr بالاتر است.

B ۲۵۵۱ ۱ یک مولکول خطی است و با توجه به نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی تراکم بار الکتریکی در این مولکول روی اتم کربن کمتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی داده شده مربوط به یک مولکول سه‌اتمی ناقطبی است و فقط برای مولکول CO_2 مناسب است. (SO_2 یک مولکول قطبی است.)

گزینهٔ (۳): بار جزئی اتم کربن در CO_2 و SCO مثبت (δ^+) است. گزینهٔ (۴): گشتاور دوقطبی مولکول CO_2 برابر صفر است و این مولکول در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

$$\overset{\delta^-}{:\ddot{S}}=\overset{\delta^+}{C}=\overset{\delta^-}{\ddot{O}}: \qquad \overset{\delta^-}{:\ddot{O}}=\overset{\delta^+}{C}=\overset{\delta^-}{\ddot{O}}:$$

B ۲۵۵۲ ۳ عبارت‌های (الف) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در مولکول‌هایی که شکل هندسی خمیده دارند، اتم مرکزی حداقل یک الکترون ناپیوندی دارد. عبارت (ب): تنها در مولکول‌های سه‌اتمی که اتم مرکزی آن‌ها فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است، شکل هندسی مولکول، خطی می‌باشد. عبارت (پ): همهٔ مولکول‌هایی که دارای شکل هندسی خمیده هستند (مانند آب)، قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند. عبارت (ت): در مولکول‌های ناقطبی خطی هم می‌توان بار جزئی مثبت و منفی مشاهده کرد. به‌عنوان مثال، در مولکول کربن دی‌اکسید به دلیل توزیع متقارن بار، مولکول ناقطبی است، اما اتم‌های اکسیژن دارای بار جزئی منفی و اتم کربن دارای بار جزئی مثبت می‌باشد. عبارت (ث): شکل هندسی H_2O مشابه SO_2 است؛ زیرا هر دو خمیده هستند ولی نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی متفاوتی دارند، در H_2O ، اتم مرکزی (O) قرمزرنگ و اتم‌های کناری (H) آبی‌رنگ هستند ولی در SO_2 ، اتم مرکزی (S) آبی‌رنگ و اتم‌های کناری (O) قرمزرنگ هستند.

B ۲۵۵۳ ۳ توزیع یکنواخت و متقارن الکترون‌ها، نشانهٔ ناقطبی بودن مولکول است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مولکول‌هایی مثل CO_2 ، SO_3 و ... مولکول‌هایی هستند که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، اما تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازندهٔ آن‌ها یکسان نیست و مولکول بار جزئی مثبت و بار جزئی منفی دارد. گزینهٔ (۲): مولکولی که دارای بار جزئی مثبت و بار جزئی منفی است، ممکن است ناقطبی باشد و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نکند. گزینهٔ (۴): اوزون نمونه‌ای از یک مولکول چندتایی است که شکل خمیده دارد و گشتاور دوقطبی آن بزرگ‌تر از صفر است.

B ۲۵۵۴ ۳ به‌جز عبارت سوم، بقیهٔ عبارت‌ها درست هستند. ترکیب AD_2 با ساختار خطی می‌تواند دو مولکول CO_2 و CS_2 با ساختار لوویس زیر باشد:

$$\ddot{O}=C=\ddot{O} \qquad \ddot{S}=C=\ddot{S}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در مولکول‌هایی که اتم‌های کناری یکسان بوده و اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی است، گشتاور دوقطبی برابر صفر بوده و این مولکول‌ها ناقطبی هستند. از این‌رو گشتاور دوقطبی در هر دو مولکول CO_2 و CS_2 برابر صفر است. عبارت دوم: اگر AD_2 مولکول CO_2 باشد، اتم‌های آن در دورهٔ دوم جدول تناوبی جای دارند. عبارت سوم: در مولکول AD_2، A عنصر کربن است و D می‌تواند اکسیژن یا گوگرد باشد. مقایسهٔ شعاع اتمی این سه عنصر به صورت زیر است:

شعاع اتمی: گوگرد (S) > کربن (C) > اکسیژن (O)

عبارت چهارم: در هر دو مولکول CO_2 و CS_2، اتم‌های کناری دارای جفت‌الکترون ناپیوندی هستند.

B ۲۵۵۵ ۲ با توجه به داده‌های سؤال، دو عنصر X و Z می‌توانند معادل با عناصر کربن و سیلیسیم باشند، چنانچه جرم مولی X کمتر باشد، X معادل با اتم کربن و Z معادل با اتم سیلیسیم است؛ بنابراین ترکیب‌های مورد نظر CO_2 و SiO_2 هستند. CO_2 یک ترکیب مولکولی و SiO_2 یک جامد کووالانسی است. دقت کنید که عناصر کربن و اکسیژن هم دوره هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): عدد اکسایش اتم کربن در CO_2 همانند عدد اکسایش سیلیسیم در SiO_2 برابر ۴+ است. گزینهٔ (۳): آلکان‌ها جزء مواد مولکولی هستند. مواد کووالانسی موادی سخت و دیرگداز هستند؛ بنابراین قطعاً اختلاف نقطهٔ جوش یک مادهٔ کووالانسی و یک مادهٔ مولکولی نسبت به اختلاف نقطهٔ جوش دو مادهٔ مولکولی بیشتر است. گزینهٔ (۴): هر دو ترکیب مورد نظر به حالت جامد نارسانا هستند و به علت خاصیت نافلزی بیشتر اتم اکسیژن، توزیع بار الکتریکی منفی در هر دو ماده به طور عمده روی اتم‌های اکسیژن است.

B ۲۵۵۶ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرمول مولکولی کربونیل سولفید و استیک اسید به‌ترتیب، CSO و $C_2H_4O_2$ است.

جرم مولی $C_2H_4O_2$ $= 2(12)+4(1)+2(16) = 60\ g.mol^{-1}$

جرم مولی CSO $= 12+32+16 = 60\ g.mol^{-1}$

عبارت (ب): هر دو مولکول ساختار خطی دارند.

$CO_2 \Rightarrow \ddot{O}=C=\ddot{O}$ $\qquad$ $CSO \Rightarrow \ddot{S}=C=\ddot{O}$

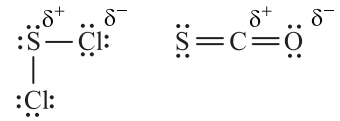
عبارت (پ): ساختار لوویس کربونیل سولفید به‌صورت $\ddot{S}=C=\ddot{O}$ است. در لایهٔ ظرفیت اتم‌های مولکول کربونیل سولفید، چهار جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد.

عبارت (ت): در ساختار مولکول کربونیل سولفید، ۴ و در ساختار مولکول اتین ۵ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد.

اتین $\Rightarrow H-C\equiv C-H$ $\qquad$ کربونیل سولفید $\Rightarrow S=C=O$

B ۲۵۵۷ ۴ با توجه به نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی دو مولکول، توزیع بار الکتریکی در اطراف اتم مرکزی در مولکول اتین برخلاف کربونیل سولفید متقارن می‌باشد، به همین دلیل، اتین ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن برابر صفر است.

B ۲۵۵۸ ۳ در مولکول SCl_2 همانند SCO، اتم مرکزی دارای بار جزئی مثبت است؛ زیرا خصلت نافلزی اتم‌های مرکزی در هر دو مولکول کمتر از خصلت نافلزی اتم‌های کناری است.



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): مولکول $(H-C\equiv C-H)$، ۵ پیوند اشتراکی دارد. گزینهٔ (۲): مولکول‌های CO و SCO هر دو قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند. گزینهٔ (۴): SiO_2 (سیلیس) یک جامد کووالانسی است و در ساختار خود فاقد مولکول است!

B ۲۵۵۹ ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): علامت بار جزئی اتم مرکزی در مولکول‌ها می‌تواند مثبت یا منفی باشد و کاملا بستگی به اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ مولکول دارد. عبارت (ب): لیتیم اکسید (Li_2O) نوعی ترکیب یونی بوده و نمی‌تواند مولکول تشکیل دهد. عبارت (پ): عنصرهای اکسیژن و گوگرد هر دو نافلزتر از کربن هستند، پس با جایگزین کردن اکسیژن با گوگرد تنها مقدار مثبت بودن اتم کربن در نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی کمی کاهش می‌یابد اما همچنان مثبت خواهد بود. عبارت (ت): مولکول گوگرد تری‌اکسید (SO_3) برخلاف گوگرد دی‌اکسید (SO_2) ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن برابر با صفر است.

B ۲۵۶۰ ۳ فلوئور هالوژنی است که در دمای $-200^\circ C$ با گاز هیدروژن به سرعت واکنش می‌دهد. به علاوه فلوئور نافلزترین عنصر جدول است و هرگاه به صورت اتم کناری در یک مولکول قرار بگیرد، بار جزئی منفی دارد و به رنگ قرمز نشان داده می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در مولکول NO_2، اتم‌های مرکزی و کناری به ترتیب متعلق به گروه‌های ۱۵ و ۱۶ هستند؛ اما اتم مرکزی در این مولکول بار جزئی مثبت دارد که با مولکول NO_2 همخوانی ندارد. گزینهٔ (۲): اگر اتم‌های کناری هیدروژن باشند (مثل H_2O و H_2S) مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در آن برابر ۸ است. گزینهٔ (۴): اتم‌های کناری در این مولکول بار جزئی مثبت داشته و برخلاف SO_3، در میدان الکتریکی به سمت قطب منفی جهت‌گیری می‌کند.

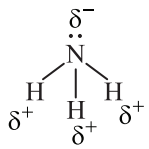
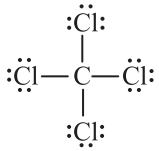
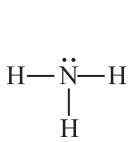
B ۲۵۶۱ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکول آمونیاک یک مولکول قطبی است و در آن بار الکتریکی به‌صورت متقارن توزیع نشده است. عبارت (ب): در مولکول گوگرد تری‌اکسید بار جزئی منفی روی اتم اکسیژن و بار جزئی مثبت روی اتم گوگرد قرار دارد. عبارت (پ): در مولکول آمونیاک اتم نیتروژن (مرکزی) دارای بار جزئی منفی و اتم‌های هیدروژن (اطراف) دارای بار جزئی مثبت هستند. عبارت (ت): در مولکول گوگرد تری‌اکسید، بار الکتریکی به‌صورت متقارن توزیع شده و به همین دلیل ناقطبی می‌باشد و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. عبارت (ث): در مولکول گوگرد تری‌اکسید اتم مرکزی فاقد زوج ناپیوندی است اما در مولکول آمونیاک وجود جفت‌الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی متقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را به هم می‌زند.

A ۲۵۶۲ ۱ ستون مایع در شکل (الف) منحرف شده و در شکل (ب) منحرف نمی‌شود، پس ترکیب (الف) قطبی و ترکیب (ب) ناقطبی می‌باشند. مولکول‌های قطبی موجود در موارد عبارت‌اند از: «آمونیاک، گوگرد دی‌اکسید، کلروفرم و کربونیل سولفید» و مولکول‌های ناقطبی موجود در گزینه‌ها عبارت‌اند از: «کربن دی‌اکسید، کربن تتراکلرید، گوگرد تری‌اکسید و اتین» بنابراین شکل‌های (الف) و (ب) به‌ترتیب می‌توانند مولکول‌های آمونیاک و کربن تتراکلرید باشند.

B ۲۵۶۳ ۳ برای آن‌که ستون مایع توسط میله‌ای باردار منحرف شود، باید مولکول مورد نظر قطبی باشد. در بین موارد مطرح شده کلروفرم $(CHCl_3)$ متیل آمین (CH_3NH_2)، فرم آلدهید (CH_2O)، متانول (CH_3OH) و کربونیل سولفید (SCO) قطبی هستند.

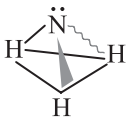
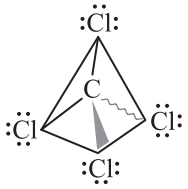
B ۲۵۶۴ ۳ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): یک مولکول جورهستهٔ دواتمی، مولکولی ناقطبی است و به همین دلیل گشتاور دوقطبی آن صفر می‌باشد. پرسش (ب): با توجه به شکل داده شده، مولکول‌های این ترکیب در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، پس این مولکول‌ها ناقطبی می‌باشند. مولکول SO_3 مولکولی ناقطبی و مولکول SO_2 مولکولی قطبی می‌باشد. پرسش (پ): قطبیت مولکولی که در آن اتم مرکزی دارای جفت‌الکترون ناپیوندی است و به اتم‌های یکسانی متصل است، در چارچوب مولکول‌هایی که کتاب درسی آن‌ها را بررسی می‌کند، قطبی می‌باشند.

C ۲۵۶۵ ۳ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: از آنجایی که نیتروژن خصلت نافلزی بیشتری نسبت به هیدروژن دارد؛ بنابراین الکترون‌های پیوندی را بیشتر به سمت خود کشیده و بار جزئی منفی می‌گیرد. عبارت دوم: ساختار مولکول آمونیاک و کربن تتراکلرید به‌صورت مقابل است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، کربن تتراکلرید دارای ۴ و آمونیاک دارای ۳ پیوند کووالانسی است و در مولکول آمونیاک برخلاف کربن تتراکلرید، اتم مرکزی دارای جفت‌الکترون ناپیوندی است و ساختار این دو مولکول به هیچ وجه مشابه نیست.

* **توجه** جهت اطلاع، ساختار کربن تتراکلرید را چهار وجهی و ساختار آمونیاک را هرمی با قاعدهٔ مثلثی می‌نامند.

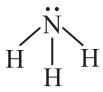
عبارت سوم: هر مولکول آمونیاک دارای سه جفت‌الکترون پیوندی است؛ بنابراین:

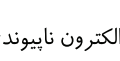



$$\text{مول جفت‌الکترون پیوندی} = 4/515\times10^{24}\ NH_3 \times \frac{\text{۳ جفت‌الکترون پیوندی}}{1\ NH_3}$$

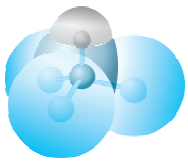
$$\text{جفت‌الکترون پیوندی } 22/5\ mol = \times \frac{1\ mol\ \text{جفت‌الکترون پیوندی}}{6/02\times10^{23}\ \text{جفت‌الکترون پیوندی}}$$

عبارت چهارم: ساختار لوویس آمونیاک و کربونیل سولفید به‌صورت زیر است:


۳ جفت‌الکترون پیوندی و ۱ جفت‌الکترون ناپیوندی ⇒

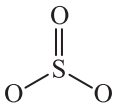

۴ جفت‌الکترون پیوندی ⇒

C ۲۵۶۶ ۲ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: اگر در مولکول کربن تترا کلرید به جای یکی از اتم‌های کلر اتم هیدروژن قرار گیرد، تبدیل به کلروفرم می‌شود که به دلیل قطبی بودن، گشتاور دوقطبی مولکول و انحلال‌پذیری آن در آب بیشتر از کربن تترا کلرید است. عبارت دوم: در مولکول کلروفرم، اتم مرکزی دارای بار جزئی مثبت (δ^+) است و در میدان الکتریکی به سمت قطب منفی جهت‌گیری می‌کند، در حالی که در مولکول آمونیاک اتم مرکزی (N) دارای بار جزئی منفی (δ^-) است و در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت میدان جهت‌گیری می‌کند. عبارت سوم: اگر میلهٔ شیشه‌ای باردار را به سه مایع کربن تترا کلرید، کلروفرم و آمونیاک نزدیک کنیم، فقط دو مایع کلروفرم و آمونیاک به دلیل قطبی بودن جذب میله شده و از مسیر خود منحرف می‌شوند.



عبارت چهارم: نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی مقابل مربوط به یک مولکول پنج‌اتمی قطبی است، در حالی که مولکول‌های کربن تترا کلرید و متان ناقطبی هستند. عبارت پنجم: با جایگزین کردن یکی از اتم‌های Cl در مولکول قطبی $CHCl_3$ با یک اتم هیدروژن، CH_2Cl_2 به دست می‌آید که قطبی است و گشتاور دوقطبی مثبت دارد.

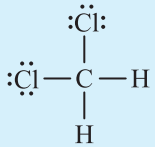
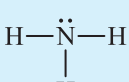
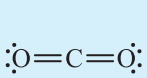
B ۲۵۶۷ ۴ اگر مولکول XY_3 ساختار مسطح داشته باشد، بر روی اتم مرکزی خود جفت‌الکترون ناپیوندی ندارد و مولکول ناقطبی به شمار می‌رود. از جملهٔ این مولکول‌ها می‌توان به SO_3 اشاره کرد که در آن اتم‌های سازندهٔ هر دو عنصر متعلق به گروه ۱۶ هستند؛ بنابراین عبارت داده شده نادرست است.



در مولکول خمیدهٔ OF_2، خاصیت نافلزی اتم فلوئور از اتم اکسیژن بیشتر بوده و در نقشهٔ پتانسیل الکترواستاتیکی به رنگ قرمز مشخص می‌شوند و دارای بار جزئی منفی هستند؛ بنابراین این عبارت نیز نادرست است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هگزان یک ترکیب مولکولی است و رفتار فیزیکی آن از جمله آنتالپی تبخیر و جوش به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آن وابسته است. گزینهٔ (۲): این ترکیب ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن صفر است، در حالی که مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته (AB)، قطبی بوده و گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند. گزینهٔ (۳): به عنوان مثال در مولکول کربونیل سولفید (SCO) تراکم بار الکتریکی بر روی اتم‌های کناری (O و S) متفاوت است.

B ۲۵۶۸ ۳ همهٔ موارد به‌جز مورد (الف)، جمله را به درستی کامل می‌کنند. مولکولی که اتم مرکزی آن دارای الکترون ناپیوندی باشد یا اتم‌های کناری متصل به آن متفاوت باشند، قطبی است. از طرفی مولکولی که اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی نداشته باشد و اتم‌های کناری یکسان باشند، ناقطبی است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مولکولی که اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی داشته باشد، قطبی است، هر چند اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان باشند. عبارت (ب): مولکولی که اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی داشته باشد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی متفاوت باشند، قطعاً قطبی است. عبارت (پ): مولکولی که اتم‌های متصل به آن متفاوت باشد، قطبی است، هر چند اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی نداشته باشد. عبارت (ت): مولکولی که اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی نداشته باشد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان باشند، ناقطبی است.

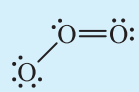
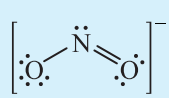
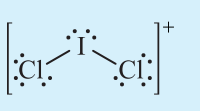
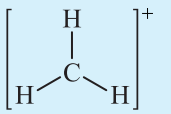
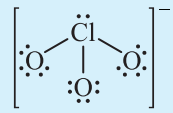
B ۲۵۶۹ ۱

مولکول	SO_2	CH_2Cl_2	NH_3	CO_2
ساختار لوویس				
قطبی یا ناقطبی؟	اتم مرکزی زوج ناپیوندی دارد، بنابراین قطبی است.	اتم‌های اطراف اتم مرکزی غیریکسان بوده و مولکول قطبی است.	اتم مرکزی زوج ناپیوندی دارد، بنابراین قطبی است.	ناقطبی

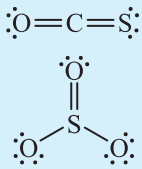
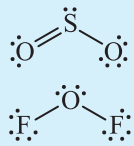
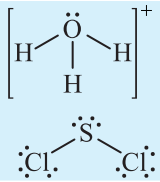
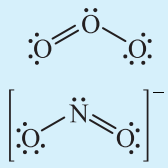
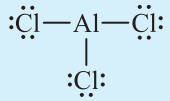
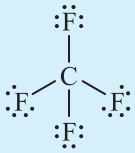
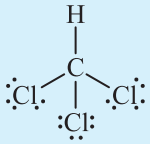
با توجه به ساختارهای لوویس بالا، مولکول‌های نام برده شده در صورت سؤال، به‌ترتیب از راست به چپ، قطبی، قطبی، قطبی و ناقطبی هستند.

B ۲۵۷۰ ۴ عبارت گزینهٔ (۴) برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): گوگرد دی‌اکسید یک مولکول قطبی است که در ساختار آن یک پیوند دوگانه و یک پیوند یگانه دیده می‌شود. گزینهٔ (۲): در بین مولکول‌های CCl_4، NH_3، OF_2 و HCN سه مولکول NH_3، OF_2 و HCN قطبی بوده و در میدان الکتریکی منحرف می‌شوند. گزینهٔ (۳): در ساختار نیتروژن تری‌فلوئورید برخلاف گوگرد تری‌اکسید اتم مرکزی جفت‌الکترون ناپیوندی دارد. گزینهٔ (۴): کربن مونواکسید (CO) و گوگرد دی‌اکسید (SO_2) مولکول‌های قطبی هستند و به همین دلیل در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

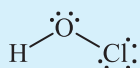
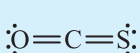
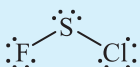
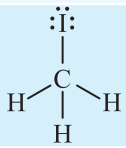
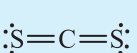
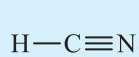
B ۲۵۷۱ ۲

مولکول یا یون	O_3	NO_2^-	ICl_2^+	CH_3^+	ClO_3^-
ساختار لوویس					

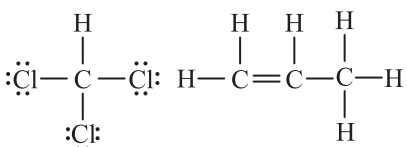
B ۲۵۷۲ ۲ مولکول‌های SO_2 و OF_2 دارای شکل هندسی خمیده هستند و $AlCl_3$ مولکولی ناقطبی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مولکول کربونیل سولفید دارای شکل هندسی خطی است و مولکول گوگرد تری‌اکسید نیز دارای شکل هندسی خمیده نیست. مولکول کربن مونوکسید نیز یک مولکول ناجورهستهٔ دواتمی است و قطبی می‌باشد. گزینهٔ (۳): یون هیدرونیوم دارای شکل هندسی خمیده نیست اما مولکول گوگرد دی‌کلرید دارای شکل هندسی خمیده است. مولکول کربن تترا فلوئورید یک ترکیب ناقطبی است. گزینهٔ (۴): مولکول اوزون و یون NO_2^- هر دو دارای شکل هندسی خمیده هستند، اما مولکول کلروفرم یک ترکیب قطبی است.

مولکول یا یون	SCO و SO_3	OF_2 و SO_2	SCl_2 و H_3O^+	O_3 و NO_2^-
ساختار لوویس				
مولکول یا یون	CO	$AlCl_3$	CF_4	$CHCl_3$
ساختار لوویس				

B ۲۵۷۳ ۱ در میان مولکول‌های داده شده، مولکول‌های HClO و SFCl شکل هندسی خمیده و مولکول‌های SCO و HCN دارای شکل هندسی خطی می‌باشند که قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

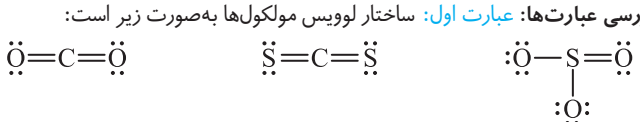
مولکول	HClO	SCO	SFCl	CH_3I	CS_2	HCN
ساختار لوویس						
قطبیت	قطبی	قطبی	قطبی	قطبی	ناقطبی	قطبی

B ۲۵۷۴ ۲ در مولکول کلروفرم $(CHCl_3)$، ۹ جفت‌الکترون ناپیوندی و در پروپن ۹ پیوند اشتراکی وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): به عنوان مثال در مولکول متان (CH_4) رنگ اتم‌های H و C در نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی متفاوت بوده؛ اما این ترکیب ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. برای جهت‌گیری یک مولکول در میدان الکتریکی، آن مولکول باید قطبی بوده و توزیع بار در آن نامتقارن باشد. گزینهٔ (۳): در مولکول متان، اتم مرکزی (کربن) فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی بوده و نسبت به اتم‌های کناری (هیدروژن) خاصیت نافلزی بیشتری داشته و بار جزئی منفی دارد. گزینهٔ (۴): در ساختار مولکول N_2O، اتم O به رنگ قرمز و اتم N مرکزی به رنگ آبی است، در حالی که یک اتم N بی‌رنگ نیز وجود دارد.



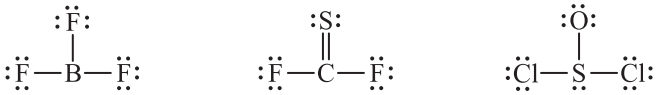
B ۲۵۷۵ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. مولکول شمارهٔ (۱) دی‌متیل اتر و مولکول شمارهٔ (۲) پروپان است. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت (الف): پروپان یک مولکول ناقطبی و دی‌متیل اتر یک مولکول قطبی است. عبارت (ب): دی‌متیل اتر برخلاف پروپان دارای مولکول‌های قطبی است، از این‌رو میان مولکول‌های آن نیروی جاذبهٔ قوی‌تری وجود دارد به همین دلیل آسان‌تر مایع می‌شود. عبارت (پ): اترها و الکل‌های هم‌کربن، ایزومر می‌باشند. فرمول مولکولی هر دو ترکیب C_2H_6O است. عبارت (ت): انحلال هر دو مولکول در آب، کاملاً به‌صورت مولکولی بوده و یون تولید نمی‌کنند. در نتیجه هر دو محلول نارسانا هستند.

B ۲۵۷۶ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست و عبارت سوم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ساختار لوویس مولکول‌ها به‌صورت زیر است:

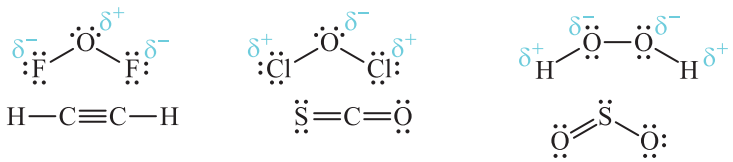


در این مولکول‌ها، اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان هستند؛ از این‌رو این مولکول‌ها ناقطبی هستند.

عبارت دوم: به ساختار لوویس سه مولکول دیگر توجه کنید:



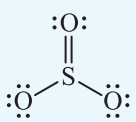
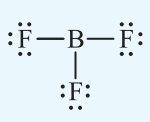
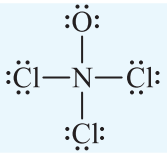
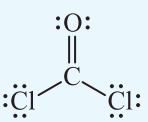
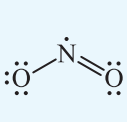
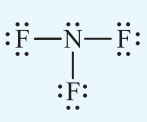
اتم مرکزی در مولکول BF_3، الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان هستند؛ از این‌رو BF_3 ناقطبی است و اتم مرکزی از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی نمی‌کند. این در حالی است که اتم‌های متصل به اتم مرکزی در مولکول CSF_2 متفاوت هستند، از این‌رو مولکول CSF_2 قطبی است. اتم مرکزی در مولکول $SOCl_2$، الکترون ناپیوندی دارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی آن متفاوت هستند؛ از این‌رو مولکول $SOCl_2$ قطبی است. عبارت سوم: مقایسهٔ خصلت نافلزی عناصر به‌صورت «$H<Cl<O<F$» است. اتم مرکزی مولکول‌های H_2O_2 و OCl_2، دارای بار جزئی منفی هستند و اتم مرکزی مولکول OF_2 دارای بار جزئی مثبت است.



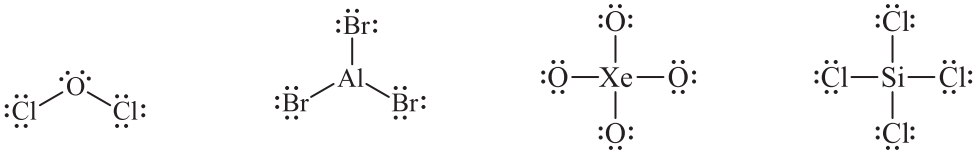
عبارت چهارم: ساختار لوویس مولکول‌ها به‌صورت مقابل است:

با توجه به ساختار لوویس این مولکول‌ها، واضح است که اتم‌های مولکول‌های اتین و کربونیل سولفید روی یک خط هستند ولی اتم‌های مولکول گوگرد دی‌اکسید به دلیل وجود جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی روی یک خط قرار ندارند.

B ۲۵۷۷ ۳ خصلت نافلزی O از Cl بیشتر است و در مولکول OCl_2، اتم‌های کلر دارای بار جزئی مثبت هستند. اتم‌های کلر جفت‌الکترون ناپیوندی بیشتری نسبت به اکسیژن دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مقایسهٔ خصلت نافلزی اتم‌ها به‌صورت «$S<Cl<O<F$» است. اتم مرکزی مولکول‌های SO_2، OCl_2 و SF_2 به ترتیب S، O و S است. بار جزئی اتم S در مولکول‌های SO_2 و SF_2، مثبت و بار جزئی اتم O در مولکول OCl_2، منفی است. گزینهٔ (۲): مولکول‌های $NOCl_3$ و $COCl_2$ به دلیل متفاوت بودن اتم‌های کناری و مولکول‌های NO_2 و NF_3 به دلیل داشتن الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی قطبی بوده و مولکول‌های BF_3 و SO_3 ناقطبی هستند.

					
ناقطبی	ناقطبی	قطبی	قطبی	قطبی	قطبی

گزینهٔ (۴): در این مولکول‌ها، اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان هستند، از این‌رو این مولکول‌ها ناقطبی هستند، هر چند که پیوندهای موجود در این مولکول‌ها همگی قطبی می‌باشند.



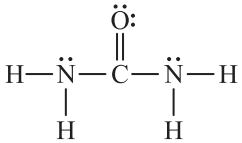
B ۲۵۷۸ ۳ لایهٔ ظرفیت این عنصر به‌صورت $2s^2 2p^x$ است، با توجه به اینکه مجموع اعداد کوانتومی اصلی (n) و فرعی (l) برای الکترون‌های لایهٔ ظرفیت برابر ۱۹ است، داریم:

$$[2\times(\overset{n}{2}+\overset{l}{0})]+[x\times(\overset{n}{2}+\overset{l}{1})]=19\Rightarrow x=5$$

عنصر مورد نظر، فلوئور می‌باشد که آرایش الکترونی آن به‌صورت $(_9F: 1s^2 2s^2 2p^5)$ است. عنصر فلوئور فعال‌ترین نافلز جدول تناوبی می‌باشد. با توجه به این توضیحات عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): از آنجا که عنصر فلوئور فعال‌ترین نافلز جدول تناوبی است، همواره در مولکول‌های ناجورهسته الکترون‌های پیوندی را به سمت خود می‌کشد و دارای بار جزئی منفی می‌باشد. عبارت (ب): این عنصر دارای ۷ الکترون در لایهٔ ظرفیت خود است و تنها یک تک الکترون در ساختار الکترون نقطه‌ای آن دیده می‌شود. عبارت (پ): گاز فلوئور در دمای اتاق به سرعت با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. عبارت (ت): مولکول‌های هیدروژن فلوئورید توانایی برقراری پیوندهای هیدروژنی را با یکدیگر دارند.

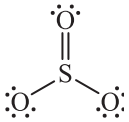
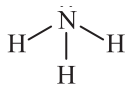
B ۲۵۷۹ ۱ در مولکول NH_3، اتم نیتروژن که اتم مرکزی است، دارای بار جزئی منفی و اتم هیدروژن بار جزئی مثبت دارد. در مولکول‌های CCl_4 و SO_3 به‌ترتیب اتم‌های کربن و گوگرد بار جزئی مثبت دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): هر سه مولکول قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

* توجه $CO(NH_2)_2$ فرمول مولکولی اوره است. ساختار لوویس اوره به‌صورت روبه‌رو است:



گزینهٔ (۳): هر سه مولکول دارای جفت‌الکترون ناپیوندی روی همهٔ اتم‌ها هستند. گزینهٔ (۴): هر سه مولکول شکل خطی دارند و در آن‌ها همهٔ اتم‌ها روی یک خط راست قرار می‌گیرد.

B ۲۵۸۰ ۱ مورد چهارم جملهٔ داده شده را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد:** مورد اول: در مولکول $POCl_3$ اتم فسفر و در مولکول CCl_4 اتم کربن دارای بار جزئی مثبت هستند. مولکول CCl_4 برخلاف $POCl_3$ ناقطبی است. مورد دوم: در مولکول اتن اتم کربن دارای بار جزئی منفی و در مولکول گوگرد تری‌اکسید اتم گوگرد بار جزئی مثبت دارد. هر دو مولکول ناقطبی هستند. مورد سوم: در مولکول $SiCl_4$ اتم سیلیسیم بار جزئی مثبت و در مولکول آب اتم اکسیژن بار جزئی منفی دارد. مولکول $SiCl_4$ ناقطبی و مولکول آب قطبی است. مورد چهارم: در مولکول H_2S اتم گوگرد و در مولکول آمونیاک اتم نیتروژن، به‌عنوان اتم مرکزی دارای بار جزئی منفی هستند. این دو مولکول قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

B ۲۵۸۱ ۲ مولکول اتین ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در مولکول SCO، اتم اکسیژن کوچک‌ترین شعاع را دارد، به دلیل داشتن خصلت نافلزی بیشتر، تراکم بار الکتریکی منفی پیرامون آن بیشتر است. گزینهٔ (۳): در این مولکول اتم کلر دارای بار جزئی منفی است که به آرایش گاز نجیب آرگون رسیده است. گزینهٔ (۴): ساختار لوویس این دو مولکول به‌صورت مقابل است. اتم مرکزی در NH_3 یک جفت ناپیوندی دارد و این مولکول قطبی است. در حالی‌که اتم مرکزی در SO_3 فاقد زوج ناپیوندی بوده و ناقطبی است.

B ۲۵۸۲ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ساختار لوویس این دو مولکول به‌صورت زیر است.

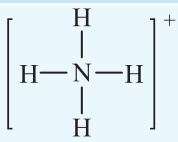
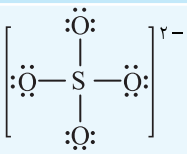
$CO_2 : \ddot{O}=C=\ddot{O}:$ $\qquad$ $SCO : \ddot{S}=C=\ddot{O}:$

SCO برخلاف CO_2 قطبی است و گشتاور دوقطبی آن بزرگ‌تر از صفر است. عبارت (ب): علت اصلی ناقطبی بودن مولکول SO_3 صفر شدن برایند بردارهای مشخص‌کنندهٔ قطبیت پیوندهاست. در بعضی مولکول‌های قطبی مثل SO_2Cl_2، $POCl_3$ و ... روی اتم مرکزی جفت‌الکترون ناپیوندی دیده نمی‌شود. عبارت (پ): اتم Y متعلق به گروه ۱۴ است و (مثل اتم کربن) در گروه ۱۴ دو فلز (Pb, Sn) و دو شبه‌فلز (Ge, Si) وجود دارد. عبارت (ت): مولکول‌های قطبی قادر هستند که در میدان الکتریکی جهت‌گیری کنند. فرمالدهید و اوره قطبی و وازلین و روغن زیتون ناقطبی هستند. می‌دانیم چربی‌ها مولکول‌هایی ناقطبی هستند.

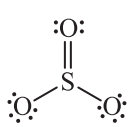
B ۲۵۸۳ ۲ فقط مورد اول در این مولکول‌ها تغییری نمی‌کند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: تعداد الکترون‌های پیوندی در هر دو مولکول یکسان و برابر ۸ است. عبارت دوم: مولکول $CHCl_3$ برخلاف CCl_4 قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. عبارت سوم: مولکول $CHCl_3$ برخلاف CCl_4 قطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن بزرگ‌تر از صفر است. عبارت چهارم: بار جزئی اتم‌های Cl در مولکول CCl_4، منفی و رنگ آن‌ها قرمز است. بار جزئی اتم H در مولکول CCl_3H، مثبت و رنگ آن آبی است. عبارت پنجم: با تغییر اتم (ها) در یک مولکول، خواص فیزیکی و شیمیایی آن تغییر می‌کند. عبارت ششم: با جایگزینی اتم H با Cl، درصد جرمی کربن در مولکول CCl_3H نسبت به CCl_4 افزایش می‌یابد.



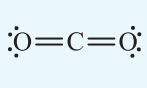
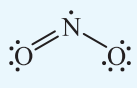
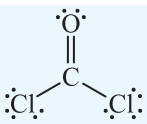
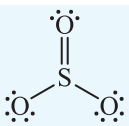
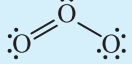
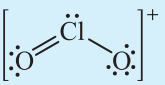
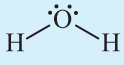
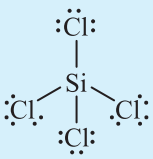
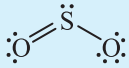
B ۲۵۸۴ ۲ این دو گونه در دو مورد با یکدیگر تفاوت دارند. به جدول زیر توجه کنید. یون‌های آمونیوم (NH_4^+) و سولفات (SO_4^{2-}) در تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی، قطبیت و شکل هندسی یکسان هستند.

نام	آمونیوم	سولفات
ساختار لوویس		
شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی	ندارد	۱۲
شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی	۴	۴
عدد اکسایش اتم مرکزی	$N+4(+1)=+1 \Rightarrow N=-3$	$S+4(-2)=-2 \Rightarrow S=+6$
قطبیت و شکل هندسی	ناقطبی (چهار وجهی)	ناقطبی (چهار وجهی)

بنابراین یون‌های آمونیوم و سولفات در عدد اکسایش اتم مرکزی و شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی با یکدیگر تفاوت دارند.

B ۲۵۸۵ ۳ مولکول (II) همانند کلروفرم $(CHCl_3)$ قطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند، همچنین اتم‌های کناری آن همانند اتم‌های کناری مولکول آب بار جزئی مثبت دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اتم مرکزی مولکول (I) به رنگ آبی نشان داده شده؛ بنابراین بار جزئی مثبت دارد. مولکول (II) را فقط می‌توان به آمونیاک (NH_3) نسبت داد. ساختار SO_3 به صورت  بوده که با مولکول (II) متفاوت است. گزینهٔ (۲): شکل هندسی مولکول کربونیل سولفید متفاوت از مولکول (III) است، همچنین بار جزئی اتم مرکزی در SCO، مثبت بوده در حالی که در مولکول (III) منفی است. گزینهٔ (۴): مولکول‌های (I) و (III) هر دو ناقطبی هستند.

B ۲۵۸۶ ۴ مولکول‌های SO_2، NO_2 و CO_2 دارای بار جزئی مثبت (δ^+) می‌باشند. زیرا خاصیت نافلزی O از C، S و N بیشتر است. **بررسی سایر ردیف‌ها:** ردیف (۱): در هر کدام از مولکول‌های $COCl_2$ و SO_3، ۴ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد اما تنها ۳ اتم به اتم مرکزی متصل می‌باشد. ردیف (۲): شکل مولکول CO_2 برخلاف دو مولکول دیگر این ردیف که خمیده می‌باشند، خطی است. ردیف (۳): مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در ClO_2^+ و O_3 برابر ۱۸ و در HCN برابر ۱۰ است. ساختار لوویس این ترکیب‌ها به‌صورت زیر است:

CO_2 : 	NO_2 : 	$COCl_2$: 	HCN : 	SO_3 : 
O_3 : 	ClO_2^+ : 	H_2O : 	$SiCl_4$: 	SO_2 : 

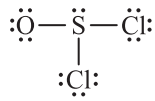
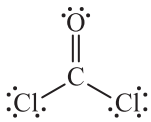
* **توجه** در مولکول NO_2 ، اتم مرکزی به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسد و بررسی ساختار لوویس این مولکول‌ها جزء اهداف کتاب درسی نیست، البته برای تشخیص بار جزئی اتم مرکزی (در ردیف ۴) نیاز به ساختار لوویس مولکول‌ها نداریم و فقط کافی است خصلت نافلزی اتم‌ها را با یکدیگر مقایسه کنیم.

B ۲۵۸۷ ۱ بار الکتریکی جزئی H در هر دو ماده مثبت (δ^+) است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در مجموع ۷ مول H_2O حاصل می‌شود:

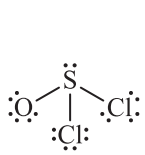
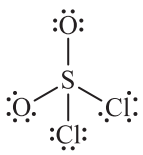
$$C_2H_6O+3O_2 \rightarrow 2CO_2+3H_2O \qquad C_3H_8+5O_2 \rightarrow 3CO_2+4H_2O$$

گزینهٔ (۳): دی‌متیل اتر که مولکولی قطبی است، در اثر حل شدن در آب، همانند پروپان یون تولید نمی‌کند و محلول آن غیرالکترولیت است. گزینهٔ (۴): نیروهای وان‌درواالسی در دی‌متیل اتر قوی‌تر است؛ از این‌رو آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

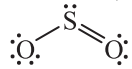
B ۲۵۸۸ ۴ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سیلیس شامل یک شبکهٔ سه‌بعدی از تعداد بسیار زیادی اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن است و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول‌آساست. برای ذوب کردن سیلیس باید بر پیوندهای کووالانسی بین اتم‌ها غلبه کرد، در حالی‌که برای ذوب کردن یخ خشک باید بر نیروهای بین‌مولکولی وان‌درواالسی غلبه کرد. با توجه به اینکه قدرت پیوندهای کووالانسی بسیار بیشتر از نیروهای وان‌درواالسی است، نقطهٔ ذوب سیلیس بسیار بیشتر است. در ضمن پیوند $(C=O)$ مستحکم‌تر از پیوند $(Si-O)$ است. عبارت (ب): ساختار لوویس دو مولکول به‌صورت زیر است. در هر دو مولکول اتم مرکزی بار جزئی مثبت دارد. عبارت (پ): در مولکول PBr_2Cl بیشترین تراکم بار الکتریکی روی اتم کلر است که دارای ۵ الکترون با مشخصات $n=3$ و $l=1$ است: $_{17}Cl: [_{10}Ne]3s^2 3p^5$ عبارت (ت): نمونه‌هایی از الماس و گرافیت با شمار اتم‌های کربن برابر، جرم برابری نیز دارند، از طرفی چگالی گرافیت از الماس کمتر است، بنابراین با توجه به رابطهٔ چگالی $(\text{چگالی}=\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}})$ می‌توان نتیجه گرفت که در جرم یکسان، حجم نمونهٔ گرافیت بیشتر است.

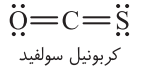
B ۲۵۸۹ ۳ ساختار لوویس این دو گونه به‌صورت مقابل است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اتم گوگرد در هر دو مولکول دارای بار جزئی مثبت است که این اتم در SO_2Cl_2 فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است. گزینهٔ (۲): نسبت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در SO_2Cl_2 و $SOCl_2$ به‌ترتیب $\frac{1}{3}$ و $\frac{3}{10}$ است. گزینهٔ (۳): هر دو مولکول به دلیل متفاوت بودن اتم‌های اطراف اتم مرکزی، قطبی هستند. گزینهٔ (۴): در ساختار هیچ‌کدام پیوند دوگانه مشاهده نمی‌شود.

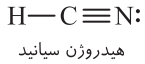



B ۲۵۹۰ ۴ همهٔ موارد به‌جز مورد چهارم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: مولکول به فرم AB_3 اگر قطبی باشد، می‌تواند NF_3 یا PCl_3 باشد. مورد دوم: مولکول به فرم AB_2 اگر ناقطبی باشد، می‌تواند CO_2 یا CS_2 باشد. مورد سوم: مولکول به فرم AB_4 اگر ناقطبی باشد، می‌تواند CF_4 یا $SiCl_4$ باشد. مورد چهارم: اگر مولکولی به فرم AB_2 قطبی باشد، می‌تواند SO_2 باشد. بنابراین A و B می‌توانند متعلق به گروه ۱۶ جدول دوره‌ای باشند:



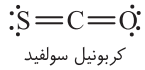
B ۲۵۹۱ ۱ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) برای تکمیل جمله مناسب هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هر دو مولکول کربونیل سولفید و هیدروژن سیانید شکل خطی دارند و مولکول‌هایی قطبی هستند.

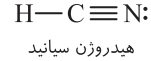

کربونیل سولفید


هیدروژن سیانید

عبارت (ب): نیتروژن برخلاف ClO یک مولکول دواتمی جورهسته است و تراکم الکترون‌ها روی اتم‌های سازندهٔ آن به‌صورت یکنواخت است. در مولکول ClO اتم اکسیژن بار جزئی منفی و اتم کلر بار جزئی مثبت دارد. عبارت (پ): در مولکول SO_2Cl_2 تراکم بار الکتریکی روی اتم اکسیژن و در مولکول کلروفرم تراکم بار الکتریکی روی اتم کلر بیشتر است. عبارت (ت): گوگرد دی‌اکسید شکل خمیده دارد و اتم مرکزی آن (اتم گوگرد) بار جزئی مثبت دارد. آمونیاک فاقد شکل خمیده است و اتم مرکزی آن (اتم نیتروژن) بار جزئی منفی دارد.

B ۲۵۹۲ ۱ فقط مورد (ت) جمله را به درستی کامل می‌کند. در نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی مولکول آمونیاک، اتم نیتروژن جزئی بار منفی دارد. یون N^{3-} بیشترین چگالی بار را در میان آنیون‌ها دارد؛ زیرا در یک تناوب از چپ به راست و در یک گروه از بالا به پایین از چگالی بار آنیون‌ها کاسته می‌شود. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت (الف): در نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی SCO ، اتم اکسیژن بیشترین رنگ قرمز و در مولکول HCN اتم نیتروژن بیشترین رنگ قرمز را دارد. با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، اتم اکسیژن دو جفت‌الکترون ناپیوندی و اتم نیتروژن یک جفت‌الکترون ناپیوندی دارد.

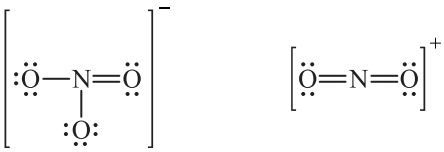

کربونیل سولفید


هیدروژن سیانید

عبارت (ب): در نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی $COCl_2$ ، اتم اکسیژن بیشترین بار جزئی منفی و بیشترین رنگ قرمز را دارد. عبارت (پ): در مولکول هیدروژن سولفید، اتم گوگرد بیشترین رنگ قرمز و بار جزئی منفی را دارد. در مولکول آب اتم اکسیژن اتم مرکزی است و بار جزئی منفی دارد. در نتیجه اتم گوگرد اتم‌های هیدروژنِ مولکول آب را جذب می‌کند.

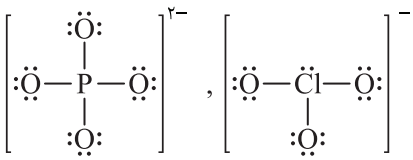
C ۲۵۹۳ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم نادرست هستند. با توجه به ساختار لوویس یون‌های NO_3^- و NO_2^+، این مولکول‌ها در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند و فقط در یون NO_2^+، نسبت تعداد الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی برابر یک است، از این‌رو یون NO_x^y، همان یون NO_2^+ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: یون آمونیوم (NH_4^+) نمی‌تواند با یون NO_2^+، نمک تشکیل دهد. یون آمونیوم برای تشکیل نمک نیاز به آنیون دارد و نه کاتیون! عبارت دوم: تعداد عنصرهای یون NO_2^+ برابر ۲ و حاصل $x+y$ در این یون برابر ۳ (۱+۲) است. عبارت سوم: عدد اکسایش اتم S در یون SO_4^{2-} برابر ۶+ و عدد اکسایش اتم N در یون NO_2^+ برابر ۵+ است. بالاترین عدد اکسایش ممکن برای اتم‌های S و N به ترتیب برابر ۶+ و ۵+ است، می‌دانیم اتم‌ها با بالاترین عدد اکسایش فقط می‌توانند نقش اکسندگی داشته باشند.

$$\underline{N}O_2^+ \Rightarrow N+2(-2)=+1 \Rightarrow N=+5 \qquad \underline{S}O_4^{2-} \Rightarrow S+4(-2)=-2 \Rightarrow S=+6$$



عبارت چهارم: مولکول کربونیل سولفید (CSO) به دلیل متفاوت بودن اتم‌های کناری در آن برخلاف یون NO_2^+، قطبی بوده و گشتاور قطبی بزرگ‌تر از صفر دارد.

C ۲۵۹۴ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. با توجه به ساختار لوویس که همهٔ اتم‌های هشت‌تایی هستند و بار یون‌ها، A عنصر $_{15}P$ و B عنصر $_{17}Cl$ می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عدد اتمی عنصر A $(_{15}P)$ از عنصر B $(_{17}Cl)$ کمتر است. عبارت (ب): در $_{15}P$ تعداد ۳ الکترون و در $_{17}Cl$ تعداد ۵ الکترون دارای $(n+l=4)$ هستند. $_{17}Cl:[_{10}Ne]3s^2 3p^5$ $_{15}P:[_{10}Ne]3s^2 3p^3$



عبارت (پ): Cl و P ترکیب PCl_3 را می‌سازند که به دلیل وجود جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی، قطبی است. عبارت (ت): CCl_4 ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

A ۲۵۹۵ ۴ برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتریکی، به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز است، از این‌رو تنها در برخی کشورهای توسعه یافته این فرایند انجام می‌شود و از شیمی دهم به یاد دارید که در فرایند تولید برق از خورشید نیز اندکی CO_2 تولید می‌شود.

A ۲۵۹۶ ۴ وظیفهٔ سیستم سردکننده در این فناوری، خنک کردن بخار داغ تولید شده می‌باشد و شارهٔ جریان یافته در این لوله‌ها راهی به برج متمرکزکننده نخواهند داشت. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شکل داده شده نمایی از مجتمع فناوری تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی است. گزینهٔ (۲): شارهٔ A وارد برج گیرنده شده و توسط پرتوهای متمرکز شده توسط آینه‌ها، با جذب انرژی، دمای آن افزایش یافته و باعث تولید بخار داغ می‌شود. گزینهٔ (۳): همان‌طور که در شکل مشاهده کردید، در یکی از منابع ذخیرهٔ انرژی گرمایی، شارهٔ یونی که گرمای خودش را به آب داده و سرد شده است، ذخیره می‌شود تا در صورت نیاز دوباره در برج گیرنده بالا رفته و با دریافت انرژی از خورشید دوباره گرم شود.

A ۲۵۹۷ ۴ عبارت‌های (ب) و (ث) نادرست هستند. شارهٔ بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود، NaCl است که یک ترکیب یونی محسوب می‌شود. شاره‌ای که توربین را به حرکت درمی‌آورد، بخار داغ می‌باشد که یک ترکیب مولکولی (آب) است. این بخار داغ در قسمت (۳) با انتقال گرما از شارهٔ یونی به شارهٔ مولکولی تولید می‌شود و طی این فرایند، بخشی از انرژی جنبشی آن در مولد، مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

A ۲۵۹۸ ۴ N_2 به دلیل داشتن دمای جوش پایین $(-196^\circ C)$، به سادگی به گاز تبدیل می‌شود ولی برای مایع کردن آن در دستگاه سرد کننده به انرژی زیادی نیاز است؛ از این‌رو استفاده از N_2 به جای H_2O، سبب افزایش بازده تولید برق نمی‌شود.

B ۲۵۹۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در اثر متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرندهٔ برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شارهٔ یونی) افزایش می‌یابد و این شارهٔ بسیار داغ به منبع ذخیرهٔ انرژی گرمایی سرازیر می‌شود تا حتی در روزهای ابری و شب هنگام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. عبارت (ب): شارهٔ مذاب درون سیستم‌های برج گیرنده، نمک سدیم کلرید می‌باشد که نوعی مادهٔ یونی است.

عبارت (پ): با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان نوشت:

$$Q=m.c.\Delta\theta \Rightarrow 250/85\times 600=12750J \Rightarrow 12750J\times\frac{1\,cal}{4/18J} \Rightarrow Q=3050cal$$

* **توجه** هر کالری، ۴/۱۸ ژول است.

عبارت (ت): ماده‌ای که در سیستم سردکننده خنک می‌شود و ماده‌ای که باعث حرکت توربین مولد می‌شود، هر دو بخار آب می‌باشند و نیروی بین‌مولکولی در هر دو مورد، پیوند هیدروژنی است.

B ۲۶۰۰ ۱ گسترهٔ دمایی که یک ترکیب در آن به حالت مایع قرار دارد، به نقطهٔ ذوب و نقطهٔ جوش ترکیب وابسته است. در ترکیب‌های مولکولی مثل HF، نیروهای بین‌مولکولی (در مورد HF پیوند هیدروژنی) تعیین‌کنندهٔ نقطهٔ ذوب و جوش ترکیب هستند و در واقع برای ذوب کردن یا جوشاندن ترکیب‌های مولکولی باید بر نیروهای بین‌مولکولی غلبه کرد. به علت قوی‌تر بودن پیوند یونی نسبت به پیوند هیدروژنی، NaCl در گسترهٔ دمایی بسیار بیشتری نسبت به HF به حالت مایع قرار دارد؛ بنابراین مقایسهٔ انجام شده در عبارت (الف) درست، اما دلیل آن نادرست است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): HF نقطهٔ ذوب و جوش بالاتری نسبت به N_2 دارد، زیرا پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های HF بسیار قوی‌تر از نیروهای وان‌دروالسی بین مولکول‌های N_2 است. در این عبارت مقایسه و علت ذکر شده هر دو نادرست هستند. گزینهٔ (۳): مقایسه و علت هر دو درست هستند. پیوند یونی قوی‌تر از نیروهای بین‌مولکولی است. گزینهٔ (۴): مقایسه و علت هر دو درست هستند.

B ۲۶۰۱ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): مطابق یک قاعدهٔ کلی هر چه تفاوت بین نقطهٔ ذوب و جوش یک مادهٔ خالص بیشتر باشد، آن ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروی جاذبه میان ذره‌های سازندهٔ مایع قوی‌تر است. عبارت (پ): تفاوت نقطهٔ ذوب و جوش سدیم کلرید بیشتر از آب و هیدروژن فلوئورید است؛ از این‌رو سدیم کلرید در گسترهٔ دمایی بالاتری به حالت مایع است. عبارت (ت): به‌طور کلی تفاوت نقطهٔ ذوب و جوش برای یک ترکیب یونی بیشتر از یک ترکیب مولکولی است؛ از این‌رو نیروی جاذبهٔ میان ذرات برای یک ترکیب یونی بالاتر از یک ترکیب مولکولی است.

B ۲۶۰۲ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: تفاوت نقطهٔ ذوب و جوش NaCl بیشتر است؛ بنابراین در گسترهٔ دمایی بزرگ‌تری به حالت مایع است. عبارت دوم: نقطهٔ ذوب و جوش H_2S کمتر است؛ بنابراین قدرت نیروی بین ذرات آن ضعیف‌تر از دو ترکیب دیگر است. عبارت سوم: سدیم کلرید انرژی گرمایی را بیشتر نگه داشته و می‌توان از آن برای جذب حرارت پرتوهای خورشید استفاده کرد. عبارت چهارم: تفاوت نقطهٔ ذوب و جوش NaCl بیشتر از دو ترکیب دیگر است و انرژی گرمایی را بیشتر نگه می‌دارد.

B ۲۶۰۳ ۱ حداکثر گرمای قابل انتقال توسط سدیم کلرید مذاب هنگامی است که این ماده به نقطهٔ جوش برسد؛ از این‌رو گرمای جذب شده توسط سدیم کلرید برابر است با:

$$\text{جرم سدیم کلرید} = ۲m^3 \text{ نمک} \times \frac{۱۰^6 mL \text{ نمک}}{۱ m^3 \text{ نمک}} \times \frac{۲g \text{ نمک}}{۱ mL \text{ نمک}} = ۴\times۱۰^6 g \text{ نمک}$$

$$Q = mc\Delta\theta = ۴\times۱۰^6 \times ۰/۸۵ \times (۱۴۰۰ - ۸۰۰) = ۲/۰۴\times۱۰^9 J = ۲/۰۴\times۱۰^6 kJ$$

سپس مقدار آبی را که توسط این مقدار گرما تبخیر شود محاسبه می‌کنیم:

$$?kg\ H_2O = ۲/۰۴\times۱۰^6 kJ \times \frac{۱ mol\ H_2O}{۴۰ kJ} \times \frac{۱۸ g\ H_2O}{۱ mol\ H_2O} \times \frac{۱ kg\ H_2O}{۱۰^3 g\ H_2O} = ۹۱۸ kg\ H_2O$$

C ۲۶۰۴ ۴ گرمای مصرف شده برای تبخیر آب را به‌دست می‌آوریم:

$$Q_{H_2O} = ۵۴\times۱۰^3 g \times \frac{۱ mol\ H_2O}{۱۸ g\ H_2O} \times \frac{۴۵ kJ}{۱ mol\ H_2O} = ۱۳۵\times۱۰^3 kJ$$

با توجه به اینکه ۷۵ درصد از گرمای NaCl به آب منتقل می‌شود، بنابراین گرمای مربوط به NaCl(l) برابر است با:

$$Q_{NaCl} = ۱۳۵\times۱۰^3 kJ \times \frac{۱۰۰}{۷۵} = ۱۸\times۱۰^4 kJ$$

$$\text{سهم هر آینه} = \frac{۱۸\times۱۰^4 kJ}{۲۰} = ۹\times۱۰^3 kJ$$

$$\Delta\theta_{NaCl} = \frac{Q}{m\times c} = \frac{۱۸\times۱۰^7 J}{۵\times۱۰^5 g \times ۰/۸ \frac{J}{g.^\circ C}} = ۴۵^\circ C$$

A ۲۶۰۵ ۳ در واکنش تولید ترکیب یونی فلزها با از دست دادن الکترون، تشکیل کاتیون می‌دهند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هر ترکیب یونی دوتایی را می‌توان فراوردهٔ واکنش یک فلز با یک نافلز دانست. گزینهٔ (۲): در واکنش تولید ترکیب یونی دوتایی اتم‌ها با یکدیگر الکترون دادوستد می‌کنند. گزینهٔ (۴): در جریان تشکیل یک ترکیب یونی دوتایی، اتم‌های نافلز با گرفتن الکترون، آنیون‌ها را تشکیل می‌دهند.

A ۲۶۰۶ ۳ **پاسخ پرسش‌ها:** پرسش (الف): فراوردهٔ حاصل از واکنش Na^+ و Cl^-، NaCl (نمک خوراکی) است که جامدی سفیدرنگ است. پرسش (ب): آرایش الکترونی $_{11}Na^+$ مشابه گاز نجیب نئون (Ne) است. پرسش (پ): در فرایند تشکیل ترکیب یونی، اغلب تغییر اندازهٔ شعاع کاتیون بیشتر از آنیون است.

A ۲۶۰۷ ۳ شکل داده شده مربوط به فرایند تشکیل سدیم کلرید از گاز کلر و فلز سدیم می‌باشد. در این شکل مادهٔ A مربوط به فلز سدیم، مادهٔ B مربوط به گاز کلر و مادهٔ C مربوط به سدیم کلرید می‌باشد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در این واکنش فلز سدیم الکترون از دست داده و گاز کلر الکترون جذب می‌کند، پس عنصر A (فلز سدیم) نقش کاهنده و عنصر B (گاز کلر) نقش اکسنده را بر عهده دارند. گزینهٔ (۲): B (گاز کلر) یک مادهٔ مولکولی است و ذره‌های سازندهٔ جامد بلوری آن مولکول‌ها می‌باشند. در حالی‌که مادهٔ A (فلز سدیم) جامد فلزی و مادهٔ C (سدیم کلرید) جامد یونی بوده و فاقد مولکول می‌باشند. گزینهٔ (۳): برای تولید یک مول سدیم کلرید می‌بایست یک مول الکترون بین فلز سدیم و گاز کلر مبادله شود. گزینهٔ (۴): هر دو واکنش ذکر شده بسیار گرماده هستند.

A ۲۶۰۸ ۲ موارد (الف)، (ب) و (ث) را می‌توان به واکنش تشکیل سدیم کلرید از عنصرهای سازنده‌اش نسبت داد. در این واکنش پایداری فراورده‌ها نسبت به واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است (مورد پ). از طرفی فراوردهٔ این واکنش جامدی یونی و سفید رنگ است (مورد ت). این واکنش گرماده است بنابراین آنتالپی آن منفی است (مورد ج).

B ۲۶۰۹ ۲ عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عدد اتمی آهن ۲۶ است. $_{26}Fe$ با تشکیل کاتیون در فرایند تشکیل جامد یونی شرکت می‌کند. هنگام تشکیل کاتیون شعاع اتمی آن کاهش می‌یابد. عبارت (ب): در واکنش دو عنصر منیزیم و گوگرد به‌ازای تشکیل یک مول MgS، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. عبارت (پ): $_{15}B$ با تشکیل $_{15}B^{3-}$ و $_{16}C$ با تشکیل $_{16}C^{2-}$ به آرایش گاز نجیب Ar می‌رسند. در آنیون‌های هم‌الکترون، آنیونی با بار منفی بیشتر، شعاع بزرگ‌تری دارد؛ زیرا به ازای الکترون برابر، پروتون کمتری دارد. عبارت (ت): در این واکنش $_{17}D$ با تشکیل آنیون $_{17}D^-$ و $_{37}E$ با تشکیل کاتیون $_{37}E^+$ به پایداری می‌رسند. اغلب تغییر شعاع اتمی عنصری که کاتیون تشکیل می‌دهد، بیشتر است، زیرا هنگام تشکیل کاتیون، یک لایه از لایه‌های الکترونی آن کم می‌شود. عبارت (ث): عناصر $_{11}C$ و $_{34}D$ به ترتیب $_{11}Na$ و $_{34}Se$ هستند که با مبادلهٔ الکترون به ترتیب به آرایش هشت‌تایی $_{10}Ne$ و $_{36}Kr$ تبدیل می‌شوند ولی عناصر $_3A$ و $_{29}B$ که به ترتیب $_3Li$ و $_{29}Cu$ هستند، با از دست دادن الکترون به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند. دقت کنید که $_3Li^+$ به آرایش دوتایی گاز نجیب هلیم می‌رسد.

نکته ترکیبی **یون‌های تک‌اتمی:** الف) یون‌هایی که آرایش الکترونی آن‌ها به آرایش هشت‌تایی می‌رسد: این یون‌ها شامل همهٔ آنیون‌ها، اکثر یون‌های فلزهای دستهٔ s و آلومینیم است:

$$F^-, Cl^-, Br^-, O^{2-}, S^{2-}, Se^{2-}, N^{3-}, P^{3-}, Al^{3+}, Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sc^{3+}, \ldots$$

ب) یون‌هایی که آرایش الکترونی آن‌ها به آرایش هشت‌تایی پایدار نمی‌رسد: این یون‌ها شامل بسیاری از یون‌های عناصر واسطه و برخی عناصر ابتدایی می‌شود:

$$H^+, Li^+, Be^{2+}, B^{3+}, Cr^{2+}, Cr^{3+}, Mn^{3+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Cu^+, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Ga^{3+}, Ag^+, \ldots$$

B ۲۶۱۰ ۲ A^{3+} و B^{2-} به آرایش یکسان رسیده‌اند، پس آن‌ها می‌توانند $_{13}Al^{3+}$ و $_8O^{2-}$ باشند که هر دو به آرایش گاز نجیب Ne می‌رسند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): تفاوت عدد اتمی Al و O برابر ۵ است. گزینهٔ (۲): آرایش الکترونی Al به‌صورت $_{13}Al: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$ است که در آخرین زیرلایه با $l=1$ (زیرلایهٔ p) آن، یک الکترون وجود دارد. گزینهٔ (۳): آرایش الکترون - نقطه‌ای B به‌صورت $\dot{\ddot{B}}\cdot$ است که در آن دو الکترون تک و دو جفت‌الکترون وجود دارد. گزینهٔ (۴): در واکنش بین اتم A و اتم B، ترکیب A_2B_3 به‌دست می‌آید که به منظور تشکیل آن ۶ الکترون مبادله شده است.

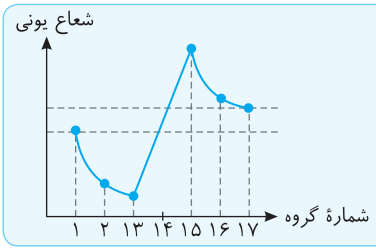
B ۲۶۱۱ ۲ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. A در گروه شانزدهم، B در گروه دوم، C در گروه پانزدهم و D در گروه سیزدهم جدول تناوبی قرار دارد.
بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): B با تشکیل کاتیون B^{2+} و C با تشکیل آنیون C^{3-} پایدار شده و ترکیب B_3C_2 را تشکیل می‌دهند که در آن نسبت تعداد آنیون به کاتیون برابر $\frac{2}{3}$ است. عبارت (ب): عنصر D با از دست دادن $3e^-$ به آرایش هشت‌تایی پایدار گاز نجیب آرگون نمی‌رسد. عبارت (پ): در واکنش A و C با سدیم، A یون A^{2-} و C یون C^{3-} را تشکیل می‌دهد که تغییر شعاع C بیشتر از A خواهد بود. عبارت (ت): A یون A^{2-} و D یون D^{3+} را تشکیل می‌دهد. ترکیب حاصل از A و D، D_2A_3 بوده که به منظور تشکیل آن ۶ الکترون مبادله می‌شود.

B ۲۶۱۲ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شعاع یونی یون پایدار فلزها از شعاع اتمی آن‌ها کوچک‌تر است؛ بنابراین a می‌تواند یک اتم فلزی و b یون پایدار آن باشد. عبارت (ب): a و c می‌توانند یک اتم فلزی و یک اتم نافلزی در یک دوره از جدول تناوبی باشند. مثلاً a، لیتیم و c، فلوئور باشد. عبارت (پ): شعاع یون پایدار نافلزها از شعاع اتمی آن‌ها بزرگ‌تر است؛ بنابراین c می‌تواند یک اتم نافلزی و d یون پایدار آن باشد. عبارت (ت): a می‌تواند یک فلز از گروه ۱ و c یک نافلز از گروه ۱۷ باشد. در این صورت از واکنش این دو عنصر، یک ترکیب یونی با فرمول ac تولید می‌شود.

★ **نکته** در یک دوره از جدول تناوبی، هر چه بار منفی یون پایدار یک عنصر بیشتر باشد، شعاع بزرگ‌تر است و هر چه بار مثبت یون پایدار یک عنصر بیشتر باشد، شعاع کوچک‌تر است. مقایسهٔ شعاع یونی عناصر دورهٔ سوم جدول دوره‌ای به صورت مقابل است:

$$_{15}P^{3-} > _{16}S^{2-} > _{17}Cl^{-} > _{11}Na^{+} > _{12}Mg^{2+} > _{13}Al^{3+}$$

روند تغییر شعاع یونی عناصر دورهٔ سوم جدول دوره‌ای:



A ۲۶۱۳ ۴ وجود جامدهای یونی در طبیعت نشان می‌دهد که نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهم‌نام بر نیروهای دافعه میان یون‌های هم‌نام غالب است.

A ۲۶۱۴ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (الف): در نتیجهٔ غلبهٔ نیروهای جاذبه بر دافعه در یک جامد یونی، آرایش منظمی از یون‌ها در سه بعد تشکیل می‌شود. عبارت (ب): واژهٔ شبکهٔ بلوری برای توصیف آرایش سه‌بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به‌کار می‌رود.

A ۲۶۱۵ ۴ عدد کوئوردیناسیون Cl^- برابر ۶ است. شمار الکترون‌های ظرفیتی کلر برابر ۷ است. $_{17}Cl: [_{10}Ne]\,3s^2 3p^5 \Rightarrow$ شمار الکترون‌های ظرفیتی $= 2+5=7$
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): شعاع یونی کلرید از شعاع یونی سدیم بزرگ‌تر است، پس یون‌های کلرید گوی‌های بزرگ و یون‌های سدیم گوی‌های کوچک خواهند بود. گزینهٔ (۲): آرایش یون‌ها در سرتاسر شبکهٔ بلور جامدهای یونی از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند. گزینهٔ (۳): عدد کوئوردیناسیون یون سدیم در این ساختار ۶ است.

A ۲۶۱۶ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): میان یون‌های همنام نیروهای دافعه وجود دارد. عبارت (ب): نیروهای دافعه و جاذبه در جامدهای یونی به شمار معینی از یون‌ها محدود نمی‌شوند بلکه میان همهٔ یون‌ها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود. عبارت (پ): در یک شبکهٔ بلور از آنجا که نیروهای جاذبه و دافعه به شمار معینی از یون‌ها محدود نمی‌شود، از تمام جهات به هر یون وارد می‌شود. عبارت (ت): شرط تشکیل جامد یونی در طبیعت، غلبه کردن نیروهای جاذبه بر نیروهای دافعه می‌باشد. سدیم کلرید نیز یک جامد یونی طبیعی است. پس نیروهای جاذبهٔ میان یون‌های سدیم و کلرید از نیروهای دافعه بین یون‌های همنام بیشتر می‌باشد.

B ۲۶۱۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) جملهٔ داده شده را به‌درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سدیم اکسید (Na_2O) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۲ مول الکترون مبادله شده است. عبارت (ب): منیزیم سولفید (MgS) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۲ مول الکترون مبادله شده است. عبارت (پ): سرب (II) کلرید $(PbCl_2)$ یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۲ مول الکترون مبادله شده است. عبارت (ت): پتاسیم فلوئورید (KF) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۱ مول الکترون مبادله شده است. عبارت (ث): کلسیم فلوئورید (CaF_2) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۲ مول الکترون مبادله شده است.

A ۲۶۱۸ ۱ نسبت عدد کوئوردیناسیون کاتیون به آنیون، برابر نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در یک واحد فرمولی از آن ترکیب می‌باشد. در بلور منیزیم کلرید با فرمول $MgCl_2$ به ازای هر یون منیزیم، دو یون کلرید وجود دارند. پس نسبت عدد کوئوردیناسیون منیزیم به یون کلرید برابر ۲ به ۱ است. از آنجا که عدد کوئوردیناسیون در یون منیزیم برابر ۸ است، پس عدد کوئوردیناسیون یون کلرید برابر ۴ می‌باشد.

A ۲۶۱۹ ۱ نسبت عدد کوئوردیناسیون آنیون به کاتیون برابر است با نسبت شمار کاتیون‌ها به شمار آنیون‌ها، پس: $\frac{4}{6}=\frac{2}{n} \Rightarrow n=3$
بنابراین بار کاتیون $(+3)$ بوده و عنصر A در گروه ۱۳ جدول دوره‌ای عنصرها قرار دارد. ترکیب یونی حاصل از کاتیون A و یون کلرید ACl_3 خواهد بود.

A ۲۶۲۰ ۴ نسبت عدد کوئوردیناسیون کاتیون‌ها به آنیون‌ها در گالیم هیدروکسید $(Ga(OH)_3)$ همانند نسبت عدد کوئوردیناسیون آنیون‌ها به کاتیون‌ها در سدیم فسفات (Na_3PO_4) برابر ۳ است.

B ۲۶۲۱ ۳ A همان $_{21}Sc$ است که کاتیون A^{3+} را تشکیل می‌دهد. B همان $_{16}S$ است که آنیون B^{2-} را تشکیل می‌دهد. C همان $_{15}P$ است که آنیون C^{3-} را تشکیل می‌دهد. D همان $_3Li$ است که کاتیون D^+ را تشکیل می‌دهد. بیشترین نسبت عدد کوئوردیناسیون آنیون به کاتیون (شمار کاتیون به آنیون) در ترکیب حاصل از C و D (D_3C) وجود دارد که این نسبت برابر ۳ است.

B ۲۶۲۲ ۲ گزینه‌ها را تک تک بررسی می‌کنیم: **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مقاومت کششی گرافن ۱۰۰ برابر فولاد است؛ بنابراین نسبت تعداد خواسته شده برابر $\frac{1}{100}$ است. گزینهٔ (۲):

$$\frac{\text{درصد جرمی اکسیژن در } C_2H_4O_2}{\text{درصد جرمی اکسیژن در } C_6H_{12}O_6} = \frac{\frac{2\times16}{62}\times100}{\frac{6\times16}{180}\times100} = \frac{30}{31}$$

گزینهٔ (۳): در ترکیب $Sc_4(SiO_4)_3$ نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها برابر با $\frac{3}{4}$ است. گزینهٔ (۴): این نسبت را در ترکیب $(NH_4)_3PO_4$ به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{عدد کوئوردیناسیون } NH_4^+}{\text{عدد کوئوردیناسیون } PO_4^{3-}}=\frac{1}{3}$$

بنابراین مقدار عددی نسبت به دست آمده در گزینهٔ دوم از سایر گزینه‌ها بزرگ‌تر است.

B ۲۶۲۳ ۴ در یک دوره از جدول تناوبی، در فلزها با افزایش عدد اتمی، شعاع یونی کاهش‌یافته همچنین در نافلزها با افزایش عدد اتمی، شعاع یونی کم می‌شود. اما شعاع یونی فلزات از نافلزات کمتر است: مقایسهٔ شعاع یونی $P^{3-}>S^{2-}>Cl^->Na^+>Mg^{2+}>Al^{3+}$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): از واژه‌های مولکول و فرمول مولکولی فقط برای مواد مولکولی استفاده می‌شود. گزینهٔ (۲): در فرایند تشکیل کاتیون، تعداد پروتون‌ها ثابت مانده و تعداد الکترون‌ها کاهش می‌یابد، از این‌رو تشکیل کاتیون با کاهش شعاع همراه است. یون‌های Li^+ و O^{2-} به ترتیب، یون‌های پایدار و متداول برای اتم‌های Li و O هستند. گزینهٔ (۳): در یک گروه از بالا به پایین، تعداد لایه‌های الکترونی در یون‌ها افزایش‌یافته، از این‌رو شعاع یونی نیز افزایش می‌یابد.

A ۲۶۲۴ ۲ در میان یون‌هایی که شمار الکترون‌های برابری دارند، شعاع یونی که شمار پروتون‌های بیشتری دارد، کوچک‌تر است. دو یون Na^+ و O^{2-} شمار الکترون‌های برابری دارند (هر دو ۱۰ الکترون) و یون Na^+ شمار پروتون‌های بیشتری دارد، در نتیجه شعاع یون Na^+ کوچک‌تر از شعاع یون O^{2-} است (اعداد ۱۳۸ و ۱۴۴ حذف می‌شوند). بین دو عدد ۹۹ و ۵۸ با توجه به اینکه این دو یون شمار الکترون‌ها و شمار لایه‌های الکترونی برابری دارند، عدد ۹۹ گزینهٔ منطقی‌تری برای شعاع یون Na^+ است، چون عدد ۵۸ از نصف شعاع یونی O^{2-} هم کوچک‌تر است.

B ۲۶۲۵ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر D نافلزی از گروه ۱۷ است، بنابراین شعاع اتمی آن کوچک‌تر از شعاع یونی آن است، در حالی‌که عنصر A یک فلز از گروه ۱ است و شعاع اتمی آن بزرگ‌تر از شعاع یونی آن است. عبارت (ب): عنصر G متعلق به دورهٔ سوم و گروه ۱۷ است. بنابراین آرایش الکترونی این عنصر و یون پایدار آن به‌صورت مقابل است: $G:[_{10}Ne]\,3s^2 3p^5 \rightarrow G^-:[_{10}Ne]\,3s^2 3p^6=[_{18}Ar]$

بنابراین یون پایدار عنصر $G\,(G^-)$ ۶ الکترون با مشخصات $n=3$ و $l=1$ دارد. عبارت (پ): می‌دانیم در هر دوره، شعاع یونی نافلزات بیشتر از شعاع یونی فلزات است. بنابراین در این جدول در بین عنصرهای داده شده، در دورهٔ دوم عنصر D و در دورهٔ سوم عنصر F بیشترین شعاع یونی را دارند، از طرفی یون پایدار عنصر F یک لایه بیشتر از یون پایدار عنصر D دارد، بنابراین شعاع یونی عنصر F بزرگ‌تر از عنصر D است. عبارت (ت): عنصر E، همان سیلیسیم (Si) است که یک شبه‌فلز می‌باشد. نافلز C (کربن) و شبه‌فلز E (سیلیسیم) یون تک‌اتمی پایدار تشکیل نمی‌دهند ولی می‌توانند به‌صورت یون‌های چندتایی مانند SiO_4^{4-} ترکیب یونی تشکیل دهند.

B ۲۶۲۶ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در یک دوره از چپ به راست، به دلیل افزایش تعداد پروتون‌ها و بار مؤثر هسته، شعاع یونی کاتیون‌های پایدار عناصر کاهش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به شمارهٔ دوره و گروه عناصر، A، B، C و D به ترتیب $_8O$، $_9F$، $_{16}S$ و $_{17}Cl$ هستند. یون پایدار این عناصر به ترتیب O^{2-}، F^-، S^{2-} و Cl^- بوده و مقایسهٔ شعاع آن‌ها به شکل زیر است:

شعاع یونی : $S^{2-}(C^{2-})>Cl^-(D^-)>O^{2-}(A^{2-})>F^-(B^-)$

عبارت (پ): برای نافلزها، در یک گروه با افزایش عدد اتمی، شعاع آنیون‌های پایدار عناصر افزایش‌یافته و در یک دوره، با افزایش عدد اتمی، شعاع یونی آنیون‌های پایدار عناصر کاهش می‌یابد؛ از این‌رو مقایسهٔ شعاع آنیون‌ها به‌صورت: « $F^-<O^{2-}<S^{2-}$ » است. با ثابت بودن تعداد پروتون‌ها و کاهش تعداد الکترون‌ها، بار مؤثر هسته تأثیر بیشتری روی الکترون‌ها داشته، از این‌رو مقایسهٔ شعاع آهن و یون‌های پایدار آن به‌صورت « $Fe>Fe^{2+}>Fe^{3+}$ » است. عبارت (ت): یون‌های سولفید (S^{2-}) و کلرید (Cl^-) به آرایش الکترونی گاز آرگون می‌رسند. یون‌های S^{2-} و Cl^-، تعداد الکترون برابری دارند، اما تعداد پروتون‌های یون Cl^- بیشتر است؛ از این‌رو شعاع یونی S^{2-} بیشتر از Cl^- است.

B ۲۶۲۷ ۴ آنیون‌های پایدار دورهٔ سوم جدول دوره‌ای عنصرها عبارت‌اند از $(_{15}P^{3-})$، $(_{16}S^{2-})$ و $(_{17}Cl^-)$. می‌دانیم هرچه بار آنیون بیشتر باشد، شعاع یونی نیز بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در گروه هالوژن‌ها شعاع یونی هر نافلز بزرگ‌تر از شعاع اتمی آن است، بنابراین نمودار (۱) و نمودار (۲) به‌ترتیب می‌تواند مربوط به روند تغییرات شعاع یونی و شعاع اتمی این گروه باشد. گزینهٔ (۲): عنصر B شبه‌فلزی از دورهٔ سوم یعنی سیلیسیم (Si) است، بنابراین عنصر C متعلق به گروه ۱۴ جدول دوره‌ای عنصرها یعنی قلع (Sn) می‌باشد که فلز است. می‌دانیم اکسید فلزها خاصیت بازی داشته و در اثر انحلال در آب $[OH^-]$ را افزایش و غلظت $[H^+]$ را کاهش می‌دهند. گزینهٔ (۳): اولین عنصر نافلزی در تناوب دوم، کربن $(_6C)$ است که در گروه ۱۴ قرار دارد. بنابراین عنصر D متعلق به گروه ۱۷ است و با گرفتن یک الکترون به آرایش هشت‌تایی پایدار می‌رسد.

C ۲۶۲۸ ۳ ابتدا با استفاده از آرایش الکترونی یون‌های M^{2+} و A^-، آرایش الکترونی اتم‌های M و A را می‌نویسیم:

$M^{2+}:\cdots/2s^2 2p^6 \rightarrow M:\cdots/3s^2 \rightarrow$ M متعلق به گروه ۲ و دورهٔ ۳ است ، $A^-:\cdots/3s^2 3p^6 \rightarrow A:\cdots/3s^2 3p^5 \rightarrow$ A متعلق به گروه ۱۷ و دورهٔ ۳ است

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): عنصر M که همان منیزیم $(_{12}Mg)$ است در واکنش با نافلزها، ترکیب یونی (مانند MgO و $MgCl_2$) تشکیل می‌دهد. از طرفی عنصر A که همان کلر $(_{17}Cl)$ است در واکنش با برخی فلزها ترکیب یونی (مانند NaCl) تشکیل می‌دهد. گزینهٔ (۲): یون سیلیکات (SiO_4^{4-}) و کاتیون عنصر M (M^{2+})، ترکیب یونی (M_2SiO_4) را تشکیل می‌دهند:

$$M^{2+} \;\; SiO_4^{4-} \rightarrow M_4(SiO_4)_2 \rightarrow M_2SiO_4$$

گزینهٔ (۳): عنصر M متعلق به گروه ۲ و دورهٔ سوم است بنابراین کاتیون‌های هم‌دورهٔ آن دارای بار $(+1)$ و $(+3)$ می‌باشند؛ با توجه به اینکه عنصر M، Mg است، کاتیون‌های هم‌دورهٔ آن Na^+ و Al^{3+} هستند. مقایسهٔ شعاع یونی این سه یون به‌صورت روبه‌رو است: $Na^+>Mg^{2+}>Al^{3+}$

گزینهٔ (۴): عنصر M فلز و عنصر A نافلز است، می‌دانیم در فلزها شعاع یونی کوچک‌تر از شعاع اتمی است، بنابراین نسبت شعاع یونی به شعاع اتمی کوچک‌تر از یک می‌باشد، در حالی‌که در نافلزها شعاع یونی بیشتر از شعاع اتمی است و نسبت شعاع یونی به شعاع اتمی بزرگ‌تر از یک می‌باشد. بنابراین نسبت شعاع یونی به شعاع اتمی در عنصر M کوچک‌تر از این نسبت در عنصر A است.

B ۲۶۲۹ ۳ همهٔ عبارت‌های بیان شده درست هستند. در بین عنصرهای داده شده، عنصر سدیم (B) دارای بزرگ‌ترین شعاع اتمی است و پس از آن عنصرهای اکسیژن (A) و فلوئور (C) قرار دارند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فلوئور واکنش‌پذیرترین نافلز جدول دوره‌ای است. عبارت (ب): اختلاف عدد اتمی عنصرهای اکسیژن ($_8O$) و سدیم ($_{11}Na$) برابر ۳ است. عبارت (پ): هر سه عنصر داده شده با تشکیل یون پایدار به آرایش گاز نجیب دورهٔ دوم ($_{10}Ne$) می‌رسند. عبارت (ت): یون‌های سدیم و کلرید در واکنش با یکدیگر تولید نمک خوراکی می‌کنند.

B ۲۶۳۰ ۲ عبارت گزینهٔ (۲) برخلاف جملهٔ داده شده نادرست است. **بررسی جملهٔ داده شده:** در میان یون‌های پایدار عناصر دورهٔ دوم، بیشترین شعاع یونی مربوط به $_7N^{3-}$ است. در میان یون پایدار فلزات قلیایی، کمترین شعاع مربوط به $_3Li^+$ است. مجموع عدد اتمی این دو یون برابر ۱۰ (۷+۳) بوده که با عدد اتمی نئون ($_{10}Ne$) که در دورهٔ دوم قرار دارد، برابر است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در یک گروه، شعاع اتمی و یونی، هر دو از بالا به پایین افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۲): در گروه هالوژن‌ها، واکنش‌پذیری با شعاع اتمی و یونی رابطهٔ عکس دارد و هرچه از بالا به پایین می‌آییم، با افزایش شعاع (اتمی - یونی) واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۳): در آنیون‌های هم‌الکترون، هرچه اندازهٔ بار آنیون بزرگ‌تر باشد، شعاع آن نیز بزرگ‌تر خواهد بود، برای مثال اندازهٔ یون سولفید از اندازهٔ یون کلرید بزرگ‌تر می‌باشد. گزینهٔ (۴): بر اساس جدول کتاب درسی، به‌طور کلی شعاع اتمی و یونی در فلزهای قلیایی با شعاع اتمی و یونی در فلزهای قلیایی خاکی دورهٔ بعد تقریباً مشابه است، برای مثال شعاع اتمی و یونی فلز لیتیم به‌ترتیب ۱۵۲ و ۷۶ است و شعاع اتمی و یونی فلز منیزیم به‌ترتیب ۱۶۰ و ۷۲ است، پس اختلاف شعاع یونی در این دو یون کمتر از اختلاف شعاع یون‌های پایدار اکسید و کلرید می‌باشد.

B ۲۶۳۱ ۱ عنصرهای داده شده به‌ترتیب از راست به چپ، فلوئور، اکسیژن، منیزیم و سدیم هستند. تنها عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): یون پایدار همهٔ این عنصرها به آرایش الکترونی گاز نجیب نئون می‌رسند. عبارت (ب): عنصر اکسیژن فراوان‌ترین عنصر پوستهٔ زمین است. عبارت (پ): یون‌های پایدار عنصرهای C و D به‌ترتیب (+۲) و (+۱) می‌باشند. عبارت (ت): در یک گروه از بالا به پایین شعاع اتمی عنصرها افزایش می‌یابد، پس فلوئور کوچک‌ترین شعاع اتمی را در گروه خود دارد.

B ۲۶۳۲ ۴ در یک گروه به‌طور کلی از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می‌یابد (رد گزینه‌های (۱) و (۲)). همچنین در یک دوره ابتدا کاتیون‌ها قرار دارند که با افزایش عدد اتمی شعاع یونی آن‌ها کاهش می‌یابد، سپس آنیون‌ها قرار دارند که شعاع یونی آن‌ها به‌طور کلی بزرگ‌تر از کاتیون‌های هم‌دوره است و روند کاهشی دارند (رد گزینه‌های (۱) و (۳)).

B ۲۶۳۳ ۱ موارد سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در فلزهای یک دوره، با افزایش تعداد الکترون‌های تک در ساختار الکترون - نقطه‌ای (چپ به راست)، شعاع یونی یون‌های پایدار کاهش می‌یابد. عبارت دوم: در بین نافلزها، با کاهش خصلت نافلزی (البته گازهای نجیب را در نظر نمی‌گیریم)، شعاع یونی افزایش می‌یابد. برای مثال عنصر اکسیژن خصلت نافلزی کمتری نسبت به عنصر فلوئور دارد، اما شعاع یون پایدار اکسید، از یون پایدار فلوئورید بیشتر می‌باشد. عبارت سوم: با افزایش شعاع اتمی (یونی) فلزهای قلیایی، فعالیت شیمیایی این عنصرها نیز افزایش می‌یابد. هرچه فعالیت شیمیایی عنصری بیشتر باشد، شدت نور آزاد شده در واکنش انجام شده توسط آن عنصر نیز بیشتر خواهد بود. عبارت چهارم: عنصر آهن ($_{26}Fe$) دارای دو یون پایدار (+۲) و (+۳) می‌باشد که شعاع یون پایدار (+۲) آن بزرگ‌تر می‌باشد و این یون در واکنش با یون هیدروکسید تولید رسوب سبز تیره می‌کند. عبارت پنجم: در هالوژن‌ها، از بالا به پایین، با افزایش عدد اتمی، واکنش‌پذیری کاهش و دمای لازم برای واکنش با گاز H_2 افزایش می‌یابد. در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای از بالا به پایین، شعاع یونی و دمای جوش افزایش می‌یابد.

B ۲۶۳۴ ۴ به‌جز مورد چهارم، سایر عبارت‌ها درست هستند. عنصرهای A تا D، به‌ترتیب عنصرهای سدیم، منیزیم، گوگرد و کلر می‌باشند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فراوان‌ترین کاتیون محلول در آب دریاها، یون سدیم می‌باشد که کاتیون پایدار عنصر A می‌باشد. عبارت دوم: کاتیون‌های منیزیم (عنصر B) و کلسیم باعث سختی آب و عدم کف کردن صابون در این آب‌ها می‌شوند. عبارت سوم: آرایش الکترونی یون پایدار عنصر گوگرد (C)، به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون می‌رسد که مطابق آرایش الکترونی مقابل، ۵ زیرلایهٔ الکترونی در آن از الکترون پر هستند: $S^{2-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

عبارت چهارم: در یک گروه از بالا به پایین شعاع یونی افزایش می‌یابد؛ بنابراین عنصر کلر (D) دارای بیشترین شعاع یونی در گروه خود نمی‌باشد.

B ۲۶۳۵ ۴ با توجه به اینکه شعاع یونی از راست به چپ و از بالا به پایین در گروه ۱۶ و ۱۷ افزایش می‌یابد، پس با توجه به شعاع‌های داده شده، عنصرهای سمت چپ، متعلق به گروه ۱۶ و عنصرهای سمت راست، متعلق به گروه ۱۷ هستند. **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): هالوژنی که با گاز هیدروژن حتی در دماهای بسیار پایین نیز با سرعت بسیار زیاد واکنش می‌دهد، فلوئور می‌باشد. شعاع یونی عنصر فلوئور در شکل داده شده، ۱۳۳ پیکومتر است. پرسش (ب): با توجه به شکل، شعاع یون اکسید، ۱۴۰ پیکومتر و شعاع اتم کلر، ۹۹ پیکومتر می‌باشد؛ بنابراین اختلاف خواسته شده، ۴۱ پیکومتر می‌باشد. پرسش (پ): به‌طور کلی در نافلزها، فعالیت شیمیایی از بالا به پایین و از راست به چپ کاهش پیدا می‌کند؛ بنابراین در بین عنصرهای داده شده، عنصر گوگرد (گروه ۱۶ و دورهٔ سوم) دارای کمترین فعالیت شیمیایی می‌باشد و اختلاف خواسته شده در آن ۸۲ پیکومتر می‌باشد.

C ۲۶۳۶ ۱ تنها عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به جدول داده شده در سؤال، اختلاف شعاع اتمی دو عنصر لیتیم و سدیم برابر ۳۴ پیکومتر و اختلاف شعاع اتمی دو عنصر فلوئور و کلر برابر ۲۸ پیکومتر می‌باشد. عبارت (ب): در عنصرهای یک دوره، شعاع کاتیون‌ها و آنیون‌های پایدار عنصرها از چپ به راست کاهش می‌یابد، پس شعاع یونی در یک دوره به‌طور کلی از راست به چپ افزایش می‌یابد. عبارت (پ): در یک گروه از بالا به پایین، مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی آخرین زیرلایهٔ اتم افزایش می‌یابد، پس شعاع یونی نیز افزایش خواهد یافت. عبارت (ت): عنصری که بزرگ‌ترین یون با آرایش الکترونی گاز نجیب نئون را تولید می‌کند، عنصر نیتروژن می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نوشت: $_7N: [_2He]\ 2s^2 2p^3 \Rightarrow$ مجموع اعداد کوانتومی $= (2\times(2+0))+(3\times(2+1)) = 13$

عبارت (ث): نسبت اندازهٔ بار به شعاع را برای سه یون محاسبه می‌کنیم: $Mg^{2+}: \frac{|+2|}{72} \simeq 2/8\times10^{-2}$ $\quad S^{2-}: \frac{|-2|}{184} \simeq 1\times10^{-2}$ $\quad F^-: \frac{|-1|}{133} \simeq 7/5\times10^{-3}$

مقایسهٔ نسبت اندازهٔ بار به شعاع این سه یون به صورت « $F^- < S^{2-} < Mg^{2+}$ » است.

A ۲۶۳۷ ۱ اگر هر یون را کره‌ای باردار در نظر بگیریم، چگالی بار آن هم‌ارز با نسبت بار خالص به حجم آن است. البته برای راحتی کار می‌توان از نسبت ساده‌تری نیز استفاده کرد که در آن نسبت مقدار بار یون به شعاع آن را هم‌ارز چگالی بار در نظر می‌گیرند.

A ۲۶۳۸ ۴

$Br^-: \frac{\text{بار}}{\text{شعاع}} = \frac{۱}{\text{شعاع}} = ۵/۱\times۱۰^{-۳} \Rightarrow \text{شعاع} = ۱۹۶pm$ $\quad X^{B+}: \frac{\text{بار}}{\text{شعاع}} = \frac{\text{بار}}{۱۳۳} = ۷/۵۲\times۱۰^{-۳} \Rightarrow \text{بار} = ۱$ $\quad O^{۲-}: \frac{\text{بار}}{\text{شعاع}} = \frac{۲}{۱۴۰} = ۱/۴۳\times۱۰^{-۲}$

B ۲۶۳۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): چگالی بار با نسبت اندازهٔ بار یون به شعاع یون متناسب است. در بین کاتیون‌ها، یون K^+ بیشترین شعاع و یون $Mg^{۲+}$ کمترین شعاع را دارد و بار $Mg^{۲+}$ نیز از یون K^+ بیشتر است؛ از این‌رو در میان کاتیون‌ها، یون $Mg^{۲+}$ دارای بیشترین چگالی بار و یون K^+ دارای کمترین چگالی بار است. عبارت (ب): در محاسبهٔ چگالی بار، تأثیر اندازهٔ بار بیشتر از شعاع یون است، از این‌رو مقایسهٔ چگالی بار آنیون‌های گروه ۱۶ و ۱۷ از دوره‌های دوم و سوم جدول تناوبی به‌صورت مقابل است: $Cl^- < F^- < S^{۲-} < O^{۲-}$: مقایسهٔ چگالی بار

عبارت (پ): در میان یون‌های داده شده، دو یون $Mg^{۲+}$ و $O^{۲-}$ دارای بیشترین چگالی بار هستند؛ از این‌رو نیروی جاذبهٔ میان آن‌ها از سایر جفت‌یون‌ها بیشتر است.

عبارت (ت): در میان یون‌های داده شده، یون‌های K^+ و Cl^- دارای کمترین چگالی بار هستند؛ از این‌رو نیروی جاذبهٔ میان آن‌ها از سایر جفت‌یون‌ها کمتر است.

B ۲۶۴۰ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست‌اند. شمار ایزوتوپ‌های طبیعی منیزیم سه عدد (^{۲۴}Mg ، ^{۲۵}Mg و ^{۲۶}Mg) است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در یک دوره از چپ به راست، چگالی بار کاتیون‌ها افزایش می‌یابد و در یک گروه از بالا به پایین چگالی بار یون‌ها کاهش می‌یابد. عبارت (ب): برای مقایسهٔ میزان برهم‌کنش میان یون‌ها از چگالی بار یون‌ها و نسبت بار یون به شعاع یون نیز می‌توان استفاده کرد. عبارت (پ): شعاع یونی عنصر گروه اول از شعاع یونی عنصر گروه دوم بیشتر و بار یون آن کمتر است، به همین دلیل می‌توان گفت در هر دوره، چگالی بار یون عنصر گروه اول کمتر از چگالی بار یون عنصر گروه دوم است. عبارت (ت): در گروه هالوژن‌ها از بالا به پایین واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد، بنابراین واکنش‌پذیری فلوئور از بقیهٔ عنصرهای این گروه بیشتر است. از طرفی فلوئور کمترین شعاع یونی را بین عنصرهای این گروه دارد، بنابراین چگالی بار آن بیشتر از بقیه است. عبارت (ث): در بین یون‌های هم‌الکترون ($_{۱۳}Al^{۳+}$ و $_{۱۱}Na^+$ هر دو دارای ۱۰ الکترون هستند)، یونی که بار الکتریکی کوچک‌تری دارد، شعاع یونی بزرگ‌تری داشته و چگالی بار یون آن کمتر است. $_{۱۳}Al^{۳+} > _{۱۱}Na^+$: مقایسهٔ چگالی بار یون

B ۲۶۴۱ ۳ عنصرهای X، W و Z به‌ترتیب لیتیم، سدیم و منیزیم هستند. می‌دانیم هرچه شعاع یون بیشتر و بار آن کمتر باشد، چگالی بار آن کمتر است، در بین فلزهای X، W، Z، X و W دارای بار (+۱) و Z دارای بار (+۲) است، از طرفی شعاع یون W^+ (Na^+) بیشتر از دو یون دیگر (X^+ و $Z^{۲+}$) است، بنابراین چگالی بار W نسبت به X و Z کمتر است. عنصرهای A، D و E نیز به‌ترتیب فلوئور، گوگرد و کلر هستند. مقایسهٔ شعاع یونی این عنصرها، با توجه به شمارهٔ دوره و بار یون‌های پایدار عنصرها، به‌صورت ($F^- < Cl^- < S^{۲-}$) می‌باشد. اما با توجه به اینکه اختلاف شعاع این یون‌ها چندان زیاد نیست که بتواند میزان بیشتر بودن بار را جبران کند، ترتیب صحیح چگالی بار یون‌ها به‌صورت ($Cl^- < F^- < S^{۲-}$) است.

* **توجه** برای مقایسهٔ چگالی بار یون‌ها، در صورتی که دورهٔ عنصرها زیاد اختلاف نداشته باشند، یعنی عنصرها هم‌دوره باشند یا یک دوره با یکدیگر فاصله داشته باشند، ابتدا به اندازه و علامت بار یون‌ها توجه می‌کنیم و در صورت یکسان بودن به شعاع یون‌ها توجه می‌کنیم.

B ۲۶۴۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) برای تکمیل جمله مناسب است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در میان نافلزهای یک تناوب از چپ به راست از میزان چگالی بار یون کاسته می‌شود؛ در نتیجه چگالی بار یون $_{۷}N^{۳-}$ بزرگ‌تر از $_{۸}O^{۲-}$ است. عبارت (ب): اندازهٔ بار یون اسکاندیم ($_{۲۱}Sc^{۳+}$) بیشتر از اندازهٔ بار یون کلسیم ($_{۲۰}Ca^{۲+}$) و شعاع یون اسکاندیم کوچک‌تر از یون کلسیم است، در نتیجه چگالی بار یون اسکاندیم بزرگ‌تر از یون کلسیم است. عبارت (پ): میزان بار یون کلسیم ($_{۲۰}Ca^{۲+}$) بیشتر از میزان بار یون روبیدیم ($_{۳۷}Rb^+$) و شعاع یون کلسیم کوچک‌تر از یون روبیدیم است، در نتیجه چگالی بار یون کلسیم بزرگ‌تر از یون روبیدیم است. عبارت (ت): می‌دانیم بار یون نیترید بیشتر از یون سولفید و شعاع یون نیترید کوچک‌تر از شعاع یون سولفید است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت «چگالی بار یون نیترید > چگالی بار یون سولفید» می‌باشد.

B ۲۶۴۳ ۳ در مقایسهٔ دو فلز و نافلز هم دوره، شعاع یون فلز کمتر است؛ بنابراین چگالی بار یون عنصر (الف) بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در فلزات شعاع اتم بزرگ‌تر از شعاع یون آن است؛ بنابراین عنصر (الف) یک فلز است و خاصیت چکش‌خواری دارد. گزینهٔ (۲): شعاع یون نافلزها بزرگ‌تر از شعاع اتم آن‌ها بوده؛ بنابراین شعاع یون آن ۱۴۰pm است و خواهیم داشت:

$$۱/۴۲\times۱۰^{-۲} = \frac{|\text{بار}|}{۱۴۰} \Rightarrow |\text{بار}| = ۲ \Rightarrow \text{بار} = -۲$$

گزینهٔ (۴): اگر آرایش الکترونی یون فلز با یون نافلز یکسان باشد، امکان برابری شعاع یون فلز با شعاع اتم نافلز وجود دارد.

B ۲۶۴۴ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): برای به‌دست آوردن بار کاتیون عنصر E از نسبت بار به شعاع استفاده می‌کنیم:

$$\text{نسبت بار به شعاع} = \frac{\text{بار یون}}{\text{شعاع یون}} \Rightarrow ۰/۰۲ = \frac{x}{۱۵۰} \Rightarrow x = ۳$$

از طرفی می‌دانیم کاتیون پایدار فلز آلومینیم، $Al^{۳+}$ است. عبارت (ب): ابتدا بار آنیون عنصر G (G^{y-}) را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{نسبت بار به شعاع} = \frac{\text{بار یون}}{\text{شعاع یون}} \Rightarrow ۰/۰۰۴ = \frac{y}{۲۵۰} \Rightarrow y = ۱$$

بنابراین ترکیب یونی حاصل از برهم‌کنش $A^{۲+}$ و G^- به‌صورت $AG_۲$ می‌باشد. عبارت (پ): می‌دانیم هر چه چگالی بار یا نسبت بار به شعاع کاتیون و آنیون بیشتر باشد، نیروی جاذبه میان آن‌ها قوی‌تر است. بنابراین ابتدا باید چگالی (نسبت بار به شعاع) $A^{۲+}$ را محاسبه کنیم:

$$\text{نسبت بار به شعاع } A^{۲+} = \frac{۲}{۲۰۰} = ۰/۰۱$$

بنابراین نیروی جاذبهٔ کاتیون E و آنیون G نسبت به کاتیون A و آنیون G بیشتر است. عبارت (ت): هنگام تشکیل یک مول ترکیب یونی بین $A^{۲+}$ و $D^{۳-}$، ۶ مول الکترون مبادله می‌شود:

$$۱۸/۰۶\times۱۰^{۲۳}\,e^- \times \frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,e^-} \times \frac{۱\,mol\,A_۳D_۲}{۶\,mol\,e^-} = ۰/۵\,mol\,A_۳D_۲$$

بنابراین با جابه‌جا شدن $۱۸/۰۶\times۱۰^{۲۳}$ الکترون میان دو عنصر A و D فقط ۰/۵ مول ترکیب یونی تولید می‌شود.

C ۲۶۴۵ ۲ فقط عبارت دوم نادرست است. **بررسی موارد:** مورد اول: از آنجا که شعاع و همچنین نسبت بار به شعاع یون‌های A^- و D^{m+} به یکدیگر نزدیک است، پس اندازهٔ بار هر دو یون یکسان بوده و در نتیجه $m=1$ می‌باشد. همچنین D فلزی از دورهٔ پایین‌تر نسبت به A است و شعاع اتمی بزرگ‌تری دارد. مورد دوم: چگالی بار یون C^{n-}، کمتر از چگالی بار سایر گونه‌های داده شده است؛ بنابراین بار الکتریکی آن تنها می‌تواند برابر (-1) باشد. همچنین چگالی بار D^{m+} از چگالی بار A^- کمتر است، تنها حالت قابل قبول برای بار الکتریکی آن $(+1)$ است. دقت کنید که ترکیب یونی حاصل از یون‌های B^{2+} و C^- به صورت BC_2 است.

مورد سوم: شعاع هر کدام از یون‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} A^-: 7/5\times10^{-3}=\frac{1}{x}\Rightarrow x=133\,pm \quad (I) \\ B^{2+}: 2/77\times10^{-2}=\frac{2}{y}\Rightarrow y=72\,pm \quad (II) \end{cases} \xrightarrow{(I)\,و\,(II)} x-y=133-72=61\,pm$$

مورد چهارم: طبق توضیحات قبل، عنصر A بالاتر از عنصر C قرار دارد؛ بنابراین شعاع یونی C بیشتر از A است و مقدار n فقط می‌تواند برابر ۱ باشد.

C ۲۶۴۶ ۱ ابتدا بار یون X^{m+} را حساب می‌کنیم:

$$\text{چگالی بار} = \frac{\text{بار یون}}{\text{حجم یون}} = \frac{(m\times1/6\times10^{-19})C}{(\frac{4}{3}\pi r^3)m^3} = \frac{m\times1/6\times10^{-19}C}{4\times(10^{-10})^3 m^3} = 4\times10^{10}\Rightarrow m=1$$

سپس تعداد پروتون‌های یون $^{85}X^+$ را حساب می‌کنیم: روش اول:

$$\begin{cases} n+p=85 \\ n-e=12 \\ e=p-1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=85 \\ n-p=11 \end{cases} \Rightarrow p=37$$

روش دوم:

$$\text{تعداد پروتون } (p) = \frac{A-(\text{تفاوت نوترون و الکترون})}{2} = \frac{\text{باریون}}{2} = \frac{85-12+1}{2} = 37$$

عدد اتمی این عنصر برابر ۳۷ است؛ از این‌رو این عنصر در گروه ۱ و دورهٔ ۵ جدول تناوبی جای دارد. $_{37}X: [_{36}Kr]5s^1 \Rightarrow$ شمارهٔ دوره $=5$، شمارهٔ گروه $=1$

A ۲۶۴۷ ۳ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور گرمای مصرف شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک مول از شبکهٔ یونی و تبدیل آن به یون‌های گازی سازنده است.

A ۲۶۴۸ ۳ برای محاسبهٔ آنتالپی فروپاشی شبکه، می‌بایست گرمای لازم برای تجزیهٔ یک مول جامد یونی و تولید یون‌های گازی سازندهٔ آن را محاسبه کرد. این واکنش، یک واکنش گرماگیر است و همواره با جذب انرژی همراه است، پس علامت آنتالپی باید در آن مثبت باشد. با این توضیحات تنها گزینهٔ (۳) نمایش صحیح واکنش فروپاشی و آنتالپی آن را نشان می‌دهد.

A ۲۶۴۹ ۱ فقط عبارت (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل نشان‌دهندهٔ فروپاشی شبکهٔ یونی سدیم کلرید و تبدیل آن به یون‌های $Na^+(g)$ و $Cl^-(g)$ است. عبارت (ب): با توجه به اینکه شعاع یونی K^+ بیشتر از Na^+ است، انرژی شبکهٔ بلور KCl کمتر از NaCl است. عبارت (پ): با توجه به اینکه شعاع یونی Na^+ کوچک‌تر از K^+ و شعاع یونی Cl^- کوچک‌تر از Br^- است، چگالی بار Na^+ بزرگ‌تر از K^+ و چگالی بار Cl^- بزرگ‌تر از Br^- است. عبارت (ت): نیروی جاذبهٔ میان یون‌ها به شمار معینی از یون‌ها محدود نشده بلکه میان همهٔ آن‌ها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود.

A ۲۶۵۰ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آنتالپی فروپاشی شبکه با بار الکتریکی یون‌ها رابطهٔ مستقیم و با شعاع رابطهٔ عکس دارد، در واقع هر چه بار الکتریکی یون‌ها بیشتر و شعاع آن‌ها کمتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه بیشتر خواهد بود. عبارت (ب): هر چه انرژی مصرف شده به هنگام فروپاشی یک جامد یونی بیشتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکهٔ آن بیشتر و در نتیجه نقطهٔ ذوب آن جامد یونی بیشتر خواهد بود. عبارت (پ): هر چه چگالی بار یون‌های سازندهٔ یک جامد یونی بیشتر باشد، انرژی فروپاشی شبکهٔ آن بیشتر می‌شود. عبارت (ت): افزایش شعاع آنیون منجر به کاهش و افزایش بار الکتریکی کاتیون منجر به افزایش آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور می‌شود.

A ۲۶۵۱ ۴ بار آنیون و کاتیون در ترکیب یونی Al_2O_3 از سایر ترکیب‌های یونی بیشتر است، از این‌رو انرژی لازم برای فروپاشی شبکهٔ بلوری نمک Al_2O_3 از سایر نمک‌ها بیشتر است. مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور نمک‌ها به‌صورت « $Al_2O_3 > MgCl_2 > K_2O > NaCl$ » است.

B ۲۶۵۲ ۳ چگالی بار یون فلوئورید از چگالی بار یون اکسید کمتر می‌باشد، پس آنتالپی فروپاشی شبکهٔ منیزیم اکسید از منیزیم فلوئورید بیشتر خواهد بود، در نتیجه x می‌بایست عددی کوچک‌تر از ۳۷۹۱ باشد (رد گزینه‌های (۲) و (۴))، از طرفی چگالی بار یون منیزیم از چگالی بار یون سدیم بیشتر و از چگالی بار یون آلومینیم کمتر می‌باشد، پس آنتالپی فروپاشی شبکهٔ منیزیم فلوئورید از سدیم فلوئورید بیشتر و از آلومینیم فلوئورید کمتر می‌باشد، یعنی عددی بزرگ‌تر از ۹۲۳ و کوچک‌تر از ۵۴۹۲ (رد گزینهٔ (۱))؛ بنابراین در بین اعداد داده شده در گزینه‌ها، تنها ۲۹۵۷ را می‌توانیم به جای x قرار دهیم.

* **توجه** زمانی که در مقایسهٔ دو ترکیب، کاتیون یا آنیون مشترک داریم، تنها آنیون یا کاتیون غیرمشترک را بررسی می‌کنیم. مثلاً برای مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ سدیم کلرید و سدیم برمید، کافی است چگالی بار یون‌های کلرید و برمید را مقایسه کنیم، زیرا یون‌های سدیم در دو ترکیب یکسان می‌باشند.

B ۲۶۵۳ ۴

* **نکته** برای مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور دو ترکیب یونی، به نکات زیر توجه کنید:
- در یک ترکیب یونی، هرچه اندازهٔ بار آنیون و کاتیون بزرگ‌تر باشد، آنتالپی فروپاشی آن ترکیب بیشتر است.
- اگر اندازهٔ بار آنیون و کاتیون دو ترکیب یکسان بود، ترکیبی که اندازهٔ یون‌های سازندهٔ آن کوچک‌تر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور بیشتری خواهد داشت.

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): شعاع یونی Na^+ از K^+ کمتر است، پس آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور Na_2O بیشتر از K_2O است. توجه داشته باشید که آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور هیچ دو ترکیبی یکسان نیست! (مقایسه و دلیل هر دو نادرست هستند!) گزینهٔ (۲): شعاع یونی Cl^- از Br^- کمتر و شعاع یونی Na^+ از K^+ کمتر است، پس آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور NaCl بیشتر از KBr می‌باشد. (دلیل نادرست است!) گزینهٔ (۳): بار کاتیون در CaO بیشتر از K_2O است؛ پس آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور CaO از K_2O بیشتر می‌باشد. (مقایسه و دلیل نادرست!) گزینهٔ (۴): بار آنیون در MgF_2 کمتر از MgO است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور MgF_2 از MgO کمتر است. (مقایسه و دلیل درست است!)

B ۲۶۵۴ ۳ مقایسه‌های اول، سوم، چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی مقایسه‌ها:** مقایسهٔ اول: بار آنیون و کاتیون در ترکیبات یونی Fe_2O_3 بیشتر از FeO و در FeO بیشتر از $FeCl_2$ است؛ از این‌رو مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور آن‌ها به‌صورت « $Fe_2O_3 > FeO > FeCl_2$ » است.

مقایسهٔ دوم: بار آنیون و کاتیون در ترکیبات یونی Al_2O_3 از دو ترکیب دیگر بیشتر بوده؛ از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ آن نیز بیشتر است. شعاع یون O^{2-} بیشتر از یون F^- و یون Mg^{2+} بیشتر از Al^{3+} است؛ از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ AlF_3 بیشتر از MgO است. مقایسهٔ سوم: بار آنیون و کاتیون در ترکیب یونی MgO از دو ترکیب دیگر بیشتر بوده، از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ آن نیز بیشتر است. شعاع یون O^{2-} بیشتر از F^- و یون Na^+ بیشتر از Mg^{2+} است، از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ MgF_2 بیشتر از Na_2O است. مقایسهٔ چهارم: شعاع یون Li^+ کمتر از Na^+ بوده، از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ LiF بیشتر از NaF است و شعاع یون F^- کمتر از Cl^- بوده، از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ NaF بیشتر از $NaCl$ است. مقایسهٔ پنجم: شعاع یون Ca^{2+} از Mg^{2+} بیشتر بوده و شعاع یون S^{2-} نیز از O^{2-} بیشتر است، از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ MgO بیشتر از CaS است. بار آنیون و کاتیون در MgF_2 از دو ترکیب دیگر کمتر بوده، از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ آن نیز از دو ترکیب دیگر کمتر است.

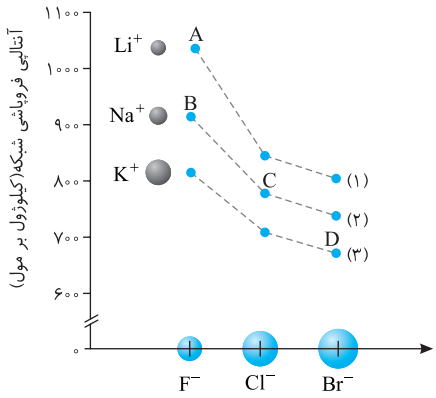
B ۲۶۵۵ ۲

★ **نکته** آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور ترکیب‌های یونی به بار و شعاع یون‌ها بستگی دارد، به‌طوری که هر چه بار یون‌ها بیشتر و شعاع یون‌ها کمتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور بیشتر خواهد بود. به منظور مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور دو یا چند ترکیب یونی، ابتدا به بار آنیون و کاتیون توجه می‌کنیم و در صورت مشابه بودن بار یون‌ها، شعاع یونی را مد نظر قرار می‌دهیم.

با توجه به توضیحات بالا، چون مجموع بار یون‌ها در هر چهار ترکیب داده شده در گزینهٔ (۲) یکسان است، به بررسی شعاع یون‌ها می‌پردازیم. از آنجا که شعاع یونی $Br^- > Cl^-$ و $Rb^+ > Na^+$ است می‌توان نتیجه گرفت که آنتالپی فروپاشی $NaCl$ از همه بیشتر و $RbBr$ از همه کمتر می‌باشد. برای مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ $NaBr$ و $RbCl$ نیز باید به این نکته توجه کنید که تفاوت شعاع اتمی Na^+ و Rb^+ بیشتر از تفاوت شعاع اتمی Br^- و Cl^- است؛ پس آنتالپی فروپاشی $NaBr$ بیشتر از $RbCl$ است. مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور چهار ترکیب به‌صورت $RbBr < RbCl < NaBr < NaCl$ می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ $LiCl$ و $LiBr$ می‌توانید به نادرست بودن نمودار گزینهٔ (۱) پی ببرید؛ زیرا شعاع اتمی Cl^- کمتر از Br^- است و در نتیجه آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور $LiCl$ باید بیشتر از $LiBr$ باشد که در نمودار گزینهٔ (۱) این‌گونه نیست. گزینهٔ (۳): با مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ LiI و NaI می‌توانید به نادرست بودن نمودار گزینهٔ (۳) پی ببرید، زیرا شعاع یونی Li^+ کمتر از Na^+ است و در نتیجه آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور LiI باید بیشتر از NaI باشد که در نمودار گزینهٔ (۳) این‌گونه نیست. گزینهٔ (۴): با توجه به متفاوت بودن بار یون‌ها، چون بار آنیون و کاتیون در MgO و CaO بیشتر از Na_2O است، پس آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور MgO و CaO باید بیشتر از Na_2O باشد، در صورتی که در نمودار داده شده در گزینهٔ (۴) این‌گونه نیست. در زیر مقایسهٔ درست آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور در گزینه‌های (۱)، (۳) و (۴) ارائه شده است.

گزینهٔ (۱): $LiCl > LiBr > CsCl > CsBr$ گزینهٔ (۳): $LiF > NaF > LiI > NaI$ گزینهٔ (۴): $MgO > CaO > Na_2O > NaF$

B ۲۶۵۶ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نمودارهای (۱)، (۲) و (۳) به‌ترتیب متعلق به یون‌های لیتیم، سدیم و پتاسیم است، زیرا با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکهٔ آن‌ها کاهش می‌یابد. عبارت (ب): آنتالپی فروپاشی شبکه با مقدار شعاع آنیون و کاتیون ترکیب یونی رابطهٔ عکس دارد، بنابراین با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی همانند افزایش شعاع آنیون هالید، انرژی فروپاشی شبکه کاهش می‌یابد. عبارت (پ): ترکیب‌های یونی A، C و D به‌ترتیب عبارت‌اند از: لیتیم فلوئورید (LiF)، سدیم کلرید ($NaCl$) و پتاسیم برمید (KBr). مقایسهٔ چگالی بار آنیون‌های موجود در این سه ترکیب به‌صورت روبه‌رو است: $F^- > Cl^- > Br^-$: مقایسهٔ چگالی بار عبارت (ت): با توجه به نمودار این عبارت صحیح است. عبارت (ث): بار کاتیون در منیزیم اکسید (MgO) از بار کاتیون در لیتیم اکسید (Li_2O) بیشتر است. همچنین بار آنیون در لیتیم اکسید (Li_2O) از بار آنیون در سدیم فلوئورید (NaF) بیشتر است؛ پس مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور میان این سه ترکیب به صورت « $NaF < Li_2O < MgO$ » است.



B ۲۶۵۷ ۳ برای مقایسهٔ انرژی فروپاشی شبکه، ابتدا مقدار بار یون‌ها را مقایسه می‌کنیم. هر ترکیبی که بار یون بیشتری داشته باشد، آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بیشتری خواهد داشت. در صورتی که دو ترکیب مقدار بار یون برابری داشته باشند، شعاع اتم‌ها را مقایسه می‌کنیم، چرا که چگالی بار یون‌ها با شعاع رابطهٔ عکس دارد. در میان ترکیب‌های LiF و AlF_3 بار یون Al^{3+} بیشتر از Li^+ است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکهٔ $LiF < AlF_3$ می‌باشد. در میان ترکیب‌های MgO و CaO بار هر دو یون Mg^{2+} و Ca^{2+} یکسان و شعاع یون Ca^{2+} بزرگ‌تر است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکهٔ $CaO < MgO$ می‌باشد. در میان ترکیب‌های AlF_3 و MgO، شعاع Mg بیشتر از Al و شعاع O بیشتر از F است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکهٔ $MgO < AlF_3$ می‌باشد. در ترکیب LiF، یون‌های تشکیل‌دهنده، Li^+ و F^- هستند و مقدار بار آن‌ها نسبت به سه ترکیب دیگر کمتر است؛ بنابراین انرژی شبکهٔ LiF کمتر از سه ترکیب دیگر است. در نتیجه مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ این ترکیب‌ها به‌صورت روبه‌رو خواهد بود: $AlF_3 > MgO > CaO > LiF$

B ۲۶۵۸ ۲ چگالی بار یون‌ها با مقدار بار یون‌ها رابطهٔ مستقیم و با شعاع آن‌ها نسبت عکس دارد و هرچه مقدار چگالی بار یون‌های سازندهٔ یک جامد یونی بیشتر باشد، جاذبهٔ میان آن یون‌ها قوی‌تر و آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور آن‌ها بیشتر است.

مقایسهٔ مقدار آنتالپی فروپاشی $\Rightarrow MgO < AlF_3 < Al_2O_3$: چگالی بار $F^- < O^{2-} < Mg^{2+} < Al^{3+}$

آنتالپی فروپاشی $\Rightarrow KI < NaBr < LiF$: چگالی بار $K^+ < Na^+ < Li^+ < I^- < Br^- < F^-$

از مقایسهٔ مقادیر آنتالپی فروپاشی مشخص است که $a < c < b$.

B ۲۶۵۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. با توجه به اینکه آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور AD از AX_2 بیشتر است، پس مجموع بار کاتیون و آنیون در AD بیشتر از این مجموع برای AX_2 است.

در ترکیب AD $\Rightarrow A^{2+}, D^{2-}$ در ترکیب $AX_2 \Rightarrow A^{2+}, X^-$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به اینکه عناصر D و X در یک دوره هستند و اینکه در یک تناوب از چپ به راست، از شعاع اتمی عناصر کاسته می‌شود؛ بنابراین شعاع اتمی عنصر D (از گروه ۱۶) بزرگ‌تر از شعاع اتمی عنصر X (از گروه ۱۷) است. عبارت (ب): در میان یون‌های تک‌اتمی یک دوره، هرچه مقدار بار آنیون بیشتر باشد، شعاع آن بزرگ‌تر است؛ پس شعاع X^- از D^{2-} کوچک‌تر است. عبارت‌های (پ) و (ت): در ابتدای پاسخ تست به‌طور کامل توضیح داده شده‌اند.

C ۲۶۶۰ ۲ مقایسه‌های اول و دوم نادرست هستند. **بررسی مقایسه‌ها:** مقایسهٔ اول: ترکیب‌های a_1، a_2 و a_3 به ترتیب LiF، LiCl و Li_2S هستند. بار آنیون در Li_2S از دو ترکیب دیگر بیشتر بوده، از این‌رو آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب Li_2S از دو ترکیب دیگر بیشتر است. شعاع یون Cl^- بیشتر از F^- بوده، از این‌رو آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب LiF بیشتر از LiCl است. مقایسهٔ دوم: ترکیب‌های a_1، b_2 و c_3 به ترتیب LiF، $CaCl_2$ و MgS هستند. بار آنیون در MgS بیشتر از $CaCl_2$ بوده و بار کاتیون در $CaCl_2$ بیشتر از LiF است؛ از این‌رو مقایسهٔ اندازهٔ آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب این ترکیب‌ها به‌صورت «$MgS > CaCl_2 > LiF$» است. مقایسهٔ سوم: ترکیب‌های a_2، b_2 و c_2 به‌ترتیب LiCl، $CaCl_2$ و $MgCl_2$ هستند. بار کاتیون در LiCl کمتر از دو ترکیب دیگر بوده؛ از این‌رو اندازهٔ آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب آن نیز از دو ترکیب دیگر کمتر است. شعاع یون Ca^{2+} از Mg^{2+} بیشتر بوده؛ از این‌رو آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب $MgCl_2$ بیشتر از $CaCl_2$ است. مقایسهٔ چهارم: ترکیب‌های a_1، a_2 و c_1 به ترتیب LiF، LiCl و MgF_2 هستند. بار کاتیون در MgF_2 بیشتر از دو ترکیب دیگر است. از این‌رو اندازهٔ آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب آن از دو ترکیب دیگر بیشتر است. شعاع یون Cl^- بیشتر از F^- بوده؛ از این‌رو اندازهٔ آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب LiF بیشتر از LiCl است.

C ۲۶۶۱ ۳ موارد (ب) و (پ) درست هستند. با توجه به مقادیر آنتالپی‌های فروپاشی داده شده در جدول، عناصر A، D، X، Y و Z به‌ترتیب F، O، K، Na و Mg هستند. **بررسی موارد:** مورد (الف): آنتالپی فروپاشی K_2O (X_2D) از آنتالپی فروپاشی NaF (YA) بیشتر است؛ پس M از ۹۵۰ بیشتر است. مورد (ب): با توجه به کمتر بودن آنتالپی فروپاشی XA از YA، پس شعاع یونی یون پایدار X از Y بیشتر است. مورد (پ): با توجه به کوچک بودن مقدار عددی آنتالپی فروپاشی XA، می‌توان نتیجه گرفت که A قطعاً یک هالوژن است. مورد (ت): با توجه به بزرگ‌بودن آنتالپی فروپاشی ترکیب یونی حاصل از A و Z، می‌توان نتیجه گرفت که Z نمی‌تواند فلز قلیایی باشد که یون $(+1)$ تشکیل می‌دهد و قطعاً عنصری از گروه ۲ است.

C ۲۶۶۲ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به اینکه $_{12}D$ در گروه دوم جدول دوره‌ای قرار دارد، کاتیون D^{2+} تشکیل می‌دهد، X هر نافلزی باشد، مجموع قدرمطلق بار کاتیون و آنیون در ترکیب D و X قطعاً بیشتر از این مقدار در ترکیب LiF است. پس ترکیب یونی حاصل از دو عنصر D و X آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بزرگ‌تری نسبت به LiF دارد. عبارت دوم: با توجه به اینکه A عنصری از گروه ۱ جدول دوره‌ای است و با عنصر X ترکیب AX تشکیل داده، می‌توان نتیجه گرفت X عنصری از گروه ۱۷ است. در بین ترکیب‌های یونی حاصل از فلزات گروه ۱ و ۱۷ جدول دوره‌ای، LiF بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه را دارد، زیرا Li و F کوچک‌ترین شعاع اتمی را در یون‌های حاصل از عناصر گروه‌های خود دارند؛ بنابراین AX یا همان LiF است و یا ترکیب یونی دیگر مانند NaCl، LiCl و ... است که قطعاً آنتالپی فروپاشی کمتری نسبت به LiF دارد. عبارت سوم: اگر اتم X در لایهٔ ظرفیت خود ۶ الکترون داشته باشد، جزء نافلزهای گروه ۱۶ جدول دوره‌ای است که آنیون با بار الکتریکی (-2) تشکیل می‌دهد. با توجه به اینکه مجموع قدرمطلق بار یون‌ها در A_2X برابر ۳ و در LiF برابر ۲ است، پس A_2X آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطهٔ ذوب بالاتری نسبت به LiF دارد. عبارت چهارم: Ca^{2+} نسبت به Mg^{2+} چگالی بار کمتری دارد و آنتالپی فروپاشی ترکیب Ca و X کمتر از ترکیب Mg و X است ولی آنتالپی فروپاشی هر دو از LiF بیشتر است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی ترکیب Ca و X به آنتالپی فروپاشی LiF نزدیک‌تر است. مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی: $LiF < Ca_nX_m < Mg_nX_m$

B ۲۶۶۳ ۴ با توجه به اینکه هر دو عنصر در دورهٔ سوم جدول تناوبی جای دارند و X فلز $(_{11}Na)$ و Y نافلز $(_{16}S)$ است، مقایسهٔ شعاع اتم‌ها و یون پایدار آن‌ها به صورت روبه‌رو است: در هر دوره از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می‌یابد. $\Rightarrow X > Y$: مقایسهٔ شعاع اتمی

یون Y^{2-} به آرایش گاز نجیب $_{18}Ar$ و یون X^+ به آرایش گاز نجیب $_{10}Ne$ می‌رسد. $\Rightarrow Y^{2-} > X^+$: مقایسهٔ شعاع یونی

بنابراین مقایسهٔ انجام شده در گزینه‌های (۲) و (۳) نادرست است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نقطهٔ ذوب بلور ترکیب‌های یونی با آنتالپی فروپاشی شبکهٔ آن‌ها رابطهٔ مستقیم دارد؛ آنتالپی فروپاشی شبکهٔ X_2Y $(X^+$ و $Y^{2-})$ بیشتر از NaCl $(Cl^-$ و $Na^+)$ است؛ زیرا اندازهٔ بار آنیون در X_2Y بزرگ‌تر است. گزینهٔ (۴): شعاع کاتیون و آنیون سازندهٔ بلور $MgCl_2$ به ترتیب از شعاع کاتیون و آنیون سازندهٔ X_2Y کوچک‌تر است؛ پس X_2Y آنتالپی فروپاشی بیشتری نسبت به $MgCl_2$ دارد.

B ۲۶۶۴ ۱ با کاهش عدد اتمی فلز قلیایی خاکی، شعاع اتمی کاهش و چگالی بار افزایش می‌یابد، پس آنتالپی فروپاشی شبکه نیز افزایش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): با افزایش عدد اتمی هالوژن، شعاع اتمی افزایش و چگالی بار کاهش می‌یابد، پس آنتالپی فروپاشی شبکه کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۳): از آنجا که آنتالپی فروپاشی رابطهٔ مستقیم با نیروی جاذبهٔ میان یون‌های سازندهٔ شبکهٔ بلور دارد، پس می‌تواند معیار خوبی برای اندازه‌گیری قدرت پیوند در ترکیب‌های یونی باشد. گزینهٔ (۴): با افزایش عدد اتمی یون‌های هالید، شعاع یونی آن‌ها افزایش می‌یابد، پس چگالی بار و به تبع آن آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور کاهش می‌یابد اما این تغییرات خطی نیست.

B ۲۶۶۵ ۲ عنصر A با مبادلهٔ یک الکترون به آرایش پایدار رسیده، پس آنیون مورد نظر A^- می‌باشد. عنصر B دارای آرایش $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ می‌باشد که کاتیون حاصل از آن B^{2+} است. ترکیب حاصل A_2B می‌باشد که نسبت عدد کوئوردیناسیون ذرهٔ B به عدد کوئوردیناسیون ذرهٔ A، همان شمار ذرهٔ A به شمار ذرهٔ B بوده و برابر ۲ می‌باشد. پیوند ایجاد شده بین یک کاتیون و یک آنیون پیوند یونی می‌باشد.

B ۲۶۶۶ ۲ عنصرهای A تا D به‌ترتیب تشکیل یون‌هایی با بارهای (-1)، $(+3)$، (-2) و $(+2)$ می‌دهند؛ بنابراین پاسخ صحیح هر سه پرسش در گزینهٔ (۲) آمده است.

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): عنصرهای D و C به‌ترتیب، کلسیم و اکسیژن می‌باشند که عدد کوئوردیناسیون برای هر دو یون کلسیم و اکسیژن در ترکیب کلسیم اکسید برابر با ۶ می‌باشد. بنابراین نسبت عدد کوئوردیناسیون این دو یون برابر با ۱ است. پرسش (ب): بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه زمانی است که اندازهٔ بارها حداکثر باشد، پس عنصرهای B و C، ترکیبی با بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه تشکیل می‌دهند. پرسش (پ): عنصرهای A و D با تشکیل یون پایدار به آرایش پایدار گاز نجیب آرگون $(_{18}Ar)$ می‌رسند. عنصرهای B و C نیز با تشکیل یون پایدار به آرایش گاز نجیب نئون $(_{10}Ne)$ می‌رسند.

B ۲۶۶۷ ۳ عنصرهای A تا D به‌ترتیب یون‌هایی با بار (−۲)، (−۱)، (+۲) و (+۳) تشکیل می‌دهند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مقایسهٔ صحیح شعاع یون‌های پایدار این عنصرها به‌صورت $(A^{2-}>B^{-}>C^{2+}>D^{3+})$ می‌باشد، زیرا همهٔ آن‌ها به آرایش گاز نجیب نئون می‌رسند و هرچه بار یون منفی‌تر باشد، شعاع آن نیز بزرگ‌تر خواهد بود. گزینهٔ (۲): از آنجا که نقطهٔ ذوب با آنتالپی فروپاشی شبکه رابطهٔ مستقیم دارد، پس ترکیب حاصل از دو عنصر A و D که بیشترین اندازهٔ بار را دارا هستند، بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه و بالاترین نقطهٔ ذوب را دارا هستند. گزینهٔ (۳): هرچه اندازهٔ بارها بیشتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه نیز در آن ترکیب بیشتر خواهد بود که این اندازه در ترکیب حاصل از A و D از A و C بیشتر می‌باشد، پس عبارت گزینهٔ (۳) درست است. گزینهٔ (۴): آرایش الکترونی همهٔ این یون‌ها به آرایش پایدار گاز نجیب نئون $(_{10}Ne)$ می‌رسد.

C ۲۶۶۸ ۲ عبارت‌های دوم و پنجم نادرست‌اند. با توجه به اینکه عناصر داده شده عنصرهای متوالی در جدول تناوبی بوده و Y نیز گازی تک‌اتمی (یعنی گاز نجیب) است؛ همچنین مجموع عدد اتمی این عنصرها برابر ۴۵ است؛ بنابراین عناصر A، D، X، Y و Z به ترتیب $_7N$، $_8O$، $_9F$، $_{10}Ne$ و $_{11}Na$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: اسید HX در واقع همان HF است که اسیدی ضعیف بوده و یونش آن در آب به‌صورت تعادلی است. عبارت دوم: عنصر A، نیتروژن بوده و اسیدهای اکسیژن‌دار عنصر نیتروژن HNO_3 و HNO_2 است. HNO_3 اسیدی قوی بوده و یونش آن در آب کامل است؛ در حالی‌که HNO_2 اسیدی ضعیف بوده و یونش آن در آب به‌صورت جزئی می‌باشد. عبارت سوم: DX_2 در واقع OF_2 است که عدد اکسایش اکسیژن در آن (+۲) است. بالاترین عدد اکسایش اتم اکسیژن، (+۲) است. عبارت چهارم: ترکیب حاصل از واکنش عنصر Z با D به‌صورت (Na_2O) Z_2D است. می‌دانیم انرژی شبکه و نقطهٔ ذوب Na_2O بالاتر از LiF است؛ زیرا مجموع قدرمطلق بار آنیون و کاتیون در Na_2O بیشتر از LiF است. عبارت پنجم: ترکیب هیدروژن‌دار پایدار D، H_2O است که ساختاری مشابه H_2S دارد، اما ویژگی‌های فیزیکی این دو ترکیب مشابه نیست.

عنصر	A	D	X	Y	Z
عدد اتمی	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
نام عنصر	نیتروژن	اکسیژن	فلوئور	نئون	سدیم
نماد عنصر	$_7N$	$_8O$	$_9F$	$_{10}Ne$	$_{11}Na$

B ۲۶۶۹ ۱ برای حل این سؤال نیاز به حل یک دستگاه دو معادله و دو مجهول داریم. ابتدا فرض می‌کنیم مقدار مول سدیم کلرید، x و مقدار مول پتاسیم برمید، y باشد. با توجه به اطلاعات داده شده، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \text{مجموع آنتالپی فروپاشی شبکه}: 787/5x+682y=4303 \\ \text{مقدار نهایی یون هالید}: x+y=6 \end{cases} \Rightarrow x=2, y=4 \Rightarrow \frac{y}{x}=2$$

C ۲۶۷۰ ۲ معادلهٔ فروپاشی شبکهٔ بلور سدیم اکسید و سوختن اتانول به‌صورت مقابل است:

$$Na_2O(s)+2542kJ \rightarrow 2Na^{+}(g)+O^{2-}(g)$$

$$C_2H_5OH(l)+3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(l)+1357kJ$$

جرم یون‌های گازی تولیدی با جرم سدیم اکسید مصرفی برابر است. ابتدا انرژی لازم برای فروپاشی شبکهٔ بلور ۲۹/۵ گرم سدیم اکسید را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?kJ=29/5g\ Na_2O \times \frac{1mol\ Na_2O}{62g\ Na_2O} \times \frac{2542kJ}{1mol\ Na_2O}=1209/5kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Na_2O}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{29/5}{1\times 62}=\frac{Q}{2542} \Rightarrow Q=1209/5kJ$$

سپس جرمی از اتانول را که در اثر سوختن آن، ۱۲۰۹/۵ کیلوژول انرژی آزاد می‌شود به‌دست می‌آوریم:

$$?g\ C_2H_5OH=1209/5kJ \times \frac{1mol\ C_2H_5OH}{1357kJ} \times \frac{46g\ C_2H_5OH}{1mol\ C_2H_5OH}=41g\ C_2H_5OH$$

توضیح محاسبات

پاسخ اندکی بزرگ‌تر از ۴۰ است. (پاسخ: ۴۱)

$$\frac{1209/5\times 46}{1357}=? \xrightarrow[\text{به جای } 1209/5 \text{ و } 1357 \text{ اعداد } 1200 \text{ و } 1380 \text{ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{1200\times 46}{1380}=\frac{20\times 46}{23}=20\times 2=40$$

C ۲۶۷۱ ۱ با استفاده از قانون هس باید آنتالپی فروپاشی شبکهٔ یونی پتاسیم برمید را به‌دست آوریم. در واقع باید ΔH واکنش‌های داده شده را طوری جمع کنیم که به ΔH واکنش روبه‌رو برسیم:

$$KBr(s) \rightarrow K^{+}(g)+Br^{-}(g)$$

برای این کار واکنش اول را وارون و واکنش چهارم را در $\frac{1}{2}$ ضرب کرده و سپس تمام واکنش‌ها را با هم جمع می‌کنید.

$$KBr(s) \rightarrow K(s)+\frac{1}{2}Br_2(l) \qquad \Delta H_1=-(-392kJ)=+392kJ$$

$$K(s) \rightarrow K(g) \qquad \Delta H_2=+89kJ$$

$$K(g) \rightarrow K^{+}(g)+e^{-} \qquad \Delta H_3=+418kJ$$

$$\frac{1}{2}Br_2(l) \rightarrow Br(g) \qquad \Delta H_4=(+224kJ)\times\frac{1}{2}=+112kJ$$

$$Br(g)+e^{-} \rightarrow Br^{-}(g) \qquad \Delta H_5=(-325kJ)$$

واکنش کلی: $KBr(s) \rightarrow K^{+}(g)+Br^{-}(g)$ $\qquad \Delta H=\Delta H_1+\Delta H_2+\Delta H_3+\Delta H_4+\Delta H_5 \Rightarrow \Delta H=+686kJ.mol^{-1}$

۲۶۷۲ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست‌هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): باتوجه‌به‌واکنش‌های $2A^+(g)+X_2(g)\rightarrow 2A^+(g)+2X(g)\,,\Delta H=240kJ$ و $2A(s)+X_2(g)\rightarrow 2A(g)+X_2(g)\,,\Delta H=200kJ$، آنتالپی پیوند $X-X$ طبق واکنش اول برابر ۲۴۰ کیلوژول بر مول و طبق واکنش دوم برای تصعید هر مول A به ۱۰۰ کیلوژول انرژی نیاز است. عبارت (ب): واکنش کلی انجام شده به صورت $2AX(s)\rightarrow 2A^+(g)+2X^-(g)$ است و مقدار ΔH آن مثبت است؛ بنابراین داریم: $\Delta H=(800+200+900+240)-600=1540kJ$

برای فروپاشی هر مول AX به $\frac{1540}{2}$ (۷۷۰) کیلوژول انرژی نیاز است. عبارت (پ): مجموع بار یون‌ها در Na_2O بیشتر از ترکیب AX است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور Na_2O بیشتر خواهد بود. عبارت (ت): چگالی بار یون O^{2-} بیشتر از یون $X^-(Cl^-)$ است؛ زیرا اندازهٔ بار آن بزرگ‌تر است.

۲۶۷۳ ۴ فقط عبارت (الف) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در یک گروه از جدول تناوبی، با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی و شعاع یونی افزایش می‌یابند. در فلزها، برای یک عنصر، شعاع اتمی بیشتر از شعاع یونی است، در حالی‌که در نافلزها برای یک عنصر، شعاع اتمی کمتر از شعاع یونی است؛ بنابراین این نمودار مربوط به فلزها است. عبارت (ب): اتم عنصر سدیم $(_{11}Na)$، دارای ۵ الکترون در زیرلایهٔ s است: $_{11}Na:\underline{1s^2}\,\underline{2s^2}\,2p^6\,\underline{3s^1}$

ترکیب یونی حاصل از کاتیون این عنصر و آنیون سیلیکات (SiO_4^{4-})، سدیم سیلیکات با فرمول شیمیایی (Na_4SiO_4) بوده و در هر واحد آن ۹ اتم وجود دارد.

عبارت (پ): در یک دوره از جدول تناوبی، بیشترین شعاع یونی مربوط به عناصر گروه ۱۵ است. آرایش الکترونی فشردهٔ اتم‌های عناصر گروه ۱۵ به‌صورت زیر است: $X:[\text{گاز نجیب}]\,ns^2np^3$

مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های ظرفیت برابر است با: $\text{مجموع } n \text{ و } l \text{ الکترون‌های ظرفیت}=2\times\underbrace{(n+0)}_{ns}+3\times\underbrace{(n+1)}_{np}=5n+3$

عبارت (ت): با افزایش عدد اتمی هالوژن‌ها، شعاع یونی آن‌ها افزایش یافته و چگالی بار آن‌ها کاهش می‌یابد؛ از این‌رو با افزایش عدد اتمی هالوژن‌ها، آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور آن‌ها در ترکیب با Li^+ کاهش می‌یابد.

۲۶۷۴ ۴ با توجه به آرایش الکترونی عناصر داده شده، $A\rightarrow Na$، $B\rightarrow Mg$، $C\rightarrow Al$، $D\rightarrow O$ و $E\rightarrow F$ هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور ترکیب حاصل از Al و O از سایر ترکیب‌ها بیشتر است. زیرا چگالی بار یون‌های سازنده در این ترکیب بیشتر از ترکیب‌های دیگر است. گزینهٔ (۲): کمترین نسبت آنیون به کاتیون مربوط به Na_2O است. نسبت آنیون به کاتیون تمام ترکیب‌های یونی به‌دست آمده از عناصر مورد نظر به شرح زیر است:

$$NaF\ ,\ Na_2O\ ,\ MgF_2\ ,\ MgO\ ,\ AlF_3\ ,\ Al_2O_3$$

نسبت آنیون به کاتیون در ترکیب $\frac{1}{1}\quad\frac{1}{2}\quad\frac{2}{1}\quad\frac{1}{1}\quad\frac{3}{1}\quad\frac{3}{2}$

گزینهٔ (۳): همهٔ یون‌های «$Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+}, F^-, O^{2-}$» به آرایش گاز نجیب دورهٔ دوم (Ne) رسیده‌اند. گزینهٔ (۴): درست است که آنتالپی فروپاشی شبکهٔ Al_2O_3 از MgF_2 بیشتر است و همچنین شعاع Al^{3+} از شعاع Mg^{2+} کوچک‌تر است، اما شعاع O^{2-} بزرگ‌تر از شعاع F^- است. علت اصلی بزرگ‌تر بودن آنتالپی فروپاشی Al_2O_3، چگالی بار بزرگ‌تر یون‌های آن است.

۲۶۷۵ ۴ همهٔ عبارت‌های داده شده درست هستند. واکنش‌پذیرترین فلز هر دوره در گروه اول جای دارد؛ بنابراین عنصر A، فلزی از گروه اول است. آخرین عنصری که در زیرلایهٔ 3d آن الکترون ندارد کلسیم بوده؛ از این‌رو عنصر X معادل با $_{20}Ca$ است. عناصر نافلزی گروه ۱۶ دارای ۶ الکترون ظرفیتی هستند؛ بنابراین عنصر Y در گروه ۱۶ قرار دارد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور CaY کمتر از MgY است، همچنین آنتالپی فروپاشی شبکهٔ NaCl از هر دو ترکیب ذکر شده کمتر است؛ بنابراین با جایگزینی کلسیم با منیزیم تفاوت آنتالپی فروپاشی بیشتر می‌شود. عبارت دوم: مجموع بار یون‌ها در ترکیب A_2Y کمتر از ترکیب CaY است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکهٔ آن نیز کمتر است. عبارت سوم: عنصر X، $_{20}Ca$ است؛ بنابراین عنصر A باید $_{19}K$ باشد تا دو عنصر هم‌دوره شوند. شعاع یون K^+ بزرگ‌تر از یون Ca^{2+} است؛ بنابراین داریم:

$$\text{چگالی بار یون}\sim\frac{\text{اندازهٔ بار}}{\text{شعاع}}\Rightarrow\frac{\text{چگالی بار }Ca^{2+}}{\text{چگالی بار }K^+}=\frac{\frac{2}{\text{شعاع یون }Ca^{2+}}}{\frac{1}{\text{شعاع یون }K^+}}=2\times\frac{\text{شعاع یون }K^+}{\underbrace{\text{شعاع یون }Ca^{2+}}_{\text{بزرگ‌تر از ۱}}}>2$$

عبارت چهارم: ترکیب A_2Y حاصل یون‌های فلز گروه اول و نافلز گروه ۱۶ است، در هر گروه چگالی بار یون‌های Li^+ و O^{2-} بیشتر است؛ بنابراین ترکیب A_2Y یا خود Li_2O و یا ترکیب‌های دیگر است؛ از این‌رو آنتالپی فروپاشی آن قطعاً کمتر و یا برابر آنتالپی فروپاشی شبکهٔ Li_2O است.

۲۶۷۶ ۴ با توجه به این نکته که نسبت آنتالپی فروپاشی شبکهٔ ترکیب d بزرگ‌تر از b بوده و با توجه به این‌که آنتالپی فروپاشی هر دوی آن‌ها کمتر از $1000kJ.mol^{-1}$ است، می‌توان نتیجه گرفت در هر دوی آن‌ها، بار کاتیون (+1) و بار آنیون (−1) است. چنانچه شعاع آنیون ترکیب b کوچک‌تر باشد، حتماً شعاع کاتیون ترکیب b بزرگ‌تر است و نسبت‌های مقابل کاملاً درست است.

$$\frac{\text{شعاع کاتیون b}}{\text{شعاع کاتیون d}}>1\qquad\frac{\text{شعاع آنیون b}}{\text{شعاع آنیون d}}<1$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): آنتالپی فروپاشی c از a بیشتر است و آنیون ترکیب a می‌تواند یک هالید (یون پایدار گروه ۱۷) باشد. گزینهٔ (۲): تفاوت آنتالپی فروپاشی a و b به اندازه‌ای نیست که آنیون‌های آن‌ها مربوط به یک دوره باشند؛ زیرا در این صورت، بار آنیون‌ها با یکدیگر متفاوت خواهد بود و فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی حاصل از آن‌ها متفاوت بوده و اختلاف آن‌ها بسیار زیاد می‌شود. گزینهٔ (۳): جمله همواره درست نیست. ممکن است بار کاتیون و آنیون در c بیشتر از e باشد ولی شعاع یون‌ها در c خیلی بیشتر از e باشد.

C ۲۶۷۷ ۴ با توجه به متن سؤال، می‌توان معادلهٔ واکنش‌های زیر را نوشت:

$$\text{I) } Na(s)\rightarrow Na(g)\ ,\ \Delta H_1=1\,mol\,Na\times\frac{23g\,Na}{1\,mol\,Na}\times\frac{4200J}{1g\,Na}\times\frac{1kJ}{1000J}=+96/6kJ$$

$$\text{II) } NaCl(s)\rightarrow Na^+(g)+Cl^-(g)\ ,\ \Delta H_2=+787kJ \qquad \text{III) } 2Na(g)+Cl_2(g)\rightarrow 2Na^+(g)+2Cl^-(g)\ ,\ \Delta H_3=?\,kJ$$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید ΔH واکنش (III) مشخص نیست ولی می‌توان آن را به کمک آنتالپی‌های پیوند تعیین کرد:

$$\Delta H\ (\text{واکنش III})=[\text{مجموع آنتالپی فراورده‌ها}]-[\text{مجموع آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها}]\Rightarrow[\Delta H(Cl—Cl)]-[\text{صفر}]=[242/8]-[0]=242/8kJ$$

اکنون به کمک معادله‌های کمکی بالا، ΔH واکنش $Na(s)+\frac{1}{2}Cl_2(g)\rightarrow NaCl(s)$ را محاسبه می‌کنیم. به این منظور واکنش (I) را بدون تغییر، واکنش (II) را معکوس و واکنش (III) را در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم:

$$\text{I) } Na(s)\rightarrow Na(g)\ ,\Delta H_1=96/6kJ$$

$$\text{II}') \ Na^+(g)+Cl^-(g)\rightarrow NaCl(s)\ ,\ \Delta H''_3=-787kJ$$

$$\text{III}') \ Na(g)+\frac{1}{2}Cl_2(g)\rightarrow Na^+(g)+Cl^-(g)\ ,\ \Delta H''_2=121/4kJ$$

$$\text{واکنش هدف : } Na(s)+\frac{1}{2}Cl_2(g)\rightarrow NaCl(s)\Rightarrow\Delta H_{(\text{واکنش})}=\Delta H_1+\Delta H'_2+\Delta H'_3=96/6+121/4-787=-569kJ$$

از این‌رو در اثر تشکیل یک مول $NaCl$ از عناصر سازنده‌اش، ۵۶۹ کیلوژول گرما تولید می‌شود.

C ۲۶۷۸ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. نخستین عنصری از جدول تناوبی که دارای الکترون با $n+l\geq 5$ است، Sc با عدد اتمی ۲۱ است که یک الکترون در زیرلایهٔ 3d دارد. بنابراین عناصر A و D در میان ۲۰ عنصر نخست جدول تناوبی قرار دارند. برای حل این سؤال باید ترکیب فسفات‌دار فلزات گروه اول، دوم و همچنین آلومینیم را تعیین کرده و نسبت شمار اتم‌ها به عناصر در هر کدام را به‌دست آوریم. برای تعیین عنصر D هم باید به‌طور مشابه ترکیب آمونیوم با نافلزهای گروه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ را بررسی کنیم و نسبت شمار اتم‌ها به عناصر را در هر واحد فرمولی محاسبه و با مقدار فرض سؤال مقایسه کنیم.

$$\left.\begin{matrix}M^{2+}\\PO_4^{3-}\end{matrix}\right\}\Rightarrow M_3(PO_4)_2\Rightarrow\frac{\text{شمار اتم‌ها}}{\text{شمار عنصرها}}=\frac{13}{3}\Rightarrow \text{ M عنصری از گروه دوم جدول است.}$$

$$\left.\begin{matrix}NH_4^+\\N^{3-}\end{matrix}\right\}\Rightarrow(NH_4)_3D\Rightarrow\frac{\text{شمار اتم‌ها}}{\text{شمار عنصرها}}=\frac{16}{3}\Rightarrow \text{ D عنصری از گروه پانزدهم جدول است.}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر عنصر M و D را به‌ترتیب $_{20}Ca$ و $_7N$ فرض کنیم، تعداد عناصر میان $_{20}Ca$ و $_7N$ برابر ۱۲ است. عبارت (ب): ترکیب یونی حاصل از عناصر M و D می‌تواند Ca_3N_2 یا Mg_3N_2 باشد. بار آنیون و کاتیون در این ترکیب (ها) بیشتر از ترکیب Na_2O است؛ از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ ترکیب M_3D_2 از ترکیب Na_2O بیشتر است. عبارت (پ): یون پایدار عنصر N به‌صورت N^{3-}_7 است. این یون دارای ۱۰ الکترون و ۷ پروتون است؛ پس بیشترین شعاع را در میان یون‌های پایدار عناصر هم‌دورهٔ خود دارد. عبارت (ت): ترکیب حاصل از عناصر M و D به‌صورت M_3D_2 است:

$$\frac{\text{عدد کوئوردیناسیون M (کاتیون)}}{\text{عدد کوئوردیناسیون D (آنیون)}}=\frac{\text{شمار D (آنیون)}}{\text{شمار M (کاتیون)}}=\frac{2}{3}$$

A ۲۶۷۹ ۳ شکل (ب) چگونگی فرایند شکنندگی ترکیب‌های یونی را به تصویر می‌کشد. بر اثر ضربهٔ چکش یکی از لایه‌ها اندکی جابه‌جا می‌شود و بارهای هم‌نام کنار هم قرار می‌گیرند و اثر دافعهٔ متقابل میان آن‌ها به در هم ریختن شبکهٔ بلور می‌انجامد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): جامدهای یونی نارسانا هستند و نمی‌توانند لامپ را روشن نگه دارند. ترکیب‌های یونی تنها در حالت محلول یا مذاب رسانای جریان الکتریکی هستند. گزینهٔ (۲): حرکت یون‌های موجود در محلول به سمت قطب‌های ناهمنام منجر به انتقال جریان الکتریسیته و روشن شدن لامپ می‌شود. گزینهٔ (۴): شکل (ب) نشان‌دهندهٔ یک جامد یونی است. در ساختار جامدهای یونی، آرایش منظمی از کاتیون‌ها و آنیون‌ها در سه بعد دیده می‌شوند که برخلاف فلزها الکترونی در خارج یون‌ها دیده نمی‌شود.

A ۲۶۸۰ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در جامدهای یونی، یون‌ها در جای خود ثابت هستند و نمی‌تواند جابه‌جا شوند، به همین دلیل جامدهای یونی، رسانای جریان برق نیستند. عبارت (ب): از گسترش یون‌های ناهمنام با نظم ویژه‌ای در سه بعد فضا، شبکهٔ بلور به وجود می‌آید. عبارت (پ): با افزایش عدد اتمی هالوژن‌ها، شعاع آن‌ها افزایش و چگالی بار آن‌ها کاهش می‌یابد. از آنجا که چگالی بار با آنتالپی فروپاشی شبکه بلور رابطهٔ مستقیم دارد، پس آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور این ترکیب‌ها نیز کاهش می‌یابد. عبارت (ت): آنیون‌ها و کاتیون‌ها با توجه به اندازهٔ نسبی که دارند، در شبکهٔ بلور از الگوی ویژه‌ای پیروی می‌کنند.

B ۲۶۸۱ ۱ موارد (ب) و (پ) را می‌توان به ترکیب‌های یونی نسبت داد. **بررسی موارد:** مورد (الف): ترکیب‌های یونی فاقد مولکول‌های مجزا در شبکهٔ بلوری هستند و ذره‌های سازندهٔ آن‌ها کاتیون‌ها و آنیون‌ها هستند. مورد (ب): ترکیب‌های یونی در حالت محلول و مذاب رسانایی الکتریکی دارند. مورد (پ): ترکیب‌های یونی هنگام عبور جریان برق از حالت مذاب خود، طی یک واکنش شیمیایی تجزیه می‌شوند. مورد (ت): این ترکیب‌ها در اثر ضربه خرد می‌شوند، بنابراین چکش‌خوار نیستند. مورد (ث): در شبکهٔ بلوری الزاماً تعداد کاتیون و آنیون برابر نیست فقط مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. مورد (ج): برخی از ترکیب‌های یونی در فرمول شیمیایی خود فلز ندارند. به‌عنوان مثال، NH_4Cl یک ترکیب یونی است اما فاقد فلز است.

A ۲۶۸۲ ۴ فقط در برقکافت ترکیب‌های یونی مذاب، کاتیون نمک به سمت کاتد رفته و کاهش می‌یابد و آنیون نمک به سمت آند رفته و اکسایش می‌یابد.

B ۲۶۸۳ ۳ موارد (الف)، (ب)، (پ) و (ت) موجب روشن شدن لامپ می‌شوند. با توجه به ساختار ذره‌ای داده شده داخل ظرف یک ترکیب یونی جامد است که رسانایی الکتریکی ندارد. اگر به جای این ترکیب، محلول آن و یا محلول یک نمک دیگر و یا یک نمک مذاب و به‌طور کلی محلول یک الکترولیت قرار گیرد، مدار کامل شده و جریان برق برقرار می‌شود که در این صورت لامپ نیز روشن می‌شود. البته چون انحلال‌پذیری جامد یونی داخل ظرف بیش از یک گرم است، بنابراین در آب محلول است.

* توجه نقره کلرید $(AgCl)$ در آب نامحلول است.

A ۲۶۸۴ ۳ **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): پایداری جامعهٔ پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است. گزینهٔ (۲): فلزها در سمت چپ و مرکز جدول دوره‌ای قرار دارند. گزینهٔ (۴): داشتن جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری از جمله رفتارهای فیزیکی فلزها بوده است اما تنوع اعداد اکسایش از جمله رفتارهای شیمیایی آن‌هاست. البته همهٔ فلزها اعداد اکسایش متنوعی ندارند.

A ۲۶۸۵ ۳ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت دوم درست‌اند. شکل داده شده در سؤال، یک الگوی ساده از شبکهٔ بلوری فلزها را نشان می‌دهد (عبارت اول) که برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی آن‌ها ارائه شده و به مدل دریای الکترونی معروف است (عبارت دوم). بر اساس این مدل، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است (عبارت سوم) که در فضای میان آن‌ها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم که همان الکترون‌های ظرفیت هستند، دریایی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند (عبارت‌های چهارم و پنجم).

A ۲۶۸۶ ۳ پاسخ درست پرسش‌ها به‌صورت مقابل است: پرسش (الف): خنثی بودن جامدهای فلزی به علت برابر بودن مجموع بار کاتیون‌ها و الکترون‌هاست در حالی که خنثی بودن جامدهای یونی به علت برابر بودن مجموع بار کاتیون‌ها و آنیون‌هاست. پرسش (ب): برخی ویژگی‌های فیزیکی یک فلز با الگوی دریای الکترونی قابل توجیه است. چکش‌خواری و رسانایی الکتریکی و گرمایی جزء ویژگی‌های فیزیکی و واکنش‌پذیری و تنوع اعداد اکسایش جزء ویژگی‌های شیمیایی فلز به حساب می‌آید.
پرسش (پ): الکترون‌های دریای الکترونی، الکترون‌های لایهٔ ظرفیت فلز هستند. در فلزهای واسطه لایهٔ ظرفیت شامل آخرین زیرلایهٔ s و آخرین زیرلایهٔ d می‌باشد.

B ۲۶۸۷ ۴ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هر الکترون موجود در دریای الکترونی را نمی‌توان تنها متعلق به یک اتم دانست، زیرا این الکترون‌ها در فضای بین کاتیون‌ها آزادانه در حرکت هستند. عبارت (ب): نیروی بین ذره‌ای موجود در دریای الکترونی (کاتیون و الکترون) و نیروی بین ذره‌ای در نمک طعام (کاتیون و آنیون)، هر دو از جنس جاذبهٔ الکتروستاتیک میان ذره‌های منفی و مثبت می‌باشد. عبارت (پ): در دریای الکترونی، مجموع بار الکترون‌ها با مجموع بار کاتیون‌ها برابر هستند، اما الزاماً تعداد الکترون‌ها با تعداد کاتیون‌ها برابر نیستند، زیرا ممکن است کاتیونی بار الکتریکی $(+2)$ داشته باشد و در ساختار شبکهٔ بلور این فلز، تعداد الکترون‌های دریای الکترونی دو برابر تعداد کاتیون‌ها خواهد بود. عبارت (ت): دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکهٔ بلوری حفظ می‌کند، زیرا در صورت نبود این ساختار، شبکهٔ بلوری به دلیل دافعهٔ بارهای مثبت از هم فرو می‌پاشید. عبارت (ث): در شبکهٔ بلوری فلز منیزیم به‌ازای هر یون منیزیم (Mg^{2+})، ۲ الکترون وجود دارد و در شبکهٔ بلور فلز آلومینیم به‌ازای هر یون آلومینیم (Al^{3+})، ۳ الکترون وجود دارد؛ پس نسبت خواسته شده برابر $\frac{2}{3}$ است.

$$\frac{\text{نسبت الکترون به کاتیون در منیزیم}}{\text{نسبت الکترون به کاتیون در آلومینیم}}=\frac{\frac{2}{1}}{\frac{3}{1}}=\frac{2}{3}$$

B ۲۶۸۸ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم فلزها، دریایی را ساخته و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند، این الکترون‌ها همان الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم هستند. عبارت (ب): طبق شکل کتاب درسی، دریای الکترون می‌تواند چکش‌خواری فلزها را توجیه کند؛ زیرا در اثر وارد شدن ضربه به فلزها، کاتیون‌ها جابه‌جا می‌شوند اما چون دریای الکترونی آن‌ها را دربرمی‌گیرد، فلزها شکننده نمی‌باشند. عبارت (پ): فلزها بخش عمدهٔ عنصرهای جدول دوره‌ای را تشکیل می‌دهند، فلزها در هر چهار دستهٔ s، p، d و f جای داشته اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند. عبارت (ت): در شبکهٔ بلور جامدات فلزی، تعداد کاتیون‌ها با الکترون‌ها برابر نیست، بلکه مجموع بار کاتیون‌ها با مجموع بار الکترون‌ها برابر است، از این‌رو این مواد خنثی هستند.

B ۲۶۸۹ ۲ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شکل‌های (۱) و (۲) به ترتیب مربوط به چکش‌خواری و رسانایی الکتریکی فلزهاست. گزینهٔ (۲): به دلیل وجود دریای الکترونی شناور در ساختار شبکهٔ بلوری فلز، در هنگام برخورد یک جسم سخت (مانند چکش) به آن، با جابه‌جا شدن کاتیون‌ها و الکترون‌ها در یک راستا، شکل شبکهٔ بلوری تغییر کرده اما از هم فرو نمی‌پاشد، به همین دلیل فلزها چکش‌خوار هستند و در اثر ضربه (برخلاف نافلزها و جامدهای یونی) خرد نمی‌شوند. گزینهٔ (۳): وجود الکترون‌هایی که آزادانه در شبکهٔ بلوری جامدهای فلزی در حرکت هستند، باعث می‌شود که فلزها نوعی رسانای الکترونی مناسب باشند. گزینهٔ (۴): اغلب عنصرهای دستهٔ d، بیش از یک نوع کاتیون پایدار دارند، به همین دلیل می‌توانند در شرایط متفاوت، شبکه‌های بلوری با ساختارهای متفاوت ایجاد کنند. توجه داشته باشید که شبکهٔ بلوری جامدهای فلزی به دریای الکترونی وابسته است.

B ۲۶۹۰ ۱ فقط مورد سوم از ویژگی‌های مشترک جامدهای یونی و فلزی است. **بررسی موارد:** مورد اول: فقط فلزها در حالت جامد رسانای الکتریسیته هستند و جامدهای یونی در حالت مذاب و محلول رسانای الکتریسیته هستند. مورد دوم: جامدهای فلزی برخلاف جامدهای یونی، در اثر ضربه خودبه‌خود خرد نمی‌شوند و چکش‌خوارند. مورد سوم: جامدهای یونی و فلزی هر دو دارای کاتیون در شبکهٔ بلور هستند. مورد چهارم: فقط جامدهای یونی در اثر عبور برق در حالت مذاب تجزیه می‌شوند؛ به‌طور کلی برای جامدهای فلزی، تجزیه تعریف نمی‌شود. مورد پنجم: جامدهای فلزی در دریای الکترون خود دارای الکترون آزاد هستند و جامدهای یونی در ساختار خود الکترون آزاد ندارند.

B ۲۶۹۱ ۲ عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت دوم: فقط الکترون‌های لایهٔ ظرفیت فلزها در به‌وجود آمدن دریای الکترونی شرکت دارند. عبارت‌های سوم و چهارم: دریای الکترونی توجیه‌کنندهٔ برخی خواص فیزیکی یک فلز مثل رسانایی الکتریکی و گرمایی و چکش‌خواری است؛ در حالی که تنوع اعداد اکسایش جزء خواص شیمیایی فلز می‌باشد. عبارت پنجم: جاذبهٔ میان کاتیون‌ها (نه هستهٔ اتم‌ها) و دریای الکترونی سبب می‌شود که هستهٔ اتم‌ها در مکان‌های مشخصی به‌طور ثابت جای بگیرند و تغییر مکان ندهند. البته توجه کنید که این جاذبه به اندازه‌ای قوی نیست که مانع از چکش‌خواری بلور فلزات شود.

C ۲۶۹۲ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است:

$$Ni(s)+2HCl(aq)\rightarrow NiCl_2(aq)+H_2(g)$$

$$2Al(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2AlCl_3(aq)+3H_2(g)$$

ابتدا شمار مول‌های هیدروژن (گاز تولید شده) هر دو واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,H_2=15/52\,L\,H_2\times\frac{0/125\,g\,H_2}{\underbrace{1\,L\,H_2}_{\text{چگالی }H_2}}\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2}=0/97\,mol\,H_2$$

فرض می‌کنیم a مول آلومینیم و b مول نیکل در آلیاژ گفته شده وجود دارد:

$$?\,mol\,H_2=b\,mol\,Ni\times\frac{2\,mol\,H_2}{2\,mol\,Ni}=b\,mol\,H_2$$

$$?\,mol\,H_2=a\,mol\,Al\times\frac{3\,mol\,H_2}{2\,mol\,Al}=1/5a\,mol\,H_2$$

حجم گاز هیدروژن تولید شده معادل مجموع حجم گازهای حاصل از واکنش‌های Al و Ni با اسید است:

$$1/5a+b=0/97\quad(*)$$

تعداد مول الکترون‌های دریای الکترونی برابر است با: $?\,mol\,e^- = ۱/۵۰۵\times۱۰^{۲۴}\,e^- \times \frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,e^-} = ۲/۵ mol\,e^-$

آرایش الکترونی این دو عنصر به صورت مقابل است: $_{۱۳}Al:[Ne]\,۳s^۲\,۳p^۱ \rightarrow$ ظرفیت $۳e^-$ ، $_{۲۸}Ni:[_{۱۸}Ar]\,۳d^۸\,۴s^۲ \rightarrow$ ظرفیت $۱۰e^-$

با توجه به اینکه دریای الکترونی متشکل از الکترون‌های ظرفیت فلزات است داریم: $۳a+۱۰b=۲/۵\ (**) \xrightarrow{(*),(**)} a=۰/۶, b=۰/۰۷$

با توجه به مول‌های به‌دست آمده، جرم نمونه برابر است با: $۰/۶\times۲۷+۰/۰۷\times۵۸=۲۰/۲۶g$

A ۲۶۹۳ ۲ طول موج نور مرئی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است و سایر پرتوهای الکترومغناطیسی می‌توانند طول موج‌های دیگری داشته باشند.

A ۲۶۹۴ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): اگر جسمی همهٔ طیف مرئی امواج الکترومغناطیس را بازتاب دهد، به رنگ سفید دیده می‌شود. عبارت (پ): اگر جسمی همهٔ طیف مرئی امواج الکترومغناطیس را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می‌شود. عبارت (ت): چشم ما مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آن‌ها می‌بیند.

A ۲۶۹۵ ۴ جسم (۱) بخشی از نور را بازتاب کرده است و به رنگ همان نور بازتاب شده از سطح آن دیده می‌شود. در نتیجه رنگ این جسم می‌تواند آبی باشد. جسم (۲) همهٔ نور را جذب کرده است و به رنگ سیاه دیده می‌شود. جسم (۳) همهٔ طول موج‌ها را بازتاب داده است و رنگ آن سفید می‌باشد.

A ۲۶۹۶ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): رنگ‌دانهٔ معدنی که برای ایجاد نور قرمز به‌کار می‌رود، $Fe_۲O_۳$ است که یک ترکیب یونی می‌باشد و عدد اکسایش Fe در آن $(+۳)$ است. عبارت (ب): رنگ‌دانهٔ معدنی که برای ایجاد نور سفید به‌کار می‌رود، طول موج‌های ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (گسترهٔ طول موج‌های مرئی) را بازتاب می‌کند. عبارت (پ): رنگ‌دانه‌های نور سفید، نور قرمز و نور سیاه به‌ترتیب $TiO_۲$ ، $Fe_۲O_۳$ و C (دوده) هستند که فقط رنگ‌دانه‌های نور سفید و نور قرمز یک اکسید فلزی هستند. عبارت (ت): رنگ‌دانهٔ موجود در نور سفید و نور قرمز به‌ترتیب $TiO_۲$ و $Fe_۲O_۳$ هستند، بنابراین نافلز موجود در آن اکسیژن است. درصد جرمی اکسیژن را در این دو ترکیب محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی O در } TiO_۲ = \frac{\text{جرم اکسیژن } TiO_۲}{\text{جرم } TiO_۲}\times۱۰۰ = \frac{۲\times۱۶}{(۴۸+۲\times۱۶)}\times۱۰۰ = ٪۴۰$$

$$\text{درصد جرمی O در } Fe_۲O_۳ = \frac{\text{جرم اکسیژن } Fe_۲O_۳}{\text{جرم } Fe_۲O_۳}\times۱۰۰ = \frac{۳\times۱۶}{۲\times۵۶+۳\times۱۶}\times۱۰۰ = ٪۳۰$$

B ۲۶۹۷ ۲

نکته ترکیبی **نمودارهای جذب و دفع امواج الکترومغناطیس:** در برخی سؤالات کنکور، ممکن است با نموداری مواجه شوید که درصد جذب یا عبور طیف امواج مرئی را برای یک رنگ‌دانه نمایش می‌دهد. برای استخراج اطلاعات از این نمودار کافی است بدانید یک رنگ‌دانه به همان رنگی دیده می‌شود که در طیف امواج الکترومغناطیس بازتاب می‌کند و یا عبور می‌دهد و به این ترتیب ناظر آن را مشاهده می‌کند؛ بنابراین رنگ‌دانهٔ مذکور در آن نواحی از نمودار که درصد جذب بالاست دیده نمی‌شود؛ زیرا همهٔ امواج آن ناحیه را جذب می‌کند یا عبور می‌دهد در حالی که در آن نواحی که رنگ‌دانه درصد جذب کمی دارد، پرتوهای الکترومغناطیسی بازتاب شده و جسم به آن رنگ دیده می‌شود. اگر درصد جذب در تمامی نواحی زیاد باشد جسم به رنگ سیاه و اگر درصد جذب در تمامی نواحی پایین باشد، جسم به رنگ سفید دیده می‌شود.

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): رنگ‌دانهٔ A درصد بسیار کمی از طول موج‌های نور مرئی را عبور یا بازتاب داده، بنابراین می‌تواند مربوط به رنگ‌دانهٔ دوده باشد که به رنگ سیاه دیده می‌شود. گزینهٔ (۲): رنگ‌دانهٔ B فقط طول موج‌های ۶۲۰ تا ۷۰۰ نانومتر را عبور یا بازتاب داده که طبق جدول این گسترهٔ طول موج مربوط به رنگ قرمز است، بنابراین به رنگ قرمز دیده می‌شود. می‌دانیم رنگ‌دانهٔ رنگ قرمز $Fe_۲O_۳$ است که انرژی فروپاشی شبکهٔ بلور آن کمتر از $Al_۲O_۳$ است. گزینهٔ (۳): برای تولید رنگ زرد از رنگ‌دانه‌های A ، B و C نمی‌توان استفاده کرد. رنگ‌دانهٔ مناسب برای تولید رنگ زرد باید فقط گسترهٔ طول موج‌های (۵۹۰ - ۵۷۰) را عبور یا بازتاب دهد که در نمودار داده شده این موضوع مشاهده نمی‌شود. در حالی که با رنگ‌دانهٔ A ، رنگ سیاه، با رنگ‌دانهٔ B ، رنگ قرمز و با رنگ‌دانهٔ C ، رنگ سفید می‌توان تولید کرد. گزینهٔ (۴): رنگ‌دانهٔ موجود در مادهٔ C تمام طول موج‌های نور مرئی را بازتاب کرده، بنابراین مربوط به نور سفید است و می‌تواند $TiO_۲$ باشد.

B ۲۶۹۸ ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گسترهٔ طول موج‌های نور سبز از ۴۹۰nm تا ۵۷۰nm است، این جسم طول موج ۵۲۰ نانومتر را که مربوط به نور سبز است، بازتاب داده، بنابراین به رنگ سبز دیده می‌شود. عبارت (ب): در این شکل طول موج ۷۰۰nm مربوط به رنگ قرمز است که جذب شده است، بنابراین رنگ‌دانهٔ موجود در این شکل نمی‌تواند مربوط به رنگ قرمز باشد. عبارت (پ): اگر رنگ‌دانهٔ موجود در جسم A دوده بود، باید تمام طول موج‌ها جذب می‌شد و اگر این رنگ‌دانه $TiO_۲$ بود، باید تمام طول موج‌ها بازتاب می‌شد. عبارت (ت): اگر با تغییر رنگ‌دانهٔ موجود در شکل، به جای پرتوی ۵۲۰ نانومتری، پرتوی ۴۱۰ نانومتری بازتاب کند، رنگ‌دانهٔ جدید به رنگ بنفش دیده می‌شود. (طبق جدول داده شده گسترهٔ ۴۰۰ تا ۴۳۰ نانومتر متعلق به رنگ بنفش است.)

B ۲۶۹۹ ۳ می‌دانیم رنگ‌دانهٔ $Fe_۲O_۳$ ، تولیدکنندهٔ رنگ قرمز و رنگ‌دانهٔ دوده، تولیدکنندهٔ رنگ سیاه است، رنگ‌دانهٔ قرمز طول موج‌های ۶۲۰ تا ۷۰۰ نانومتر را بازتاب می‌کند (در این گسترهٔ طول موج، جذب بسیار ناچیزی دارد)، در حالی که رنگ‌دانهٔ دوده تمام طول موج‌ها را جذب می‌کند. بنابراین نمودار گزینهٔ (۳) درست است.

A ۲۷۰۰ ۲ در این واکنش نمک وانادیم (V) با اکسید کردن (جذب الکترون) فلز روی کاهش می‌یابد و نقش اکسنده را دارد. فلز روی نیز به دلیل از دست دادن الکترون اکسید شده و نقش کاهنده را دارد.

A ۲۷۰۱ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. آرایش الکترونی وانادیم به‌صورت $[_{۱۸}Ar]\,۳d^۳\,۴s^۲$ است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): یون $V^{۵+}$ در آب رنگ زرد دارد. آرایش الکترونی این یون مشابه آرایش الکترونی آرگون می‌باشد. عبارت (ب): وانادیم با تشکیل یون وانادیم (IV) $(V^{۴+})$ می‌تواند به آرایش $[_{۱۸}Ar]\,۳d^۱$ برسد. عبارت (پ): رنگ محلول نمک وانادیم (II) بنفش و رنگ محلول نمک وانادیم (III) سبز است. همان‌طور که می‌دانید در طیف امواج مرئی، رنگ بنفش بیشترین انرژی و کمترین طول موج را دارد. عبارت (ت): رنگ محلول نمک وانادیم (IV) همانند رنگ محلول نمک مس (II) آبی است.

B ۲۷۰۲ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): آرایش الکترونی کاتیون $V^{۴+}$ به صورت $[Ar]\,۳d^۱$ بوده و یک الکترون در زیرلایهٔ d دارد. عبارت (ب): رنگ محلول $V^{۴+}$ آبی و رنگ محلول $V^{۲+}$ ، بنفش است و همچنین طول موج رنگ بنفش کمتر از آبی است. عبارت (پ): در این واکنش Zn، گونهٔ کاهنده و $VCl_۴$ گونهٔ اکسنده است. عبارت (ت): عدد اکسایش Zn و V در ترکیبات تولید شده برابر ۲+ است.

B ۲۷۰۳ ۳ موارد (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی موارد:** مورد (الف): تیتانیم (IV) اکسید، رنگ‌دانهٔ سفید است. جسمی با رنگ سفید همهٔ طول موج‌های مرئی را بازتاب می‌کند. مورد (ب): محلولی از نمک وانادیم (II) اکسید رنگ بنفش را بازتاب می‌کند. مورد (پ): آهن (III) اکسید، رنگ‌دانهٔ قرمز است. مورد (ت): محلولی از نمک وانادیم (IV) اکسید رنگ آبی را بازتاب می‌کند. مورد (ث): گرافیت یک جسم سیاه رنگ است، در نتیجه همهٔ طول موج‌های مرئی را جذب کرده و هیچ نوری را بازتاب نمی‌کند.

B ۲۷۰۴ ۳ رنگ‌هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، نوعی کلوئید هستند که لایهٔ نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون‌بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): الگوی دریای الکترونی، برخی از خواص فیزیکی فلزها مثل چکش‌خواری، رسانایی گرمایی و رسانایی الکتریکی را توجیه می‌کند. گزینهٔ (۲): اغلب موادی که دارای رنگ مشخصی هستند، بخشی از طول موج‌های مرئی را جذب می‌کنند، اما ماده‌ای که به رنگ سفید است، همهٔ طول موج‌های مرئی را بازتاب می‌کند و ماده‌ای که به رنگ سیاه است، همهٔ طول موج‌های مرئی را جذب می‌کند. گزینهٔ (۴): در هر واحد از یک ترکیب یونی، نیروهای جاذبه و دافعه در تمام جهت‌ها برقرار هستند در حالی که واژه‌های مولکول و فرمول مولکولی فقط برای مواد مولکولی استفاده می‌شود.

B ۲۷۰۵ ۴ فرض کنیم یون وانادیم تولید شده در این واکنش V^{n+} باشد. می‌توانیم واکنش را به‌صورت زیر موازنه کنیم:

$$۲V^{۵+}(aq)+(۵-n)Zn(s)\rightarrow ۲V^{n+}(aq)+(۵-n)Zn^{۲+}(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mg\,Zn=۲۰۰mL\,\text{محلول}\times\frac{۱L}{۱۰۰۰mL}\times\frac{۰/۰۲۵mol\,V^{۵+}}{۱L\,\text{محلول}}\times\frac{(۵-n)\,mol\,Zn}{۲mol\,V^{۵+}}\times\frac{۶۵g\,Zn}{۱mol\,Zn}\times\frac{۱۰۰۰mg\,Zn}{۱g\,Zn}=۳۲۵mg\,Zn$$

$$\Rightarrow ۵-n=۲\Rightarrow n=۳\ (\text{یون مورد نظر } V^{۳+}\text{ است.})$$

روش دوم (تناسب): (یون مورد نظر $V^{۳+}$ است.)

$$\frac{\text{جرم فلز روی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{حجم محلول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۳۲۵\times۱۰^{-۳}}{۶۵\times(۵-n)}=\frac{۲۰۰\times۱۰^{-۳}\times۰/۰۲۵}{۲}\Rightarrow n=۳$$

B ۲۷۰۶ ۳ ابتدا شمار مول Zn را تعیین می‌کنیم:

$$?\,mol\,Zn=۷/۸g\,Zn\times\frac{۱mol\,Zn}{۶۵g\,Zn}=۰/۱۲mol\,Zn$$

$$۰/۲L\,\text{محلول}\times\frac{۰/۴mol\,V^{۵+}}{۱L\,\text{محلول}}\times\frac{b\,mol\,Zn}{a\,mol\,V^{۵+}}=۰/۱۲mol\,Zn\Rightarrow\frac{b}{a}=\frac{۳}{۲}$$

Zn و $V^{۵+}$ با نسبت ۳ به ۲ واکنش داده‌اند.

$$۳Zn(s)+۲V^{۵+}(aq)\rightarrow ۳Zn^{۲+}(aq)+۲V^{x+}(aq)$$

طبق موازنهٔ بار الکتریکی داریم:

$$۲\times(+۵)=۳\times(+۲)+۲\times(x)\Rightarrow ۲x=۴\Rightarrow x=۲$$

یون وانادیم (II) فراورده خواهد بود که رنگ **بنفش** دارد.

$$\text{تعداد الکترون مبادله‌شده}=۰/۱۲mol\,Z\times\frac{۲mol\,e^-}{۱mol\,Zn}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}{۱mol\,e^-}\simeq ۱/۴\times۱۰^{۲۳}e^-$$

A ۲۷۰۷ ۴ در میان عنصرهای دستهٔ d از دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای، تیتانیم با ویژگی‌های باور نکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری و استحکام مناسب از جمله این ویژگی‌هاست.

A ۲۷۰۸ ۴ همهٔ مقایسه‌ها درست هستند. نقطهٔ ذوب، مقاومت در برابر خوردگی برای فلز تیتانیم بیشتر از فولاد بوده و در مقابل چگالی و واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا برای فولاد بیشتر از تیتانیم است. مقاومت در برابر سایش برای فلز تیتانیم و فولاد تقریباً برابر است.

A ۲۷۰۹ ۳ هنگامی که موتور جت کار می‌کند، همهٔ اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارند. به همین دلیل تیتانیم که نقطهٔ ذوب بالایی دارد، هم در برابر سایش حاصل از حرکت و هم گرمای حاصل از کار موتور مقاومت مناسبی از خود نشان می‌دهد. پروانهٔ کشتی‌های اقیانوس‌پیما نیز در اقیانوس در معرض واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا قرار دارند، به همین دلیل فلز تیتانیم به دلیل واکنش‌پذیری ناچیز با ذره‌های موجود در آب دریا، فلزی مناسب برای تولید این پروانه‌ها می‌باشد.

A ۲۷۱۰ ۴ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) در رابطه با فلز تیتانیم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فلز تیتانیم دومین عنصر (فلز) واسطه جدول تناوبی می‌باشد و واکنش‌پذیری آن نسبت به فلزهای اصلی گروه یک و دو کمتر است. عبارت (ب): چگالی تیتانیم حدود ۴/۵۱ گرم بر میلی‌لیتر می‌باشد. عبارت (پ): در آرایش الکترونی تیتانیم ۱۲ الکترون با $l=۱$ ($۲p^۶, ۳p^۶$) و ۲ الکترون با $l=۳$ ($۳d^۲$) وجود دارد. عبارت (ت): از واکنش فلز منیزیم و تیتانیم (IV) کلرید، می‌توان تیتانیم و منیزیم کلرید تهیه کرد.

A ۲۷۱۱ ۱ رنگ‌های پوششی، نمونه‌ای از یک کلوئید است. رنگدانه‌های معدنی مانند $TiO_۲$ و $Fe_۲O_۳$ نوعی مادهٔ خالص هستند. کلوئیدها جزء مخلوط‌ها بوده و ناخالص می‌باشند.

B ۲۷۱۲ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. شکل صورت سؤال، کاربردهای آلیاژ نیتینول را نشان می‌دهد. فلز سبک‌تر سازندهٔ این آلیاژ، تیتانیم ($_{۲۲}Ti$) و فلز سنگین‌تر، نیکل ($_{۲۸}Ni$) است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فلز سبک‌تر سازندهٔ این آلیاژ تیتانیم ($_{۲۲}Ti$) و فلز سنگین‌تر نیکل ($_{۲۸}Ni$) است. تیتانیم در برابر سایش و خوردگی مقاوم است و واکنش‌پذیری ناچیزی با ذره‌های موجود در آب دریا دارد. عبارت (ب): نیکل در لایهٔ ظرفیت خود ۱۰ الکترون دارد که این ۱۰ الکترون دریای الکترونی نیکل را تشکیل می‌دهند:

$$_{۲۸}Ni:[_{۱۸}Ar]۳d^۸۴s^۲$$

عبارت (پ): تیتانیم در دوره و گروه ۴ قرار دارد. عبارت (ت): این آلیاژ از دو فلز ساخته شده که هر دو جزء عنصرهای واسطهٔ تناوب چهارم هستند.

B ۲۷۱۳ ۲ برای آنکه استنت درون رگ‌ها در برابر سایش حاصل از عبور جریان خون مقاوم باشد، از فلز تیتانیم برای ساخت آن استفاده می‌شود. از آنجایی که هنگام عملکرد موتور جت، همهٔ اجزای آن در حال حرکت هستند، از فلز تیتانیم به دلیل نقطهٔ ذوب بالا برای جلوگیری از ذوب شدن قطعات و مقاومت گرمایی بیشتر استفاده می‌شود. از فلز تیتانیم در ساخت قاب عینک، به دلیل انعطاف‌پذیری بالا استفاده می‌شود و از این فلز در ساخت شیشهٔ عینک استفاده نمی‌شود. فلز تیتانیم با گونه‌های موجود در آب دریا واکنش نمی‌دهد، به همین دلیل از آن برای ساخت پروانهٔ کشتی‌های اقیانوس‌پیما استفاده می‌شود.

B ۲۷۱۴ ۳ عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: نیتینول آلیاژی از نیکل و تیتانیم بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی به‌کار می‌رود. عبارت دوم: به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهمنام پیرامون هر یون در شبکهٔ بلور ترکیب یونی، عدد کوئوردیناسیون می‌گویند. عبارت سوم: مولکول‌های H_2O در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه‌بعدی با تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. گرافن، تک‌لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش‌گوشه تشکیل داده‌اند. چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام ویژه‌ای دارد. دقت کنید که گرافن یک جامد کووالانسی است و به‌کار بردن عبارت «مولکول‌های گرافن» درست نیست. عبارت چهارم: سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوستهٔ جامد زمین است، به‌طوری‌که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰٪ پوستهٔ جامد زمین را تشکیل می‌دهند. عبارت پنجم: در مولکول‌های سه‌اتمی که از سه نوع عنصر تشکیل شده‌اند، اتم‌های اطراف اتم مرکزی متفاوت هستند؛ از این‌رو گشتاور دوقطبی این نوع مولکول‌ها بزرگ‌تر از صفر است.

B ۲۷۱۵ ۱ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. آرایش الکترونی فشردهٔ عناصر A و E به‌ترتیب به‌صورت $[Ar]3d^1 4s^2$ و $[Ar]3d^2 4s^2$ بوده، از این‌رو عنصرهای A و E به‌ترتیب $_{21}Sc$ و $_{22}Ti$ هستند. عناصر B، D و C نیز به ترتیب $_6C$، $_{17}Cl$ و $_{14}Si$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: گرافیت و الماس، دو آلوتروپ عنصر کربن هستند. گرافیت دارای ساختار دوبعدی و برخلاف الماس که ساختار سه‌بعدی دارد، رسانای جریان برق است. عبارت دوم: عنصر سیلیسیم در ترکیب با اکسیژن، سیلیس (SiO_2) تشکیل می‌دهد. سیلیس ترکیبی نارسانا است و ساختاری شبیه یخ دارد. سیلیس یک جامد کووالانسی بوده و به‌کاربردن کلمهٔ «مولکول» برای آن نادرست است.

عبارت سوم: اسکاندیم اولین فلز واسطهٔ جدول دوره‌ای است. کاتیون این عنصر تنها می‌تواند به‌صورت Sc^{3+} باشد که به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون ($_{18}Ar$) می‌رسد.

عبارت چهارم: نقطهٔ ذوب تیتانیم بیشتر از فولاد است. نیتینول آلیاژی از نیکل و تیتانیم بوده و به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در تهیهٔ سازه فلزی ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک کاربرد دارد. عبارت پنجم: بار آنیون در $ScCl_3$ کمتر از Al_2O_3 است؛ از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور ترکیب $ScCl_3$ کمتر از Al_2O_3 است.

A ۲۷۱۶ ۴ شبکهٔ جامدهای کووالانسی می‌تواند یک شبکهٔ دوبعدی باشد که در آن همهٔ اتم‌ها به وسیلهٔ پیوندهای اشتراکی به هم متصل شده باشند، مانند گرافیت. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): واژهٔ شبکهٔ بلور برای توصیف آرایش سه‌بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به‌کار می‌رود. در نتیجه این واژه را به همهٔ انواع جامدها می‌توان نسبت داد. گزینهٔ (۲): ذره‌های سازندهٔ جامدهای فلزی کاتیون‌های شناور در دریایی از الکترون‌های غیرمستقر (الکترون‌های ظرفیت) هستند. گزینهٔ (۳): جامدهای مولکولی در هیچ حالتی رسانای جریان برق نیستند و نقطهٔ ذوب و جوش پایینی دارند.

A ۲۷۱۷ ۴ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): جامدات مولکولی از مولکول‌های مجزا و مستقل از هم در سه بعد تشکیل شده‌اند. دقت کنید که عبارت «آرایش منظم اتم‌ها در سه بعد»، توصیفی از یک جامد کووالانسی است. عبارت (ت): شبکهٔ بلور جامدات یونی همواره به صورت آرایش سه بعدی و منظم از کاتیون‌ها و آنیون‌ها است.

A ۲۷۱۸ ۱ **بررسی مواد نام برده شده در گزینه‌ها:** مواد مولکولی: موادی که اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها، مولکول‌های مجزا و جدا از یکدیگر هستند. مثال:

$HCN, PCl_3, C_6H_{14}, SO_2, C_6H_6, H_2O, F_2, CO_2, HF$

مواد کووالانسی: موادی که اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها اتم‌ها هستند که با پیوند اشتراکی به یک‌دیگر متصل شده‌اند و شبکهٔ گسترده‌ای از اتم‌ها را تشکیل می‌دهند. مثال: الماس، گرافیت و سیلیس (SiO_2) جامد یونی: موادی که اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها یون‌ها هستند که با پیوند یونی به یک‌دیگر متصل شده‌اند. مثال: $NaCl$ و $NaNO_3$. ضمناً از میان مواد مشخص شده در گزینه‌ها، فقط گونه‌های مولکولی که دارای اتم H متصل به N، O یا F هستند، می‌توانند با یکدیگر پیوند هیدروژنی تشکیل دهند. مثال: HF و H_2O

B ۲۷۱۹ ۳ مواد معرفی شده در موارد اول، چهارم و پنجم، ساختاری مشابه شکل داده شده دارند. شکل داده شده نحوهٔ اتصال ذره‌های سازنده در جامدهای کووالانسی مانند الماس، سیلیسیم کربید و سیلیسیم را نشان می‌دهد. مورد اول: سیلیسیم کربید (SiC) یک جامد کووالانسی است و به‌عنوان یک ساینده ارزان استفاده می‌شود. مورد دوم: شارهٔ به‌کار رفته در برج گیرندهٔ خورشیدی، $NaCl$ است که یک ترکیب یونی می‌باشد. مورد سوم: عامل استحکام نقشکنده‌های روی سازه‌های سنگی، سیلیس (SiO_2) است که یک جامد کووالانسی می‌باشد ولی ساختار آن مشابه ساختار داده شده نیست! مورد چهارم: الماس آلوتروپی از کربن است که استحکام بیشتری نسبت به شیشه دارد. مورد پنجم: سیلیسیم عنصری شبه‌فلزی از دورهٔ سوم جدول دوره‌ای است که ساختاری مشابه ساختار داده شده در تست دارد.

B ۲۷۲۰ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در جامدهای فلزی در واقع یون‌ها (کاتیون‌ها) در دریایی از الکترون‌های خود شناور هستند. عبارت (ب): اغلب دمای ذوب جامدهای کووالانسی بیشتر از سایر انواع جامدها است، چرا که برای ذوب شدن این مواد نیاز است که تعداد بسیار زیادی پیوند کووالانسی بین اتم‌ها از بین برود، اما در سایر جامدها تعداد کمتری پیوند نسبت به جامدهای کووالانسی از بین می‌رود. عبارت (پ): مس جامد فلزی است که خاصیت شکل‌پذیری و چکش‌خواری دارد در حالی‌که سدیم کلرید جامدی یونی است که خاصیت شکل‌پذیری و چکش‌خواری ندارد. عبارت (ت): آمونیوم کلرید (NH_4Cl) و منیزیم هیدروکسید ($Mg(OH)_2$) هر دو جامد یونی هستند؛ بنابراین نیروی بین ذره‌ای در هر دو آن‌ها، یونی است.

B ۲۷۲۱ ۲ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): ترکیب‌های مولکولی را عمدتاً نافلزها تشکیل می‌دهند و با توجه به اینکه عنصرهای نافلزی ظرفیت‌های مختلفی دارند و می‌توانند تعداد پیوندهای کووالانسی متنوعی تشکیل دهند و حتی قادر به ایجاد حلقه هستند، تعداد ترکیب‌های ناشی از آن‌ها بسیار بیشتر از ترکیب‌های کووالانسی خواهد بود. علت کمتر بودن مواد کووالانسی نسبت به مواد یونی این است که تعداد عنصرهایی که قادر به ایجاد پیوندهای کووالانسی زیاد و محکم هستند، بسیار کم است. پرسش (ب): مواد یونی و کووالانسی نیروهای بین ذره‌ای بسیار قوی دارند و به همین سبب نقطهٔ ذوب آن‌ها بسیار بالاتر از دمای اتاق است و این ترکیب‌ها در دما و فشار اتاق، برخلاف مواد مولکولی اغلب به حالت جامد دیده می‌شوند. پرسش (پ): در هر دوره از جدول تناوبی مقایسهٔ شدت واکنش‌پذیری عنصرهای فلزی به‌صورت «فلز واسطه < فلز قلیایی خاکی < فلز قلیایی» است. فلزهای قلیایی بیشترین شعاع اتمی را دارند و در لایهٔ ظرفیت خود یک الکترون دارند که به راحتی آن را در واکنش با نافلزها از دست می‌دهند و تبدیل به کاتیون می‌شوند. شعاع اتمی فلزهای قلیایی خاکی و در نتیجه واکنش‌پذیری و خصلت فلزی آن‌ها بیشتر از فلزهای واسطه است.

B ۲۷۲۲ ۱ به بررسی هر ماده می‌پردازیم: مادهٔ a: این ماده در دمای اتاق گاز است و ساختار آن همانند شکل (الف) می‌باشد؛ زیرا مواد مولکولی که ناقطبی هستند و جرم مولی کمی دارند، در دمای اتاق به‌صورت گاز هستند. مادهٔ b: ماده‌ای که جامدی سخت بوده و از آن در ساخت عدسی استفاده می‌شود، همان سیلیس (SiO_2) است و ساختار آن همانند شکل (پ) می‌باشد. مادهٔ c: ترکیبات یونی در حالت مذاب و محلول رسانای جریان برق هستند و شکل (ت) را می‌توان به آن‌ها نسبت داد. مادهٔ d: مواد مولکولی که دارای مولکول‌های قطبی هستند، در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند و شکل (ب) را می‌توان به این مواد نسبت داد.

۲۷۲۳ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم نادرست هستند. هر یک از دسته‌های (الف) تا (ت) به ترتیب مربوط به جامدات کووالانسی، مولکولی، یونی و فلزی هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): $SiCl_4$ یک ترکیب مولکولی است و نه کووالانسی! عبارت (ب): ترکیب‌های مولکولی و برخی از فلزات مثل جیوه در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند. عبارت (پ): دریای الکترون، برخی از خواص فیزیکی جامدات فلزی را توجیه می‌کند و نه یونی را! عبارت (ت): آلیاژ نیتینول از دو فلز تیتانیم و نیکل تشکیل شده و فراوان‌ترین عنصر سیارهٔ زمین، آهن است، هر سه ماده جزء جامدات فلزی هستند.

۲۷۲۴ ۴ مواد A تا D به‌ترتیب عبارت‌اند از: جامد فلزی، جامد یونی، جامد مولکولی و جامد کووالانسی. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): جیوه (جامد فلزی)، آمونیوم سیلیکات (جامد یونی)، اتانول (مادهٔ مولکولی) و سیلیسیم کربید (جامد کووالانسی) به‌ترتیب مثال‌های مناسبی برای مواد A تا D هستند. گزینهٔ (۲): ذره‌های سازندهٔ شبکهٔ بلوری مواد B (جامدهای یونی) و A (جامدهای فلزی) فاقد مولکول‌های مجزا بوده و در داشتن کاتیون مشابه هستند. گزینهٔ (۳): مواد C (مواد مولکولی) نسبت به مواد B (جامدهای یونی) در گسترهٔ دمایی کمتری به حالت مایع باقی می‌مانند. گزینهٔ (۴): سیلیسیم $(_{14}Si)$، توانایی تشکیل ترکیب کووالانسی، مولکولی و یونی را دارد. برای نمونه SiO_2، $SiCl_4$ و Na_4SiO_4 به‌ترتیب ترکیب‌های کووالانسی، مولکولی و یونی از عنصر سیلیسیم هستند.

۲۷۲۵ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. شکل (۱) مربوط به جامدهای فلزی، شکل (۲) و (۳) مربوط به جامدهای یونی، شکل (۴) مربوط به جامدهای کووالانسی و شکل (۵) مربوط به جامدهای مولکولی است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل (۴) مربوط به جامدهای کووالانسی است که سخت و شکننده بوده و برخلاف مادهٔ شکل (۲) (که در حالت مذاب و محلول رسانای برق است) در هیچ حالتی رسانای جریان برق نیستند. (البته گرافیت رسانا است.) عبارت (ب): دو شکل (۲) و (۳) را می‌توان به شبکه بلوری جامدهای یونی مانند سدیم کلرید نسبت داد. عبارت (پ): شکل (۱) نشان می‌دهد فلزها که بیشترین فراوانی را در جدول دوره‌ای عنصرها دارند، شکننده نمی‌باشند. عبارت (ت): شکل (۵) مربوط به مواد مولکولی است که فراوانی و تنوع آن‌ها بیشتر از مواد شکل (۴) (جامدهای کووالانسی) است.

۲۷۲۶ ۳ مواد یونی جزء ترکیب‌ها هستند اما جامدهای کووالانسی شامل ترکیب‌ها (مانند SiO_2) و عناصر (مانند الماس) هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مواد کووالانسی در حالت جامد سختی بالایی دارند و در حالت مذاب رسانای جریان برق نیستند. ذره‌های سازندهٔ مواد کووالانسی، تعداد بسیار زیادی از اتم‌ها هستند که با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به یکدیگر متصل شده‌اند. گزینهٔ (۲): مواد فلزی در حالت جامد معمولاً سختی بالایی ندارند و در حالت مذاب رسانایی جریان برق هستند. مواد فلزی کمترین فراوانی را در بین مواد در طبیعت دارند. بیشترین تنوع مربوط به مواد مولکولی است. گزینهٔ (۴): مواد مولکولی، در حالت جامد سخت نیستند و در حالت مذاب رسانای جریان برق نیستند. این مواد با توجه به نوع نیروهای بین‌مولکولی در دمای اتاق می‌توانند به صورت جامد، مایع یا گاز باشند.

۲۷۲۷ ۴ فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ترکیب‌های گوناگون سیلیسیم (مادهٔ کووالانسی) و اکسیژن (مادهٔ مولکولی) بیشتر از ۹۰٪ پوستهٔ جامد زمین را تشکیل می‌دهند. عبارت (ب): سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به‌طور عمده به شکل بلور سیلیس $(SiO_2(s))$ دیده می‌شود. عبارت (پ): گرافیت آلوتروپی از کربن است که چگالی کمتری دارد. گرافیت رسانای جریان برق است. عبارت (ت): عدد کوئوردیناسیون فقط برای جامدهای یونی تعریف می‌شود.

۲۷۲۸ ۲ در شبکهٔ بلور سدیم (سدیم جامد فلزی است) الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها به‌طور آزادانه در حال حرکت هستند اما در شبکهٔ بلور سدیم سیانید (سدیم سیانید جامد یونی است)، الکترون‌ها آزادی حرکت ندارند. می‌دانیم جامدهای یونی فقط در حالت مذاب و محلول رسانای جریان برق هستند ولی در حالت جامد رسانایی ندارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): نیروهای بین‌مولکولی در حالت جامد ترکیب‌های متان و ید از نوع وان‌درووالسی است زیرا متان و ید مولکول‌هایی ناقطبی هستند. گزینهٔ (۳): نیروهای جاذبهٔ موجود بین ذره‌های سازندهٔ اتانول از نوع هیدروژنی است که از مجموع آنتالپی پیوندهای اشتراکی موجود در ساختار سیلیس بسیار ضعیف‌تر است. گزینهٔ (۴): رنگ شعلهٔ فلز مس و محلول وانادیم (III) سبزرنگ است.

۲۷۲۹ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هیدروژن و هلیم از جمله عنصرهای دستهٔ s هستند که جزء جامدهای فلزی نیستند. عبارت (ب): دستهٔ d در جدول تناوبی بیشترین تعداد عنصر را دارد. همهٔ عنصرهای این دسته را فلزها تشکیل داده‌اند و همهٔ فلزها رسانای الکتریسیته هستند. در حالی‌که جامدهای کووالانسی رسانای الکتریسیته نیستند. عبارت (پ): ترکیب‌های مولکولی بیشترین تنوع و تعداد را دارند و در دما و فشار اتاق می‌توانند به حالت مایع دیده شوند. عبارت (ت): به جدول مقابل توجه کنید:

	جامد فلزی	مواد کووالانسی	مواد مولکولی
تناوب دوم	Be - Li	C	F_2 - O_2 - N_2
تناوب سوم	Al - Mg - Na	Si	Cl_2 - S_8 - P_4

۲۷۳۰ ۴ در دریای الکترونی یک فلز، هر الکترون از سمت چند کاتیون نیروی جاذبه دریافت می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در تناوب سوم کمترین شعاع یونی متعلق به $_{13}Al^{3+}$ و بیشترین شعاع یونی متعلق به $_{15}P^{3-}$ است. اختلاف عدد اتمی آلومینیم و فسفر برابر ۲ است.

* **توجه** البته نیاز نبود اعداد اتمی را حفظ باشیم، کافی است بدانیم Al متعلق به گروه ۱۳ و p متعلق به گروه ۱۵ است، می‌دانیم اختلاف عدد اتمی دو عنصر هم‌تناوب در این دو گروه برابر ۲ است.

گزینهٔ (۲): آنیون‌های گروه‌های ۱۶ و ۱۷ از دورهٔ دوم و سوم جدول دوره‌ای عبارت‌اند از F^-، O^{2-}، S^{2-} و Cl^-، که مقایسهٔ نسبت بار به شعاع آن‌ها طبق جدول صفحهٔ ۷۹ کتاب درسی به‌صورت $O^{2-}>S^{2-}>F^->Cl^-$ است. گزینهٔ (۳): هر چه نیروی جاذبهٔ میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکهٔ یونی بیشتر خواهد بود. با توجه به اینکه چگالی بار یون سولفید بیشتر از یون فلوئورید است، جاذبهٔ میان یون‌های Mg^{2+} و S^{2-} قوی‌تر از Mg^{2+} و F^- خواهد بود.

* **توجه** استحکام شبکهٔ یونی با آنتالپی فروپاشی شبکه رابطهٔ مستقیم دارد؛ آنتالپی شبکه نیز با بار رابطهٔ مستقیم دارد. بار کاتیون در هر دو ترکیب MgF_2 و MgS برابر است، اما بار آنیون در ترکیب MgS بیشتر از MgF_2 است.

۲۷۳۱ ۱ A جامد کووالانسی، B جامد یونی، C جامد مولکولی و D جامد فلزی است. فقط عبارت اول درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: هیدروکربن‌ها مواد مولکولی هستند. عناصر دستهٔ s (به‌جز عناصر هیدروژن و هلیم) و همهٔ عناصر دستهٔ d جزء مواد فلزی هستند. عبارت دوم: سیلیس (سیلیسیم دی‌اکسید) جزء جامدهای کووالانسی است. این ترکیب دارای فرمول شیمیایی SiO_2 بوده و به کاربردن لفظ فرمول مولکولی برای جامدهای کووالانسی غلط است. عبارت سوم: فلزات رسانای جریان برق هستند و این به دلیل حرکت آزادانهٔ الکترون‌ها در شبکهٔ بلوری آن‌هاست؛ دقت کنید کاتیون‌ها ثابت هستند. عبارت چهارم: عناصر گروه ۱۴ جدول دوره‌ای در ساختار هر چهار نوع جامد دیده می‌شوند و زنگ آهن یک ترکیب یونی است.

پاسخ تشریحی — شیمی ۳: فصل چهارم

A ۲۷۳۲ ۴ شکل (۴)، مربوط به فناوری‌های شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب (نه خاک مناسب) است که نقش چشمگیری در تأمین غذای جمعیت جهان دارد.

A ۲۷۳۳ ۳ فناوری‌های مطرح شده در عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست بیان شده‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فناوری تولید پلاستیک، صنعت پوشاک و صنعت بسته‌بندی (غذا، دارو و ...) را دگرگون ساخت. عبارت (ب): فناوری‌های شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب، نقش چشمگیری در تأمین غذای جمعیت جهان دارد در حالی‌که فناوری تصفیهٔ آب، مانع گسترش بیماری‌هایی از جمله وبا در جهان شده است. عبارت (پ): فناوری تولید بنزین به حمل و نقل سرعت بخشید. عبارت (ت): فناوری شناسایی و تولید مواد بی‌حس‌کننده و آنتی‌بیوتیک، راه را برای جراحی‌های گوناگون هموار کرد.

A ۲۷۳۴ ۲ ترتیب درست تولید فراورده‌های حاصل از فناوری‌های شیمیایی به‌صورت «آمونیاک ← اوره ← ویتامین «آ» ← مواد عایق گرما» است.

A ۲۷۳۵ ۳ همهٔ عبارت‌های داده شده به‌جز عبارت (ث)، درست هستند. **بررسی عبارت (ث):** تولید آمونیاک، اوره، ویتامین «آ» و مواد عایق گرما، همگی بعد از انقلاب صنعتی انجام شده است.

B ۲۷۳۶ ۱ **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۳): هوای پاک و خشک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به‌طور یکنواخت در هواکره پخش شده‌اند در حالی که هوای آلوده افزون‌بر آن‌ها حاوی گازهای گوناگونی مانند SO_2 ، O_3 ، NO_2 ، NO ، CO و ... است. گزینه‌های (۲) و (۴): در جدول زیر درصد حجمی گازهای تشکیل دهندهٔ هوای خشک و پاک در لایهٔ تروپوسفر نشان داده شده است. توجه کنید که رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا، حدود یک درصد است. هر چند این مقدار از جایی به جای دیگر، از روزی به روز دیگر و حتی از ساعتی به ساعت دیگر تغییر می‌کند.

نام گاز	نیتروژن	اکسیژن	آرگون	کربن دی‌اکسید	نئون	هلیم	کریپتون	زنون و دیگر گازها
درصد گاز در هوا	۷۸/۰۷۹	۲۰/۹۵۲	۰/۹۲۸	۰/۰۳۸۵	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	ناچیز

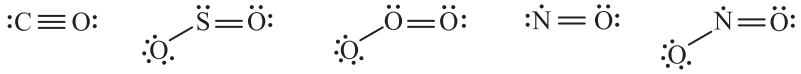
A ۲۷۳۷ ۴ تنفس در هوای آلوده برای مدت طولانی سلامت انسان را به خطر می‌اندازد و ممکن است برای افرادی که مبتلا به سرطان ریه هستند و یا افرادی که بیماری‌های ریوی شدید دارند، مرگ‌آفرین باشد.

B ۲۷۳۸ ۴ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت (ت): هوای آلوده بوی بدی دارد که این بوی بد به دلیل وجود آلاینده‌ها در هوای آلوده است، البته CO (اکسیدی از کربن که عدد اکسایش کربن در آن $(+۲)$ است) بی‌بو است؛ بنابراین در بد بو بودن هوای آلوده نقشی ندارد.

B ۲۷۳۹ ۲ موارد (الف)، (ت) و (ث) را می‌توان به گازهایی که فقط در هوای آلوده وجود دارند (SO_2 ، O_3 ، NO_2 ، CO و NO)، نسبت داد. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): یکی از گازهای موجود در هوای آلوده O_3 است که آلوتروپی از اکسیژن است که نسبت به آلوتروپ دیگر (O_2) واکنش‌پذیری بیشتری دارد.

عبارت (ب): ترکیب کربن‌داری که فقط در هوای آلوده یافت می‌شود، CO است که از سوختن ناقص هیدروکربن‌ها تولید می‌شود. عبارت (پ): در بین گازهایی که فقط در هوای آلوده یافت می‌شوند، فقط در ساختار لوویس CO، پیوند سه‌گانه وجود دارد.



عبارت (ت): در بین این گازها، SO_2 ، NO_2 و O_3 مشاهده می‌شوند که سه‌اتمی هستند و شکل آن‌ها خمیده است. عبارت (ث): ترکیب گوگرددار همان SO_2 است که اتم مرکزی آن (S)، دارای جفت‌الکترون ناپیوندی و پیوند دوگانه است.

B ۲۷۴۰ ۳ در موتور خودرو گاز SO_3 تولید نمی‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در سوخت‌های فسیلی با کیفیت پایین مقداری گوگرد وجود دارد که با سوزاندن این سوخت‌ها در نیروگاه‌ها و خودروها گوگرد موجود در آن‌ها سوخته و تبدیل به گاز SO_2 می‌شود.

گزینهٔ (۲): گاز NO در موتور خودرو از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن با یکدیگر به‌دست می‌آید. $N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g)$

و همچنین این گاز در هواکره در اثر واکنش با اکسیژن به NO_2 تبدیل می‌شود. $2NO(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO_2(g)$

گزینهٔ (۴): از شیمی دهم به یاد دارید که اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و اکسیدهای گوگرد $(SO_2$ و $SO_3)$ خاصیت اسیدی داشته و با ورود آن‌ها به هواکره، در روزهای بارانی، باران اسیدی تولید می‌شود.

B ۲۷۴۱ ۴ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): به دلیل اینکه همهٔ سوخت در سیلندر ماشین نمی‌سوزد، در گازهای خروجی از اگزوز مقداری از هیدروکربن‌های نسوخته نیز وجود دارند. با سوختن ناقص اشتباه گرفته نشود زیرا در اثر سوختن ناقص کربن مونوکسید تولید می‌شود. عبارت (ب): هوای آلوده افزون‌بر آلاینده‌های خروجی از اگزوز مانند C_xH_y ، NO ، SO_2 و CO شامل گازهای اوزون و نیتروژن دی‌اکسید نیز می‌باشد. عبارت (پ): دلیل رنگ قهوه‌ای هوای آلوده، گاز نیتروژن دی‌اکسید است که بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح به اوج مقدار خود می‌رسد. عبارت (ت): واکنش تولید اوزون تروپوسفری از گازهای نیتروژن دی‌اکسید و اکسیژن به‌صورت مقابل است: $NO_2(g)+O_2(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g)+O_3(g)$

با توجه به معادلهٔ واکنش نوشته شده، مشاهده می‌کنید که ضرایب همهٔ ترکیب‌ها با هم برابر است.

A ۲۷۴۲ ۴ در نمودار مورد نظر، بیشترین غلظت آلاینده به ترتیب مربوط به NO_2 ، O_3 و NO می‌باشد؛ پس نمودار خطی و خط‌چین به ترتیب مربوط به NO_2 و O_3 هستند. ابتدا غلظت این سه آلاینده را در ساعات ۶ صبح و ۱۲ ظهر از روی نمودار به‌دست می‌آوریم:

	غلظت O_3	غلظت NO	غلظت NO_2
ساعت ۶ صبح	۰/۰۱ ppm	۰/۰۸ppm	۰/۰۴ ppm
ساعت ۱۲ ظهر	۰/۰۸ppm	۰/۰۱ppm	۰/۰۷ ppm

اکنون سرعت متوسط تغییر غلظت این آلاینده‌ها در بازهٔ زمانی ۶ صبح تا ۱۲ ظهر را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(NO_2)=\frac{(0/07)-(0/04)}{6}=\frac{0/03}{6},\quad \bar{R}(NO)=\frac{(0/08)-(0/01)}{6}=\frac{0/07}{6},\quad \bar{R}(O_3)=\frac{(0/08)-(0/01)}{6}=\frac{0/07}{6}$$

اکنون نسبت‌های خواسته شده در صورت سؤال را به‌دست می‌آوریم:

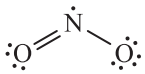
$$\frac{\bar{R}(O_3)}{\bar{R}(NO)}=\frac{\frac{0/07}{6}}{\frac{0/07}{6}}=1\quad ,\quad \frac{\bar{R}(NO_2)}{\bar{R}(NO)}=\frac{\frac{0/03}{6}}{\frac{0/07}{6}}=\frac{3}{7}$$

B ۲۷۴۳ ۱ با توجه به نمودار کتاب درسی، که در درسنامه نیز آمده است مقدار گاز اوزون در حدود ساعت ۱۰ صبح به بیشترین مقدار خود می‌رسد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): مقدار نیتروژن مونوکسید بین ساعت‌های ۴ تا ۱۰ صبح و ۹ تا ۱۰ شب متغیر است. گزینهٔ (۳): در اول و آخر هر روز، بیشترین مقدار آلاینده مربوط به NO_2 است. گزینهٔ (۴): بیشترین مقدار آلاینده در طول روز مربوط به NO_2 است.

B ۲۷۴۴ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): باانجام‌واکنش $NO_2(g)+O_2(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}}NO(g)+O_3(g)$ به مرور زمان از مقدار NO_2 کاسته و به مقدار اوزون افزوده می‌شود. عبارت (ب): گازهای NO و NO_2 جزء آلاینده‌های هواکره به شمار می‌آیند. گاز NO از اگزوز خودرو و گاز NO_2 در اثر واکنش گاز NO در هوا با اکسیژن تولید می‌شود. عبارت (پ): آلاینده‌های C_xH_y، NO، SO_2 و CO در خروجی اگزوز خودروها وجود دارند. عبارت (ت): مقایسهٔ حداکثر غلظت این سه آلاینده در هواکره به صورت «$NO<O_3<NO_2$» است.

C ۲۷۴۵ ۲ فقط عبارت (پ) جملهٔ داده شده را به‌درستی تکمیل می‌کند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در مولکول‌هایی مانند $NO(g)$ و $NO_2(g)$ اتم نیتروژن تک‌الکترون ناپیوندی دارد و به آرایش هشت‌تایی نرسیده است.

$$NO\longrightarrow :\dot{N}=\ddot{O}:$$

$$NO_2\longrightarrow$$ 

عبارت (ب): دگرشکل دیگر عنصر اکسیژن گاز اوزون است که در هوای آلوده یافت می‌شود. عبارت (پ): رنگ قهوه‌ای هوای آلوده مربوط به مولکول $NO_2(g)$ است که همانند اتیلن گلیکول دارای دو اکسیژن در فرمول مولکولی خود می‌باشد. اتیلن گلیکول دارای ساختار $(CH_2(OH)-CH_2(OH))$ و فرمول مولکولی $C_2H_4(OH)_2$ است.

عبارت (ت): در هوای آلوده هیدروکربن‌ها (C_xH_y) که در ساختار خود اکسیژن ندارند، نیز وجود دارند. عبارت (ث): با افزایش مقدار NO_2، مقدار گاز O_3 نیز افزایش می‌یابد. زیرا در اثر نور خورشید واکنش مقابل اتفاق می‌افتد.

$$NO_2(g)+O_2(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}}NO(g)+O_3(g)$$

B ۲۷۴۶ ۱ ابتدا مجموع جرم آلاینده‌های تولید شده توسط یک خودرو به ازای طی یک کیلومتر مسافت را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مجموع جرم آلاینده‌ها}=\text{جرم NO}+\text{جرم CO}+\text{جرم }C_xH_y=1/04+5/99+1/67=8/7g$$

قسمت اول: سپس مقدار آلایندهٔ تولیدی توسط صد میلیون خودرو را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,\text{ton آلاینده}=100\times10^6\,\text{خودرو}\times\frac{50\,\text{km مسافت}}{1\,\text{خودرو}}\times\frac{8/7\,\text{g آلاینده}}{1\,\text{km مسافت}}\times\frac{1\,\text{ton آلاینده}}{10^6\,\text{g آلاینده}}=4350\,\text{ton آلاینده}$$

قسمت دوم: محاسبهٔ درصد جرمی C_xH_y در آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها:

$$\text{درصد جرمی }C_xH_y\text{ در آلاینده‌های تولید}=\frac{\text{جرم }C_xH_y}{\text{مجموع جرم آلاینده‌ها}}\times100=\frac{1/67}{8/7}\times100\simeq19/2$$

B ۲۷۴۷ ۱ آلاینده‌های کربن‌دار C_xH_yها و CO هستند. مقدار این آلاینده‌ها را به ازای 5×10^6 خودرو و طی مسافت ۱۰ کیلومتر برای هر خودرو به‌دست می‌آوریم.

$$?\,\text{تولیدی CO}=\text{جرم CO}=5\times10^6\,\text{خودرو}\times\frac{10\,\text{km}}{1\,\text{خودرو}}\times\frac{5/99\,\text{g CO}}{1\,\text{km}}\times\frac{1\,\text{kg CO}}{1000\,\text{g CO}}=29950\,\text{kg CO}$$

$$?\,\text{تولیدی }C_xH_y\text{ جرم}=5\times10^6\,\text{خودرو}\times\frac{10\,\text{km}}{1\,\text{خودرو}}\times\frac{1/67\,\text{g }C_xH_y}{1\,\text{km}}\times\frac{1\,\text{kg }C_xH_y}{1000\,\text{g }C_xH_y}=8350\,\text{kg }C_xH_y$$

$$29950-8350=21600\,\text{kg}=2/16\times10^5\,\text{kg}$$

B ۲۷۴۸ ۲ ابتدا مجموع جرم آلاینده‌های تولیدی به‌ازای طی یک کیلومتر مسافت را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مجموع آلاینده‌ها به‌ازای یک کیلومتر مسافت}=6+1/6+1=8/6g$$

قسمت اول: سپس مجموع جرم آلاینده‌ها به‌ازای ۲۵ کیلومتر مسافت برای یک ماه را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مجموع آلاینده‌ها به‌ازای ۲۵ کیلومتر مسافت (برای یک ماه)}=1\,\text{ماه}\times\frac{30\,\text{روز}}{1\,\text{ماه}}\times\frac{2\times10^6\,\text{خودرو}}{1\,\text{روز}}\times\frac{25\,\text{km مسافت}}{1\,\text{خودرو}}\times\frac{8/6\,\text{g آلاینده}}{1\,\text{km مسافت}}\times\frac{1\,\text{ton آلاینده}}{10^6\,\text{g آلاینده}}=12900$$

قسمت دوم: از جرم کل آلاینده، جرم آلایندهٔ C_xH_y را که دارای مولکول‌های ناقطبی است محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولکول ناقطبی }C_xH_y\text{ در یک ماه}=12900\,\text{ton آلاینده}\times\frac{1/6\,\text{ton }C_xH_y}{8/6\,\text{ton آلاینده}}=2400\,\text{ton }C_xH_y$$

توضیح محاسبات

$$\frac{12900\times1/6}{8/6}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{12900\times1/6}{8/6}=1500\times1/6=2400$$

C ۲۷۴۹ ۱ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): با توجه به نمودار داده شده مقدار اوزون در ساعت ۱۰ صبح برابر ۰/۱۲ppm و در ساعت ۱۰ شب برابر ۰/۰۱ ppm است. پس تفاوت مقدار آن‌ها برابر ۰/۱۱ ppm می‌باشد. با توجه به چگالی هوا و حجم هوایی که در هر تنفس وارد ریه‌های یک فرد بالغ می‌شود، تفاوت جرم گاز ورودی به بدن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,air=۰/۵L\,air\times\frac{۱/۲g\,air}{۱L\,air}=۰/۶g\,air$$

با توجه به رابطهٔ ppm، تفاوت مقدار اوزون وارد شده به ریه‌های فرد را به‌دست می‌آوریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times۱۰^۶\Rightarrow ۰/۱۱=\frac{x\,g\,O_۳}{۰/۶}\times۱۰^۶\Rightarrow x=۶۶\times۱۰^{-۹}\,g$$

پرسش (ب): با توجه به نمودار داده شده غلظت گازهای NO و $NO_۲$ در ساعت ۷ صبح یکسان و تقریباً برابر ۰/۰۸ppm است، پس مجموع غلظت آن‌ها برابر ۰/۱۶ppm می‌باشد. با توجه به چگالی هوا و حجم هوایی که در هر تنفس وارد ریه‌های فرد بالغ می‌شود، جرم گاز ورودی به بدن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,air=۱۲\text{تنفس}\times\frac{۰/۵L\,air}{\text{تنفس }۱}\times\frac{۱/۲g\,air}{۱\,L\,air}=۷/۲g\,air$$

با توجه به رابطهٔ ppm مقدار اوزون وارد شده به ریه‌های فرد را به‌دست می‌آوریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times۱۰^۶\Rightarrow ۰/۱۶=\frac{x\,g}{۷/۲}\times۱۰^۶\Rightarrow x=۱/۱۵۲\times۱۰^{-۶}\,g=۱/۱۵۲\times۱۰^{-۳}\,mg$$

A ۲۷۵۰ ۲ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب آن‌ها بی‌رنگ هستند، به همین دلیل نمی‌توان به آسانی وجود آن‌ها را تشخیص داد. گزینهٔ (۳): پرتوهای مرئی، بخش کوچکی از گسترهٔ پرتوهای الکترومغناطیسی را در بر می‌گیرد. گزینهٔ (۴): پرتوهای فروسرخ، فرابنفش و دیگر پرتوها همانند پرتوهای مرئی با ماده برهم‌کنش دارند.

B ۲۷۵۱ ۳ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پرتوهای تابیده شده شامل رنگ‌های سرخ، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش می‌باشند که در گسترهٔ نور مرئی قرار دارند و طول موج آن‌ها بین ۴۰۰nm تا ۷۰۰nm است. عبارت (ب): برهم‌کنش این دو ماده با امواج الکترومغناطیسی متفاوت است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ساختار آن‌ها متفاوت است. عبارت (پ): مادهٔ (۱) فقط طول موج‌های مربوط به رنگ سرخ را جذب می‌کند. این در حالی است که مادهٔ (۲) به‌جز رنگ سبز طول موج مربوط به سایر رنگ‌های موجود در پرتو تابیده شده را جذب می‌کند. عبارت (ت): مادهٔ (۲) طول موج مربوط به رنگ سبز یعنی ۵۰۰ تا ۵۷۰ نانومتر را از خود عبور می‌دهد. عبارت (ث): در بین رنگ‌های موجود در طیف نور مرئی، رنگ بنفش بیشترین انرژی را دارد. مادهٔ (۱) برخلاف مادهٔ (۲) طول موج‌های مربوط به رنگ بنفش را از خود عبور می‌دهد.

B ۲۷۵۲ ۳ ترکیب‌هایی که فرمول مولکولی یکسانی دارند الزاماً ساختار یکسانی ندارند و ممکن است گروه‌های عاملی متفاوتی داشته باشند. می‌دانیم گروه‌های عاملی متفاوت گسترهٔ متفاوتی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند.

* **توجه** اتانول و دی‌متیل اتر ایزومر هستند و فرمول مولکولی یکسانی دارند $(C_۲H_۶O)$ در حالی‌که ساختار و گروه عاملی متفاوتی دارند:

دی‌متیل اتر: $CH_۳-O-CH_۳$ اتانول: $CH_۳-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_۲}}$

B ۲۷۵۳ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) از کاربردهای طیف‌سنجی فروسرخ هستند.

* **توجه** جرم اتم‌ها را می‌توان به‌طور غیرمستقیم و با کمک دستگاه طیف‌سنج جرمی با دقت زیاد اندازه‌گیری نمود. دستگاه طیف‌سنج را با دستگاه طیف‌سنج جرمی اشتباه نگیرید.

B ۲۷۵۴ ۲ نیتینول آلیاژ هوشمندی است که از فلزهای نیکل و تیتانیم ساخته می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): $TiO_۲$ و $Fe_۲O_۳$ رنگ‌دانه‌های معروفی هستند که به ترتیب رنگ‌های سفید و قرمز را ایجاد می‌کنند. گزینهٔ (۳): یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به‌کار می‌رود، طیف‌سنجی فروسرخ نام دارد. با توجه به اینکه شمار، نوع و نحوهٔ اتصال اتم‌های سازندهٔ هر گروه عاملی متفاوت با دیگری است، هر یک از آن‌ها تنها گسترهٔ معین و منحصر به فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کند. همین تفاوت، اساس شناسایی گروه‌های عاملی از یکدیگر است.

B ۲۷۵۵ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نمونهٔ (۲) پرتوهای سبز و آبی را از خود عبور داده یا بازتاب کرده و نمونهٔ (۱) پرتوهای قرمز و نارنجی را جذب کرده است. انرژی پرتوهای سبز و آبی از پرتوهای قرمز و نارنجی بیشتر است. عبارت (ب): در این آزمایش از پرتوهای مرئی استفاده شده است، در حالی که برای شناسایی گروه‌های عاملی از پرتوهای فروسرخ استفاده می‌شود. عبارت (پ): هر ماده به رنگ پرتوهایی دیده می‌شود که آن‌ها را بازتاب می‌کند یا عبور می‌دهد. عبارت (ت): موج های نور جذب شده توسط مادهٔ (۱) در حدود ناحیهٔ نارنجی و قرمز و موج‌های نور عبور داده شده توسط مادهٔ (۲) در حدود ناحیهٔ سبز و آبی قرار دارند؛ هر چه انرژی یک پرتو بیشتر باشد، انحراف آن هنگام عبور از منشور بیشتر است.

C ۲۷۵۶ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست‌اند. فرمول مولکولی $C_۲H_۶O$ می‌تواند متعلق به اتانول یا دی‌متیل اتر باشد، اتانول به دلیل داشتن اتم هیدروژن متصل به اکسیژن در ساختار خود، قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی است در حالی‌که دی‌متیل اتر فاقد این توانایی است، بنابراین مادهٔ (۱) دی‌متیل اتر و مادهٔ (۲) اتانول است. **بررسی موارد:** مورد اول: درصد عبور پرتوهای فروسرخ در این دو ماده متفاوت است، که این موضوع نشان می‌دهد که ساختار دو ماده متفاوت است. مورد دوم: باتوجه به اینکه برهم‌کنش این دو ماده با پرتوهای فروسرخ متفاوت است، می‌توان نتیجه گرفت که گروه‌های عاملی موجود در آن‌ها متفاوت است. مورد سوم: با توجه به نمودارها مشخص می‌شود مادهٔ (۱) تقریباً در طول موج ۱۱۱۱ نانومتر تمام پرتوهای فروسرخ تابیده شده به خود را جذب می‌کند:

$$\frac{۱}{\lambda}=۹۰۰۰\,cm^{-۱}\Rightarrow\lambda=۱۱۱۱\,nm$$

مورد چهارم: اتانول (مادهٔ (۲)) در واکنش با استیک اسید (اتانوئیک اسید) استری به نام اتیل اتانوات تولید می‌کند.

$$CH_۳COOH+C_۲H_۵OH\rightarrow CH_۳COOC_۲H_۵+H_۲O$$

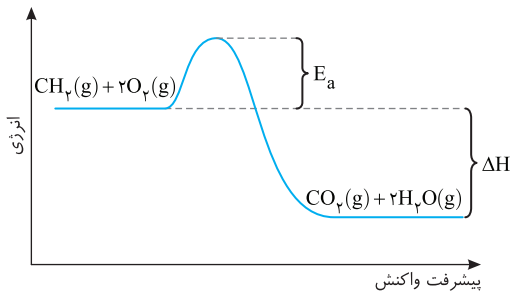
A ۲۷۵۷ ۳ یکی از روش‌های تأمین انرژی فعال‌سازی، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است.

A ۲۷۵۸ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت (پ):** انرژی فعال‌سازی را با یکای کیلوژول گزارش می‌کنند.

* **توجه** رابطهٔ بین ژول و کالری به‌صورت ۱ cal = ۴/۱۸۴ J می‌باشد.

B ۲۷۵۹ ۴ فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سوختن مواد یک واکنش گرماده است پس سطح انرژی فراورده‌ها پایین‌تر از واکنش‌دهنده‌ها است و پایداری بیشتری دارند. عبارت (ب): هر چه قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش پایدارتر باشد، سطح انرژی آن پایین‌تر بوده و تفاوت سطح انرژی آن با واکنش‌دهنده‌ها که همان انرژی فعال‌سازی است، کمتر است. البته سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها در هر دو واکنش را برابر در نظر گرفتیم. عبارت (پ): در واکنش‌های گرماده پایداری واکنش‌دهنده‌ها کمتر از فراورده‌ها و در واکنش‌های گرماگیر پایداری واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌ها است. عبارت (ت): در نمودار داده شده آنتالپی و انرژی فعال‌سازی به‌درستی مشخص نشده‌اند.

B ۲۷۶۰ ۳ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش این واکنش به‌صورت مقابل است.



با توجه به این نمودار می‌توان دریافت که:

«اختلاف سطح انرژی قله و واکنش‌دهنده‌ها $<\Delta H_{\text{واکنش}}<$ اختلاف سطح انرژی قله و فراورده‌ها»

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): واکنش سوختن متان یک واکنش گرماده است که به کمک جرقه یا شعلهٔ فندک و کبریت انرژی فعال‌سازی این واکنش تأمین می‌شود. گزینهٔ (۲): مقدار ΔH یک واکنش از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

$\Delta H =$ مجموع آنتالپی‌های فراورده‌ها $-$ مجموع آنتالپی‌های واکنش‌دهنده‌ها

با توجه به اینکه واکنش سوختن متان گرماده و حاصل عبارت بالا منفی است. مجموع آنتالپی‌های واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از مجموع آنتالپی‌های فراورده‌ها می‌باشد. گزینهٔ (۴): سطح انرژی فراورده‌های واکنش پایین‌تر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌هاست، در نتیجه فراورده‌ها پایداری بیشتری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها دارند.

B ۲۷۶۱ ۴ عبارت‌های چهارم و پنجم نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: همهٔ واکنش‌های سوختن گرماده هستند و در واکنش‌های گرماده سطح انرژی فراورده‌ها پایین‌تر از واکنش‌دهنده‌ها می‌باشد، در نتیجه فراورده‌ها پایدارتر هستند. عبارت دوم: سوختن، یک واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد. واکنش‌های سوختن برای انجام شدن احتیاج به انرژی فعال‌سازی دارند. عبارت سوم: یکی از روابط محاسبهٔ ΔH به‌صورت زیر است. با توجه به گرماده بودن واکنش سوختن می‌توان نوشت:

$\Delta H =$ (مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها) $-$ (مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها) <0

$\Rightarrow$ مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها $<$ مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها

عبارت چهارم: رنگ نور تولید شده در اثر واکنش سوختن یک ترکیب به غلظت گاز اکسیژن محیط بستگی دارد. اگر غلظت گاز اکسیژن در محیط کافی باشد و ترکیب به‌طور کامل بسوزد، رنگ شعلهٔ آن متفاوت از حالتی خواهد بود که به علت کمبود غلظت گاز اکسیژن ترکیب به‌صورت ناقص می‌سوزد. عبارت پنجم: از شیمی یازدهم به یاد دارید که واکنش N_2 و O_2 که طی آن گاز NO تولید می‌شود از نوع اکسایش بوده و گرماگیر $(\Delta H>0)$ است.

B ۲۷۶۲ ۴ مقدار انرژی فعال‌سازی یک واکنش ارتباطی با مقدار گرمایی که واکنش با محیط مبادله می‌کند، ندارد. ممکن است یک واکنش انرژی فعال‌سازی پایینی داشته باشد اما در اثر انجام آن مقدار زیادی گرما با محیط مبادله شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هر چه انرژی فعال‌سازی واکنش بیشتر باشد، شرایط انجام آن واکنش سخت‌تر خواهد بود و واکنش با سرعت کمتری به انجام می‌رسد. گزینهٔ (۲): مقدار انرژی فعال‌سازی با دمای لازم برای انجام واکنش رابطهٔ مستقیم دارد. بنابراین هر چه انرژی فعال‌سازی واکنشی کمتر باشد، آن واکنش در دمای پایین‌تر و در شرایط آسان‌تر به انجام می‌رسد. گزینهٔ (۳): هر چه انرژی فعال‌سازی واکنشی بیشتر باشد، اختلاف سطح انرژی قله و واکنش‌دهنده‌ها در نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش بیشتر خواهد بود و واکنش برای انجام شدن به انرژی بیشتری نیاز دارد.

B ۲۷۶۳ ۳ تنها عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (پ): بین انرژی فعال‌سازی و سرعت رابطه وجود دارد اما این رابطه خطی نیست و از روی دو برابر بودن انرژی فعال‌سازی نمی‌توان به دو برابر بودن سرعت یک واکنش پی برد. عبارت (ب): با توجه به اینکه ΔH واکنش‌ها را نداریم پس نمی‌توانیم E_a (برگشت) در واکنش (۱) و E_a (رفت) در واکنش (۲) را تعیین کنیم و نمی‌توان سرعت رفت واکنش (۲) و سرعت برگشت واکنش (۱) را مقایسه کرد. عبارت (ت): به دلیل کمتر بودن E_a (رفت) واکنش (۱) از E_a (برگشت) واکنش (۲) می‌توان فهمید که سرعت واکنش (۱) در جهت رفت بیشتر از سرعت واکنش (۲) در جهت برگشت است.

B ۲۷۶۴ ۱ با افزایش دما، همهٔ موارد به‌جز مورد چهارم رخ می‌دهد. بزرگ بودن انرژی فعال‌سازی نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای تبدیل به فراورده‌ها به انرژی زیادی نیاز دارند، از این‌رو با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر شده و با شدت بیشتری به یکدیگر برخورد می‌کنند؛ به‌طوری که شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند بیشتر شده و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد. با افزایش دما انرژی فعال‌سازی یک واکنش کاهش نمی‌یابد بلکه تأمین می‌شود.

C ۲۷۶۵ ۲ عبارت‌های اول، دوم و چهارم همانند عبارت داده شده نادرست هستند. **بررسی عبارت داده شده:** در واکنش‌های گرماده، اندازهٔ ΔH می‌تواند کوچک‌تر، بزرگ‌تر یا مساوی انرژی فعال‌سازی واکنش باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: انرژی فعال‌سازی یک واکنش به دما بستگی ندارد و در هر دمایی ثابت است، اما از آنجا که با افزایش دما میانگین انرژی جنبشی ذره‌های ماده نیز افزایش می‌یابد، با افزایش دما سرعت واکنش افزایش یافته و انرژی فعال‌سازی آن تأمین می‌شود. عبارت دوم: انرژی فعال‌سازی به گرمای مبادله شده در واکنش وابسته نیست و اندازهٔ آن وابسته به کمیت‌های بنیادی واکنش است، یعنی واکنشی گرماگیر می‌تواند انرژی فعال‌سازی حتی کمتری نسبت به واکنش گرماده داشته باشد. عبارت سوم: واکنش‌دهنده‌های هر واکنش برای آغاز واکنش باید از سد انرژی فعال‌سازی آن بگذرند تا به فراورده‌ها تبدیل شوند. انرژی فعال‌سازی در واقع مانند یک سد انرژی عمل می‌کند که فقط به گونه‌هایی که حداقل انرژی ممکن را داشته باشند اجازهٔ عبور می‌دهد. عبارت چهارم: همان‌گونه که در توضیح گزینهٔ (۲) ذکر کردیم، انرژی فعال‌سازی مستقل از میزان گرمای مبادله شده است. عبارت پنجم: آنتالپی یک واکنش برابر تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها است.

$\Delta H_{\text{واکنش}} = H(\text{فراورده}) - H(\text{واکنش‌دهنده})$

B ۲۷۶۶ ۳ با توجه به نمودارهای داده شده، انرژی فعال‌سازی واکنش (۱) بیشتر از واکنش (۲) می‌باشد. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): فسفر سفید برخلاف هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد، پس انرژی فعال‌سازی سوختن فسفر سفید می‌بایست مقدار کمتری از انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن هیدروژن باشد، پس نمودار (۱) می‌تواند مربوط به سوختن هیدروژن و نمودار (۲) مربوط به سوختن فسفر سفید باشد. گزینهٔ (۲): همهٔ واکنش‌های سوختن گرماده هستند و فرم کلی آن‌ها مشابه نمودارهای (۱) و (۲) می‌باشد. گزینهٔ (۳): تغییر دما تأثیری بر انرژی فعال‌سازی واکنش ندارد و تنها کاتالیزگر می‌تواند این کمیت را تغییر دهد. گزینهٔ (۴): هر چه سطح انرژی گونه‌ای پایین‌تر باشد، پایداری آن نیز بیشتر خواهد بود. در این نمودارها، قلهٔ نمودار (۱) دارای انرژی بیشتری از قلهٔ نمودار (۲) است، پس قلهٔ نمودار (۲) پایدارتر از قلهٔ نمودار (۱) می‌باشد.

۲۷۶۷ (B) **۱** موارد چهارم و پنجم نادرست‌اند. **بررسی موارد:** مورد اول: انرژی فعال‌سازی صرف شروع واکنش می‌شود و در واقع فقط صرف سست شدن برخی پیوندها می‌شود در حالی‌که مجموع انرژی پیوند مواد واکنش‌دهنده صرف شکستن کامل تمام پیوندهای واکنش‌دهنده‌ها می‌شود. مورد دوم: هر چه انرژی مورد نیاز برای سست کردن پیوندها (انرژی فعال‌سازی) بیشتر باشد، قطعاً انرژی مورد نیاز برای از بین بردن کامل پیوندها نیز بیشتر خواهد بود. مورد سوم: هر طرف که انرژی فعال‌سازی بیشتری دارد، مجموع انرژی پیوند بیشتری هم دارد و در نتیجه استحکام پیوندها هم در آن سمت بیشتر می‌باشد. مورد چهارم: در یک واکنش گرماگیر، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) > 0 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) > E_a(\text{برگشت})$$

مورد پنجم: انرژی فعال‌سازی واکنش رفت همواره از مجموع انرژی پیوندهای مواد واکنش‌دهنده در حالت گازی کمتر است. در این واکنش مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها برابر $۳۱۶ kJ.mol^{-1}$ است؛ بنابراین E_a باید مقداری کمتر از $۳۱۶ kJ.mol^{-1}$ باشد.

۲۷۶۸ (B) **۳** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): پایداری با انرژی رابطهٔ عکس دارد پس در واکنش گرماگیر، داریم:

نمودار قلهٔ انرژی > فراورده‌ها > واکنش‌دهنده‌ها :پایداری

عبارت (ب): در واکنش‌های گرماگیر، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها نسبت به فراورده‌ها از قله دورتر است؛ پس انرژی فعال‌سازی واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است.

عبارت (پ): مقدار آنتالپی (ΔH) از رابطهٔ $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})$ به‌دست می‌آید و با توجه به مثبت بودن ΔH می‌توان نتیجه گرفت که $\Delta H > E_a(\text{رفت})$. عبارت (ت): در واکنش‌های گرماگیر $\Delta H > 0$ و $E_a(\text{رفت})$ بزرگ‌تر از $E_a(\text{برگشت})$ است، پس «$\Delta H + E_a(\text{رفت})$» از $E_a(\text{برگشت})$ بزرگ‌تر است. عبارت (ث): با توجه به کمتر بودن انرژی فعال‌سازی برگشت، سرعت واکنش برگشت بیشتر از رفت است.

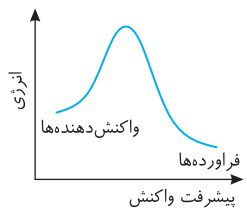
۲۷۶۹ (B) **۴** مجموع انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و اندازهٔ ΔH واکنش با انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت برابر است.

$$E_a(\text{برگشت}) = |\Delta H| + E_a(\text{رفت}) \Rightarrow \text{در واکنش‌های گرماده}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): آنتالپی واکنش را از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آوردند و با توجه به منفی بودن ΔH، داریم:

$$\Delta H = (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}) < 0$$

مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها > مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها



گزینهٔ (۲): نمودار «انرژی - پیشرفت» یک واکنش گرماده به‌صورت مقابل است. سطح انرژی قله نمودار به سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها نزدیک‌تر است. گزینهٔ (۳): محتوای انرژی فراورده‌ها کمتر و پایداری آن‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها است. انرژی فعال‌سازی رفت کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است.

۲۷۷۰ (A) **۲** **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): در شرایط یکسان، هر چه انرژی فعال‌سازی یک واکنش کمتر باشد، آن واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود. با توجه به نمودارها، واکنش (۳) از بقیه سریع‌تر است. پرسش (ب): در واکنش‌های گرماگیر، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بالاتر است؛ لذا فقط واکنش (۲) گرماگیر است. پرسش (پ): واکنش سوختن، واکنشی گرماده است؛ بنابراین واکنش‌های (۱) و (۳) را می‌توان به واکنش سوختن نسبت داد.

۲۷۷۱ (B) **۳** انرژی فعال‌سازی (E_a) هر واکنش، برابر با اختلاف سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها تا قلهٔ نمودار «آنتالپی - پیشرفت واکنش» است؛ پس هر چه فاصلهٔ قله تا واکنش‌دهنده‌ها بیشتر باشد، مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش نیز بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** فاصلهٔ واکنش‌دهنده تا قلهٔ نمودار برابر با $E_a(\text{رفت})$ است و فاصلهٔ فراورده تا قلهٔ نمودار برابر با $E_a(\text{برگشت})$ است که هر یک از این دو کمیت به تنهایی هیچ ارتباطی با میزان گرمای مبادله شده در واکنش (ΔH) ندارند. دقت کنید که در گزینهٔ (۱) تفاوت مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها و در گزینهٔ (۲)، تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها، بیانگر ΔH واکنش است.

۲۷۷۲ (A) **۴** در نمودار داده شده سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها است بنابراین واکنش گرماگیر بوده و ΔH آن مثبت است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = ۷۹ - ۳۸ = +۴۱ kJ$$

۲۷۷۳ (A) **۲** در اثر انجام واکنش، ۳۶ کیلوژول گرما از محیط گرفته شده پس این واکنش در جهت رفت گرماگیر $(\Delta H = +۳۶ kJ)$ است. ΔH واکنش برگشت قرینهٔ واکنش رفت می‌باشد بنابراین $\Delta H = -۳۶ kJ$ است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow +۳۶ = ۷۶ - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = ۷۶ - ۳۶ = ۴۰ kJ$$

۲۷۷۴ (B) **۳**

$$\Delta H = -۳۳/۵ kJ \Rightarrow \begin{cases} E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = -۳۳/۵ \\ E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = ۵۹ \end{cases} \Rightarrow ۲E_a(\text{رفت}) = ۲۵/۵ \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = ۱۲/۷۵ kJ$$

$$E_a(\text{برگشت}) = ۵۹ - E_a(\text{رفت}) = ۵۹ - ۱۲/۷۵ = ۴۶/۲۵ kJ$$

۲۷۷۵ (B) **۴** از شیمی یازدهم به یاد دارید که واکنش تولید $HI(g)$ از گاز هیدروژن (H_2) و گاز ید (I_2) گرماده است؛ پس ΔH واکنش منفی $(\Delta H < 0)$ است. همچنین در واکنش داده شده ۲ مول $HI(g)$ تولید شده است پس باید $۲ \times ۱۴/۵ kJ$ یعنی ۲۹ کیلوژول گرما در اثر انجام این واکنش آزاد شود و $\Delta H = -۲۹ kJ$ است.

$$\Delta H = -۲۹ kJ \Rightarrow E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = -۲۹ \Rightarrow E_a(\text{رفت}) - ۴۶ = -۲۹ \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = -۲۹ + ۴۶ = ۱۷ kJ$$

$$\Delta H_{\text{برگشت}} = -\Delta H_{\text{رفت}} = -(-۲۹) = ۲۹ kJ$$

۲۷۷۶ (B) **۲** با توجه به اینکه آنتالپی هر واکنش را می‌توان از تفاضل انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت محاسبه کرد، ابتدا انرژی فعال‌سازی در جهت رفت هر واکنش را محاسبه می‌کنیم: (انرژی فعال‌سازی برگشت هر دو واکنش را A فرض می‌کنیم.)

انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (I): $\Delta H_۱ = E_a(\text{رفت})_۱ - E_a(\text{برگشت})_۱ \Rightarrow E_a(\text{رفت})_۱ = ((+۳۰) + (A)) kJ$

انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (II): $\Delta H_۲ = E_a(\text{رفت})_۲ - E_a(\text{برگشت})_۲ \Rightarrow E_a(\text{رفت})_۲ = ((-۳۰) + (A)) kJ$

از آنجا که A یک عدد ثابت و مثبت است، انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (I) می‌بایست بیشتر از انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (II) باشد. با توجه به روابط بالا می‌توان نوشت:

$$E_a(\text{رفت})_1 - E_a(\text{رفت})_2 = ((+30)+(A)) - ((-30)+(A)) = 30+30 = 60$$

پس انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (I) به اندازهٔ ۶۰ کیلوژول بیشتر از انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (II) است؛ بنابراین عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند.

بررسی عبارت (ب): در واکنش‌های گرماگیر، مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌ها می‌باشد.

B ۲۷۷۷ ۳ واکنش (۳) در جهت رفت گرماده و در جهت برگشت گرماگیر است اما تعداد مول گازی طرفین یکسان است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه $E_a(\text{برگشت}) = 66kJ$ و $\Delta H = -22kJ$ است پس $E_a(\text{رفت}) = 44kJ$، در نتیجه اندازهٔ آنتالپی واکنش، نصف انرژی فعال‌سازی واکنش رفت است.

گزینهٔ (۲): واکنش (۲) گرماگیر است و طبق رابطهٔ محاسبهٔ آنتالپی واکنش با استفاده از آنتالپی‌های پیوند، داریم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}) > 0$$

(مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها) > (مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها)

گزینهٔ (۴): سرعت واکنش رفت (تجزیهٔ یک مول $NOCl$) از سرعت واکنش برگشت (تولید یک مول $NOCl$) کمتر است.

B ۲۷۷۸ ۳ واکنش (I) گرماگیر و واکنش (II) گرماده است پس $\Delta H_I > 0$ و $\Delta H_{II} < 0$ است.

$$\Delta H_I = +43kJ \ , \ \Delta H_{II} = E_a(\text{رفت})_{II} - E_a(\text{برگشت})_{II} = 26-41 = -15kJ \Rightarrow \Delta H_1 - \Delta H_2 = 43-(-15) = 58kJ$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در این واکنش سطح انرژی فراورده‌ها به اندازهٔ ۴۳ کیلوژول از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بالاتر بوده پس ناپایدارتر هستند.

گزینهٔ (۲): در واکنش (II) انرژی فعال‌سازی واکنش رفت برابر ۲۶ کیلوژول است یعنی قلهٔ نمودار انرژی به اندازهٔ ۲۶ کیلوژول از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بالاتر است.

گزینهٔ (۴):

$$\Delta H_I = E_a(\text{رفت})_I - E_a(\text{برگشت})_I \Rightarrow 43 = 99 - E_a(\text{برگشت})_I \Rightarrow E_a(\text{برگشت})_I = 65kJ.mol^{-1}, E_a(\text{برگشت})_{II} = 41kJ$$

$$E_a(\text{برگشت})_I - E_a(\text{برگشت})_{II} = 56-41 = 15kJ$$

B ۲۷۷۹ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر ΔH واکنش برابر $-35kJ$ باشد، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت باید از $35kJ$ بیشتر باشد و نمی‌تواند $30kJ$ باشد. عبارت (ب): اگر ΔH واکنش برابر $17/5kJ$ باشد، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت باید بیشتر از $17/5kJ$ باشد و می‌تواند $30kJ$ باشد. عبارت (پ): در آنتالپی پیوند، اتم‌های گازی تولید می‌شود اما در واکنش برگشت داده شده، مولکول‌های هیدروژن و کلر تولید شده‌اند. عبارت (ت): سرعت واکنش رفت در واکنش‌های گرماده بیشتر از سرعت واکنش برگشت است.

B ۲۷۸۰ ۳ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت سوم:** واکنش (۱) گرماده و واکنش (۲) گرماگیر است. از گرماده بودن واکنش (۱) نمی‌توانیم این نتیجه را بگیریم که فراورده‌های این واکنش از فراورده‌های واکنش (۲) پایدارتر هستند بلکه فقط می‌توانیم بگوییم فراورده‌های واکنش (۱) به اندازهٔ ۲۵ کیلوژول از واکنش‌دهنده‌های واکنش (۱) پایدارترند. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت اول: تفاوت سطح انرژی قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش با فراورده‌ها، همان انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت است که با توجه به صورت پرسش برای هر دو یکسان است. عبارت دوم: به محاسبه‌های زیر توجه کنید:

$$\text{واکنش (۱):} \ \Delta H_1 = E_a(\text{رفت})_1 - E_a(\text{برگشت})_1 \Rightarrow E_a(\text{رفت})_1 = \Delta H_1 + E_a(\text{برگشت})_1 = -25+36 = 11kJ$$

$$\text{واکنش (۲):} \ \Delta H_2 = E_a(\text{رفت})_2 - E_a(\text{برگشت})_2 \Rightarrow E_a(\text{رفت})_2 = \Delta H_2 + E_a(\text{برگشت})_2 = 53+36 = 89kJ$$

$$E_a(\text{رفت})_2 - E_a(\text{رفت})_1 = 89-11 = 78kJ \Rightarrow E_a(\text{رفت})_2 = E_a(\text{رفت})_1 + 78kJ$$

عبارت چهارم: انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش (۱) از انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش (۲) کمتر است پس در شرایط یکسان سرعت واکنش (۱) از سرعت واکنش (۲) بیشتر می‌باشد.

B ۲۷۸۱ ۲ با توجه به نمودارهای «انرژی - پیشرفت» واکنش داده شده به محاسبهٔ آنتالپی آن‌ها می‌پردازیم:

$$\text{واکنش (۲):} \ \Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = 13-34 = -21kJ \qquad \text{واکنش (۱):} \ \Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = 45-27 = +18kJ$$

انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب ۴۵ و ۱۳ کیلوژول می‌باشد و این مقدار ارتباطی با آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها ندارد. مقدار آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها از انرژی فعال‌سازی رفت بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه سطح انرژی (آنتالپی) فراورده‌های واکنش (۲) پایین‌تر از فراورده‌های واکنش (۱) است، به همین دلیل فراورده‌های واکنش (۲) پایدارتر از فراورده‌های واکنش (۱) می‌باشند و همچنین اندازهٔ آنتالپی واکنش (۲) بیشتر از اندازهٔ آنتالپی واکنش (۱) است. گزینهٔ (۳): از آنجا که انرژی فعال‌سازی رفت یا همان تفاوت قلهٔ نمودار انرژی با واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (۲) کمتر از واکنش (۱) است، پس در شرایط یکسان سرعت واکنش (۲) نیز می‌بایست بیشتر از واکنش (۱) باشد. گزینهٔ (۴): اختلاف مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها برابر آنتالپی واکنش است. با توجه به آنتالپی واکنش (۱) که برابر $+18$ کیلوژول است می‌توان نتیجه گرفت که مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها به اندازهٔ ۱۸ کیلوژول بیشتر از مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها می‌باشد.

B ۲۷۸۲ ۲ عبارت‌های سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش، همان انرژی فعال‌سازی است. تفاوت انرژی فعال‌سازی دو واکنش برابر $65kJ$ $(183-248)$ است. عبارت دوم: واکنش (I) گرماگیر است و به ازای مصرف واکنش‌دهنده، سامانه از محیط گرما دریافت می‌کند. (نه اینکه انرژی آزاد شود!) پس برای تعیین درستی یا نادرستی این عبارت، نیازی به انجام محاسبات نیست. عبارت سوم: انرژی فعال‌سازی واکنش (I) بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش (II) است؛ بنابراین در شرایط یکسان، سرعت واکنش (I) در جهت رفت (سرعت تشکیل گاز D_2) کمتر از سرعت واکنش (II) در جهت رفت (سرعت مصرف گاز D_2) است. عبارت چهارم: هر دو واکنش گرماگیر $\Delta H > 0$ هستند، بنابراین:

$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}] > 0$$

$$\Rightarrow [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] > [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}]$$

B ۲۷۸۳ **۴** هر دو نمودار مربوط به واکنش‌های گرماده هستند؛ لذا بدون انجام محاسبات می‌توان فهمید که گزینهٔ (۴) نادرست است؛ زیرا در واکنش‌های گرماده انرژی آزاد می شود نه مصرف! **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هر چه انرژی فعال‌سازی یک واکنش کمتر باشد، در شرایط یکسان آن واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود.

$$\begin{cases}\text{واکنش (۱)}: \Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow -۱۸۱ = E_a(\text{رفت}) - ۵۶۹ \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = ۳۸۸\,kJ \\ \text{واکنش (۲)}: \Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow -۵۵۶ = E_a(\text{رفت}) - ۹۰۰ \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = ۳۴۴\,kJ\end{cases}$$

پس در شرایط یکسان، واکنش (۲) نسبت به واکنش (۱)، سریع‌تر انجام می‌شود. گزینهٔ (۲): در واکنش (۱) داریم:

$$?\,kJ = ۴۰\,g\,O_۲ \times \frac{۱\,mol\,O_۲}{۳۲\,g\,O_۲} \times \frac{۱۸۱\,kJ}{۱\,mol\,O_۲} = ۲۲۶/۲۵\,kJ$$

گزینهٔ (۳): هر دو واکنش گرماده هستند و علامت جبری ΔH واکنش‌های گرماده منفی است.

B ۲۷۸۴ **۴** همهٔ عبارت‌ها درست‌اند. با توجه به رابطهٔ داده شده می‌توان نوشت:

$$\begin{cases}E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = \Delta H \\ E_a(\text{رفت}) - ۲E_a(\text{برگشت}) = ۳\Delta H\end{cases} \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = -۲\Delta H\,,\ E_a(\text{رفت}) = -\Delta H$$

می‌دانیم انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت اعدادی مثبت هستند، پس برای آن‌که مقدار عبارت‌های انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت عددی مثبت شود، باید آنتالپی واکنش، مقداری منفی داشته باشد و کوچک‌تر از صفر باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: از آنجا که اندازهٔ انرژی فعال‌سازی رفت کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است، پس سرعت واکنش رفت بیشتر از سرعت واکنش برگشت است. عبارت دوم: آنتالپی واکنش برابر اختلاف مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها می‌باشد. از آنجا که آنتالپی واکنش مقداری منفی است، پس مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها می‌بایست بیشتر از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها باشد. عبارت سوم: تفاوت سطح انرژی قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش با واکنش‌دهنده‌ها معادل انرژی فعال‌سازی رفت و با فراورده‌ها معادل انرژی فعال‌سازی برگشت است. انرژی فعال‌سازی رفت در این واکنش فرضی کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است، پس تفاوت سطح انرژی قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش نیز با واکنش‌دهنده‌ها کمتر از فراورده‌ها است. عبارت چهارم: با افزایش دما سرعت واکنش‌ها افزایش می‌یابد.

C ۲۷۸۵ **۲** برای اینکه پرسش را حل کنیم می‌توانیم از روش دو معادله - دو مجهول استفاده کنیم. معادلهٔ اول در صورت پرسش داده شده و معادلهٔ دوم هم $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})$ است.

$$\begin{cases}\text{معادلهٔ (۱)}: E_a(\text{رفت}) + ۲E_a(\text{برگشت}) = ۳\Delta H \\ \text{معادلهٔ (۲)}: E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = \Delta H\end{cases} \xrightarrow{\text{معادلهٔ (۲) را قرینه می کنیم}} \begin{cases}E_a(\text{رفت}) + ۲E_a(\text{برگشت}) = ۳\Delta H \\ -E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = -\Delta H\end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{دو معادله را جمع می کنیم}} ۳E_a(\text{برگشت}) = ۲\Delta H \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = \frac{۲}{۳}\Delta H$$

$$E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = \Delta H \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = E_a(\text{برگشت}) + \Delta H = \frac{۲}{۳}\Delta H + \Delta H = \frac{۵}{۳}\Delta H$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به رابطهٔ $E_a(\text{رفت}) = \frac{۵}{۳}\Delta H$ و دانستن این نکته که $E_a(\text{رفت})$ همواره یک عدد مثبت است، می‌توانیم نتیجه بگیریم که در این واکنش $\Delta H > ۰$ است، یعنی واکنش گرماگیر بوده و در نتیجه واکنش‌دهنده‌ها از فراورده‌ها پایدارترند. گزینه‌های (۳) و (۴): از اینکه در این واکنش انرژی فعال‌سازی واکنش رفت ۲/۵ برابر انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت است، نمی‌توانیم نتیجه بگیریم که سرعت واکنش رفت ۲/۵ برابر سرعت واکنش برگشت است یا برعکس بلکه فقط می‌توانیم بیان کنیم که سرعت واکنش رفت از سرعت واکنش برگشت کمتر می‌باشد.

B ۲۷۸۶ **۲**

$$\Delta H = [۲\Delta H(N=O)] - [\Delta H(N\equiv N) + \Delta H(O=O)] = [۲\times ۶۰۷] - [۹۴۴ + ۴۹۶] = -۲۲۶\,kJ$$

$$\Rightarrow E_a + |\Delta H| = ۳۸۱ + ۲۲۶ = ۶۰۷\,kJ$$

جرم گاز $O_۲$ تولید شده را حساب می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$۱۱۳\,J \times \frac{۱\,kJ}{۱۰^۳\,J} \times \frac{۱\,mol\,O_۲}{۲۲۶\,kJ} \times \frac{۳۲\,g\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲} \times \frac{۱۰^۳\,mg}{۱\,g} = ۱۶\,mg$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{Q}{|\Delta H|} = \frac{\text{جرم } O_۲}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۱۱۳\times ۱۰^{-۳}}{۲۲۶} = \frac{x}{۱\times ۳۲} \Rightarrow x = ۰/۰۱۶\,g \Rightarrow ۱۶\,mg$$

در نهایت جرم محلول حاصل را به دست می‌آوریم:

$$ppm = \frac{\text{جرم } O_۲ \text{ برحسب } mg}{\text{جرم محلول برحسب } kg} \Rightarrow ۸۰ = \frac{۱۶}{m} \Rightarrow m = ۰/۲\,kg$$

A ۲۷۸۷ **۳** برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده در آن‌ها صرفهٔ اقتصادی ندارد. با استفاده از کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی واکنش کاهش یافته و سرعت انجام آن افزایش می‌یابد. کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند، اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. از این‌رو می‌توان از کاتالیزگرها بارها و بارها استفاده کرد و همچنین استفاده از آن‌ها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود. همان‌طور که گفته شد، کاتالیزگر سبب کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش می‌شود، پس نمودارهای (الف) و (ب) را به‌ترتیب می‌توان به عدم حضور و حضور کاتالیزگر در واکنش فرضی $A \rightarrow B$ نسبت داد.

A ۲۷۸۸ **۳** کاتالیزگر تنها روی کمیت‌های سینتیکی واکنش تأثیرگذار است و مقدار اولیهٔ واکنش‌دهنده‌ها و نهایی فراورده‌ها به مقداری از مواد که برای انجام واکنش استفاده شده، بستگی دارد و کاتالیزگر روی آن‌ها بی‌اثر است، پس نمودارهای داده شده در گزینه‌های (۲) و (۴) نادرست هستند، چرا که غلظت اولیهٔ محلول هیدروژن پراکسید در آن‌ها متفاوت است. همچنین از آنجا که کاتالیزگر موجب افزایش سرعت واکنش می‌شود، پس سرعت (شیب نمودار) واکنش در آزمایش (۱) که در غیاب کاتالیزگر صورت گرفته، باید کمتر از آزمایش (۲) باشد، پس نمودار گزینهٔ (۳) به‌درستی تغییرات غلظت محلول هیدروژن پراکسید را در طی پیشرفت واکنش نمایش می‌دهد.

B ۲۷۸۹ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کاتالیزگرها با پایین آوردن قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش، سبب کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها می‌شوند. عبارت (ب): کاتالیزگر با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش، سرعت آن را افزایش می‌دهد. عبارت (پ): کاتالیزگر اغلب با تغییر مسیر انجام واکنش، باعث کاهش انرژی فعال‌سازی و افزایش سرعت می‌شود. عبارت (ت): کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند، اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. عبارت (ث): کاتالیزگرها تنها روی کمیت‌های سینتیکی واکنش مانند سرعت، انرژی فعال‌سازی و ... مؤثر هستند و روی سطح انرژی مواد یا میزان پیشرفت واکنش تأثیری ندارند.

A ۲۷۹۰ ۲ بازدارنده، ترکیبی شیمیایی است که اضافه کردن آن به ظرف واکنش، موجب کاهش سرعت واکنش یا توقف کامل آن می‌شود. انرژی فعال‌سازی واکنش فسفر سفید با اکسیژن هوا کم است و در دمای اتاق به سادگی تأمین می‌شود. برای جلوگیری از انجام این واکنش، فسفر سفید را زیر آب نگهداری می‌کنند و آب مانع از رسیدن O_2 هوا به فسفر سفید می‌شود؛ به‌عبارت دیگر آب در نقش بازدارنده، مانع از انجام واکنش میان فسفر سفید و گاز اکسیژن می‌شود.

B ۲۷۹۱ ۲ واکنش (I) در جهت رفت گرماده است. در این واکنش انرژی فعال‌سازی برگشت از رفت بیشتر است؛ پس در شرایط یکسان، سرعت آن در جهت برگشت کمتر از واکنش رفت است.

* **توجه** به‌طور کلی در واکنش‌های گرماده سرعت واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است، در حالی‌که در واکنش‌های گرماگیر برعکس آن برقرار است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در شرایط یکسان، هر چه انرژی فعال‌سازی یک واکنش کمتر باشد، آن واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود؛ بنابراین بخش اول عبارت درست است، اما آنتالپی دو واکنش با یکدیگر متفاوت است؛ زیرا یکی از آن‌ها گرماده و دیگری گرماده است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow (I)\text{واکنش}: \Delta H = ۱۶۵ - ۲۰۰ = -۳۵\,kJ \quad , \quad (II)\text{واکنش}: \Delta H = ۶۵ - ۳۵ = ۳۰\,kJ$$

گزینهٔ (۳): کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌اندازه (نه به یک نسبت) کاهش می‌دهد اما بر آنتالپی واکنش تأثیری ندارد. گزینهٔ (۴): در واکنش‌های گرماگیر (واکنش (II)) برخلاف واکنش‌های گرماده (واکنش (I))، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است.

B ۲۷۹۲ ۲ عبارت‌های اول، چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های اول و چهارم: واکنش (II) نسبت به واکنش (I) انرژی فعال‌سازی کمتری دارد؛ بنابراین تشکیل فراورده در واکنش (II) آسان‌تر از واکنش (I) است و در شرایط مناسب دو واکنش، یک مول O_2 (فراوردهٔ واکنش (II)) سریع‌تر از یک مول Cl_2 (فراوردهٔ واکنش (I)) تولید می‌شود. عبارت دوم: اگر در واکنش (I) از کاتالیزگر استفاده شود، مقدار a کاهش پیدا می‌کند؛ در نتیجه مقدار $(a-b)$ کوچک‌تر می‌شود. عبارت سوم: آنتالپی واکنش (II) برابر $(d-c)$ است. $\Delta H_{\text{واکنش}} = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = d-c$

عبارت پنجم: چون E_a واکنش (I) بیشتر از E_a واکنش (II) است، انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش (I) به‌طور حتم برای انجام واکنش (II) نیز کافی است.

B ۲۷۹۳ ۳ عبارت‌های سوم و پنجم، جملهٔ را به‌دستی کامل نمی‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: استفاده از کاتالیزگر روی آنتالپی واکنش تأثیری ندارد و نمی‌تواند آن را تغییر دهد. عبارت دوم: کاتالیزگر با کاهش سطح انرژی قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش پایداری آن را افزایش می‌دهد. عبارت سوم: استفاده از کاتالیزگر، تأثیری بر میزان انرژی ذرات واکنش‌دهنده و فراورده ندارد، بلکه کاتالیزگر با کاهش مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش باعث عبور تعداد بیشتری از ذره‌های واکنش‌دهنده از سد انرژی شده و به همین دلیل سرعت واکنش را افزایش می‌دهد. عبارت چهارم: کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌اندازه کاهش و سرعت واکنش رفت و برگشت را به یک‌نسبت افزایش می‌دهد. عبارت پنجم: کاتالیزگر سرعت رسیدن به مقدار مشخصی فراورده را افزایش می‌دهد ولی به میزان فراوردهٔ نهایی تأثیری ندارد.

B ۲۷۹۴ ۱ کاتالیزگر با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت باعث افزایش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت و کاهش زمان انجام واکنش می‌گردد، اما تأثیری روی مقدار فراورده‌های واکنش ندارد. همچنین از آنجا که کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌اندازه کاهش می‌دهد، اختلاف انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت تغییری نمی‌کند. نسبت انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت نیز با استفاده از کاتالیزگر می‌تواند کاهش یا افزایش یابد، برای مثال اگر در غیاب کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت به‌ترتیب ۱۰۰ و ۶۰ کیلوژول باشند و پس از حضور کاتالیزگر هر کدام از آن‌ها ۲۰ کیلوژول کاهش یابند، نسبت انرژی فعال‌سازی واکنش رفت به واکنش برگشت افزایش می‌یابد (از $\frac{۱۰۰}{۶۰}$ به $\frac{۸۰}{۴۰}$)، اما اگر این اعداد را جابه‌جا کنیم و انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به‌ترتیب ۶۰ و ۱۰۰ کیلوژول در نظر بگیریم و پس از حضور کاتالیزگر هر کدام از آن‌ها ۲۰ کیلوژول کاهش یابند، نسبت انرژی فعال‌سازی واکنش رفت به واکنش برگشت کاهش می‌یابد (از $\frac{۶۰}{۱۰۰}$ به $\frac{۴۰}{۸۰}$). با این توضیحات دو مورد از کمیت‌های داده شده افزایش و یک مورد کاهش می‌یابد.

B ۲۷۹۵ ۱ عبارت گزینهٔ (۱) برخلاف جملهٔ داده شده درست است. **بررسی جملهٔ داده شده:** کاتالیزگرها عامل سینتیکی هستند و فقط می‌توانند واکنش‌های انجام‌پذیر را با سرعت بالاتری به انجام برسانند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): کاتالیزگر می‌تواند، شکل نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش را تغییر دهد. گزینهٔ (۲): استفاده از کاتالیزگر مسیر انجام واکنش را الزاماً کوتاه نمی‌کند، در واقع می‌توان گفت کاتالیزگر ممکن است مسیر انجام واکنش را کوتاه یا بلند کند، ولی همواره واکنش در حضور کاتالیزگر از مسیری پیشرفت می‌کند که نیاز به انرژی فعال‌سازی کمتری داشته باشد تا با سرعت بیشتری انجام شود. گزینهٔ (۳): کاتالیزگر $E_a(\text{رفت})$ و $E_a(\text{برگشت})$ را به یک‌اندازه کاهش می‌دهد، اما نمی‌توان گفت که $\overline{R}(\text{رفت})$ و $\overline{R}(\text{برگشت})$ را به یک‌اندازه افزایش می‌دهد. گزینهٔ (۴): کاتالیزگر شیب نمودار «غلظت - زمان» و پایداری ذرهٔ موجود در قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش را افزایش می‌دهد، اما تأثیری بر مقدار محتوای انرژی مواد ندارد.

B ۲۷۹۶ ۴

نکته ترکیبی **تأثیر کاتالیزگرها بر متغیرهای مختلف واکنش:**

- **کاهش:** کاتالیزگرها انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت، سطح انرژی قلهٔ نمودار، زمان انجام واکنش و اتلاف منابع انرژی را کاهش می‌دهند.
- **بدون تغییر:** کاتالیزگرها نوع و مقدار فراورده‌ها، سطح انرژی فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها، آنتالپی واکنش، انجام‌پذیری یا انجام‌ناپذیری واکنش، میزان پیشرفت نهایی واکنش و ثابت تعادل آن (در واکنش‌های تعادلی) را نمی‌توانند تغییر دهند.
- **افزایش:** کاتالیزگرها سرعت واکنش، پایداری قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش و شیب نمودار «مول - زمان» را افزایش می‌دهند.

موارد (ب) و (پ) عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی موارد:** مورد (الف): کاتالیزگر بر پایداری واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و مقدار نهایی فراورده‌ها بی‌تأثیر هستند. موارد (ب) و (پ): کاتالیزگر بر کمیت‌های سینتیکی همچون سرعت و انرژی فعال‌سازی اثر دارد اما نمی‌تواند ΔH واکنش که کمیتی ترمودینامیکی است یا مقادیر استوکیومتری را دستخوش تغییر کند. مورد (ت): استفاده از کاتالیزگر در یک واکنش، انرژی فعال‌سازی آن را کاهش داده و در نتیجه سرعت انجام واکنش کاهش می‌یابد؛ بنابراین واکنش در زمان کوتاه‌تری به مقدار معینی فراورده می‌رسد. همان‌طور که می‌دانید کاتالیزگرها تأثیری بر آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها یا فراورده‌ها ندارند.

B ۲۷۹۷ ۲ معادلهٔ واکنش بین گازهای H_2 و O_2 که همان واکنش سوختن گاز هیدروژن است، به‌صورت $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(l)$ می‌باشد. ΔH این واکنش بسیار منفی بوده و در اثر انجام آن، گرمای زیادی آزاد می‌شود. اما توجه داشته باشید که رابطهٔ خاصی بین ΔH یک واکنش با E_a آن وجود ندارد. عامل مهم در میزان سرعت نسبی یک واکنش انرژی فعال‌سازی آن است. از آنجا که انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است، با آن‌که واکنش بسیار گرماده می‌باشد، سرعت انجام آن در دمای اتاق بسیار کم است. اما اگر با زدن یک جرقه و دادن یک انرژی اولیه به آن، انرژی فعال‌سازی آن را تأمین کنیم، واکنش سوختن کاملاً انفجاری انجام می‌شود.

B ۲۷۹۸ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): این واکنش در دمای اتاق و بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود (سرعت ناچیز). عبارت (ب): ایجاد جرقه در مخلوط گازها باعث انجام شدن واکنش به‌صورت انفجاری می‌شود، که این اتفاق به دلیل نقش کاتالیزگری آن نمی‌باشد. عبارت (پ): آنتالپی واکنش در هر شرایطی چه با حضور کاتالیزگر چه بدون حضور کاتالیزگر یکسان است. عبارت (ت): واکنش در اثر ایجاد جرقه در مخلوط گازها و در اثر حضور توری پلاتینی به‌صورت انفجاری انجام می‌شود، اما در حضور پودر روی واکنش به‌صورت سریع انجام شده و سرعت کمتری از واکنش قبلی دارد.

نکته ترکیبی کاتالیزگرهای کنکور در یک نگاه!

ردیف	واکنش	کاتالیزگر	آدرس
۱	واکنش سوختن هیدروژن: $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$	فلزهای روی و پلاتین	فصل ۲ دهم و فصل ۴ دوازدهم
۲	فرایند هابر: $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$	ورقهٔ آهن	فصل ۲ دهم و فصل ۴ دهم
۳	واکنش اتن با آب و تولید اتانول: $C_2H_4(g)+H_2O(l)\rightarrow C_2H_5OH(aq)$	سولفوریک اسید	فصل ۱ یازدهم
۴	سیر شدن ۱- هگزن با هیدروژن و تولید هگزان: $C_6H_{12}(l)+H_2(g)\rightarrow C_6H_{14}(l)$	نیکل	فصل ۱ یازدهم
۵	تجزیهٔ هیدروژن پراکسید به آب و اکسیژن: $2H_2O_2(aq)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g)$	یون یدید (I^-)	فصل ۲ یازدهم
۶	هضم کلم و حبوبات	برخی آنزیم‌های گوارشی	فصل ۲ یازدهم
۷	واکنش‌های تولید یا آبکافت استرها: $RCOOH+R'OH \underset{\text{آبکافت استر}}{\overset{\text{تولید استر}}{\rightleftharpoons}} RCOOR'+H_2O$	سولفوریک اسید	فصل ۳ یازدهم
۸	تبدیل نشاسته به گلوکز: نشاسته + آب $\rightarrow$ گلوکز	آنزیم‌های گوارشی	فصل ۳ یازدهم
۹	واکنش تولید ۱ و ۲- دی‌کلرواتان از اتن و گاز کلر: $C_2H_4(g)+Cl_2(g)\rightarrow C_2H_4Cl_2(g)$	آهن (III) کلرید	فصل ۳ یازدهم
۱۰	سوختن قند: $C_6H_{12}O_6(g)+6O_2(g)\rightarrow 6CO_2(g)+6H_2O(g)$	خاک باغچه	فصل ۲ یازدهم
۱۱	واکنش تولید پلی‌اتن با جرم‌های مولی متفاوت: $C_2H_4(g)\rightarrow -(C_2H_4)_n-$	تیتانیم و آلومینیم و تغییر نسبت‌های مولی آن‌ها	فصل ۳ یازدهم
۱۲	انجام نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن	آند و کاتد به همراه کاتالیزگر	فصل ۲ دوازدهم
۱۳	حذف آلاینده‌ها در مبدل‌های کاتالیستی: $2NO(g)\rightarrow N_2(g)+O_2(g)$ $2CO(g)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)$ $C_xH_y(g)+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+H_2O(g)$	پلاتین (Pt)، پالادیم (Pd) و رودیم (Rh)	فصل ۴ دوازدهم

A ۲۷۹۹ ۳ سرعت واکنش (۱) ناچیز است، پس بیشترین انرژی فعال‌سازی را دارد. واکنش (۳) به‌صورت انفجاری بوده و در نتیجه کمترین انرژی فعال‌سازی را دارد. واکنش (۲) به‌صورت سریع انجام می‌شود و انرژی فعال‌سازی آن بین این دو حالت قرار دارد.

B ۲۸۰۰ ۱ عبارت‌های (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): جرقه در واکنش (۲)، انرژی فعال‌سازی را تأمین می‌کند و نقش کاتالیزگری ندارد. عبارت (ب): در آزمایش (۴)، انرژی فعال‌سازی واکنش از سایر شرایط کمتر است؛ بنابراین نمودار (c) را می‌توان به آن نسبت داد. عبارت (پ): سرعت واکنش (۳) کمتر است؛ بنابراین انرژی فعال‌سازی بزرگ‌تری دارد. عبارت (ت): کاتالیزگر، ΔH واکنش را تغییر نمی‌دهد.

B ۲۸۰۱ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: مقدار آنتالپی واکنش به حضور یا عدم حضور کاتالیزگر بستگی ندارد و در هر دو حالت یکسان است. عبارت دوم: کاتالیزگر با تغییر مسیر واکنش انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش‌دهنده‌ها سریع‌تر به فراورده‌ها تبدیل شوند. عبارت سوم: در حضور توری پلاتینی واکنش به‌صورت انفجاری و در حضور پودر روی واکنش سریع پیشرفت می‌کند. این امر نشان‌دهندهٔ این است که توری پلاتینی نسبت به پودر روی انرژی فعال‌سازی واکنش را بیشتر کاهش می‌دهد و سبب می‌شود که واکنش آسان‌تر و با سرعت بالاتر به انجام برسد. اختلاف سطح انرژی قلهٔ نمودار و واکنش‌دهنده‌ها نشان‌دهندهٔ انرژی فعال‌سازی است. عبارت چهارم: محتوای انرژی مواد شرکت‌کننده در واکنش در اثر ایجاد جرقه، در حضور کاتالیزگر یا بدون حضور کاتالیزگر یکسان می‌باشد. عبارت پنجم: روی (Zn) و پلاتین (Pt) کاتالیزگرهای این واکنش هستند. E° پلاتین بزرگ‌تر از E° روی است، پس در سلول گالوانی حاصل از نیم‌سلول استاندارد آن‌ها، پلاتین کاتد و روی آند است و الکترون از آند (تیغهٔ روی) که جرم مولی کمتری دارد به کاتد (تیغهٔ پلاتینی) که جرم مولی بیشتری دارد، جریان می‌یابد.

B ۲۸۰۲ ۳ در نمودار داده شده، انرژی فعال‌سازی رفت برابر ۱۰۲kJ و انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت برابر ۴۸kJ است. می‌دانیم که کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت را به یک‌اندازه کاهش می‌دهد. در گزینهٔ (۳)، E_a (رفت) و E_a (برگشت) هر دو در حضور کاتالیزگر به میزان ۱۳kJ کاهش یافته‌اند.

B ۲۸۰۳ ۲ ابتدا E_a (برگشت) را در غیاب کاتالیزگر به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow -۴۵ = ۳۰ - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = ۳۰ + ۴۵ = ۷۵\,kJ$$

در حضور کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت هر دو به یک‌اندازه کاهش می‌یابند. با توجه به اینکه در حضور کاتالیزگر E_a (رفت) به اندازهٔ ۱۴ کیلوژول کاهش یافته، پس E_a (برگشت) هم به همین میزان کاهش می‌یابد. E_a(در حضور کاتالیزگر) $= E_a$(برگشت) $- ۱۴ = ۶۱\,kJ$

B ۲۸۰۴ ۴ می‌توانیم در مسیر بدون کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت (E_a) را در غیاب کاتالیزگر حساب کنیم:

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow +۹۲ = E_a(\text{رفت}) - ۴۴ \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = ۱۳۶\,kJ$$

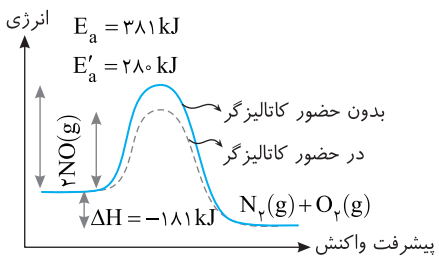
انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت در حضور و در غیاب کاتالیزگر، به‌ترتیب ۴۴ و ۳۱ کیلوژول است، یعنی کاتالیزگر E_a (برگشت) را به اندازهٔ ۱۳ کیلوژول بر مول (۳۱−۴۴) کاهش داده است. با توجه به اینکه کاتالیزگر E_a (رفت) و E_a (برگشت) را به یک‌میزان کاهش می‌دهد، پس E_a (رفت) در حضور کاتالیزگر برابر ۱۲۳ کیلوژول (۱۳−۱۳۶) است. در ضمن، کاتالیزگر ΔH واکنش را تغییر نمی‌دهد.

B ۲۸۰۵ ۲ ابتدا میزان کاهش E_a (رفت) را حساب می‌کنیم:

$$\text{میزان کاهش } E_a(\text{رفت}) \text{ در حضور کاتالیزگر} = \frac{۴۰}{۱۰۰} \times ۷۵ = ۳۰\,kJ.mol^{-۱}$$

کاتالیزگر، E_a (رفت) و E_a (برگشت) را به یک‌میزان کاهش می‌دهد، پس در حضور کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت هم به میزان ۳۰kJ کاهش یافته و به ۷۵kJ (۱۰۵−۳۰) می‌رسد.

B ۲۸۰۶ ۲ استفاده از کاتالیزگر در واکنش‌های شیمیایی باعث کم شدن انرژی فعال‌سازی واکنش و در نتیجه افزایش سرعت واکنش می‌شود اما تغییری در محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و همچنین آنتالپی واکنش ایجاد نمی‌کند. با توجه به گرماده بودن واکنش، می‌توان نتیجه گرفت که در این واکنش محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها از فراورده‌ها بالاتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): استفاده از کاتالیزگر تغییری در محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و آنتالپی واکنش ایجاد نمی‌کند. گزینهٔ (۳): با توجه به کمتر بودن سطح انرژی فراورده‌ها می‌توان نتیجه گرفت که فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایدارترند، اما استفاده از کاتالیزگر تغییری در ΔH واکنش و گرمای آزاد شده ایجاد نمی‌کند. گزینهٔ (۴): استفاده از کاتالیزگر باعث افزایش سرعت واکنش و در نتیجه افزایش سرعت تولید گاز $O_۲$ می‌شود اما همان‌طور که گفته شده کاتالیزگر تأثیری در محتوای انرژی مواد شرکت‌کننده در واکنش و در نتیجه پایداری آن‌ها ندارد.



★ **نکته** با استفاده از کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی رفت، انرژی فعال‌سازی برگشت، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها، سرعت تولید فراورده‌ها و مدت زمان پایان یافتن واکنش تغییر می‌کند اما استفاده از کاتالیزگر تغییری در نوع و مقدار فراورده‌های تولید شده، پایداری و محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، مقدار گرمای آزاد یا جذب شده و آنتالپی واکنش ایجاد نمی‌کند.

B ۲۸۰۷ ۱ با استفاده از ΔH واکنش و مجموع E_a (رفت) و E_a (برگشت) که در صورت پرسش داده شده، E_a (رفت) و E_a (برگشت) در غیاب کاتالیزگر قابل محاسبه هستند.

$$\left.\begin{array}{l}\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = ۴۲ \\ E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = ۱۰۲\end{array}\right\} \Rightarrow ۲E_a(\text{رفت}) = ۱۴۴ \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = \frac{۱۴۴}{۲} = ۷۲\,kJ \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = ۱۰۲ - ۷۲ = ۳۰\,kJ$$

$$\frac{E_a(\text{در حضور کاتالیزگر})(\text{برگشت})}{E_a(\text{در غیاب کاتالیزگر})(\text{برگشت})} = ۰/۹ \Rightarrow E_a(\text{در حضور کاتالیزگر})(\text{برگشت}) = ۰/۹ \times ۳۰ = ۲۷\,kJ$$

با استفاده از کاتالیزگر E_a (برگشت) از ۳۰kJ به ۲۷kJ کاهش یافته، یعنی کاتالیزگر E_a (برگشت) را به میزان ۳kJ کاهش داده، پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که E_a (رفت) در حضور کاتالیزگر به اندازهٔ ۳kJ کاهش یافته و از ۷۲kJ به ۶۹kJ می‌رسد. E_a(در حضور کاتالیزگر) $= E_a$(رفت) $+ E_a$(برگشت) $= ۶۹ + ۲۷ = ۹۶\,kJ$

B ۲۸۰۸ ۲ با توجه به سؤال، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت قبل استفاده از کاتالیزگر ۳ برابر و بعد از آن ۴ برابر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت می‌باشد. از طرفی استفاده از کاتالیزگر اثری بر مقدار ΔH ندارد؛ بنابراین آنتالپی واکنش قبل و بعد از استفاده از کاتالیزگر یکسان است:

$$\left.\begin{array}{l}(۱)\ \text{حالت}: \Delta H_۱ = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \\ (۲)\ \text{حالت}: \Delta H_۲ = E'_a(\text{رفت}) - E'_a(\text{برگشت})\end{array}\right\} \xrightarrow{\Delta H_۱ = \Delta H_۲} E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = E'_a(\text{رفت}) - E'_a(\text{برگشت})$$

$$\xrightarrow[E'_a(\text{برگشت}) = ۴E'_a(\text{رفت})]{E_a(\text{برگشت}) = ۳E_a(\text{رفت})} E_a(\text{رفت}) - ۳E_a(\text{رفت}) = E'_a(\text{رفت}) - ۴E'_a(\text{رفت}) \Rightarrow ۲E_a(\text{رفت}) = ۳E'_a(\text{رفت}) \Rightarrow E'_a(\text{رفت}) = \frac{۲}{۳}E_a(\text{رفت})$$

درصد کاهش انرژی فعال‌سازی رفت $=\frac{E'_a(\text{رفت})-E_a(\text{رفت})}{E_a(\text{رفت})}\times ۱۰۰=\frac{\frac{۲}{۳}E_a(\text{رفت})-E_a(\text{رفت})}{E_a(\text{رفت})}\times ۱۰۰\simeq ۳۳/۳$

علامت منفی نشان دهندهٔ کاهش است؛ پس در صورت استفاده از کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی رفت به میزان ۳۳/۳ ٪ کاهش می‌یابد.

B ۲۸۰۹ **۲** با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری گاز اکسیژن برابر یک است، سرعت تولید آن با سرعت واکنش برابر است.

$$۲H_۲O_۲(aq)\rightarrow ۲H_۲O(l)+O_۲(g)\qquad \bar{R}(O_۲)=۰/۴\,mol.\,min^{-۱}\qquad ?\,mol\,O_۲=۳۰s\times\frac{۱min}{۶۰s}\times\frac{۰/۴mol\,O_۲}{۱min}=۰/۲mol\,O_۲$$

در حضور کاتالیزگر، سرعت واکنش افزایش یافته و زمان انجام واکنش کمتر از ۳۰ ثانیه خواهد بود. از طرف دیگر، با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد، بنابراین تعداد مول $O_۲$ تولید شده در ۱۰ ثانیهٔ اول بیشتر از ۱۰ ثانیهٔ دوم می‌باشد.

B ۲۸۱۰ **۴** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. با توجه به اطلاعات سؤال می‌توان دریافت که $E_a=۳۸۰kJ$ و $\Delta H=-۱۸۰kJ$ است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$۲NO(g)\rightarrow N_۲(g)+O_۲(g)+۱۸۰kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,N_۲=۰/۲۵mol\,NO\times\frac{۱mol\,N_۲}{۲mol\,NO}=۰/۱۲۵mol\,N_۲\,,\quad ?\,kJ=۰/۲۵mol\,NO\times\frac{۱۸۰kJ}{۲mol\,NO}=۲۲/۵kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول NO مصرفی}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول } N_۲ \text{ تولیدی}}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{۰/۲۵}{۲}=\frac{x\,mol\,N_۲}{۱}=\frac{Q}{|-۱۸۰|}\Rightarrow x=۰/۱۲۵\,mol\,N_۲\,,Q=۲۲/۵kJ$$

عبارت (ب): در واکنش‌های گرماده، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر است. عبارت (ت): تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها همان ΔH واکنش است که کاتالیزگر تأثیری روی مقدار آن ندارد.

B ۲۸۱۱ **۲** ابتدا مقدار گرمای لازم برای رسیدن دمای آب به $۱۰۰^\circ C$ را محاسبه می‌کنیم:

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow ۰/۲۵\times۴/۲\times۲۵=۲۶/۲۵kJ$$

حال اندازهٔ ΔH واکنش را به دست می‌آوریم:

$$۷/۸۴L\,mg\,M,X\times\frac{۱mol\,M,X}{۲۲/۴L\,M,X}\times\frac{x\,kJ}{۴mol\,M,X}=۲۶/۲۵kJ\Rightarrow x=|\Delta H|=۳۰۰kJ$$

بنابراین ΔH واکنش برابر -۳۰۰ کیلوژول است. با استفاده از کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت، $\frac{۲}{۳}$ برابر و انرژی فعال‌سازی برگشت، $\frac{۷}{۸}$ برابر می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$\Delta H=E_{a(\text{رفت})}-E_{a(\text{برگشت})}\begin{cases}E_{a(\text{رفت})}-E_{a(\text{برگشت})}=-۳۰۰\\ \frac{۲}{۳}E_{a(\text{رفت})}-\frac{۷}{۸}E_{a(\text{برگشت})}=-۳۰۰\end{cases}\Rightarrow E_{a(\text{رفت})}=۱۸۰kJ\,,E_{a(\text{برگشت})}=۴۸۰kJ$$

با استفاده از کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت به $۱۲۰kJ$ و انرژی فعال‌سازی برگشت به $۴۲۰kJ$ می‌رسد که مجموع آن‌ها برابر $۵۴۰kJ$ است.

C ۲۸۱۲ **۱** ابتدا باید محاسبه کنیم که با کاربرد کاتالیزگر در این فرایند به ازای تبدیل یک کیلوگرم گازوئیل به فراورده‌های مورد نظر چند کیلوژول گرما صرفه‌جویی می‌شود:

$$Q=m.c.\Delta\theta=۱۰۰۰\times۰/۸\times(۷۰۰-۵۰۰)=۱۶۰۰۰۰J=۱۶۰\,kJ$$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول: حال باید محاسبه کنیم که این مقدار گرما از سوختن چند لیتر گاز متان حاصل می‌شود:

$$?\,L\,CH_۴=۱۶۰\,kJ\times\frac{۱mol\,CH_۴}{۸۸۰\,kJ}\times\frac{۲۲/۴L\,CH_۴}{۱mol\,CH_۴}\simeq ۴/۰۷\,L\,CH_۴$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن متان به‌صورت زیر است:

$$CH_۴(g)+۲O_۲(g)\rightarrow CO_۲(g)+۲H_۲O(l)\,,\Delta H=-۸۸۰\,kJ\qquad ?\,g\,CO_۲=۱۶۰\,kJ\times\frac{۱mol\,CH_۴}{۸۸۰\,kJ}\times\frac{۱mol\,CO_۲}{۱mol\,CH_۴}\times\frac{۴۴g\,CO_۲}{۱mol\,CO_۲}=۸g\,CO_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{Q}{|\Delta H|}=\frac{x\,L\,CH_۴}{\text{ضریب}\times ۲۲/۴}=\frac{y\,g\,CO_۲}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۱۶۰}{۸۸۰}=\frac{x\,L\,CH_۴}{۱\times۲۲/۴}=\frac{y\,g\,CO_۲}{۱\times۴۴}\Rightarrow x\simeq ۴/۰۷L\,CH_۴\,,y=۸g\,CO_۲$$

C ۲۸۱۳ **۲** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند.

$$E_a(\text{رفت})_{\text{کاتالیزگر}}=۰/۸E_a(\text{رفت}),E_a(\text{برگشت})_{\text{کاتالیزگر}}=۰/۷E_a(\text{برگشت})\Rightarrow ۰/۲E_a(\text{رفت})=۰/۳E_a(\text{برگشت})\Rightarrow E_a(\text{رفت})=۱/۵\,E_a(\text{برگشت})$$

$$E_a(\text{رفت})+E_a(\text{برگشت})=۲/۵E_a(\text{برگشت})=۱۲۵۰\Rightarrow E_a(\text{برگشت})=۵۰۰kJ,E_a(\text{رفت})=۷۵۰kJ$$

$$\Delta H=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})=۷۵۰-۵۰۰=۲۵۰kJ$$

$$E_a(\text{رفت})_{\text{کاتالیزگر}}=E_a(\text{رفت})-۰/۲E_a(\text{رفت})=۷۵۰-۰/۲(۷۵۰)=۶۰۰kJ$$

$$E_a(\text{برگشت})_{\text{کاتالیزگر}}=E_a(\text{برگشت})-۰/۳E_a(\text{برگشت})=۵۰۰-۰/۳(۵۰۰)=۳۵۰kJ$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): $E_a(\text{رفت})=۷۵۰kJ$ و $E_a(\text{برگشت})=۵۰۰kJ$ و نسبت آن‌ها برابر ۱/۵ و واکنش گرماگیر است، زیرا $\Delta H=+۲۵۰kJ$.

عبارت (ب): $\Delta H=۲۵۰kJ$ و $E_a(\text{برگشت})_{\text{کاتالیزگر}}=۵۰۰kJ$ و نسبت آن‌ها برابر ۰/۵ است. عبارت (پ): $E_a=۷۵۰kJ$ و $E_a(\text{رفت})_{\text{کاتالیزگر}}=۶۰۰kJ$ و تفاوت آن‌ها برابر ۱۵۰kJ است. عبارت (ت): $E_a(\text{رفت})_{\text{کاتالیزگر}}=۶۰۰kJ$ و $E_a(\text{برگشت})_{\text{کاتالیزگر}}=۵۰۰kJ$ و نسبت آن‌ها برابر ۱/۲ است.

B **۲۸۱۴** **۱** استفاده از سوخت‌های فسیلی باکیفیت، میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها را تا حدودی کاهش می‌دهد، اما نمی‌تواند باعث کاهش میزان آلاینده‌های CO، NO و C_xH_y شود.

A **۲۸۱۵** **۳** شکل داده شده، مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد. در این مبدل کاتالیستی واکنش‌های زیر انجام می‌شود:

$$C_xH_y+(x+\frac{y}{4})O_2\rightarrow xCO_2+\frac{y}{2}H_2O\,,\quad 2CO+O_2\rightarrow 2CO_2\,,\quad 2NO\rightarrow N_2+O_2$$

طبق واکنش‌های بالا مشخص است که در این مبدل‌ها هیدروکربن‌ها و گاز کربن مونوکسید می‌سوزند و گاز نیتروژن مونوکسید به گازهای نیتروژن و اکسیژن تجزیه می‌شود.

A **۲۸۱۶** **۱** واکنش حذف $NO(g)$ توسط مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی به‌صورت روبه‌رو است: $2NO(g)\rightarrow N_2(g)+O_2(g)$

دقت کنید واکنش حذف همزمان $NO(g)$ و $NO_2(g)$ توسط مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی به‌صورت زیر می‌باشد:

$$NO(g)+NO_2(g)+2NH_3(g)\rightarrow 2N_2(g)+3H_2O(g)$$

پس در بین گزینه‌ها، فقط مقدار $NO(g)$ توسط مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی کاهش می‌یابد. دقت کنید که O_2 آلاینده نیست و مقدار CO_2 توسط مبدل‌های کاتالیستی خودروها افزایش می‌یابد.

B **۲۸۱۷** **۳** همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت (پ) درست است. واکنش (۱) به حذف کربن مونوکسید و واکنش (۲) به حذف نیتروژن مونوکسید مربوط هستند. این واکنش‌ها به دلیل انرژی فعال‌سازی زیاد، در دمای پایین انجام نمی‌شوند و یا بسیار کند هستند. معادلهٔ واکنش‌های انجام شده به‌صورت زیر است:

واکنش (۱): $2CO(g)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)\quad \Delta H=-566kJ$ ، واکنش (۲): $2NO(g)\rightarrow N_2(g)+O_2(g)\quad \Delta H=-181kJ$

در اثر تولید ۲ مول فراورده در واکنش (۱) مقدار ۵۶۶ کیلوژول و در اثر تولید ۲ مول فراورده در واکنش (۲) مقدار ۱۸۱ کیلو ژول گرما آزاد می‌شود که اختلاف آن‌ها ۳۸۵ کیلوژول است. **بررسی عبارت (ت):** انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (۲) برابر ۳۸۱ کیلوژول و انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (۱) برابر ۳۳۴ کیلوژول است، پس سرعت رفت واکنش (۱) کمتر است، اما انرژی فعال‌سازی واکنش‌های برگشت (۱) و (۲) به‌ترتیب ۹۰۰ و ۵۶۲ کیلوژول است، پس سرعت برگشت واکنش (۲) بیشتر است.

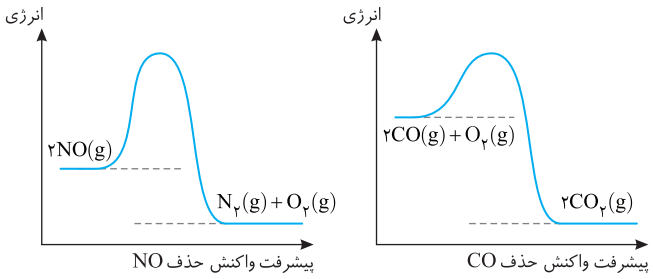
B **۲۸۱۸** **۳** واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌ها درون یک مبدل کاتالیستی به‌صورت مقابل است: $2CO(g)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)\,,\Delta H<0$

$$C_xH_y(g)+(x+\frac{y}{4})O_2(g)\rightarrow xCO_2(g)+\frac{y}{2}H_2O(g)\,,\Delta H<0$$

$$2NO(g)\rightarrow N_2(g)+O_2(g)\,,\Delta H<0$$

کاتالیزگرها اغلب به‌صورت اختصاصی و انتخابی عمل می‌کنند و سرعت هر کدام از این سه واکنش توسط یک کاتالیزگر خاص افزایش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): هر سه واکنش $\Delta H<0$ دارند و گرماده هستند. گزینهٔ (۲): واکنش‌های مربوط به حذف گازهای CO و NO انرژی فعال‌سازی زیاد دارند و در دمای پایین یا انجام نمی‌شوند و یا بسیار کند انجام می‌شوند. گزینهٔ (۴): در هر سه واکنش، رابطهٔ مقابل برقرار است: واکنش‌دهنده‌ها < فراورده‌ها :مقایسهٔ پایداری ⟹ واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها :مقایسهٔ سطح انرژی

B **۲۸۱۹** **۳** موارد اول، سوم و چهارم برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب نیستند. نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش مربوط به واکنش‌های حذف گازهای CO و NO به‌صورت مقابل است:



بررسی موارد: مورد اول: در واکنش مربوط به حذف گاز NO، سرعت واکنش رفت (تجزیهٔ $NO(g)$) بیشتر از سرعت واکنش برگشت (تولید $NO(g)$) است، زیرا E_a (رفت) کمتر از E_a (برگشت) است. مورد دوم: اختلاف سطح انرژی قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش و فراورده‌ها برابر با E_a (برگشت) و اختلاف سطح انرژی قلهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش و واکنش‌دهنده‌ها برابر با E_a (رفت) است. در واکنش حذف گاز CO، E_a (برگشت) بزرگ‌تر از E_a (رفت) است. مورد سوم: هر دو واکنش انرژی فعال‌سازی زیادی دارند و برای انجام شدن آن‌ها باید از کاتالیزگر استفاده کرد. مورد چهارم: واکنش حذف هیدروکربن‌های نسوخته گرماده است. در نتیجه E_a (برگشت) بزرگ‌تر از E_a (رفت) است. مورد پنجم: برای حذف CO و C_xH_y گاز اکسیژن مصرف می‌شود. این در حالی است که در واکنش حذف NO، گاز اکسیژن تولید می‌شود.

B **۲۸۲۰** **۲** شکل یک مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد. گازهای NO، CO و هیدروکربن‌های نسوخته مولکول‌های ورودی به قطعه و H_2O، گازهای N_2، O_2 و CO_2 خروجی‌های این قطعه هستند. عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در میان مولکول‌های وارد شده به قطعه، CO و در میان مولکول‌های خارج شده از قطعه، N_2 دارای پیوند سه‌گانه است. عبارت (ب): NO در واکنش تولید اوزون تروپوسفری به همراه اوزون تولید می‌شود. عبارت (پ): CO_2 در واکنش حذف انواع هیدروکربن‌ها و در واکنش حذف گاز کربن مونواکسید تولید می‌شود. $2CO(g)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)$

$$C_xH_y(g)+(x+\frac{y}{4})O_2(g)\rightarrow xCO_2(g)+\frac{y}{2}H_2O(g)$$

عبارت (ت): هیدروکربن‌های وارد شده به قطعه، مخلوطی از چند مولکول مختلف هستند، نه فقط مولکول C_8H_{18} که فرمول مولکولی میانگین ترکیب‌های موجود در بنزین است.

B **۲۸۲۱** **۳** با توجه به جدول نشان داده شده می‌توان دریافت که در حضور قطعهٔ A، مقدار زیادی از آلاینده‌ها نمی‌توانند وارد هواکره شوند و این امر نشان می‌دهد که این قطعه کار خود را با بازدهی بالایی انجام می‌دهد. عملکرد این قطعه وابسته به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن است.

در این قطعه ۳ نوع کاتالیزگر وجود دارد که هر کدام یک واکنش خاصی را سرعت می‌بخشند و به‌صورت اختصاصی و انتخابی عمل می‌کنند. این قطعه را در مسیر گازهای خروجی از خودروها قرار می‌دهند تا با واکنش‌های شیمیایی که توسط آن کاتالیز می‌شود، مقدار آلاینده‌های خروجی از خودرو کاهش یابد. در ادامه درصد کاهش مقدار آلاینده‌ها را محاسبه می‌کنیم:

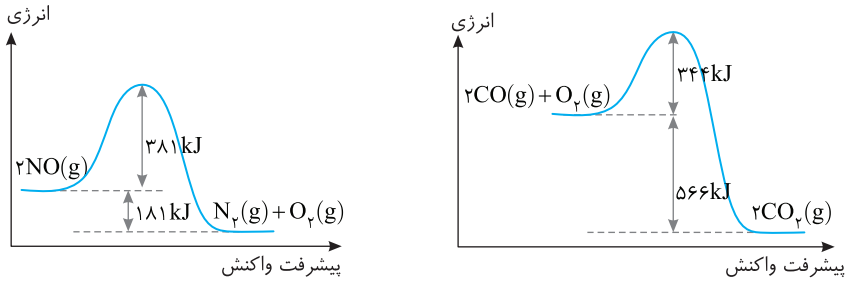
$$\%\Delta m(CO)=\frac{۰/۶۱-۵/۹۹}{۵/۹۹}\times۱۰۰\simeq\%-۸۹/۸\,,\ \%\Delta m(C_xH_y)=\frac{۰/۰۷-۱/۶۷}{۱/۶۷}\times۱۰۰\simeq\%-۹۵/۸\,,\ \%\Delta m(NO)=\frac{۰/۰۴-۱/۰۴}{۱/۰۴}\times۱۰۰\simeq\%-۹۶/۱$$

$\Rightarrow$ مقایسهٔ درصد کاهش: $NO>C_xH_y>CO$

B ۲۸۲۲ ۴ شکل یک مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد. می‌دانیم توری‌های با جنس سرامیک موجود در آن با فلزهای Pt، Pd و Rh پوشیده شده است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مبدل کاتالیستی باعث کاهش یا حذف آلاینده‌ها می‌شود. گزینهٔ (۲): بر روی سطح این قطعهٔ سرامیکی که به شکل توری به‌کار می‌رود، فلزهای رودیم، پالادیم و پلاتین نشانده شده است. گزینهٔ (۳): این امر به تأثیر افزایش سطح تماس بر افزایش سرعت واکنش اشاره دارد.

B ۲۸۲۳ ۳ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: مبدل کاتالیستی حاوی ۳ نوع کاتالیزگر (فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt)) است. عبارت دوم: کاتالیزگرها نمی‌توانند سرعت هر واکنشی را زیاد کنند و فقط به تعداد معدودی واکنش سرعت می‌بخشند. عبارت سوم: در سطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارد. عبارت چهارم: با اینکه مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند، اما پس از مدت معینی کارایی آن کاهش می‌یابد و دیگر قابل استفاده نیست.

B ۲۸۲۴ ۲ عبارت‌های اول و دوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: میزان CO و NO خروجی از اگزوز خودروها به ازای طی یک کیلومتر به ترتیب برابر ۵/۹۹ و ۱/۰۴ گرم است. همان‌طور که مشخص است، میزان CO به تقریب ۵/۷۶ برابر مقدار NO است. عبارت دوم: نمودار «انرژی - پیشرفت» این دو واکنش به‌صورت زیر است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، واکنش تبدیل NO به N_2 گرماده $(\Delta H<0)$ بوده و E_a این تبدیل از E_a تبدیل CO به CO_2 بزرگ‌تر است.

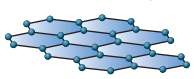


عبارت سوم: در مبدل‌های کاتالیستی از فلزات رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) استفاده می‌شود. همچنین در سطح سرامیک‌های مبدل‌های کاتالیستی، این توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند. عبارت چهارم: مبدل کاتالیستی می‌تواند منجر به کاهش ورود آلاینده‌هایی مانند CO، C_xH_y و NO به هواکره شود اما آن‌ها را به‌طور کامل نمی‌تواند حذف کند. جدول زیر میزان آلاینده‌ها در حضور و غیاب مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد:

فرمول شیمیایی آلاینده		CO	C_xH_y	NO
مقدار آلاینده برحسب گرم به ازای طی یک کیلومتر	در غیاب مبدل کاتالیستی	۵/۹۹	۱/۶۷	۱/۰۴
	در حضور مبدل کاتالیستی	۰/۶۱	۰/۰۷	۰/۰۴

B ۲۸۲۵ ۲ **بررسی پاسخ پرسش‌ها:** پرسش (الف): در روزهای سرد نسبت به روزهای گرم در هنگام روشن و گرم شدن موتور خودرو، مقدار بیشتری از آلاینده‌ها وارد هواکره می‌شود. پرسش (ب): در هنگام روشن و گرم شدن خودرو از آنجا که مبدل کاتالیستی هنوز دمای پایینی دارد، کارایی لازم را نداشته و در نتیجه مقدار زیادی از آلاینده‌های CO، NO و C_xH_y از اگزوز خودرو خارج می‌شوند. پرسش (پ): یک راه مناسب برای غلبه بر این مشکل استفاده از مبدل‌هایی است که دارای مواد شیمیایی و سیستم عایق‌بندی مخصوصی هستند که می‌توانند دمای بالا را برای مدت نسبتاً طولانی در خود نگه دارند.

B ۲۸۲۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در واکنش مربوط به حذف گاز CO در مبدل‌های کاتالیستی، گاز CO به گاز CO_2 تبدیل می‌شود که عدد اکسایش کربن در این دو ترکیب به‌ترتیب برابر $(+2)$ و $(+4)$ است؛ در نتیجه کربن اکسایش یافته و CO نقش کاهنده را دارد. عبارت (ب): کاتالیزگر در واکنش شرکت می‌کند، اما مصرف نمی‌شود و باقی می‌ماند، پس باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد. عبارت (پ): در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواستهٔ دیگری انجام شود. عبارت (ت): مبدل‌های کاتالیستی در دماهای پایین کارایی خود را از دست می‌دهند و برای کارکرد مناسب باید دمای آن‌ها به مقدار مشخصی رسیده باشد.



C ۲۸۲۷ ۳ به‌جز عبارت (ت) سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کاتالیزگرهای مورد استفاده در مبدل‌های کاتالیستی، فلزهای پلاتین (Pt)، پالادیم (Pd) و رودیم (Rh) هستند که در دستهٔ d قرار دارند از طرفی نیتینول (آلیاژ هوشمند) از فلزهای نیکل و تیتانیم ساخته شده که آن‌ها نیز از عناصر دستهٔ d جدول تناوبی هستند. عبارت (ب): ساختار گرافن به صورت روبه‌رو است. با توجه به آن، هر اتم کربن میان سه حلقهٔ شش‌ضلعی مشترک است. عبارت (پ): زمانی یک یون فقط خاصیت اکسندگی دارد که در حداکثر عدد اکسایش خود قرار داشته باشد. در وانادیم بیشترین عدد اکسایش $+5$ است که رنگ محلول‌های حاوی آن زرد است. از طرفی رنگ شعلهٔ سدیم (جزء کاتیونی صابون‌های جامد) و ترکیبات آن نیز زرد است. عبارت (ت): از تیتانیم در ساخت پروانهٔ کشتی‌های اقیانوس‌پیما استفاده می‌شود. یکی از اکسیدهای تیتانیم، TiO_2 است که رنگ‌دانه‌ای معدنی است که رنگ سفید را ایجاد می‌کند. عبارت (ث): واکنش‌های زیر در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی انجام می‌شود:

$$I)\ 2CO(g)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)\qquad II)\ 2NO(g)\rightarrow N_2(g)+O_2(g)\qquad III)\ C_xH_y(g)+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+H_2O(g)$$

در خودروهای دیزلی، علاوه‌بر واکنش‌های (I) و (III)، واکنش مقابل نیز انجام می‌شود:

$$NO(g)+NO_2(g)+2NH_3(g)\rightarrow 2N_2(g)+3H_2O$$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید همهٔ واکنش‌ها از نوع اکسایش - کاهش هستند؛ زیرا در همهٔ آن‌ها عدد اکسایش حداقل یک گونه تغییر می‌کند.

C ۲۸۲۸ ۱ به‌جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): هلیم (He) نخستین عنصر با نماد دوحرفی است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای هلیم، استفاده از آن در خنک‌سازی قطعات تصویربرداری مثل MRI است. این دستگاه نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است. عبارت (ب): در واکنش تولید اتانول در مقیاس صنعتی، از $H_2SO_4(aq)$ به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌کنند که در آب نقش واکنش‌دهنده را دارد و محلول (مخلوط) همگن است.

عبارت (پ): معادلهٔ واکنش‌های تولید اوزون تروپوسفری به صورت زیر است:

$$I)\ N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g) \qquad II)\ 2NO(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO_2(g) \qquad III)\ NO_2(g)+O_2(g)\rightarrow NO(g)+O_3(g)$$

در هوای شهرهای بزرگ، با افزایش غلظت O_3، غلظت NO کاهش می‌یابد. عبارت (ت): در گاز خروجی از اگزوز خودروها، آلاینده‌های CO، NO و C_xH_y به‌طور شایع دیده می‌شوند. پس از قرار دادن مبدل کاتالیستی در مسیر اگزوز این خودروها، جرم هر کدام از این آلاینده‌ها به‌طرز چشمگیری کاهش می‌یابد که مقایسهٔ درصد کاهش جرم این آلاینده به صورت $NO>C_xH_y>CO$ می‌باشد. با توجه به این مقایسه، x معادل NO و z معادل CO است که معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش آن‌ها به صورت زیر است:

$$2NO+2CO\rightarrow N_2+2CO_2$$

بدون دانستن تمام موارد بالا می‌توانستید حدس بزنید که x و z هیچ‌کدام C_xH_y نیستند؛ زیرا تاکنون هیچ واکنشی میان CO یا NO با یک هیدروکربن معرفی نشده است!

عبارت (ث): اتن، سنگ‌بنای صنایع پتروشیمی است که در واکنش آن با آب در حضور اسید، اتانول (C_2H_6O) تولید می‌شود از طرفی ترکیبی که نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی آن نمایش داده شده است، دی‌متیل اتر با فرمول CH_3OCH_3 است که با اتانول (CH_3CH_2OH) ایزومر می‌باشد.

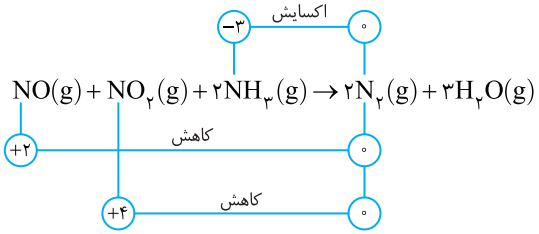
A ۲۸۲۹ ۱ واکنش مربوط به تجزیهٔ $NO(g)$ به $N_2(g)$ و $O_2(g)$ در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای دیزلی انجام نمی‌شود. در این مبدل‌ها، $NO(g)$ و NO_2 براساس واکنش روبه‌رو تجزیه می‌شوند:

$$NO(g)+NO_2(g)+2NH_3(g)\rightarrow 2N_2(g)+3H_2O(g)$$

A ۲۸۳۰ ۴ فقط عبارت (ت) نادرست است. واکنش تبدیل گازهای NO و NO_2 به N_2 به‌صورت $NO(g)+NO_2(g)+2NH_3(g)\rightarrow 2N_2(g)+3H_2O(g)$ است که مجموع ضرایب مولی فراورده ۵ و مجموع ضرایب مولی واکنش‌دهنده‌ها برابر ۴ و تفاوت آن‌ها برابر ۱ است.

A ۲۸۳۱ ۳ واکنش انجام شده در مبدل دیزلی $NO(g)+NO_2(g)+2NH_3(g)\rightarrow 2N_2(g)+3H_2O(g)$ است. مولکولی که در این واکنش اتم مرکزی آن دارای ۲ جفت‌الکترون ناپیوندی است، $H_2O(g)$ است که ضریب استوکیومتری آن برابر ۳ می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): N_2 و H_2O در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی هم تولید می‌شوند (به‌ترتیب در واکنش‌های حذف NO و حذف هیدروکربن‌ها). گزینهٔ (۲): این واکنش از مقدار گاز NO_2 که عامل ایجاد رنگ قهوه‌ای در هواکره است، می‌کاهد. گزینهٔ (۴): NH_3 به‌عنوان فراوردهٔ فرایند هابر یکی از واکنش‌دهنده‌های این واکنش است.

B ۲۸۳۲ ۳ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت اول درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فراورده‌های واکنش سوختن ناقص هیدروکربن‌ها، $CO(g)$ و $H_2O(g)$ هستند. $CO(g)$ جزء مولکول‌های خارج شده از این قطعه نیست. این مولکول از قسمت A وارد مبدل می‌شود. عبارت دوم: در قسمت‌های مختلف این مبدل کاتالیستی در مجموع ۳ نوع ترکیب نیتروژن‌دار یعنی NO_2، NO و NH_3 مشاهده می‌شود. توجه داشته باشید که N_2 یک عنصر است نه ترکیب. عبارت سوم: در قسمت A، گازهای CO، NO، NO_2 و هیدروکربن‌ها مشاهده می‌شود. عبارت چهارم: این دو ویژگی به علاوهٔ پایداری شیمیایی و گرمایی مناسب، برای هر کاتالیزگری الزامی است. عبارت پنجم: معادلهٔ واکنش حذف NO و NO_2 در مبدل کاتالیستی خودروها دیزلی به صورت مقابل است:

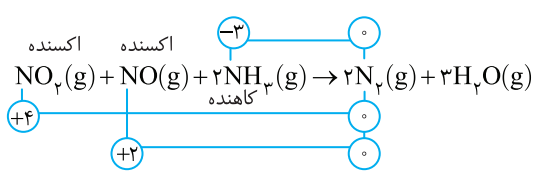


B ۲۸۳۳ ۲

گازهای وارد شده به خودروها		گازهای خارج شده از خودروها	
دیزلی	بنزینی	دیزلی	بنزینی
NH_3، NO_2، C_xH_y، NO و CO	C_xH_y، NO و CO	N_2، H_2O و CO_2	O_2، N_2، H_2O و CO_2

تنوع گازهای واردشده به مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی و تنوع گازهای خارج شده از مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی بیشتر است.

B ۲۸۳۴ ۱ در محفظهٔ دوم مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی این واکنش انجام می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): با توجه به جدول کتاب درسی، درصد بیشتری از گاز NO در مبدل کاتالیستی مصرف می‌شود. ساختار لوویس این گاز به صورت $:\dot{N}\!=\!\ddot{O}:$ است. گزینهٔ (۳): واکنش‌هایی که در مبدل کاتالیستی انجام می‌شوند همگی گرماده هستند؛ بنابراین در این واکنش‌ها انرژی فعال‌سازی برگشت قطعاً از اندازهٔ آنتالپی واکنش بزرگ‌تر است. گزینهٔ (۴): در واکنش $2CO+O_2\rightarrow 2CO_2$، اتم کربن در نقش کاهنده و مولکول اکسیژن در نقش اکسنده است و این واکنش از نوع اکسایش - کاهش می‌باشد. اندازهٔ آنتالپی این واکنش از واکنش تبدیل NO به N_2 بیشتر است.



B ۲۸۳۵ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست هستند. ابتدا تغییر عدد اکسایش عنصرها را در واکنش داده شده بررسی می‌کنیم. در این واکنش، فقط عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن تغییر می‌کند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: طی این واکنش، عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن در اکسیدهای آن (NO و NO_2) کاهش‌یافته است؛ بنابراین اکسیدهای نیتروژن اکسنده هستند؛ در حالی‌که عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن آمونیاک افزایش یافته و در نتیجه آمونیاک کاهنده است.

عبارت دوم: در این واکنش هر NO و هر NO_2 به‌ترتیب ۲ و ۴ الکترون گرفته‌اند، در حالی‌که هر NH_3 ، ۳ الکترون از دست می‌دهد. عبارت‌های سوم و چهارم: پس از موازنه، مجموع ضرایب مواد شرکت‌کننده در واکنش برابر ۹ است. این واکنش در مبدل خودروهای دیزلی، برای حذف آلاینده‌های نیتروژن‌دار NO و NO_2 و تبدیل آن‌ها به N_2 انجام می‌شود. برای سرعت بیشتر در موازنهٔ این واکنش، بهتر است به خاطر بسپارید که ضریب استوکیومتری گونه‌های NO و NO_2 برابر ۱ است.

B ۲۸۳۶ ۳ با توجه به مقدار آلاینده‌ها در حضور و در غیاب کاتالیزگر، درصد کاهش جرم هر یک از آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد کاهش جرم آلاینده} = \frac{\text{میزان کاهش جرم آلاینده}}{\text{مقدار اولیهٔ جرم}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد کاهش جرم CO} = \frac{(۵/۹۹ - ۰/۶۱)}{۵/۹۹} \times ۱۰۰ = \frac{۵/۳۸}{۵/۹۹} \times ۱۰۰ \simeq \frac{۵۳۸}{۶} \simeq ٪۹۰$$

$$\text{درصد کاهش جرم } C_8H_{18} = \frac{(۱/۶۷ - ۰/۰۷)}{۱/۶۷} \times ۱۰۰ = \frac{۱/۶}{۱/۶۷} \times ۱۰۰ \simeq \frac{۱۶۰}{۱/۷} \simeq ٪۹۴$$

$$\text{درصد کاهش جرم NO} = \frac{(۱/۰۴ - ۰/۰۴)}{۱/۰۴} \times ۱۰۰ = \frac{۱}{۱/۰۴} \times ۱۰۰ \simeq \frac{۱۰۰}{۱/۰۴} \simeq ٪۹۶$$

البته با توجه به گزینه‌ها نیازی به محاسبهٔ درصد کاهش جرم NO نبود. برای پاسخ به قسمت دوم سؤال، چون مسافت طی شده یکسان است، باید جرم هر یک از آلاینده‌ها در حضور کاتالیزگر را بر جرم مولی آن‌ها تقسیم کنیم:

$$\text{مول NO} = \frac{۰/۰۴}{۳۰} \simeq ۰/۰۰۱۳\text{mol}, \quad \text{مول } C_8H_{18} = \frac{۰/۰۷}{۱۱۴} \simeq ۰/۰۰۰۶\text{mol}, \quad \text{مول CO} = \frac{۰/۶۱}{۲۸} \simeq ۰/۰۲\text{mol}$$

توضیح محاسبات با توجه به کسرهای موجود، در مورد CO، صورت کسر نسبت به دو آلایندهٔ دیگر بزرگ‌تر بوده و مخرج آن نیز کوچک‌تر است، پس مقدار آن از دو آلایندهٔ دیگر بیشتر است و در نتیجه آن را کنار می‌گذاریم و از طرفی با توجه به گزینه‌ها اصلاً نیازی به محاسبهٔ آن نیست و در مورد دو آلایندهٔ C_8H_{18} و NO، در آلایندهٔ NO نسبت به C_8H_{18} مخرج خیلی کوچک‌تر بوده و کسر مربوط به آن بزرگ‌تر است و در نتیجه C_8H_{18} کمترین مول خروجی را دارد!

B ۲۸۳۷ ۳ ابتدا مقداری از آلاینده‌ها را که به ازای طی مسافت یک کیلومتر به ازای یک خودرو از ورود آن‌ها به هوا جلوگیری می‌شود به‌دست می‌آوریم:

$$\text{NO}: ۱/۰۴ - ۰/۰۴ = ۱\text{g} \qquad C_xH_y: ۱/۶۷ - ۰/۰۷ = ۱/۶\text{g} \qquad \text{CO}: ۵/۹۹ - ۰/۶۱ = ۵/۳۸\text{g}$$

جرمی از آلاینده‌ها که به ازای طی مسافت یک کیلومتر به ازای یک خودرو توسط مبدل‌ها جذب می‌شود و از ورود آن به هواکره جلوگیری می‌شود:

$$۵/۳۸ + ۱/۶ + ۱ = ۷/۹۸\text{g}$$

حال جرمی از آلاینده‌ها را که به ازای ۱۰^6 خودرو و طی مسافت روزانه ۵۰ کیلومتر برای هر خودرو توسط مبدل‌ها جذب می‌شود به‌دست می‌آوریم:

$$?\,\text{ton آلاینده} = ۱۰^6\,\text{خودرو} \times \frac{۵۰\text{km}}{۱\,\text{خودرو}} \times \frac{۷/۹۸\text{g آلاینده}}{۱\,\text{km}} \times \frac{۱\,\text{ton آلاینده}}{۱۰^6\,\text{g آلاینده}} = ۳۹۹\,\text{ton آلاینده}$$

توضیح محاسبات

پاسخ نزدیک به عدد ۴۰۰ است. (پاسخ: ۳۹۹)

$$\frac{۱۰^6 \times ۵۰ \times ۷/۹۸}{۱۰^6} = ? \xrightarrow[\text{به‌جای ۷/۹۸ عدد ۸ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{۱۰^6 \times ۵۰ \times ۸}{۱۰^6} = ۵۰ \times ۸ = ۴۰۰$$

B ۲۸۳۸ ۲ در غیاب کاتالیزگر هر خودرو به ازای طی ۱ کیلومتر، ۱/۰۴ گرم NO و در حضور کاتالیزگر، ۰/۰۴ گرم NO وارد هوا می‌کند. بنابراین از ورود ۱ گرم NO به هوا جلوگیری می‌شود. حال به محاسبهٔ مقدار مولی از NO که طی یک ماه از ورود آن به هوا جلوگیری شده است، می‌پردازیم:

$$?\,\text{mol NO} = ۳۰\,\text{روز} \times \frac{۷\,\text{km}}{۱\,\text{روز}} \times \frac{۱\,\text{g NO}}{۱\,\text{km}} \times \frac{۱\,\text{mol NO}}{۳۰\,\text{g NO}} = ۷\,\text{mol NO}$$

B ۲۸۳۹ ۴ ابتدا مقدار آلاینده‌ها در حضور و غیاب مبدل به ازای طی مسافت ۱ km را محاسبه می‌کنیم: مجموع مقدار آلاینده‌ها در حضور مبدل به ازای طی مسافت ۱km برابر است با:

$$۰/۶ + ۰/۰۶ + ۰/۰۴ = ۰/۷\text{g}$$

مجموع مقدار آلاینده‌ها در غیاب مبدل به ازای طی مسافت ۱km برابر است با:

$$۶ + ۱/۶۶ + ۱/۰۳ = ۸/۶۹\text{g} \Rightarrow \text{تفاوت} = ۸/۶۹ - ۰/۷ = ۷/۹۹\text{g}$$

میزان آلاینده‌ای که در یک روز، در صورت حضور مبدل کاتالیستی به هواکره وارد نمی‌شود برابر است با:

$$?\,\text{ton آلاینده} = ۸ \times ۱۰^5\,\text{خودرو} \times \frac{۵۰\text{km}}{۱\,\text{خودرو}} \times \frac{۷/۹۹\text{g آلاینده}}{۱\,\text{km}} \times \frac{۱\,\text{ton آلاینده}}{۱۰^6\,\text{g آلاینده}} = ۳۱۹/۶\,\text{ton آلاینده}$$

درصد جرمی CO در گازهای آلایندهٔ خروجی از اگزوز خودروهایی که مبدل کاتالیستی دارند برابر است با:

$$٪\text{CO} = \frac{\text{جرم CO}}{\text{مجموع جرم گازها}} \times ۱۰۰ = \frac{۰/۶}{۰/۶ + ۰/۰۴ + ۰/۰۶} \times ۱۰۰ = ٪۸۵/۷۱$$

B ۲۸۴۰ ۳ با توجه به نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش داده شده، آنتالپی واکنش برابر -۱۸۰kJ است. بنابراین معادلهٔ گرماشیمیایی انجام شده در مبدل کاتالیستی برای حذف آلایندهٔ NO به‌صورت مقابل است:

$$۲\text{NO(g)} \rightarrow \text{N}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \qquad \Delta H = -۱۸۰\text{kJ}$$

با توجه به جدول داده شده، در صورت استفاده از مبدل کاتالیستی، در هر کیلومتر پیمایش، یک گرم آلایندهٔ NO به N_2 و O_2 تبدیل می‌شود:

$$\text{NO مصرفی در هر کیلومتر پیمایش} = ۱/۰۴ - ۰/۰۴ = ۱\text{ g NO}$$

اکنون می‌توانیم گرمای تولید شده در مبدل کاتالیستی به ازای پیمایش ۱۰۰km مسافت را محاسبه کنیم:

$$?\,\text{kJ} = ۱۰۰\text{km مسافت} \times \frac{۱\text{ g NO}}{۱\,\text{km مسافت}} \times \frac{۱\,\text{mol NO}}{۳۰\,\text{g NO}} \times \frac{۱۸۰\text{kJ}}{۲\,\text{mol NO}} = ۳۰۰\text{kJ}$$

B ۲۸۴۱ ۳ ابتدا جرم CO تولید شده به ازای طی مسافت یک کیلومتر را پس از نصب مبدل کاتالیستی محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO=1\,km\times\frac{1\,h}{60\,km}\times\frac{60\,min}{1\,h}\times\frac{60\,s}{1\,min}\times\frac{0/025\,L\,CO}{1\,s}\times\frac{1\,mol\,CO}{30\,L\,CO}\times\frac{28\,g\,CO}{1\,mol\,CO}=1/4\,g\,CO$$

پس از نصب مبدل کاتالیستی، جرم CO تولید شده به ازای یک کیلومتر به ۱/۴ گرم رسیده است، بدین معنا که ۵/۶g (۷−۱/۴) آن توسط مبدل حذف شده است؛

پس بازده مبدل برابر است با:

$$\text{بازده مبدل کاتالیستی}=\frac{\text{جرم CO حذف شده}}{\text{جرم CO اولیه}}\times100=\frac{5/6}{7}\times100=\%80$$

C ۲۸۴۲ ۴ معادلهٔ واکنش سوختن کامل C_xH_y به‌صورت زیر است:

$$C_xH_y(g)+(x+\frac{y}{4})O_2(g)\rightarrow xCO_2(g)+(\frac{y}{2})H_2O(g)$$

$$\frac{\text{جرم } CO_2}{\text{جرم } H_2O}=2/2\Rightarrow\frac{44(x)}{(\frac{y}{2})18}=2/2\Rightarrow\frac{44x}{9y}=2/2\Rightarrow20x=9y\Rightarrow x=9,\quad y=20$$

فرمول مولکولی هیدروکربن مورد نظر به‌صورت C_9H_{20} است. نیمی از این هیدروکربن به‌صورت کامل می‌سوزد: $C_9H_{20}(g)+14O_2(g)\rightarrow9CO_2(g)+10H_2O(g)$

$$?\,L\,\text{هوا}=0/5\,mol\,C_9H_{20}\times\frac{14\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_9H_{20}}\times\frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}\times\frac{5\,L\,\text{هوا}}{1\,L\,O_2}=784\,L\,\text{هوا}$$

نیم دیگر از این هیدروکربن به‌صورت ناقص می‌سوزد: $2C_9H_{20}(g)+19O_2(g)\rightarrow18CO(g)+20H_2O(g)$

$$?\,L\,\text{هوا}=0/5\,mol\,C_9H_{20}\times\frac{19\,mol\,O_2}{2\,mol\,C_9H_{20}}\times\frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}\times\frac{5\,L\,\text{هوا}}{1\,L\,O_2}=532\,L\,\text{هوا}$$

دقت کنید که حدود ۲۰ درصد حجم هوا را گاز اکسیژن تشکیل می‌دهد. مجموع حجم هوای مورد نیاز = $784L+532L=1316L$ هوا

C ۲۸۴۳ ۱ واکنش انجام شده درون مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی به‌صورت مقابل است: $NO(g)+NO_2(g)+2NH_3(g)\rightarrow2N_2(g)+3H_2O(g)$

ابتدا مقدار آمونیاک مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,NH_3=140\,g\,N_2\times\frac{1\,mol\,N_2}{28\,g\,N_2}\times\frac{2\,mol\,NH_3}{2\,mol\,N_2}\times\frac{17\,g\,NH_3}{1\,mol\,NH_3}=85\,g\,NH_3$$

آلاینده‌های نیتروژن‌دار خروجی از موتور خودرو، گازهای NO و NO_2 هستند. مقدار کاهش این آلاینده‌ها برابر است با:

$$?\,g\,NO=140\,g\,N_2\times\frac{1\,mol\,N_2}{28\,g\,N_2}\times\frac{1\,mol\,NO}{2\,mol\,N_2}\times\frac{30\,g\,NO}{1\,mol\,NO}=75\,g\,NO$$

$$?\,g\,NO_2=140\,g\,N_2\times\frac{1\,mol\,N_2}{28\,g\,N_2}\times\frac{1\,mol\,NO_2}{2\,mol\,N_2}\times\frac{46\,g\,NO_2}{1\,mol\,NO_2}=115\,g\,NO_2$$

مجموع جرم کاهش یافتهٔ آلاینده‌ها: $75+115=190\,g$

* **توجه** می‌توان گازهای NO و NO_2 را یک ترکیب واحد با جرم مولی $(30+46=76\,g.mol^{-1})$ در نظر گرفت و محاسبه را کوتاه‌تر کرد:

$$?\,g\,(NO,NO_2)=140\,g\,N_2\times\frac{1\,mol\,N_2}{28\,g\,N_2}\times\frac{1\,mol\,(NO,NO_2)}{2\,mol\,N_2}\times\frac{76\,g\,(NO,NO_2)}{1\,mol\,(NO,NO_2)}=190\,g\,(NO,NO_2)$$

A ۲۸۴۴ ۴ در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع (نه گاز!) را به‌عنوان کود شیمیایی به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

A ۲۸۴۵ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (پ): شرایط بهینه برای انجام این واکنش دمای $450^\circ C$ و فشار 200atm در حضور کاتالیزگر آهن است.

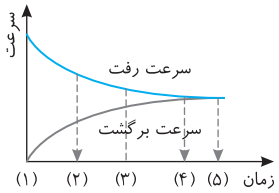
A ۲۸۴۶ ۱ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): به دسته‌ای از واکنش‌های برگشت‌پذیر که در آن‌ها واکنش‌های رفت و برگشت همزمان و با سرعت‌های برابر انجام می‌شوند به‌طوری‌که مقدار فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها ثابت باقی بماند واکنش‌های تعادلی می‌گویند؛ بنابراین واکنش‌های تعادلی زیرمجموعه‌ای از واکنش‌های برگشت‌پذیرند. عبارت (پ): در واکنش‌های تعادلی غلظت مواد ثابت می‌ماند ولی غلظت همهٔ مواد لزوماً با هم برابر نیست و غلظت هر ماده به ضریب آن و ثابت تعادل وابسته است. عبارت (ت): در واکنش‌های تعادلی، سرعت تولید با سرعت مصرف یک ماده برابر است و در نتیجه غلظت مواد ثابت است. عبارت (ث): نمودار «سرعت - زمان» برای یک واکنش تعادلی که در ابتدای واکنش فقط مواد واکنش‌دهنده وجود دارد به گونه‌ای است که سرعت واکنش رفت به تدریج کاهش و سرعت واکنش برگشت به تدریج افزایش می‌یابد و در لحظهٔ تعادل سرعت واکنش رفت و برگشت با هم برابر می‌شود.

B ۲۸۴۷ ۱ $O_2(g)$ در ظرف واکنش وجود ندارد، پس در ابتدا فقط **واکنش برگشت** انجام می‌شود و سرعت واکنش رفت صفر است. با گذشت زمان به تدریج، غلظت $SO_3(g)$ کاهش یافته و غلظت $O_2(g)$ و $SO_2(g)$ افزایش می‌یابد. از این‌رو، سرعت واکنش برگشت به تدریج کاهش یافته و سرعت واکنش رفت به تدریج افزایش می‌یابد تا در لحظهٔ برقراری تعادل، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با هم برابر شوند. بنابراین با گذشت زمان، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها که همان سرعت واکنش رفت است، افزایش پیدا می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در ابتدا، سرعت واکنش رفت برابر صفر است. گزینهٔ (۳): با گذشت زمان، سرعت واکنش برگشت که همان سرعت تولید $SO_2(g)$ است، کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۴): در آغاز واکنش، سرعت واکنش برگشت در بیشترین مقدار خود قرار دارد. با گذشت زمان و تا قبل از رسیدن به حالت تعادل، غلظت $SO_3(g)$ به تدریج کاهش یافته و غلظت $SO_2(g)$ به تدریج افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه در ابتدا، ۲ مول از هر یک از گازهای $SO_3(g)$ و $SO_2(g)$ را وارد ظرف واکنش کرده‌ایم، بنابراین در لحظهٔ تعادل، غلظت $SO_2(g)$ از غلظت $SO_3(g)$ بیشتر خواهد بود.

۲۸۴۸ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با مصرف هر ۴ مول از مواد واکنش‌دهنده، ۲ مول از فراورده تولید می‌شود. تعداد مولکول‌های گازی در لحظهٔ تعادل کمتر از این تعداد در لحظهٔ شروع واکنش است. عبارت (ب): به دنبال افزایش مقدار NH_3، سرعت واکنش برگشت افزایش و سرعت واکنش رفت کاهش می‌یابد. عبارت (پ): اگر این واکنش برگشت‌ناپذیر باشد، با مصرف ۳ مول H_2، ۲ مول NH_3 تولید خواهد شد؛ اما این واکنش برگشت‌پذیر بوده و در ظرف واکنش، پس از تعادل، کمتر از ۲ مول NH_3 وجود دارد. عبارت (ت): در لحظهٔ تعادل، سرعت متوسط واکنش رفت با سرعت متوسط واکنش برگشت برابر می‌شود ولی سرعت متوسط تولید NH_3، $\frac{۲}{۳}$ برابر سرعت متوسط مصرف H_2 است.

۲۸۴۹ ۲ با توجه به نمودار داده شده، با گذشت زمان، سرعت واکنش برگشت کاهش یافته و سرعت واکنش رفت، در ابتدا صفر بوده و به مرور افزایش یافته است، پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که در ابتدا فقط گاز قهوه‌ای‌رنگ NO_2 وجود داشته و به مرور زمان با مصرف NO_2 در واکنش برگشت و تولید N_2O_4، از شدت رنگ قهوه‌ای محلول کاسته می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): سرعت واکنش برگشت در ابتدا بیشترین مقدار خود را دارد، پس در ابتدای واکنش، فقط مولکول‌های NO_2 در ظرف واکنش وجود دارد. گزینهٔ (۳): با مصرف هر ۲ مول NO_2، یک مول N_2O_4 تولید می‌شود، پس تعداد مولکول‌های گازی موجود در ظرف به مرور کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۴): در لحظهٔ تعادل غلظت گاز NO_2 ثابت می‌ماند، پس شدت رنگ قهوه‌ای نیز ثابت می‌شود.

۲۸۵۰ ۱ در شکل (۱) فقط A را در ظرف داریم، بنابراین تنها واکنش رفت انجام می‌شود. در شکل‌های (۲) و (۳)، به تدریج غلظت A کم و غلظت B زیاد می‌شود، از این‌رو از شکل (۱) تا شکل (۳)، سرعت واکنش رفت به تدریج کاهش و سرعت واکنش برگشت به تدریج افزایش می‌یابد. اگر به شکل‌های (۴) و (۵) به دقت نگاه کنید، متوجه می‌شوید که در این دو شکل تعداد ذره‌های A و B تغییر نکرده است. از این‌رو می‌توانید نتیجه بگیرید که شکل (۴)، نخستین لحظهٔ برقراری تعادل را نشان می‌دهد، در شکل‌های (۴) و (۵)، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر بوده و غلظت A و B ثابت می‌ماند. همچنین در این دو شکل تعداد ذره‌های A از تعداد ذره‌های B بیشتر است. پس غلظت A از غلظت B بیشتر می‌باشد.



شکل (۵) = شکل (۴) > شکل (۳) > شکل (۲) > شکل (۱) : مقایسهٔ سرعت واکنش رفت

شکل (۵) = شکل (۴) > شکل (۳) > شکل (۲) > شکل (۱) : مقایسهٔ سرعت واکنش برگشت

می‌توانیم از نمودار روبه‌رو هم برای نشان دادن مقایسهٔ سرعت واکنش‌های رفت و برگشت استفاده کنیم. (دقت کنید که بازه‌های زمانی به‌طور تقریبی رسم شده‌اند.)

۲۸۵۱ ۲ نمودار دوم مربوط به «غلظت - زمان» واکنش داده شده است. ضریب استوکیومتری A، دو برابر ضریب استوکیومتری B است، بنابراین میزان کاهش غلظت A تا لحظهٔ تعادل، دو برابر میزان تولید B تا لحظهٔ تعادل است. با این توضیح، دلیل نادرستی نمودار موجود در گزینه‌های (۱) و (۳) مشخص شد. در لحظهٔ برقراری تعادل، غلظت هیچ ماده‌ای نباید صفر شود، زیرا لازمهٔ برقراری تعادل، انجام همزمان واکنش‌های رفت و برگشت است و اگر غلظت ماده‌ای صفر شود، واکنش، دیگر در جهت مصرف آن ماده نمی‌تواند انجام شود و از این‌رو، دیگر تعادل برقرار نمی‌شود (دلیل نادرست بودن گزینهٔ (۴))، در نمودار گزینهٔ (۴)، مادهٔ A به‌طور کامل مصرف شده، بنابراین این نمودار می‌تواند مربوط به یک واکنش کامل باشد.

۲۸۵۲ ۳ با توجه به اینکه غلظت مواد جامد و مایع خالص ثابت است، نمودار تغییر غلظت آن‌ها به‌صورت یک خط راست می‌باشد. بنابراین نمودار مربوط به واکنش تعادلی ذکر شده باید دو منحنی و یک خط راست داشته باشد. البته دقت داشته باشید از آنجا که ضریب استوکیومتری C دو برابر B است، باید تغییرات غلظت یکی از منحنی‌ها، دو برابر دیگری باشد.

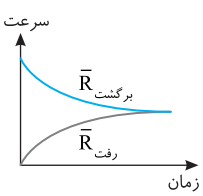
۲۸۵۳ ۱ در نمودار داده شده، غلظت یک ماده در حال کاهش و غلظت دو ماده در حال افزایش است. از این‌رو یک واکنش‌دهنده و دو فراورده داریم و معادلهٔ واکنش مورد نظر می‌تواند به‌صورت $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g)+3H_2(g)$ باشد. تغییر غلظت A از آغاز واکنش تا زمان برقراری تعادل برابر $(۰/۳۲-۰/۵۰)-۰/۱۸ mol.L^{-1}$ و تغییر غلظت C، برابر $۰/۰۹ mol.L^{-1}$ است. در نتیجه، ضریب استوکیومتری A، دو برابر ضریب استوکیومتری C است. با توجه به معادلهٔ واکنش $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g)+3H_2(g)$، مادهٔ A، $NH_3(g)$ و ماده‌های B و C به‌ترتیب $H_2(g)$ و $N_2(g)$ هستند. ضریب استوکیومتری A، $\frac{۲}{۳}$ برابر ضریب استوکیومتری B است. در نتیجه سرعت متوسط مصرف A، $\frac{۲}{۳}$ برابر سرعت متوسط تولید B، در یک بازهٔ زمانی یکسان می‌باشد.

۲۸۵۴ ۳ فرایند هابر به‌صورت $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ است. با توجه به نمودارها و توجه به این نکته که حجم ظرف برابر با یک لیتر است، در ابتدا ۰/۸ مول H_2 و N_2 را وارد ظرف کرده‌ایم. هر مقدار که از N_2 مصرف شود، ۳ برابر از H_2 مصرف شده و ۲ برابر NH_3 تولید می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): در این نمودار مقدار مساوی از H_2 و N_2 در ابتدا وارد واکنش نشده است. گزینهٔ (۲): در این نمودار، از یک واکنش‌دهنده ۰/۴ مول و از دیگری ۰/۶ مول کم شده است، در حالی که باید تغییرات غلظت یکی از واکنش‌دهنده‌ها سه برابر دیگری باشد. (ضریب استوکیومتری H_2، ۳ برابر N_2 است.) گزینهٔ (۴): در این نمودار نیز، میزان تغییرات مول‌ها، با ضریب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده در واکنش همخوانی ندارد.

	NH_3	H_2	N_2
غلظت اولیه	۰	۰/۸	۰/۸
تغییرات غلظت	+۲×۰/۲	۰/۸−۳×۰/۲	۰/۸−۰/۲
غلظت تعادلی	۰/۴	۰/۲	۰/۶

۲۸۵۵ ۱ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به ضرایب استوکیومتری A و C، تغییرات غلظت A، ۱/۵ $(\frac{۳}{۲})$ برابر تغییرات غلظت C است. عبارت (ب): با توجه به اینکه در ابتدا فقط C در ظرف واکنش بوده است، سرعت واکنش برگشت در ابتدا بیشترین مقدار بوده و با مصرف C، از سرعت واکنش برگشت کاسته می‌شود و با تولید A و B سرعت واکنش رفت به مرور افزایش می‌یابد. عبارت (پ): ضریب استوکیومتری C، دو برابر ضریب استوکیومتری B بوده و در لحظهٔ تعادل، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر است، پس سرعت تولید یا مصرف C، دو برابر سرعت تولید یا مصرف B است.



$$\bar{R}_{رفت}=\bar{R}_{برگشت}=\frac{\bar{R}_C}{۲} \xrightarrow{\bar{R}_{رفت}=\bar{R}_{برگشت}} \bar{R}_C=۲\bar{R}_B$$

عبارت (ت): ثابت شدن غلظت‌های A، B و C، نشان‌دهندهٔ برقراری تعادل است و غلظت‌ها لزوماً با هم برابر نمی‌شوند.

C ۲۸۵۶ ۳ همهٔ عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت سوم:** اگر فشار تعادلی کمتر از فشار اولیه باشد، به این معناست که تعداد مول‌های گازی کاهش یافته، پس واکنش در جهت برگشت پیشرفت کرده است، با گذشت زمان غلظت NO_2 و سرعت واکنش برگشت کاهش یافته و غلظت N_2O_4 و سرعت واکنش رفت افزایش می‌یابد، اما به دلیل وجود N_2O_4 در ابتدای واکنش، سرعت واکنش رفت در ابتدا صفر نیست. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت اول: واکنش، در ابتدا در جهت برگشت پیشرفت می‌کند و N_2O_4 تولید می‌شود. عبارت دوم: با پیشرفت واکنش در جهت برگشت از میزان گاز NO_2 قهوه‌ای‌رنگ کاسته شده و شدت رنگ محلول کمتر می‌شود. عبارت چهارم: از ابتدای واکنش تا لحظهٔ تعادل، شیب نمودار «غلظت - زمان» برای NO_2، دو برابر N_2O_4 است. $(\bar{R}_{NO_2}=2\bar{R}_{N_2O_4})$

B ۲۸۵۷ ۳ به‌جز عبارت سوم، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت سوم:** در رابطهٔ ثابت تعادل فقط غلظت موادی نوشته می‌شود که محلول یا گازی باشند؛ زیرا غلظت این مواد به جرم آن‌ها وابسته است، در حالی که غلظت مواد مایع و جامد خالص، فقط به دما وابسته است و در دمای معین ثابت مانده و با تغییر مقدار آن‌ها تغییر نمی‌کند.

A ۲۸۵۸ ۴ $H_2O(l)$ یک مایع خالص بوده و غلظت آن ثابت است. بنابراین غلظت آن نباید در عبارت ثابت تعادل نوشته شود.

$$CH_3COOH(aq)+H_2O(l)\rightleftharpoons CH_3COO^-(aq)+H_3O^+(aq) \qquad K=\frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

B ۲۸۵۹ ۴

نکته ترکیبی ثابت تعادل کمیتی است که میان اجزای محلول یا گازی در یک سامانهٔ تعادلی برقرار است. این کمیت در واکنش‌های مختلف متناسب با ضریب فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌های واکنش تعادلی، یکاهای متفاوتی دارد. واکنش گازی مقابل را در نظر بگیرید: $aA(g)+bB(g)\rightleftharpoons cC(g)+dD(g)$

برای به دست آوردن یکای ثابت تعادل این واکنش، ابتدا مقدار Δn را به‌دست می‌آوریم که برابر است با مجموع ضرایب فراورده‌ها منهای مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها: $\Delta n=(c+d)-(a+b)$

سپس با کمک رابطهٔ مقابل، یکای ثابت تعادل را به دست می‌آوریم: $\text{یکای ثابت تعادل}=(mol.L^{-1})^{\Delta n}=(mol.L^{-1})^{(c+d)-(a+b)}$

یکای ثابت تعادل واکنش‌های (الف) و (ت) یکسان هستند: واکنش (الف):

$$K=\frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_3]}\Rightarrow K\ \text{یکای}=\frac{(mol.L^{-1})^2}{mol.L^{-1}}=mol.L^{-1}$$

واکنش (ت):

$$K=\frac{[HI]^2}{[H_2S]}\Rightarrow K\ \text{یکای}=\frac{(mol.L^{-1})^2}{mol.L^{-1}}=mol.L^{-1}$$

بررسی سایر واکنش‌ها: واکنش (ب):

$$K=\frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}\Rightarrow K\ \text{یکای}=\frac{(mol.L^{-1})^2}{(mol.L^{-1})^2(mol.L^{-1})}=mol^{-1}.L$$

واکنش (پ):

$$K=\frac{[H_2][CO_2]}{[CO][H_2O]}\Rightarrow K\ \text{یکای}=\frac{(mol.L^{-1})^2}{(mol.L^{-1})^2}=\ \text{یکا ندارد}$$

B ۲۸۶۰ ۱ اگر تعادلی را معکوس کنیم، مقدار عددی ثابت تعادل جدید، معکوس مقدار عددی ثابت تعادل اولیه است، برای مثال:

$$1)\ cC(g)\rightleftharpoons aA(g)+bB(g),\ K_1=\frac{[A]^a[B]^b}{[C]^c} \qquad 2)\ aA(g)+bB(g)\rightleftharpoons cC(g),\ K_2=\frac{[C]^c}{[A]^a[B]^b} \qquad \Rightarrow K_2=\frac{1}{K_1}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): اگر ضرایب استوکیومتری را در عدد n ضرب کنیم، مقدار ثابت تعادل این واکنش به توان n می‌رسد:

$$1)\ aA(g)\rightleftharpoons bB(g),\ K_1=\frac{[B]^b}{[A]^a} \qquad 2)\ naA(g)\rightleftharpoons nbB(g),\ K_2=\frac{[B]^{nb}}{[A]^{na}}=\left(\frac{[B]^b}{[A]^a}\right)^n \qquad \Rightarrow K_2=K_1^n$$

گزینهٔ (۳): اگر یک واکنش تعادلی برابر مجموع چند واکنش تعادلی دیگر باشد، ثابت تعادل واکنش نهایی با حاصل‌ضرب ثابت تعادل‌های واکنش‌های اولیه برابر است.

گزینهٔ (۴): اگر رابطهٔ ثابت تعادل برای یک واکنش به‌صورت $K=[A]\times[B]^{-2}$ باشد، در این صورت A یک فراورده و B یک واکنش‌دهنده خواهد بود. با توجه به اینکه ضریب B دو برابر ضریب A است، به همین دلیل سرعت مصرف B دو برابر سرعت تولید A می‌باشد.

B ۲۸۶۱ ۱

نکته ترکیبی **تغییرات ثابت تعادل ضمن تغییرات واکنش:** ۱- معکوس کردن واکنش: اگر معادلهٔ یک واکنش تعادلی را معکوس کنیم به علت تعویض جای فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها، مقدار ثابت تعادل نیز معکوس خواهد شد. **مثال**

$$\begin{cases} I)\ N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g), & K=\dfrac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\times[N_2]} \\ II)\ 2NH_3(g)\rightleftharpoons N_2(g)+3H_2(g), & K'=\dfrac{[H_2]^3\times[N_2]}{[NH_3]^2} \end{cases} \Rightarrow K=\frac{1}{K'}$$

۲- n برابر کردن ضرایب اجزای واکنش: اگر ضرایب اجزای یک واکنش را n برابر کنیم ثابت تعادل به توان n می‌رسد. **مثال**

$$\begin{cases} I)\ 2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g), & K=\dfrac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2\times[O_2]} \\ II)\ 6SO_2(g)+3O_2(g)\rightleftharpoons 6SO_3(g), & K'=\dfrac{[SO_3]^6}{[SO_2]^6\times[O_2]^3} \end{cases} \Rightarrow K'=K^3$$

۳- جمع اجزای دو واکنش: اگر اجزای دو واکنش را با هم جمع کنیم، ثابت تعادل واکنش حاصل برابر با حاصل‌ضرب ثابت تعادل دو واکنش است. **مثال**

$$I)\ 2A(g)\rightleftharpoons 2C(g)+B(g)\ ,\ K=\frac{[C]^2\times[B]}{[A]^2}$$

$$II)\ C(g)+3D(g)\rightleftharpoons 4A(g)\ ,\ K'=\frac{[A]^4}{[C]\times[D]^3}$$

$$\text{واکنش هدف}: 3D(g)\rightleftharpoons B(g)+C(g)+2A(g),\ K_{\text{هدف}}=\frac{[B]\times[C]\times[A]^2}{[D]^3}=\underbrace{\frac{[C]^2\times[B]}{[A]^2}}_{K}\times\underbrace{\frac{[A]^4}{[C]\times[D]^3}}_{K'}\Rightarrow K_{\text{هدف}}=K.K'$$

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): معادلهٔ این واکنش عکس معادلهٔ واکنش تعادل (۱) است؛ بنابراین ثابت تعادل آن معکوس ثابت تعادل (۱) است:

$$K'=\frac{1}{K}=\frac{1}{4/2\times10^{-3}}\simeq 238$$

پرسش (ب): ضرایب این معادله $\frac{1}{2}$ برابر ضرایب اجزای تعادل (۲) است؛ بنابراین ثابت تعادل آن برابر ثابت تعادل واکنش (۲) به توان $\frac{1}{2}$ است:

$$K'=(K)^{\frac{1}{2}}=\sqrt{K}=\sqrt{1/6\times10^{-3}}=\sqrt{16\times10^{-4}}=4\times10^{-2}$$

پرسش (پ): معادلهٔ این واکنش از جمع معادلهٔ واکنش‌های تعادلی (۱) و (۲) به‌دست آمده و لذا ثابت تعادل آن برابر با حاصل‌ضرب ثابت تعادل دو واکنش تعادلی است:

$$K'=K_1.K_2=(4/2\times10^{-3})\times(1/6\times10^{-3})=6/72\times10^{-6}$$

B ۲۸۶۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تعادلی به صورت مقابل است: $X_2(g)\rightleftharpoons 2X(g)\ ,\ K=1$

مقدار a برابر با اختلاف غلظت‌های تعادلی دو ماده است؛ بنابراین ابتدا مقادیر غلظت تعادلی دو ماده را حساب می‌کنیم:

$$K=\frac{[X]^2}{[X_2]}=1\xrightarrow{\frac{[X]}{[X_2]}=\frac{1}{2}}\frac{[X]^{\frac{1}{2}}}{[X_2]^{\frac{1}{2}}}=1\Rightarrow[X]=2\ ,\ [X_2]=4$$

با توجه به اینکه X_2 واکنش‌دهنده و X فراورده است، پس در نمودار «غلظت- زمان» داده شده، نمودار بالایی مربوط به X_2 و نمودار پایینی مربوط به X بوده و a برابر است با:

$$a=[X_2]-[X]=4-2=2\,mol.L^{-1}$$

B ۲۸۶۳ ۱ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): با توجه به ثابت شدن غلظت و رنگ سامانه یعنی واکنش به تعادل رسیده است. پرسش (ب): عبارت ثابت تعادل واکنش به‌صورت $\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$ و واکنش انجام شده به‌صورت $N_2O_4(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$ است. در حالت تعادل ۵ ذرهٔ NO_2 و ۹ ذرهٔ N_2O_4 در ظرف واکنش وجود دارد.

$$[NO_2]=\frac{5\times0/01\,mol}{2L}=\frac{1}{40}mol.L^{-1}\ ,\ [N_2O_4]=\frac{9\times0/01\,mol}{2L}=\frac{9}{200}mol.L^{-1}\Rightarrow K=\frac{(\frac{1}{40})^2}{(\frac{9}{200})}=0/014\,mol.L^{-1}$$

B ۲۸۶۴ ۱ ابتدا جرم هر یک از مواد را با استفاده از جرم مولی آن‌ها، به مول تبدیل می‌کنیم.

$$?\,mol\,PCl_5=16/68g\,PCl_5\times\frac{1\,mol\,PCl_5}{208/5g\,PCl_5}=0/08mol\,PCl_5\ ,\ ?\,mol\,PCl_3=55g\,PCl_3\times\frac{1\,mol\,PCl_3}{137/5g\,PCl_3}=0/4mol\,PCl_3$$

$$?\,mol\,Cl_2=56/8g\,Cl_2\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{71g\,Cl_2}=0/8mol\,Cl_2$$

اکنون برای به‌دست آوردن غلظت مولی مواد، مول آن‌ها را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم و سپس این غلظت‌ها را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.

$$[PCl_5(g)]=\frac{0/08mol}{4L}=0/02mol.L^{-1}\ ,\ [PCl_3(g)]=\frac{0/4mol}{4L}=0/1\,mol.L^{-1}\ ,\ [Cl_2(g)]=\frac{0/8mol}{4L}=0/2mol.L^{-1}$$

$$K=\frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}=\frac{(0/1)(0/2)}{(0/02)}=1\,mol.L^{-1}$$

B ۲۸۶۵ ۴ با توجه به واکنش، $2A(g)+B(s)\rightleftharpoons 3C(g)$، عبارت ثابت تعادل به‌صورت $K=\frac{[C]^3}{[A]^2}$ است و غلظت‌های تعادلی A و C با توجه به نمودار برابر ۳/۶ و ۶ است.

$$K=\frac{6^3}{(3/6)^2}=\frac{50}{3}$$

B ۲۸۶۶ ۳ ابتدا تعداد مول KNO_2 تولید شده را به‌دست می‌آوریم. چون در ابتدا فقط واکنش‌دهنده در ظرف ریخته شده، تعداد مول KNO_2 در لحظهٔ تعادل، دو برابر تعداد مول O_2 بوده و با داشتن غلظت O_2 می‌توان ثابت تعادل را محاسبه کرد.

$$?\,mol\,KNO_2=119g\,KNO_2\times\frac{1\,mol\,KNO_2}{85g\,KNO_2}=1/4mol\,KNO_2$$

$$?\,mol\,O_2=1/4mol\,KNO_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{2mol\,KNO_2}=0/7mol\,O_2\Rightarrow[O_2]=\frac{0/7mol\,O_2}{2/8L}=0/25mol.L^{-1}$$

مول O_2 در لحظهٔ تعادل:

$$K=[O_2]=0/25mol.L^{-1}$$

B ۲۸۶۷ ۱ ابتدا به کمک معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش و شکل (الف)، ثابت این تعادل را به‌دست می‌آوریم. (با توجه به برابری مجموع ضرایب استوکیومتری مواد گازی در دو طرف معادلهٔ واکنش، می‌توان حجم ظرف را در محاسبات در نظر نگرفت.)

$$X_2(g)+Y_2(g)\rightleftharpoons 2Z(g)$$

$$K=\frac{[Z]^2}{[X_2][Y_2]}=\frac{(0/4)^2}{(0/2)\times(0/2)}=4$$

با توجه به شکل (ب)، داریم:

	X_2	+ Y_2	$\rightleftharpoons$ $2Z$
مول اولیه	0/3	0/6	0
تغییرات مول	$-x$	$-x$	$+2x$
مول تعادلی	$0/3-x$	$0/6-x$	$2x$

$$K=\frac{[Z]^2}{[X_2][Y_2]}=\frac{4x^2}{(0/6-x)(0/3-x)}=4$$

$$\Rightarrow 4x^2=4(0/6-x)(0/3-x)\Rightarrow x^2=x^2-0/9x+0/18$$

$$\Rightarrow 0/9x=0/18\Rightarrow x=0/2$$

بنابراین مقدار مول گونه‌ها در سامانهٔ (ب) در حالت تعادل برابر است با:

$$\text{مول تعادلی } Z=2(0/2)=0/4\ ,\ \text{مول تعادلی } X_2=0/3-0/2=0/1\ ,\ \text{مول تعادلی } Y_2=0/6-0/2=0/4$$

* **توجه** این تست را با جایگذاری اعداد گزینه‌ها در رابطهٔ تعادل دوم نیز می‌توانید حل کنید.

B ۲۸۶۸ ۲ ابتدا ثابت تعادل واکنش را به دست می‌آوریم:

$$\Delta n=\text{مجموع ضرایب فراورده‌ها}-\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}$$

$$K=\frac{(n_{O_2})\times(n_{SO_2})^2}{(n_{SO_3})^2}\times(\frac{1}{V})^{\Delta n}\Rightarrow K=\frac{(4\times0/4)\times(5\times0/4)^2}{(4\times0/4)^2}\times(\frac{1}{4})^{3-2}=0/625$$

در تعادل ایجادشده، $5/2\,(13\times0/4)$ مول گاز وجود دارد؛ بنابراین داریم:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}\Rightarrow\frac{1\times22/4}{1\times273}=\frac{P_2\times4}{5/2\times(117+273)}\Rightarrow P_2\simeq41/6atm$$

B ۲۸۶۹ ۴ قسمت اول: باتوجه به معادلهٔ واکنش: $A_2(g)+D_2(g)\rightleftharpoons 2AD(g)$، سرعت واکنش با سرعت متوسط مصرف A_2 و D_2 برابر است، پس برای حل این قسمت، کافی است سرعت متوسط مصرف A_2 یا D_2 را محاسبه کنیم. به این منظور ابتدا تغییرات تعداد ذرات A_2 و همچنین تغییرات مول و غلظت را در بازهٔ زمانی $t=0\,min$ و $t=25\,min$ به‌دست می‌آوریم. در $t=0\,min$ و $t=25\,min$ به ترتیب ۱۰ و ۴ ذرهٔ A_2 وجود دارد، پس در این بازهٔ زمانی، ۶ ذرهٔ A_2 که هر کدام معادل ۰/۱ مول است، یعنی ۰/۶ مول A_2 مصرف می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta n(A_2)=-0/6mol\,,\ \Delta[A_2]=\frac{\Delta n(A_2)}{V}=\frac{-0/6mol}{2L}=-0/3mol.L^{-1}\,,\ \bar{R}_{\text{واکنش}}=\bar{R}(A_2)=\frac{|\Delta[A_2]|}{\Delta t}=\frac{|-0/3|mol.L^{-1}}{(25\times60)s}=2\times10^{-4}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

قسمت دوم: در لحظهٔ تعادل $(t=45\,min)$، ۲ ذرهٔ A_2، ۲ ذرهٔ D_2 و ۱۶ ذرهٔ AD وجود دارد و هر ذره معادل ۰/۱ مول است، پس مول تعادلی A_2، D_2 و AD به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۲ و ۱/۶ مول است؛ بنابراین ثابت تعادل برابر است با:

$$[A_2]=\frac{n}{V}=\frac{0/2}{2}=0/1,[D_2]=\frac{n}{V}=\frac{0/2}{2}=0/1,[AD]=\frac{n}{V}=\frac{1/6}{2}=0/8\Rightarrow K=\frac{[AD]^2}{[A_2][D_2]}=\frac{(0/8)^2}{(0/1)(0/1)}=64$$

B ۲۸۷۰ ۱ با توجه به غلظت‌های تعادلی O_2 و SO_2 و ثابت تعادل می‌توان غلظت تعادلی SO_3 را یافت:

$$K=\frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}\Rightarrow4/5=\frac{[SO_3]^2}{(1/6)^2(0/5)}\Rightarrow[SO_3]=2/4mol.L^{-1}$$

B ۲۸۷۱ ۴ حجم ظرف و مول‌های تعادلی Cl_2 و NO و در نتیجه غلظت تعادلی آن‌ها را داریم، پس با استفاده از ثابت تعادل، به غلظت تعادلی و سپس به جرم $NOCl$ در لحظهٔ تعادل می‌رسیم:

$$[Cl_2]=6mol.L^{-1}\qquad[NO]=6mol.L^{-1}\qquad K=\frac{[NOCl]^2}{[Cl_2][NO]}\Rightarrow1/5\times10^{-2}=\frac{[NOCl]^2}{6\times6^2}\Rightarrow[NOCl]=1/8\,mol.L^{-1}$$

$$?\,g\,NOCl=1/8\frac{mol\,NOCl}{L\ \text{محلول}}\times1\,L\ \text{محلول}\times\frac{65/5g\,NOCl}{1\,mol\,NOCl}=117/9g\,NOCl$$

۲۸۷۲ **۲** با توجه به نمودار، مول‌های تعادلی PCl_5، PCl_3 و Cl_2 به‌ترتیب ۲، ۱/۸ و ۰/۲ مول است. با توجه به اینکه غلظت هر ماده نسبت مول آن ماده به حجم ظرف است، در ثابت تعادل، غلظت‌های تعادلی را جایگذاری می‌کنیم:

$$K=\frac{[Cl_2][PCl_3]}{[PCl_5]}\Rightarrow ۰/۲۴=\frac{(\frac{۰/۲}{V})\times(\frac{۱/۸}{V})}{(\frac{۲}{V})}\Rightarrow V=۰/۷۵L$$

۲۸۷۳ **۳** ابتدا جرم گازهای NO_2 و O_2 را به مول تبدیل می‌کنیم و سپس این مول‌ها را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم تا غلظت تعادلی هر گاز مشخص شود.

$$?\,mol\,NO_2=۶۴/۴g\,NO_2\times\frac{۱\,mol\,NO_2}{۴۶g\,NO_2}=۱/۴mol\,NO_2\Rightarrow[NO_2]=\frac{۱/۴mol}{۱۰L}=۰/۱۴\,mol.L^{-۱}$$

$$?\,mol\,O_2=۲۲/۴g\,O_2\times\frac{۱\,mol\,O_2}{۳۲g\,O_2}=۰/۷mol\,O_2\Rightarrow[O_2]=\frac{۰/۷mol}{۱۰L}=۰/۰۷mol.L^{-۱}$$

$$[Cl_2]=\frac{۱}{۲}[NO_2]=\frac{۱}{۲}\times۰/۱۴=۰/۰۷\,mol.L^{-۱}$$

$$K=\frac{[NO_2]^2[Cl_2]}{[NOCl]^2[O_2]}\Rightarrow ۱۶۰۰=\frac{(۰/۱۴)^2(۰/۰۷)}{[NOCl]^2(۰/۰۷)}\Rightarrow[NOCl]^2=\frac{(۰/۱۴)^2}{۱۶۰۰}\Rightarrow[NOCl]=\sqrt{\frac{(۰/۱۴)^2}{(۴\times۱۰)^2}}=\frac{۰/۱۴}{۴۰}=۳/۵\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

اکنون باید غلظت مولی $NOCl$ را در حجم ظرف ضرب کنیم تا تعداد مول تعادلی این گاز را به‌دست آوریم.

$$?\,mol\,NOCl=۳/۵\times۱۰^{-۳}\,\frac{mol}{L}\times۱۰\,L=۳/۵\times۱۰^{-۲}\,mol\,NOCl$$

۲۸۷۴ **۱** این مسئله جزء مسائل تعادلی از نوع مقدار اولیه است. برای سادگی در حل این مسئله بهتر است از جدول زیر تغییر مول استفاده نمود: با توجه به اینکه در مسئله گفته شده که تعداد مول تعادلی X برابر ۲ است، پس مقدار y برابر ۲ است. در ادامه غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده در تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$۳A(g)+۲D(g)\rightleftharpoons X(g)+۲Z(g)$$

مول اولیه	۸/۵	۵	۰	۰
تغییرات مول	$-۳y$	$-۲y$	$+y$	$+۲y$
مول تعادلی	$۸/۵-۳y$	$۵-۲y$	y	$۲y$

$$[A]=\frac{۸/۵-۳y}{۵}=\frac{۸/۵-۳(۲)}{۵}=\frac{۲/۵}{۵}=۰/۵mol.L^{-۱}$$

$$[D]=\frac{۵-۲y}{۵}=\frac{۵-۲(۲)}{۵}=\frac{۱}{۵}=۰/۲mol.L^{-۱}$$

$$[X]=\frac{y}{۵}=\frac{۲}{۵}=۰/۴mol.L^{-۱}\qquad[Z]=\frac{۲y}{۵}=\frac{۲(۲)}{۵}=۰/۸mol.L^{-۱}$$

در ادامه ثابت تعادل واکنش را به دست می‌آوریم:

$$K=\frac{[X][Z]^2}{[A]^3[D]^2}=\frac{(۰/۴)\times(۰/۸)^2}{(۰/۵)^3\times(۰/۲)^2}=۵۱/۲$$

۲۸۷۵ **۴** برای حل سؤال از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

مطابق متن سؤال، کاهش جرم واکنش‌دهنده (NO_2Cl) برابر ۳/۲۶ گرم است.

$$\text{کاهش جرم } NO_2Cl=۲xmol\,NO_2Cl\times\frac{۸۱/۵g\,NO_2Cl}{۱\,mol\,NO_2Cl}=۳/۲۶g\,NO_2Cl\Rightarrow x=۰/۰۲$$

$$۲NO_2Cl\rightleftharpoons Cl_2+۲NO_2$$

مول اولیه	۰/۰۶	۰	۰
تغییرات	$-۲x$	$+x$	$+۲x$
مول نهایی	$۰/۰۶-۲x$	x	$۲x$

شمار مول‌های گازی درون ظرف در حالت تعادل برابر است با: مجموع شمار مول‌های گازی $=(۰/۰۶-۲x)+x+۲x=۰/۰۶+x=۰/۰۶+۰/۰۲=۰/۰۸mol$

برای محاسبهٔ ثابت تعادل، ابتدا غلظت‌های تعادلی گونه‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\left.\begin{aligned}[NO_2Cl]&=\frac{۰/۰۶-۲(۰/۰۲)mol}{۲L}=۰/۰۱\,mol.L^{-۱}\\[Cl_2]&=\frac{۰/۰۲mol}{۲L}=۰/۰۱\,mol.L^{-۱}\\[NO_2]&=\frac{۲(۰/۰۲)mol}{۲L}=۰/۰۲mol.L^{-۱}\end{aligned}\right\}\Rightarrow K=\frac{[Cl_2]\times[NO_2]^2}{[NO_2Cl]^2}=\frac{۰/۰۱\times(۰/۰۲)^2}{(۰/۰۱)^2}=۰/۰۴$$

۲۸۷۶ **۱** ابتدا باید هر یک از جرم‌های داده شده را به مول تبدیل کنیم.

$$?\,mol\,Br_2=۹۲/۸g\,Br_2\times\frac{۱\,mol\,Br_2}{۱۶۰g\,Br_2}=۰/۵۸mol\,Br_2$$

$$?\,mol\,H_2=۰/۵۶g\,H_2\times\frac{۱\,mol\,H_2}{۲g\,H_2}=۰/۲۸mol\,H_2$$

$$?\,mol\,H_2=۰/۲g\,H_2\times\frac{۱\,mol\,H_2}{۲g\,H_2}=۰/۱\,mol\,H_2\,(H_2\text{ تعداد مول تعادلی})$$

$$H_2(g)+Br_2(g)\rightleftharpoons ۲HBr(g)$$

مول اولیه	۰/۲۸	۰/۵۸	۰
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+۲x$
مول تعادلی	$۰/۲۸-x$	$۰/۵۸-x$	$۲x$

$H_2(g)$ تعداد مول تعادلی $=۰/۲۸-x=۰/۱\Rightarrow x=۰/۱۸\,mol$

$Br_2(g)$ تعداد مول تعادلی $=۰/۵۸-x=۰/۵۸-۰/۱۸=۰/۴\,mol$

$HBr(g)$ تعداد مول تعادلی $=۲x=۲(۰/۱۸)=۰/۳۶\,mol$

تعداد مول گازهای واکنش‌دهنده و فراورده با هم برابر است، بنابراین به جای غلظت مولی هر گاز، تعداد مول آن را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.

$$K=\frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}=\frac{(0/36)^2}{(0/1)(0/4)}=3/24$$

B ۲۸۷۷ ۴

$$n_{کل}=n_{CO}+n_{H_2}+n_{CH_4}+n_{H_2O}\ (\text{در هنگام تعادل})$$
$$=(1/9-x)+(2/3-3x)+x+x=4/2-2x$$

$$\frac{n_{H_2}}{n_{کل}}\times 100=50\Rightarrow\frac{2/3-3x}{4/2-2x}\times 100=50\Rightarrow x=0/1\,mol$$

$$CO(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons CH_4(g)+H_2O(g)$$

مول اولیه	1/9	2/3	0	0
تغییر مول	$-x$	$-3x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$1/9-x$	$2/3-3x$	x	x

اکنون می‌توانیم، تعداد مول هر گاز را در هنگام تعادل پیدا کنیم.

$$n_{CO}=1/9-x=1/9-0/1=1/8mol\,,\ n_{H_2}=2/3-3x=2/3-3(0/1)=2mol\,,\ n_{CH_4}=x=0/1\,mol\,,\ n_{H_2O}=x=0/1\,mol$$

حجم ظرف واکنش برابر با ۱۰ لیتر است، پس ابتدا باید تعداد مول تعادلی هر ماده را به حجم ظرف تقسیم کنیم تا غلظت تعادلی آن به‌دست آید.

$$K=\frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3}=\frac{(\frac{0/1}{10})(\frac{0/1}{10})}{(\frac{1/8}{10})(\frac{2}{10})^3}=\frac{5}{72}\,mol^{-2}.L^2$$

B ۲۸۷۸ ۳ ابتدا جرم مواد اولیه را به مول تبدیل می‌کنیم.

$$?\,mol\,H_2S=6/8g\,H_2S\times\frac{1\,mol\,H_2S}{34g\,H_2S}=0/2mol\,H_2S$$

$$?\,mol\,I_2=50/8g\,I_2\times\frac{1\,mol\,I_2}{254g\,I_2}=0/2mol\,I_2$$

در تعادل داده شده، دو مادهٔ جامد I_2 و S را داریم، پس جدول را با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد مول مواد تشکیل می‌دهیم. در حالت تعادل، مواد جامد، شامل ید باقی‌مانده و گوگرد تولید شده است.

جرم گوگرد تعادلی + جرم I_2 تعادلی = جرم مواد جامد

$$28/6=((0/2-x)\,mol\,I_2\times\frac{254g\,I_2}{1\,mol\,I_2})+(x\,mol\,S\times\frac{32g\,S}{1\,mol\,S})$$

$$\Rightarrow 222x=22/2\Rightarrow x=0/1\,mol$$

$$H_2S(g)+I_2(s)\rightleftharpoons 2HI(g)+S(s)$$

مول اولیه	0/2	0/2	0	0
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+2x$	$+x$
مول تعادلی	$0/2-x$	$0/2-x$	$2x$	x

$H_2S(g)$ تعداد مول تعادلی $=0/2-x=0/2-0/1=0/1\,mol$

$HI(g)$ تعداد مول تعادلی $=2x=2(0/1)=0/2mol$

$$K=\frac{[HI]^2}{[H_2S]}=\frac{(0/2)^2}{(0/1)}=0/4mol.L^{-1}$$

حجم ظرف برابر با یک لیتر است، پس غلظت مولی هر گاز با تعداد مول آن برابر است.

B ۲۸۷۹ ۳ در واکنش تعادلی داده شده، دو مادهٔ جامد I_2 و S را داریم، پس بهتر است که جدول را با استفاده از تغییرات تعداد مول مواد رسم کنیم. با توجه به نمودار، مقدار مول اولیهٔ I_2 برابر 0/75 مول می‌باشد. از آنجا که تعداد مول اولیهٔ دو مادهٔ I_2 و H_2S با هم برابر است، از این‌رو، مقدار اولیهٔ H_2S هم برابر 0/75 مول است. در نمودار «مول - زمان» داده شده، جایی که منحنی افقی شده و دیگر تغییر نکرده است، مربوط به لحظهٔ **برقراری تعادل** می‌باشد، بنابراین در لحظهٔ تعادل، 0/5 مول I_2 در ظرف وجود دارد، با استفاده از این مقدار، می‌توانیم x را به‌دست آوریم.

$$H_2S(g)+I_2(s)\rightleftharpoons 2HI(g)+S(s)$$

مول اولیه	0/75	0/75	0	0
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+2x$	$+x$
مول تعادلی	$0/75-x$	$0/75-x$	$2x$	x

I_2 تعداد مول تعادلی $=0/75-x=0/5\Rightarrow x=0/25mol$

$n_S=x=0/25mol$ در حالت تعادل ، $n_{HI}=2x=2(0/25)=0/5mol$ در حالت تعادل ، $n_{H_2S}=0/75-x=0/75-0/25=0/5mol$ در حالت تعادل

I_2 و S در حالت جامد قرار دارند، بنابراین غلظت آن‌ها در عبارت ثابت تعادل نوشته نمی‌شود. پس از اینکه مول‌های تعادلی H_2S و HI را به حجم ظرف تقسیم کرده و غلظت مولی تعادلی این دو گاز را تعیین کردیم، آن‌ها را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.

$$K=\frac{[HI]^2}{[H_2S]}=\frac{(\frac{0/5}{5})^2}{(\frac{0/5}{5})}=0/1\,mol.L^{-1}$$

B ۲۸۸۰ ۴ ابتدا باید با استفاده از داده‌های جدول، معادلهٔ واکنش تعادلی را بنویسیم. تغییرات غلظت C و D **منفی** نشان داده شده، بنابراین این دو ماده، **واکنش‌دهنده** بوده و دو مادهٔ A و B هم که دارای تغییرات غلظت **مثبت** هستند، **فراوردهٔ** واکنش می‌باشند. اگر تغییر غلظت هر یک از گازها را به **تغییر غلظت کوچک‌تر** یعنی 0/4 تقسیم کنیم، می‌توانیم ضرایب استوکیومتری را هم به‌دست آوریم.

$$A\,,B\,,C:\ \frac{0/4}{0/4}=1\ ,\ D:\frac{0/8}{0/4}=2\Rightarrow \text{معادلهٔ واکنش:}\ C(g)+2D(g)\rightleftharpoons A(g)+B(g)$$

اگر غلظت اولیهٔ هر گاز را با تغییر غلظت آن جمع کنیم، غلظت تعادلی گاز مورد نظر به‌دست خواهد آمد.

$$[A]_{تعادلی}=0+0/4=0/4mol.L^{-1}\,,[B]_{تعادلی}=0+0/4=0/4mol.L^{-1}\,,[C]_{تعادلی}=0/8-0/4=0/4mol.L^{-1}\,,[D]_{تعادلی}=1-0/8=0/2mol.L^{-1}$$

$$K=\frac{[A][B]}{[C][D]^2}=\frac{(0/4)(0/4)}{(0/4)(0/2)^2}=10\,mol^{-1}.L$$

B ۲۸۸۱ ۱ حجم ظرف برابر یک لیتر است، پس غلظت مولی هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد. غلظت اولیهٔ گاز A را $a\ mol.L^{-1}$ فرض می‌کنیم.

$$A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g)$$

	A	B	C
غلظت اولیه	a	۰/۵	۰
تغییر غلظت	−x	−x	+۲x
غلظت تعادلی	a−x	۰/۵−x	۲x

$$[B]_{\text{تعادلی}}=0/5-x=0/05\Rightarrow x=0/45\ mol.L^{-1}$$

$$[C]_{\text{تعادلی}}=2x=2(0/45)=0/9\ mol.L^{-1}$$

$$K=\frac{[C]^2}{[A][B]}\Rightarrow 180=\frac{(0/9)^2}{[A](0/05)}\Rightarrow[A]_{\text{تعادلی}}=0/09 mol.L^{-1}$$

$$[A]_{\text{تعادلی}}=a-x=0/09\Rightarrow a-0/45=0/09\Rightarrow a=0/54 mol.L^{-1}\xrightarrow{V=1L}\text{تعداد مول اولیه A}=0/54 mol$$

B ۲۸۸۲ ۳ با توجه به حضور دو جامد I_2 و S در واکنش تعادلی داده شده، بهتر است جدول تغییرات را با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد مول مواد کامل کنیم. تعداد مول اولیهٔ گاز H_2S را برابر n در نظر می‌گیریم.

$$H_2S(g)+I_2(s)\rightleftharpoons 2HI(g)+S(s)$$

	H_2S	I_2	HI	S
مول اولیه	n	۰/۱	۰	۰
تغییر مول	−x	−x	+۲x	+x
مول تعادلی	n−x	۰/۱−x	۲x	x

(تعداد مول گوگرد در حالت تعادل) $?\ mol\ S=1/6\ g\ S\times\frac{1\ mol\ S}{32\ g\ S}=0/05 mol\ S$

تعداد مول HI درحالت تعادل $=2x=2(0/05)=0/1\ mol$

تعداد مول گوگرد در حالت تعادل $=x=0/05 mol$

تعداد مول تعادلی گاز HI را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم و سپس آن را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم تا غلظت تعادلی گاز H_2S به دست آید:

$$K=\frac{[HI]^2}{[H_2S]}\Rightarrow 1/6\times10^{-2}=\frac{(\frac{0/1}{5})^2}{[H_2S]}\Rightarrow[H_2S]_{\text{تعادلی}}=0/025 mol.L^{-1}$$

$$\Rightarrow ?\ g\ H_2S=0/175 mol\ H_2S\times\frac{34 g\ H_2S}{1 mol\ H_2S}=5/95 g\ H_2S$$

$$[H_2S]_{\text{تعادلی}}=0/025=\frac{(n-x)}{5}=\frac{n-0/5}{5}\Rightarrow n=0/175 mol$$ (تعداد مول اولیهٔ گاز H_2S)

C ۲۸۸۳ ۲ در ابتدا در هر یک از ظرف‌ها ده ذره معادل یک مول گاز وجود دارد. پس از باز شدن شیر، حجم کل ظرف دو لیتر خواهد شد، پس غلظت اولیهٔ هر گاز ۰/۵ مولار است. با توجه به معادلهٔ واکنش می‌توان نوشت:

$$O_3+NO\rightleftharpoons O_2+NO_2$$

	O_3	NO	O_2	NO_2
غلظت اولیه	۰/۵	۰/۵	۰	۰
تغییرات	−x	−x	+x	+x
غلظت تعادلی	۰/۵−x	۰/۵−x	x	x

حال با توجه به عبارت ثابت تعادل می‌توان نوشت:

$$K=\frac{[O_2][NO_2]}{[O_3][NO]}\Rightarrow 9=\frac{x\times x}{(0/5-x)(0/5-x)}\Rightarrow 3=\frac{x}{0/5-x}\Rightarrow x=0/375$$

بنابراین مجموع غلظت گازهای درون ظرف برابر با یک مولار بوده و شمار مول‌های درون ظرف برابر با ۲ مول خواهد بود. توجه کنید که در این سوال، چون مجموع ضرایب استوکیومتری مواد دخیل در ثابت تعادل با هم برابر است، می‌توانستیم به جای غلظت از مول مواد شرکت‌کننده نیز استفاده کنیم.

C ۲۸۸۴ ۴ **روش اول:** برای حل این تست اصلاً نیازی به انجام محاسبات نیست. دقت کنید که با توجه به یکسان بودن ضریب N_2 و O_2 در فراورده، نمودارهای «غلظت-زمان» این دو ماده روی یکدیگر می‌افتد؛ بنابراین نمودار موجود در گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست هستند. همچنین طبق معادلهٔ واکنش، تغییر غلظت NO باید دو برابر تغییر غلظت N_2 و O_2 باشد. در گزینهٔ (۴) تغییر غلظت N_2 و O_2 برابر ۲/۳ و تغییر غلظت NO برابر ۴/۶ (۰/۴−۵) می‌باشد. پس نمودار گزینهٔ (۴) پاسخ تست است. پیشنهاد ما این است که این تست را به همین روشی که شرح داده شده حل کنید، ولی اگر می‌خواهید از مقدار مول NO به غلظت تعادلی گونه‌ها برسید، می‌توانید به روش زیر عمل کنید.

روش دوم: ابتدا جدول تغییر مول مواد شرکت‌کننده در تعادل را رسم می‌کنیم: از آنجا که تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها با تعداد مول گازی فراورده‌ها برابر است، در رابطهٔ ثابت تعادل می‌توانیم به جای غلظت مولی گونه‌ها، مول تعادلی آن‌ها را قرار دهیم:

$$2NO(g)\rightleftharpoons N_2(g)+O_2(g)$$

	NO	N_2	O_2
مول اولیه	۱۰	۰	۰
تغییر مول	−۲x	+x	+x
مول تعادلی	۱۰−۲x	x	x

$$K=\frac{[N_2][O_2]}{[NO]^2}=\frac{n(N_2)\times n(O_2)}{n(NO)^2}=49\Rightarrow\frac{x^2}{(10-2x)^2}=49$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{x}{10-2x}=7\Rightarrow x=4/6$$

اکنون غلظت مولی تعادلی هر گونه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مول تعادلی NO}=10-2(4/6)=0/8\Rightarrow\text{غلظت تعادلی NO}=\frac{0/8}{2}=0/4\ mol.L^{-1}$$

$$\text{مول تعادلی } N_2 \text{ و } O_2=4/6\Rightarrow\text{غلظت تعادلی } N_2 \text{ و } O_2=\frac{4/6}{2}=2/3\ mol.L^{-1}$$

با توجه به اعداد به‌دست آمده، نمودار گزینهٔ (۴) صحیح است.

B ۲۸۸۵ ۲ مول اولیهٔ هر یک از واکنش‌دهنده‌ها را a درنظر می‌گیریم و جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

$$۴X + Y \rightleftharpoons ۲M + ۲Z$$

مول اولیه	a	a	۰	۰
تغییرات	$-۴x$	$-x$	$+۲x$	$+۲x$
مول تعادلی	$\underbrace{a-۴x}_{۰/۰۲mol}$	$\underbrace{a-x}_{۰/۰۸mol}$	۲x	۲x

سپس مقدار a و x را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} a-۴x=۰/۰۲ \\ a-x=۰/۰۸ \end{cases} \Rightarrow x=۰/۰۲mol \ , \ a=۱mol$$

حال به کمک مقادیر x ، a و ثابت تعادل واکنش، حجم ظرف را محاسبه می‌کنیم:

$$[X]=\frac{۰/۰۲}{V}mol.L^{-۱}, \quad [Y]=\frac{۰/۰۸}{V}mol.L^{-۱}, \quad [M]=\frac{۲x}{V}=\frac{۲\times ۰/۰۲}{V}=\frac{۰/۰۴}{V}mol.L^{-۱}, \quad [Z]=\frac{۲x}{V}=\frac{۲\times ۰/۰۲}{V}=\frac{۰/۰۴}{V}mol.L^{-۱}$$

$$\Rightarrow K=\frac{[M]^۲[Z]^۲}{[X]^۴[Y]} \Rightarrow ۲۵=\frac{(\frac{۰/۰۴}{V})^۲(\frac{۰/۰۴}{V})^۲}{(\frac{۰/۰۲}{V})^۴(\frac{۰/۰۸}{V})} \Rightarrow ۲۵=\frac{۱۶\times ۱۶\times ۱۰^{-۸}}{۱۶\times ۸\times ۱۰^{-۱۰}}\times V \Rightarrow V=۰/۱۲۵L=۱۲۵mL$$

B ۲۸۸۶ ۲ تعداد مول اولیهٔ واکنش‌دهنده‌ها را برابر n مول فرض می‌کنیم. تعداد مول گازی دو طرف معادلهٔ واکنش برابر است، بنابراین حجم ظرف از صورت و مخرج کسر عبارت ثابت تعادل ساده شده و می‌توانیم به جای غلظت تعادلی، تعداد مول تعادلی هر گاز را در عبارت ثابت تعادل قرار دهیم.

$$CO(g)+H_۲O(g) \rightleftharpoons CO_۲(g)+H_۲(g)$$

مول اولیه	n	n	۰	۰
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$n-x$	$n-x$	x	x

$$K=\frac{[CO_۲][H_۲]}{[CO][H_۲O]} \Rightarrow ۴۹=\frac{(x)(x)}{(n-x)(n-x)} \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از دو طرف تساوی}} ۷=\frac{x}{n-x}$$

$$\frac{\text{مجموع غلظت مولی فراورده‌ها}}{\text{مجموع غلظت مولی واکنش‌دهنده‌ها}}=\frac{(\frac{x}{۴})+(\frac{x}{۴})}{(\frac{n-x}{۴})+(\frac{n-x}{۴})}=\frac{۲x}{۲(n-x)}=\frac{x}{n-x}=۷$$

B ۲۸۸۷ ۱ فرض می‌کنیم در ابتدا a مول $CaCO_۳$ و b مول $CaSO_۴$ وارد ظرف شده‌اند، بر این اساس داریم:

$$CaCO_۳(s) \rightleftharpoons CaO(s)+CO_۲(g) \quad (I)$$

مول تعادلی: $a-x$ x x

$$CaSO_۴(s) \rightleftharpoons CaO(s)+SO_۳(g) \quad (II)$$

مول تعادلی: $b-y$ y y

از طرفی $SO_۳$ جرم مولی بیشتری از $CO_۲$ داشته و در نتیجه قدرت نیروهای بین مولکولی آن بیشتر است؛ بنابراین داریم:

$$\text{درصد حجمی } SO_۳=\frac{n_{SO_۳}}{n_{SO_۳}\times n_{CO_۲}}\times ۱۰۰=\frac{y}{y+x}\times ۱۰۰=۴۰ \Rightarrow y=\frac{۲}{۳}x$$

بنابراین نسبت ثابت تعادل دو واکنش برابر است با:

$$\frac{K(I)}{K(II)}=\frac{n_{CO_۲}}{n_{SO_۳}}=\frac{x}{y}=\frac{x}{\frac{۲}{۳}x}=۱/۵$$

در نهایت نسبت جرم CaO به $SO_۳$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم CaO}}{\text{جرم } SO_۳}=\frac{(x+y)\times ۵۶}{y\times ۸۰}=\frac{\frac{۵}{۳}x\times ۵۶}{\frac{۲}{۳}x\times ۸۰}=\frac{۳۵}{۲۰}=۱/۷۵$$

B ۲۸۸۸ ۴ ابتدا غلظت یون هیدروکسید را در محلول به دست می‌آوریم:

$$[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱۲/۳}=۵\times ۱۰^{-۱۳}mol.L^{-۱} \Rightarrow [H^+]\times[OH^-]=۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [OH^-]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۵\times ۱۰^{-۱۳}}=۲\times ۱۰^{-۲}mol.L^{-۱}$$

طبق فرض سؤال، pH و در نتیجه غلظت یون هیدروکسید ثابت بوده و غلظت یون کلسیم برابر غلظت کلسیم هیدروکسید حل شده در یک لیتر آب است. بنابراین داریم:

$$K=[Ca^{۲+}]\times[OH^-]^۲ \Rightarrow ۶\times ۱۰^{-۸}=[Ca^{۲+}]\times(۲\times ۱۰^{-۲})^۲ \Rightarrow [Ca^{۲+}]=\frac{۶\times ۱۰^{-۸}}{۴\times ۱۰^{-۴}}=۱/۵\times ۱۰^{-۴}mol.L^{-۱}$$

بنابراین در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از این آب، $۱/۵\times ۱۰^{-۴}$ مول کلسیم هیدروکسید حل شده، پس در ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول، $۱/۵\times ۱۰^{-۵}$ مول کلسیم هیدروکسید حل شده است که جرم آن برابر است با:

$$۱/۵\times ۱۰^{-۵}mol\ Ca(OH)_۲\times\frac{۷۴g\ Ca(OH)_۲}{۱mol\ Ca(OH)_۲}\times\frac{۱۰^۳mg\ Ca(OH)_۲}{۱g\ Ca(OH)_۲}=۱/۱۱mg$$

بنابراین انحلال‌پذیری کلسیم هیدروکسید در آب برابر ۱/۱۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر از آن است.

C ۲۸۸۹ ۲ پس از باز کردن شیر رابط بین دو ظرف، چند نکته وجود دارد: ۱- باید تعداد مول $PCl_۵$ موجود در دو ظرف را با هم جمع کنیم تا تعداد مول اولیهٔ این گاز را به‌دست آوریم. $(۰/۲+۰/۸=۱mol)$ ۲- حجم نهایی مخلوط گازی برابر مجموع حجم هر یک از ظرف‌ها است. $(۱+۱=۲L)$

۳- از آنجا که در آغاز واکنش، فقط PCl_5 را در دو ظرف داریم، پس تنها امکان انجام واکنش **رفت** وجود دارد.

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2 \qquad (R_{\text{برگشت}} = 0)$$

	PCl_5	PCl_3	Cl_2
غلظت اولیه	۰/۵	۰	۰
تغییر غلظت	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت تعادلی	$0/5-x$	x	x

$$[PCl_5]_{\text{اولیه}} = \frac{1\,mol}{2L} = 0/5\,mol.L^{-1}$$

$$K = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} \Rightarrow 0/25 = \frac{(x)(x)}{(0/5-x)} \Rightarrow x^2 + 0/25x - 0/125 = 0 \xrightarrow[ax^2+bx+c=0]{\text{حل معادلهٔ درجه ۲}}$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a} = \frac{-0/25 \pm \sqrt{(0/25)^2 - 4(1)(-0/125)}}{2} = \frac{-0/25 \pm \sqrt{\frac{9}{16}}}{2}$$

$$x_1 = \frac{-0/25-0/75}{2} = -0/5 \text{ (غ ق ق)} \quad , \quad x_2 = \frac{-0/25+0/75}{2} = 0/25\,mol.L^{-1} \text{ (ق ق)}, [PCl_5]_{\text{تعادلی}} = 0/5-x = 0/5-0/25 = 0/25\,mol.L^{-1}$$

برای محاسبهٔ تعداد مول PCl_5 در حالت تعادل، باید تعداد مول تعادلی این گاز را در حجم ظرف ضرب کنیم.

$$?\,mol\,PCl_5 = 0/25\,\frac{mol}{L} \times 2L = 0/5\,mol$$

* **توجه** حال یکی از پرسش‌های کنکور ریاضی سال ۹۷ و همچنین یکی از پرسش‌های کنکور تجربی سال ۹۶ احتیاج به حل معادلهٔ درجهٔ دوم داشت، پس بهتر است که شما هم به خوبی با نحوهٔ حل این دسته از پرسش‌ها آشنا باشید.

C ۲۸۹۰ ۳ جدول تغییرات واکنش اول را رسم می‌کنیم:

	$2HCl$	Cl_2	H_2
مول اولیه	$\frac{43/8}{37/5} = 1/2$	۰	۰
مول نهایی	$1/2-2x$	x	x

$$K = \frac{n_{H_2} \times n_{Cl_2}}{(n_{HCl})^2} = \frac{x^2}{(1/2-2x)^2} = 4$$

$$\Rightarrow \frac{x}{1/2-2x} = 2 \Rightarrow 5x = 2/4 \Rightarrow x = 0/48\,mol$$

بنابراین مقدار HCl باقی‌مانده برابر است با:

$$1/2-(2\times 0/48) = 0/24\,mol$$

این مقدار HCl وارد واکنش دوم شده و باعث جابه‌جایی آن در جهت برگشت می‌شود؛ بنابراین داریم:

	NH_4Cl	NH_3	HCl
مول اولیه	۰	۰/۰۹	۰/۲۴
مول نهایی	x	$0/09-x$	$0/24-x$

$$K = \frac{n_{NH_3} \times n_{HCl}}{V^2} = \frac{(0/09-x)(0/24-x)}{1^2} = 0/01$$

$$\Rightarrow 0/0116 - 0/33x + x^2 = 0 \Rightarrow (x-0/04)(x-0/29) = 0 \Rightarrow x = 0/04 \text{ یا } 0/29$$

از بین دو عدد به دست آمده، مقدار ۰/۰۴ مول برای x قابل قبول است؛ بنابراین جرم آمونیم کلرید در تعادل برابر است با:

$$0/04\,mol\,NH_4Cl \times \frac{53/5g\,NH_4Cl}{1\,mol\,NH_4Cl} = 2/14g\,NH_4Cl$$

A ۲۸۹۱ ۳ عبارت ثابت تعادل در واکنش $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ به‌صورت $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ است و با توجه به جدول داده شده، مقدار K برابر است با:

$$K = \frac{(0/02)^2}{(0/4)(0/5)^3} = 8\times 10^{-3}\,mol^{-2}.L^2$$

با توجه به مقدار کم ثابت تعادل مشخص است که واکنش در این شرایط پیشرفت زیادی نداشته است.

دقت شود که یکای K در واکنش $aA(g)+bB(g) \rightleftharpoons cC(g)+dD(g)$ به‌صورت $(\frac{mol}{L})^{(c+d)-(a+b)}$ و در واکنش تولید آمونیاک به‌صورت $(\frac{mol}{L})^{2-(1+3)}$ یا $mol^{-2}.L^2$ است.

A ۲۸۹۲ ۲ اگر ثابت تعادل واکنش $2SO_2(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ بزرگ باشد، واکنش در جهت رفت پیشرفت خوبی دارد و غلظت فراورده‌ها در لحظهٔ تعادل بیشتر از غلظت واکنش‌دهنده‌ها در لحظهٔ تعادل است، یعنی غلظت $SO_3(g)$ در لحظهٔ تعادل، بیشتر از غلظت $O_2(g)$ و $SO_2(g)$ در لحظهٔ تعادل است. شیب منحنی «غلظت - زمان» برای SO_3 دو برابر O_2 است، زیرا ضریب استوکیومتری SO_3 دو برابر ضریب استوکیومتری O_2 است. باید دقت کرد که غلظت O_2 در لحظهٔ تعادل به صفر نمی‌رسد، زیرا واکنش تعادلی است و همواره مقداری O_2 در جهت برگشت تولید می‌شود.

B ۲۸۹۳ ۲

نکته ترکیبی **ثابت‌های تعادل بزرگ:** مفهوم ثابت تعادل برای یک واکنش تعادلی بیان می‌دارد که آن واکنش تا چه میزان پیشرفت می‌کند، به عبارتی نسبت فراورده‌های تولید شده به واکنش‌دهنده‌های باقی‌مانده، چقدر است. اگر این نسبت برای یک واکنش بسیار بالا باشد، می‌توان آن واکنش را کامل در نظر گرفت که مقدار غلظت واکنش‌دهنده‌ها (که در مخرج قرار دارند)ی باقی مانده ناچیز و به تقریب برابر صفر است. با توجه به آن می‌توان به این نتیجه رسید که بازده چنین واکنشی به تقریب برابر ۱۰۰٪ بوده و می‌توان مقادیر فراورده‌ها را به روش استوکیومتری و به‌طور مستقیم از مقادیر واکنش‌دهنده‌های مصرف شده به دست آورد.

به کمک مقدار عددی ثابت تعادل می‌توان به پیشرفت واکنش تعادلی پی برد؛ به‌طوری که اگر ثابت تعادل یک واکنش عدد به بزرگی مثلاً 10^{28} باشد، می‌توان نتیجه گرفت که بازده یا پیشرفت واکنش، حدوداً ۱۰۰٪ است و در نتیجه همهٔ واکنش‌دهنده‌های آن به فراورده تبدیل می‌شوند و برای محاسبهٔ جرم فراورده(ها) از استوکیومتری واکنش استفاده نمود:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,Na_2O=9/2\,g\,Na\times\frac{1\,mol\,Na}{23\,g\,Na}\times\frac{2\,mol\,Na_2O}{4\,mol\,Na}=0/2\,mol\,Na_2O$$

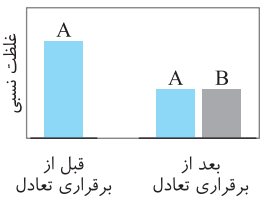
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم Na}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول }Na_2O}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{9/2}{4\times23}=\frac{X}{2}\Rightarrow X=0/2\,mol\,Na_2O$$

توضیح محاسبات

$$\frac{9/2\times2}{23\times4}=?\xrightarrow{\text{ساده کردن}}\frac{\overset{2}{9/2}\times\overset{2}{2}}{\underset{5}{23}\times4}=\frac{2}{5\times2}=\frac{1}{5}=0/2$$

B ۲۸۹۴ ۱ تنها عبارت (پ) نادرست است. با توجه به نمودار داده شده، A واکنش‌دهنده و B فراورده است و در ظرف واکنش، در ابتدا فقط A وجود داشته و بعد از رسیدن به تعادل غلظت A و B به‌تقریب با هم برابر شده است؛ ولی با توجه به یکسان بودن ضرایب استوکیومتری، غلظت تعادلی A و B باید نصف غلظت اولیهٔ A باشد که اینگونه نیست. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به نمودار داده شده، اندازهٔ تغییر غلظت فراورده و واکنش‌دهنده در لحظهٔ تعادل با هم برابر بوده و با توجه به صورت سؤال، ضرایب استوکیومتری آن‌ها نیز برابر است، پس ثابت تعادل واکنش برابر با یک است. عبارت (ب): غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و ضریب استوکیومتری آن‌ها با هم برابر K برابر یک ⇐ درصد پیشرفت واکنش برابر با ۵۰٪ عبارت (ت): نمودار داده شده، نشان‌دهندهٔ غلظت برابر از واکنش‌دهنده و فراورده در لحظهٔ تعادل است.



B ۲۸۹۵ ۲ اگر مقدار عددی ثابت تعادل یک واکنش برابر با $1/9\times10^{17}$ باشد، دربارهٔ این واکنش می‌توان گفت که پیشرفت بسیار زیادی در جهت رفت و رسیدن به تعادل دارد، زیرا K بسیار بزرگ است، اما نمی‌توان سرعت آن را پیش‌بینی کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر $2/4\times10^{3}$ باشد، واکنش در جهت رفت پیشرفت زیادی داشته و مقدار زیادی از واکنش‌دهنده(ها) به فراورده(ها) تبدیل می‌شود. گزینهٔ (۳): اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر ۱/۲۱ باشد، چون K به یک نزدیک است، می‌توان گفت در لحظهٔ تعادل غلظت واکنش‌دهنده(ها) و فراورده(ها) به‌تقریب با هم برابرند. گزینهٔ (۴): اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر $1/66\times10^{-5}$ باشد، چون K بسیار کوچک است، می‌توان گفت واکنش در جهت رفت پیشرفت خوبی نداشته و مقدار زیادی از واکنش‌دهنده‌ها در ظرف واکنش باقی می‌مانند و به فراورده تبدیل نمی‌شوند.

B ۲۸۹۶ ۲ در شکل داده شده، مقدار اولیهٔ SO_2 برابر ۲ مول و مقدار تعادلی این واکنش‌دهنده برابر با ۰/۲ مول است، از این‌رو واکنش پس از مصرف شدن ۱/۸ مول از SO_2 اولیه به تعادل رسیده است.

$$\text{درصد پیشرفت واکنش}=\frac{1/8\,mol}{2\,mol}\times100=\%90$$

از آنجا که در ابتدای واکنش، SO_2 و O_2 به نسبت استوکیومتری وارد ظرف شده‌اند، تفاوتی ندارد که از کدام‌یک از آن‌ها برای محاسبهٔ درصد پیشرفت واکنش استفاده کنیم.

B ۲۸۹۷ ۱ ابتدا تعداد مول تعادلی NO را به‌دست آورده و جدول مقابل را رسم می‌کنیم:

$$\text{مول تعادلی NO}=1/2\,g\,NO\times\frac{1\,mol\,NO}{30\,g\,NO}=0/04\,mol\,NO=2x\Rightarrow x=0/02\,mol$$

$$\text{درصد پیشرفت واکنش}=\frac{\text{مقدار مصرف شده }N_2}{\text{مقدار اولیهٔ }N_2}\times100=\frac{0/02}{1}\times100=\%2$$

$$N_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)$$

مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+2x$
مول تعادلی	$1-x$	$1-x$	$2x$

B ۲۸۹۸ ۳ تعداد مول گازی مواد در دو طرف معادلهٔ واکنش با هم برابر است، پس **حجم ظرف** در محاسبات ما اهمیتی ندارد، زیرا حجم ظرف از صورت و مخرج کسر K ساده می‌شود.

$$K=\frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2}\Rightarrow1=\frac{(x)(x)}{(1/08-2x)^2}\xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی جذر می‌گیریم}}1=\frac{x}{1/08-2x}$$

$$\Rightarrow x=0/36\,mol$$

$$\text{درصد HBr تجزیه شده}=\frac{\text{تعداد مول HBr که تجزیه شده است}}{\text{تعداد مول اولیهٔ HBr}}\times100=\frac{2x}{1/08}\times100$$

$$=\frac{2(0/36)}{1/08}\times100\simeq\%66/7$$

$$2HBr\rightleftharpoons H_2+Br_2$$

مول اولیه	۱/۰۸	۰	۰
تغییر مول	$-2x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$1/08-2x$	x	x

B ۲۸۹۹ ۴ قسمت اول: با توجه به معادلهٔ تعادلی داده شده، اگر x مول از CO و H_2O را وارد ظرف کنیم و بازده واکنش ۸۰٪ باشد، $0/8\,x$ مول از CO و H_2O مصرف شده و $0/8\,x$ مول از CO_2 و H_2 تولید می‌شود؛ بنابراین در جدول تغییر مول داریم:

$$K=\frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}=\frac{(\frac{0/8x}{4})\times(\frac{0/8x}{4})}{(\frac{0/2x}{4})\times(\frac{0/2x}{4})}=16$$

$$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$$

مول آغازی	x	x	۰	۰
تغییرات مول	$-0/8x$	$-0/8x$	$+0/8x$	$+0/8x$
مول تعادلی	$0/2x$	$0/2x$	$0/8x$	$0/8x$

قسمت دوم: اگر غلظت تعادلی CO_2 برابر $0/4 mol.L^{-1}$ باشد، داریم:

$$CO_2 \text{ غلظت تعادلی } Y=\frac{0/8x}{4}=0/4 \Rightarrow x=2mol$$

پس با توجه به اینکه مقدار مول آغازی CO را برابر x در نظر گرفتیم، پس مقدار آن برابر ۲ مول است.

B ۲۹۰۰ ۲ تغییرات مول مواد شرکت‌کننده در این واکنش تا برقراری تعادل، به صورت جدول مقابل است:

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+2x$
مول تعادلی	$1-x$	$1-x$	$2x$

رابطهٔ K برای این واکنش به صورت مقابل است: $K=\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$

و بازده درصدی در هر دما برابر است با: $\%R=\frac{\text{مقدار واکنش‌دهندهٔ مصرف شده}}{\text{مقدار اولیهٔ واکنش‌دهنده}}\times 100=\frac{x}{1}\times 100$

در دمای $b^\circ C$: $K=4=\frac{(2x)^2}{(1-x)^2} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} 2=\frac{2x}{1-x} \Rightarrow 2-2x=2x \Rightarrow 2=4x \Rightarrow x=\frac{1}{2} \Rightarrow \%R_b=\frac{\frac{1}{2}}{1}\times 100=\frac{1}{2}\times 100$

در دمای $a^\circ C$: $K=0/01=\frac{(2x)^2}{(1-x)^2} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} 0/1=\frac{2x}{1-x} \Rightarrow 0/1-0/1x=2x \Rightarrow 2/1x=0/1 \Rightarrow x=\frac{1}{21} \Rightarrow \%R_a=\frac{\frac{1}{21}}{1}\times 100=\%\frac{100}{21}$

نسبت خواسته شده در سؤال برابر است با: $\frac{\%R_b}{\%R_a}=\frac{\frac{1}{2}\times 100}{\frac{1}{21}\times 100}=\frac{21}{2}=10/5$

دقت کنید با توجه به اینکه شمار مول مواد در دو طرف این تعادل گازی برابر است؛ پس حجم ظرف از صورت و مخرج عبارت K حذف شده و در نتیجه در محاسبهٔ K به جای غلظت‌های تعادلی، مول تعادلی مواد را قرار دادیم.

B ۲۹۰۱ ۳ به‌طور کلی تغییر در پارامترهای غلظت، فشار و دما، تعادل را به هم می‌زند؛ اما تنها عاملی که می‌تواند ثابت تعادل را تغییر دهد، دما است.

A ۲۹۰۲ ۴ کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را کاهش می‌دهد و موجب افزایش سرعت رسیدن مواد به تعادل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): کاتالیزگر بر غلظت مولی فراورده‌ها تأثیری ندارد. گزینهٔ (۲): کاتالیزگر بر مقدار ثابت تعادل و میزان پیشرفت واکنش اثری ندارد. گزینهٔ (۳): کاتالیزگر سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود که تعادل زودتر برقرار شود.

B ۲۹۰۳ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) جملهٔ داده شده را به‌درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت مربوط به تعادل هابر را به یک‌اندازه کاهش می‌دهد و باعث می‌شود که تعادل با سرعت بیشتری برقرار شود. عبارت (ب): کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌اندازه کاهش می‌دهد. عبارت (پ): استفاده از کاتالیزگر تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد. عبارت (ت): کاتالیزگر بر میزان آنتالپی واکنش، میزان پیشرفت واکنش و مقدار عبارت ثابت تعادل بی‌تأثیر است.

A ۲۹۰۴ ۲ طبق اصل لوشاتلیه، با اعمال یک تغییر به سامانهٔ تعادلی، واکنش در جهت رفت یا برگشت پیشرفت می‌کند تا از این طریق، تا آنجا که امکان دارد، با تغییر وارد شده مقابله کند و دوباره به تعادل برسد.

B ۲۹۰۵ ۳ اگر تغییری سبب به هم خوردن تعادل در یک سامانهٔ تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن را جبران کند نه به‌طور کامل. فقط در یک سری از شرایط خاص تعادل به‌طور کامل اثر تغییر اعمال شده را رفع می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با افزایش غلظت یک ماده، تعادل در جهت مصرف آن پیش می‌رود اما معمولاً نمی‌تواند به‌طور کامل اثر آن را جبران کند. گزینهٔ (۲): تغییر دما، سبب به هم خوردن تعادل شده و ثابت تعادل را هم تغییر می‌دهد. گزینهٔ (۴): با کاهش غلظت یک ماده، تعادل در جهت تولید آن پیش می‌رود اما معمولاً نمی‌تواند اثر آن را به‌طور کامل جبران کند.

B ۲۹۰۶ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر غلظت یک واکنش‌دهنده را افزایش دهیم، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. عبارت (ب): به‌طور معمول جابه‌جایی تعادل اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین نمی‌برد. عبارت (پ): با خارج کردن یک ماده و کاهش غلظت آن، تعادل در جهت تولید آن جابه‌جا می‌شود. عبارت (ت): هنگامی که غلظت یک ماده را تغییر می‌دهیم، تعادل سعی می‌کند، با جابه‌جایی به سمت چپ و یا سمت راست، با این تغییر مقابله کند و دوباره به تعادل برسد، ولی به‌طور معمول نمی‌تواند به‌طور کامل اثر تغییر تحمیل شده را از بین ببرد. بنابراین هنگامی که مقدار یک فراورده را به اندازهٔ ۱ مول کاهش می‌دهیم، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، اما تعداد مول فراورده تولید شده بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، کمتر از ۱ مول خواهد بود.

B ۲۹۰۷ ۲ با افزایش غلظت گاز O_2، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. با کاهش غلظت گاز SO_2، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. پس از تغییر غلظت و جابه‌جایی تعادل، اثر تغییر وارد شده به‌طور کامل از بین نمی‌رود، بنابراین مقداری از گاز O_2 اضافه شده مصرف می‌شود و مقداری از کاهش غلظت SO_2 جبران می‌شود.

B ۲۹۰۸ ۲ موارد دوم و سوم درست هستند. $I_2(g)$ در قسمت فراورده‌ها و در سمت راست معادلهٔ واکنش قرار دارد، با افزودن I_2 به سامانهٔ تعادلی، غلظت این ماده افزایش یافته و طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه به‌طور معمول اثر تغییر وارد شده به‌طور کامل از بین نمی‌رود، غلظت I_2 در تعادل جدید از تعادل اولیه بیشتر است. همچنین بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت H_2 کاهش و غلظت HI افزایش می‌یابد.

B ۲۹۰۹ ۴ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) جمله را به‌درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه باعث کاهش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت تولید آن می‌شود. عبارت (ب): وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه باعث افزایش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت مصرف آن می‌شود. در نتیجه غلظت آمونیاک افزایش یافته و غلظت گاز نیتروژن کاهش می‌یابد. دقت کنید که اثر تغییر غلظت روی گاز هیدروژن باقی می‌ماند. برای مثال اگر ۱ مول از آن وارد شود، مقدار ۰/۸ مول آن مصرف می‌شود و غلظت نهایی آن افزایش یافته است. عبارت (پ): خارج کردن مقداری گاز نیتروژن از سامانه باعث کاهش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت تولید آن می‌شود. در نتیجه غلظت آمونیاک کاهش و غلظت هیدروژن افزایش می‌یابد. عبارت (ت): وارد کردن مقداری گاز آمونیاک به سامانه باعث افزایش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت مصرف آن می‌شود اما دقت کنید که ثابت تعادل تغییری نمی‌کند زیرا ثابت تعادل فقط با تغییر دما دچار تغییر می‌شود.

B ۲۹۱۰ ۳ با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت B کاهش می‌یابد، اما بدون اطلاع از مقدار K، نمی‌توانیم بگوییم غلظت B در تعادل جدید، چه نسبتی با تعادل اولیه دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): بر اثر کاهش غلظت A، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، یعنی در جهت برگشت پیشرفت می‌کند تا به تعادل جدید برسد. در سمت فراورده‌ها، ۴ مول گاز (۱ مول B و ۳ مول C) و در سمت واکنش‌دهنده‌ها ۲ مول گاز (۲ مول A) وجود دارد. بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، شمار مولکول‌های گاز موجود در ظرف کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۲): با کاهش غلظت A و جابه‌جایی واکنش به سمت چپ، تعادل سعی می‌کند تا آنجا که امکان دارد، با تغییر وارد شده مقابله کند، اما به دلیل اینکه تعادل به‌طور معمول نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، با جابه‌جایی تعادل، به اندازهٔ نصف مقدار A تولید نمی‌شود، بنابراین غلظت A در تعادل جدید به اندازهٔ تعادل اولیه نیست ولی از نصف غلظت اولیه بیشتر می‌باشد. گزینهٔ (۴): با خروج A از سامانهٔ تعادلی، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود تا تعادل جدید ایجاد کند. در تعادل جدید، غلظت گونه‌ها کمتر از تعادل اولیه است؛ پس سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است.

B ۲۹۱۱ ۲ با دو برابر شدن غلظت $NO_2(g)$، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه به‌طور معمول اثر تغییر وارد شده به‌طور کامل از بین نمی‌رود، با جابه‌جایی تعادل، تمام $NO_2(g)$ اضافه شده، مصرف نمی‌شود، بنابراین غلظت $NO_2(g)$ در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر است. از سوی دیگر، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت $N_2O_4(g)$ هم افزایش می‌یابد، با توجه به اینکه غلظت و مقدار هر دو گاز موجود در تعادل، در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر است، فشار سامانهٔ تعادلی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه مقدار ثابت تعادل (K) را نداریم، نمی‌توانیم دربارهٔ نسبت غلظت N_2O_4 در تعادل جدید به غلظت این ماده در تعادل اولیه اظهار نظر کنیم. فقط می‌توانیم بیان کنیم که غلظت این ماده افزایش می‌یابد. گزینه‌های (۳) و (۴): پس از برقراری تعادل جدید، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با یکدیگر برابر شده و بیشتر از تعادل اولیه است، اما نمی‌توانیم بگوییم که سرعت‌ها دو برابر می‌شود.

B ۲۹۱۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): بر اثر کاهش غلظت $SO_3(g)$، تعادل در جهت تولید آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. با پیشرفت واکنش رفت، غلظت گازهای SO_2 و O_2 به تدریج کاهش می‌یابد. عبارت (ب): همان‌طور که در عبارت (الف) گفته شد، غلظت گازهای SO_2 و O_2 کاهش می‌یابد و همچنین با وجود حرکت تعادل برای تولید گاز کربن دی‌اکسید، اما همهٔ مقدار خارج شده تولید نمی‌شود پس غلظت نهایی این ماده نیز کاهش می‌یابد. عبارت (پ): با کاهش غلظت SO_3 و جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت هر سه گاز SO_3، SO_2 و O_2 در تعادل جدید، کمتر از تعادل اولیه است، از این‌رو، پس از برقراری تعادل جدید، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. عبارت (ت): مقدار عددی ثابت تعادل فقط با تغییر دما عوض می‌شود. عبارت (ث): با خروج مقدار SO_3 از سامانهٔ تعادلی، واکنش در جهت تولید آن جابه‌جا می‌شود و طی این فرایند مقدار مول و غلظت SO_3 افزایش می‌یابد.

B ۲۹۱۳ ۱ عبارت‌های اول و دوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: غلظت مولی یک ماده از تقسیم تعداد مول آن به حجم ظرف به‌دست می‌آید. حجم ظرف ۱۰ لیتر است، پس می‌توانیم غلظت هر یک از گازهای SO_2 و SO_3 را در تعادل جدید و تعادل اولیه به‌دست آوریم.

$$\text{تعادل اولیه: } [SO_3]_1=\frac{0/68\,mol}{10\,L}=0/068\,mol.L^{-1}\ ,\ [SO_2]_1=\frac{0/32\,mol}{10\,L}=0/032\,mol.L^{-1}\Rightarrow\frac{[SO_3]_1}{[SO_2]_1}=\frac{0/068}{0/032}=2/12$$

$$\text{تعادل جدید: } [SO_3]_2=\frac{1/46\,mol}{10\,L}=0/146\,mol.L^{-1}\ ,\ [SO_2]_2=\frac{0/54\,mol}{10\,L}=0/054\,mol.L^{-1}\Rightarrow\frac{[SO_3]_2}{[SO_2]_2}=\frac{0/146}{0/054}=2/70$$

ملاحظه می‌کنید که نسبت غلظت مولی $SO_3(g)$ به $SO_2(g)$ در دو تعادل با یکدیگر برابر نیست. عبارت دوم: طبق اصل لوشاتلیه، بر اثر افزایش غلظت SO_3، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. به دلیل اینکه ثابت تعادل (K) فقط تابع دما است، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه برابر است. عبارت سوم: غلظت گاز اکسیژن در تعادل جدید برابر است با:

$$[O_2]_2=\frac{0/27\,mol}{10\,L}=0/027\,mol.L^{-1}$$

عبارت چهارم: در نخستین لحظه‌ای که ۱ مول SO_3 را به تعادل می‌افزاییم، تعداد مول این ماده از ۰/۶۸ به ۱/۶۸ مول می‌رسد، بعد از این تغییر، تعادل جابه‌جا می‌شود و سعی می‌کند که با این تغییر مقابله کند، اما همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌کنید، تعداد مول SO_3 در تعادل جدید، برابر ۱/۴۶ مول است، یعنی تعادل تمام SO_3 اضافه شده را مصرف نکرده و مقداری از تغییر وارد شده از بین نرفته است.

B ۲۹۱۴ ۲ **روش اول:** با افزودن ۲ مول گاز NO، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود تا دوباره به تعادل برسد. بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت گاز NO_2، به تدریج افزایش و غلظت گازهای NO و O_2 به تدریج کاهش می‌یابد.

$$\underset{4+2-2x}{2NO(g)}+\underset{4-x}{O_2(g)}\rightleftharpoons\underset{8+2x}{2NO_2(g)}$$

$$[O_2]_{\text{تعادل جدید}}=4-x=3/45\Rightarrow x=0/55\,mol.L^{-1}\Rightarrow[NO]_{\text{تعادل جدید}}=4+2-2x=6-2(0/55)=4/9\,mol.L^{-1}$$

$$[NO_2]_{\text{تعادل جدید}}=8+2x=8+2(0/55)=9/1\ mol.L^{-1}$$

روش دوم: هنگامی که ۲ مول NO را به تعادل می‌افزاییم، غلظت این ماده از 4M به 6M افزایش می‌یابد، سپس تعادل جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه تعادل نمی‌تواند به‌طور کامل اثر تغییر وارد شده را از بین ببرد، غلظت تعادلی NO در تعادل جدید از 4M بزرگ‌تر خواهد بود، پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که گزینه‌ای که در آن غلظت NO بین 4M و 6M باشد، می‌تواند جواب پرسش باشد. فقط در گزینهٔ (۲) این شرط رعایت شده است.

B ۲۹۱۵ ۲ از شکل (الف) تا (پ)، تعداد مولکول‌های قهوه‌ای‌رنگ NO_2 در حال افزایش است. اما در دو شکل (پ) و (ت) تعداد مولکول‌ها ثابت است. بنابراین می‌توانیم نتیجه بگیریم که در شکل (پ) تعادل برقرار شده است. پس از برقراری تعادل، غلظت مواد موجود در تعادل تغییر نمی‌کند، به همین دلیل نسبت $\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]}$ و شدت رنگ قهوه‌ای در شکل‌های (پ) و (ت) یکسان است.

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): به دلیل اینکه ضریب استوکیومتری NO_2 دو برابر ضریب استوکیومتری N_2O_4 است، از این‌رو سرعت تولید $NO_2(g)$ هم دو برابر سرعت تولید $N_2O_4(g)$ می‌باشد. گزینهٔ (۳): از شکل (الف) تا شکل (پ)، غلظت $N_2O_4(g)$ در حال کاهش است، بنابراین سرعت مصرف $N_2O_4(g)$ در شکل (ب) کمتر از شکل (الف) است (با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد). گزینهٔ (۴): اگر مقداری گاز NO_2 به مخلوط واکنش افزوده شود، واکنش در جهت تولید N_2O_4 یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۱۶ ۲ مقایسه‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): سرعت مصرف $PCl_5(g)$، همان سرعت واکنش برگشت است. به دلیل کاهش غلظت $PCl_5(g)$، سرعت واکنش برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر است. عبارت (ب): در تعادل سرعت واکنش رفت و برگشت با هم برابر است و بنابر توضیحات عبارت (الف) چون سرعت واکنش برگشت در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است پس سرعت واکنش رفت هم در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است. عبارت (پ): طبق اصل لوشاتلیه، با کاهش غلظت PCl_3، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. بنابراین غلظت $PCl_5(g)$ به تدریج کاهش می‌یابد. به دلیل ثابت بودن دما، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه یکسان است. در صورت کسر ثابت تعادل، $[PCl_5]$ و در مخرج آن حاصل‌ضرب $[PCl_3][Cl_2]$ وجود دارد، پس اگر $[PCl_5]$ کاهش یابد، باید حاصل‌ضرب $[PCl_3][Cl_2]$ هم به همان نسبت کاهش یابد تا نسبت آن‌ها یعنی مقدار K تغییر نکند. عبارت (ت): بر اثر کاهش غلظت $PCl_3(g)$، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، غلظت $Cl_2(g)$ به تدریج افزایش می‌یابد. بنابراین غلظت $Cl_2(g)$ در تعادل جدید، نسبت به تعادل اولیه بیشتر است. عبارت (ث): به دلیل ثابت بودن دما، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه یکسان است:

$$K=\frac{[PCl_5]}{[PCl_3][Cl_2]}=[PCl_5]\times[PCl_3]^{-1}\times[Cl_2]^{-1}$$

B ۲۹۱۷ ۳ عبارت ثابت تعادل برای این واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

$$K=[NH_3][H_2S]$$

با توجه به عبارت، بر اثر کاهش $[NH_3]$، تعادل در جهت تولید این ماده، یعنی جهت رفت، پیش می‌رود و مقدار $H_2S(g)$ نیز افزایش می‌یابد. اثر تغییر غلظت روی مقدار ثابت تعادل تغییری ایجاد نمی‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): بر اثر افزایش غلظت $H_2S(g)$، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و مقدار $NH_4HS(g)$ افزایش می‌یابد، اما با توجه به اینکه NH_4HS یک جامد خالص است، غلظت آن ثابت بوده و تغییر نمی‌کند.

نکته ترکیبی در واکنش‌های تعادلی، تغییر جرم اجزای جامد یا مایع تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد؛ زیرا در دمای معین، غلظت این مواد همواره ثابت باقی می‌ماند؛ بنابراین افزودن این مواد به ظرف تعادل یا خارج کردن بخشی از آن‌ها از سامانهٔ تعادلی سبب به هم خوردن تعادل نمی‌شود و تغییری در نمودار «مول - زمان» و غلظت سایر اجزای تعادل ایجاد نمی‌کند.

گزینهٔ (۲): با اضافه یا کم کردن یک مادهٔ جامد خالص، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. گزینهٔ (۴): NH_4HS یک جامد خالص است، پس با خارج کردن آن تغییری در تعادل ایجاد نشده و سرعت واکنش‌های رفت و برگشت تغییر نمی‌کند.

B ۲۹۱۸ ۴ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): بر اثر کاهش غلظت $H_2(g)$، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در قسمت فراورده‌ها، ۱۱۲ گرم مادهٔ جامد (۲ مول Fe) و در قسمت واکنش‌دهنده‌ها، ۱۶۰ گرم مادهٔ جامد (۱ مول Fe_2O_3) داریم، از این‌رو، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، جرم مواد جامد موجود در تعادل افزایش می‌یابد. عبارت (ب): Fe یک جامد خالص است، پس با افزایش مقدار آن، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. عبارت (پ): با افزایش غلظت $H_2O(g)$، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین سرعت واکنش برگشت افزایش پیدا می‌کند. همچنین بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، مقدار (تعداد مول) $Fe_2O_3(g)$ افزایش می‌یابد. عبارت (ت): Fe_2O_3 یک جامد خالص بوده و غلظت آن ثابت است، پس با خارج کردن مقداری از این ماده، تغییری در تعادل مشاهده نخواهیم کرد.

B ۲۹۱۹ ۳ مقداری از A را از تعادل خارج کرده‌ایم، از این‌رو باید در نخستین لحظه، غلظت A به‌طور ناگهانی کاهش یابد (نادرستی گزینهٔ (۴))، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، مقداری از کاهش غلظت A جبران می‌شود، بنابراین غلظت A در تعادل جدید، نسبت به تعادل اولیه کمتر است (نادرستی گزینهٔ (۲))، بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، باید غلظت C کاهش یابد (نادرستی گزینهٔ (۱)).

B ۲۹۲۰ ۱ فقط مورد دوم درست است. با توجه به نمودار، تغییر وارد شده، افزایش غلظت PCl_5 می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: بر اثر افزایش غلظت PCl_5، تعادل به هم خورده و به سمت راست جابه‌جا می‌شود، در تعادل جدید، غلظت هر سه مادهٔ PCl_5، PCl_3 و Cl_2 از تعادل اولیه بیشتر است، بنابراین سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر می‌باشد. عبارت دوم: بر اثر این تغییر سرعت واکنش رفت افزایش یافته و تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، غلظت PCl_3 و Cl_2 به تدریج افزایش می‌یابد تا به تعادل جدید برسیم و غلظت این دو ماده ثابت شود. بنابراین از لحظهٔ اعمال تغییر تا لحظهٔ برقراری تعادل جدید، سرعت مصرف PCl_3 که همان سرعت واکنش برگشت است، به تدریج افزایش می‌یابد. عبارت سوم: K فقط تابع دما است، از آنجا که حین افزایش غلظت PCl_5، دما تغییر نکرده، مقدار K در تعادل جدید با تعادل اولیه برابر است. عبارت چهارم: مقدار افزایش غلظت PCl_3 و Cl_2 به یک‌میزان است، اما با توجه به افزودن مقداری PCl_5 به ظرف، نمی‌توان دربارهٔ رابطهٔ مقدار تغییر غلظت آن با مواد دیگر بحث کرد.

B ۲۹۲۱ ۴ بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): H_2O یک مادهٔ مایع خالص است، بنابراین غلظت آن ثابت می‌باشد. عبارت (پ): بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت یون $CoCl_4^{2-}(aq)$ افزایش می‌یابد، اما به دلیل ثابت بودن دما، مقدار ثابت تعادل (K) تغییر نمی‌کند. عبارت (ت): با افزایش غلظت $Cl^-(aq)$ در تعادل جدید، سرعت واکنش رفت افزایش یافته و با توجه به برابر بودن سرعت واکنش رفت و برگشت در تعادل جدید، می‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش برگشت نیز افزایش یافته است.

B ۲۹۲۲ ۲ افزودن چند قطره محلول نقره نیترات سبب ایجاد موارد دوم، سوم و چهارم می‌شود. نقره نیترات $(AgNO_3)$ محلول در آب است و بر اثر تفکیک یونی آن، یون‌های $Ag^+(aq)$ و $NO_3^-(aq)$ آزاد می‌شوند. یون‌های $Ag^+(aq)$ با یون‌های $Cl^-(aq)$ موجود در تعادل واکنش داده و رسوب سفیدرنگ $AgCl(s)$ را تولید می‌کنند.

$$AgNO_3(s) \xrightarrow{H_2O} Ag^+(aq)+NO_3^-(aq) \qquad Ag^+(aq)+Cl^-(aq)\rightarrow AgCl(s)$$

بر اثر واکنش یون‌های $Ag^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$، غلظت یون $Cl^-(aq)$ در محلول کاهش می‌یابد، بنابراین طبق اصل لوشاتلیه، تعادل انحلال KCl به سمت راست جابه‌جا می‌شود در نتیجه مقداری از ذره‌های KCl جامد حل می‌شوند و انحلال‌پذیری KCl افزایش می‌یابد. همچنین یون‌های $K^+(aq)$ تولید شده موجب افزایش غلظت این یون در محلول می‌شوند. اما از آنجا که به‌طور معمول تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، پس از برقراری تعادل جدید، غلظت یون Cl^- نسبت به تعادل اولیه کمتر است.

B ۲۹۲۳ ۱ با افزودن آب، غلظت مواد محلول کاهش می‌یابد و غلظت مواد جامد ثابت می‌ماند. با توجه به اینکه تعداد مول مواد محلول در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، غلظت مواد در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر کاهش می‌یابد و مطابق اصل لوشاتلیه، واکنش در جهت تولید واکنش‌دهنده‌ها (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): با افزودن نمک طعام، مقداری از یون‌های $Ag^+(aq)$ در ترکیب با یون $Cl^-(aq)$ نمک، تشکیل رسوب $AgCl$ را می‌دهند و از غلظت آن‌ها کاسته می‌شود. بنابراین تعادل در جهت تولید یون Ag^+ (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. گزینهٔ (۳): با افزودن نقره نیترات، غلظت یون $Ag^+(aq)$ افزایش می‌یابد و تعادل در جهت مصرف آن جابه‌جا می‌شود که همان جهت رفت است. بنابراین سرعت مصرف $Cu(s)$ افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۴): با افزودن مس (II) سولفات، غلظت یون Cu^{2+} افزایش می‌یابد و تعادل در جهت مصرف آن جابه‌جا می‌شود که در نتیجهٔ این جابه‌جایی غلظت یون $Ag^+(aq)$ افزایش می‌یابد که در نتیجهٔ آن سرعت مصرف این یون هم افزایش می‌یابد.

B ۲۹۲۴ ۲ عبارت‌های سوم و ششم نادرست هستند. اگر به این سامانه مقداری HCl اضافه کنیم، یون $H^+(aq)$ با یون $OH^-(aq)$ واکنش می‌دهد و از غلظت یون OH^- کاسته می‌شود. تعادل برای مقابله با این تغییر در جهت تولید $OH^-(aq)$ که همان جهت رفت است، حرکت می‌کند و غلظت یون آمونیوم افزایش می‌یابد. با توجه به ثابت بودن دما، ثابت تعادل تغییری نمی‌کند. $[OH^-]\Rightarrow$ کاهش $[NH_4^+]\Rightarrow$ افزایش $[NH_3]\Rightarrow$ کاهش

دقت کنید که تعادل نمی‌تواند غلظت $OH^-(aq)$ را دوباره به حالت اول برگرداند و غلظت نهایی آن کمتر از غلظت اولیهٔ آن می‌باشد. در نتیجه pH محلول تعادلی کاهش می‌یابد. همان‌طور که می‌دانید حاصل‌ضرب $[OH^-]$ در $[H^+]$ در دمای معین، ثابت است، پس طی این فرایند حاصل آن تغییر نمی‌کند.

C ۲۹۲۵ ۳ همهٔ موارد به‌جز مورد سوم نادرست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول: اگر به این تعادل مقداری گاز CO_2 اضافه کنیم، تعادل در جهت مصرف آن یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و سرعت مصرف $H_2(g)$ که همان سرعت واکنش برگشت است، افزایش می‌یابد. مورد دوم: کلسیم کربنات ماده‌ای جامد است و با افزایش مقدار آن، غلظتش ثابت می‌ماند. در نتیجه تعادل جابه‌جا نمی‌شود. مورد سوم: با افزودن آب و دو برابر کردن حجم محلول، غلظت هر مادهٔ محلول نصف می‌شود و غلظت مواد جامد ثابت می‌ماند. با توجه به اینکه تعداد مول مواد محلول در آب در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، غلظت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر دچار کاهش می‌شود و طبق اصل لوشاتلیه تعادل در جهت تولید واکنش‌دهنده‌ها، یعنی جهت برگشت حرکت می‌کند. مورد چهارم: در صورت خارج کردن مقداری از گاز اکسیژن از تعادل مورد نظر، طبق اصل لوشاتلیه تعادل در جهت تولید گاز O_2 حرکت می‌کند، اما نمی‌تواند مقدار $O_2(g)$ خارج شده را به‌طور کامل جبران کند. در نتیجه $[O_2(g)]$ و $[SO_3(g)]$ نسبت به غلظت اولیهٔ آن‌ها کاهش و $[SO_2(g)]$ نسبت به غلظت اولیهٔ آن افزایش می‌یابد. مورد پنجم: هنگامی که گاز Ar را به تعادل می‌افزاییم، این گاز نجیب با هیچ‌یک از مواد موجود در تعادل واکنش نمی‌دهد. از این‌رو، تعداد مول مواد تغییر نمی‌کند. به گازهایی مانند Ar گاز بی‌اثر می‌گوییم، یعنی گازی که تمایلی به انجام واکنش با مواد موجود در تعادل ندارد. حجم ظرف هم ثابت است، بنابراین به دلیل تغییر نکردن تعداد مول مواد، بر اثر افزودن گاز Ar، غلظت هیچ‌یک از گازهای مخلوط تعادلی تغییر نکرده و به همین دلیل تعادل جابه‌جا نمی‌شود. تنها اثر افزودن Ar افزایش فشار کل است، یعنی به دلیل افزایش تعداد مول‌های گاز موجود در ظرف، تعداد برخوردها با دیوارهٔ ظرف افزایش یافته و در نتیجه، فشار مخلوط گازی زیادتر می‌شود.

B ۲۹۲۶ ۱ پس از افزایش غلظت $O_2(g)$، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت مصرف O_2، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در نخستین لحظهٔ تغییر وارد شده، غلظت گاز اکسیژن از ۰/۲ به ۰/۳ مول بر لیتر افزایش می‌یابد. حجم ظرف برابر ۱ لیتر است، بنابراین غلظت هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد.

$$[NO]_{\text{تعادل جدید}}=1-2x=1-2(0/0125)=0/975\,mol.L^{-1}$$

$$[NO_2]_{\text{تعادل جدید}}=0/04+2x=0/065\Rightarrow x=0/0125\,mol.L^{-1}$$

$2NO(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$

غلظت در نخستین لحظهٔ تغییر	۱	۰/۲+۰/۱	۰/۰۴
تغییر غلظت	$-2x$	$-x$	$+2x$
غلظت در تعادل جدید	$1-2x$	$0/3-x$	$0/04+2x$

B ۲۹۲۷ ۱ با توجه به جدول تغییر مول برای سامانهٔ تعادلی، می‌توان مقادیر A و B را محاسبه کرد. با توجه به تعادل (۲) مقدار مول نهایی هیدروژن برابر ۰/۴۷ مول است؛ پس x برابر است با:

$$0/5-0/3x=0/47\Rightarrow x=0/01$$

در نتیجه برای مقادیر A و B در تعادل جدید داریم:

$$A=0/14+2x=0/14+2(0/01)=0/16\,mol,\ B=0/12-x=0/12-0/01=0/11\,mol$$

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

مول اولیه	۰/۰۷	۰/۵۰	۰/۱۴
تغییر مول	$+0/05-x$	$-3x$	$+2x$
مول نهایی	$0/12-x$	$0/5-3x$	$0/14-2x$

همین‌جا گزینهٔ درست به‌دست آمد! اما برای تکمیل شدن پاسخ تشریحی، به کمک مول‌های تعادلی در تعادل (۱)، ثابت تعادل را به دست می‌آوریم:

$$K=\frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\times[N_2]}=\frac{(\frac{0/14}{1})^2}{(\frac{0/5}{1})^3\times(\frac{0/07}{1})}=\frac{(0/14)^2}{(0/5)^3\times 0/07}=2/24 L^2.mol^{-2}$$

B ۲۹۲۸ ۳ ابتدا باید با استفاده از غلظت‌های تعادلی داده شده، مقدار ثابت تعادل (K) را در تعادل اولیه به‌دست آوریم.

$$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$$

غلظت در نخستین لحظهٔ تغییر	۲	۰	۰
تغییر غلظت	$-2x$	$+x$	$+x$
غلظت در تعادل جدید	$2-2x$	x	x

$$K=\frac{[B][C]}{[A]^2}=\frac{(x)(x)}{(2-2x)^2}=\frac{1}{4}\Rightarrow\frac{x}{2-2x}=\frac{1}{2}\Rightarrow x=0/5 mol.L^{-1}$$

$$[B]_{\text{تعادل جدید}}=x=0/5 mol.L^{-1}$$

با کاهش غلظت A از $2mol.L^{-1}$ به $1 mol.L^{-1}$، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل برای تولید A به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. بر اثر این جابه‌جایی، به تدریج غلظت گازهای B و C کاهش و غلظت A به تدریج افزایش می‌یابد تا اینکه دوباره به تعادل برسیم و غلظت‌ها ثابت شوند. چون حین جابه‌جایی تعادل، دما تغییر نکرده، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه برابر است.

B ۲۹۲۹ ۲ ابتدا ثابت تعادل اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$A + B \rightleftharpoons 2C$$

مول در نخستین لحظهٔ تغییر	۱	۳	۴
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+2x$
مول در تعادل جدید	$4-x$	$4-x$	$4+2x$

$$K=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{(\frac{4}{3})^2}{(\frac{1}{3})(\frac{4}{3})}=4$$

با افزودن ۳ مول A، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. می‌دانیم با تغییر غلظت مواد، در دمای ثابت تعادل تغییری نخواهد کرد.

$$K=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{(4+2x)^2}{(4-x)^2}=4\Rightarrow\frac{4+2x}{4-x}=2\Rightarrow 4+2x=8-2x\Rightarrow x=1$$

با توجه به اینکه مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌های گازی برابر است، حجم سامانه را می‌توان در نظر نگرفت و به جای غلظت از مقدار مول مواد استفاده کرد.

پس مول C در تعادل جدید برابر ۶ و در نتیجه غلظت آن برابر است با:

$$[C]=\frac{6 mol}{3L}=2 mol.L^{-1}$$

C ۲۹۳۰ ۴ بازده درصدیِ ۵۰٪ به این معنی است که در تعادل، نیمی از مول‌های واکنش‌دهندهٔ (A) تجزیه شده است.

* **توجه** چون حجم ظرف برابر با یک لیتر است، تعداد مول‌های هر گونه با غلظت آن برابر است.

$$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$$

مول اولیه	۴	۰
تغییر مول	$-x$	$+2x$
مول تعادل جدید	$4-x$	$2x$

مطابق داده‌های سؤال می‌توان نوشت:

$$x=\frac{50}{100}\times 4\Rightarrow x=2 mol$$

اکنون ثابت تعادل را حساب می‌کنیم:

$$K=\frac{[B]^2}{[A]}=\frac{(2x)^2}{(4-x)}=\frac{4^2}{2}=8 mol.L^{-1}$$

اگر نیمی از مول‌های B، یعنی ۲ مول از این ماده را از سامانهٔ واکنش خارج کنیم، تعادل برای جبران آن در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، یعنی مقداری A مصرف و مقداری B تولید خواهد شد و دوباره واکنش به تعادل می‌رسد.

$$\text{در تعادل جدید:}\begin{cases}\text{تعداد مول A}: 2-x\\ \text{تعداد مول B}: 2+2x\end{cases}\Rightarrow K=\frac{(2+2x)^2}{2-x}=8\Rightarrow\frac{2^2(1+x)^2}{2-x}=8\Rightarrow\frac{(1+x)^2}{2-x}=2\Rightarrow x^2+4x-3=0\Rightarrow x=\frac{-4\pm\sqrt{28}}{2}=\frac{-4\pm 2\sqrt{7}}{2}$$

$$=\frac{-4\pm 2(2/65)}{2}\Rightarrow x_1=0/65\ (\text{ق ق}),\ x_2=-4/65\ (\text{غ ق ق})\Rightarrow[B]=\frac{(2+2x)mol}{1L}=\frac{2+2(0/65)}{1}=3/3 mol.L^{-1}$$

C ۲۹۳۱ ۲ بازده ۴۰ درصدی واکنش به معنای آن است که در این واکنش ۴۰٪ واکنش دهنده مصرف و به فراورده تبدیل شود؛ پس از ۴ مول NO_2 وارد شده به ظرف مقدار ۱/۶ مول از آن مصرف شده و طی آن ۱/۶ مول گاز NO و ۰/۸ مول گاز O_2 تولید می‌شود. طبق فرض سؤال، مقداری از گاز O_2 تولید شده تا لحظهٔ برقراری تعادل از ظرف خارج شده و مقدار آن برابر ۰/۸ مول نیست. بنابراین طبق ثابت تعادل واکنش داریم:

$$K=\frac{(n_{NO})^2\times n_{O_2}}{(n_{NO_2})^2}\times(\frac{1}{V})^{3-2}\Rightarrow 0/25=\frac{(1/6)^2\times n_{O_2}}{(2/4)^2}\times 2\Rightarrow n_{O_2}=\frac{9}{32} mol$$

حال جرم گاز O_2 خارج شده از ظرف واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases}\text{جرم } O_2 \text{ اولیه}=0/8 mol\times\frac{32 g\ O_2}{1 mol\ O_2}=25/6 g\\ \text{جرم } O_2 \text{ در تعادل}=\frac{9}{32} mol\times\frac{32 g\ O_2}{1 mol\ O_2}=9 g\end{cases}\Rightarrow\text{جرم } O_2 \text{ خارج شده}=25/6-9=16/6 g$$

C ۲۹۳۲ ۱ ابتدا ثابت تعادل واکنش تعادلی را محاسبه می‌کنیم: $([B]=[C]=۴[A])$

$$K=\frac{[B]\times[C]}{[A]^۲}=\frac{۴[A]\times۴[A]}{[A]^۲}=۱۶$$

با توجه به حجم ظرف، افزودن یک مول از هر ماده، به غلظت آن یک مولار اضافه می‌کند. اگر مقادیر ابتدایی $[A]$، $[B]$ و $[C]$ را به ترتیب M، $۴M$ و $۴M$ در نظر بگیریم، پس از افزودن یک مول از هر کدام از اجزای واکنش، غلظت A، B و C به ترتیب به $M+۱$، $۴M+۱$ و $۴M+۱$ می‌رسد. اکنون با توجه به پیچیدگی تعادل، نیازی نیست که تشخیص دهیم واکنش به کدام سمت جابه‌جا می‌شود. فرض می‌کنیم در همان جهت رفت حرکت کرده است. اگر مقدار x عددی مثبت به دست آید، یعنی فرضمان درست بوده و واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده و در غیر این‌صورت فرضمان اشتباه بوده و علامت x منفی به دست می‌آید که این بدین معناست که واکنش در جهت برگشت انجام شده است: اکنون از رابطهٔ ثابت تعادل داریم:

$$۲A \rightleftharpoons B + C$$

غلظت اولیه	$M+۱$	$۴M+۱$	$۴M+۱$
تغییر غلظت	$-۲x$	$+x$	$+x$
غلظت نهایی	$M-۲x+۱$	$۴M+x+۱$	$۴M+x+۱$

$$K=\frac{[B]\times[C]}{[A]^۲}=\frac{(۴M+x+۱)^۲}{(M-۲x+۱)^۲}=۱۶\Rightarrow\frac{۴M+x+۱}{M-۲x+۱}=۴$$

$$\Rightarrow ۴M+x+۱=۴M-۸x+۴\Rightarrow x=\frac{۱}{۳}$$

بنابراین فرضمان درست بوده و تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده است. در نهایت می‌توان تغییر جرم A را در سامانه به دست آورد:

$$[A]_{\text{جدید}}=[A]-۲x+۱=[A]-۲(\frac{۱}{۳})+۱=[A]+\frac{۱}{۳}$$

بنابر مقدار $\Delta[A]$ برابر $\frac{۱}{۳}$ مولار است که با توجه به اینکه حجم سامانه برابر یک لیتر است، تغییرات مول A برابر $\frac{۱}{۳}$ مول می‌باشد؛ پس تغییرات جرم A برابر است با:

$$\text{تغییرات جرم A}=\frac{۱}{۳}\text{mol A}\times\frac{۴۵\text{g A}}{۱\text{mol A}}=۱۵\text{g A}$$

B ۲۹۳۳ ۴ در تعادل‌های گازی تغییرات حجم و فشار با یکدیگر رابطهٔ عکس دارند، اما هیچ‌کدام نمی‌توانند ثابت تعادل را تغییر دهند. تنها عاملی که می‌تواند سبب تغییر ثابت تعادل شود، دما است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با افزایش فشار بر یک سامانهٔ تعادلی گازی، تعادل در جهت جبران این افزایش فشار جابه‌جا می‌شود و این کار را با کاهش شمار مول‌های گازی انجام می‌دهد؛ زیرا بر اساس قانون گازها، در دمای ثابت فشار با شمار مول‌ها رابطهٔ مستقیم دارد. گزینه‌های (۲) و (۳): تغییر فشار بر سامانه‌های فاقد مادهٔ گازی بی‌تأثیر است. همچنین در واکنش‌هایی که تعداد مول گازی در دو طرف معادله یکسان است، تغییر حجم و فشار سامانه نمی‌تواند سبب جابه‌جایی تعادل شود.

B ۲۹۳۴ ۳ فقط مورد (پ) نادرست است. تغییر نشان داده شده در شکل، افزایش فشار است. طبق اصل لوشاتلیه در اثر افزایش فشار، تعادل در جهت تولید تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود تا با اثر افزایش فشار مقابله کند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شکل، اثر افزایش غلظت مواد شرکت‌کننده در اثر کاهش حجم را در دمای ثابت نشان می‌دهد. عبارت (ب): با توجه به رابطهٔ $P_۱V_۱=P_۲V_۲$ می‌توان گفت: $\Rightarrow P_۱V_۱=P_۲V_۲ \xrightarrow{P_۲>P_۱} V_۱>V_۲$ دما ثابت است

عبارت (پ): با توجه به معادلهٔ واکنش تولید آمونیاک، «$N_۲(g)+۳H_۲(g)\rightleftharpoons ۲NH_۳(g)$» تعادل در جهت تولید گاز آمونیاک پیش می‌رود. عبارت (ت): با توجه به ثابت بودن دما، مقدار عددی ثابت تعادل تغییری نمی‌کند، اما به علت کاهش حجم، غلظت همهٔ گونه‌ها افزایش می‌یابد.

B ۲۹۳۵ ۴ طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. اگر بخواهیم، مقدار فراورده‌ها افزایش یابد، باید تعادلی را انتخاب کنیم که در آن مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد گازی در سمت فراورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها باشد. **بررسی واکنش‌ها:** گزینهٔ (۱): در این تعادل، مادهٔ گازی نداریم، پس تغییر حجم ظرف، تأثیری بر جابه‌جایی این تعادل ندارد. گزینهٔ (۲): در تعادل موجود در این گزینه، تعداد مول گازی دو طرف معادلهٔ واکنش با هم برابر است، بنابراین با افزایش حجم ظرف، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. گزینهٔ (۳): در سمت چپ، گاز $CO_۲$ را داریم، اما در سمت راست، مادهٔ گازی نداریم، به همین دلیل، افزایش حجم، موجب جابه‌جایی این تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها که تعداد مول گازی بیشتری دارند، می‌شود. گزینهٔ (۴): تعداد مول گازی فراورده‌ها از تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، در نتیجه این تعادل با افزایش حجم به سمت راست جابه‌جا شده و از این‌رو مقدار فراورده‌ها افزایش می‌یابد.

B ۲۹۳۶ ۱ طی این فرایند، درصد مولی واکنش‌دهنده‌ها در واکنش‌های (ب) و (ث) افزایش می‌یابد. طبق اصل لوشاتلیه، با کاهش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. اگر بخواهیم بر اثر کاهش فشار، درصد واکنش‌دهنده‌ها افزایش یابد، باید تعادلی را انتخاب کنیم که در آن مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد گازی در سمت واکنش‌دهنده‌ها، بیشتر از فراورده‌ها باشد. **بررسی واکنش‌ها:** واکنش‌های (الف) و (پ): در این تعادل‌ها، با کاهش فشار، تعادل به سمت فراورده‌ها که تعداد مول گازی بیشتری دارند، جابه‌جا می‌شود. واکنش (ب): در سمت واکنش‌دهنده‌ها، ۲ مول $HI(g)$، و در سمت فراورده‌ها، ۱ مول $H_۲S(g)$ وجود دارد. بنابراین در این تعادل، با کاهش فشار، تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها جابه‌جا شده و درصد مولی واکنش‌دهنده‌ها افزایش می‌یابد. واکنش (ت): در این تعادل، تعداد مول گازی در دو طرف معادلهٔ واکنش برابر است، بنابراین با کاهش فشار، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. واکنش (ث): در سمت واکنش‌دهنده‌ها، ۳ مول و در سمت فراورده‌ها ۲ مول مادهٔ گازی وجود دارد؛ بنابراین در این تعادل، با کاهش فشار، تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها جابه‌جا شده و درصد مولی واکنش‌دهنده‌ها افزایش می‌یابد.

B ۲۹۳۷ ۲ تعادل‌های چهارم و پنجم با شرایط ذکر شده مطابقت دارند. برای آن‌که بازده یک واکنش (درصد تبدیل شدهٔ واکنش دهنده به فراورده) بیشتر باشد، باید پیشرفت واکنش در حالتی که حجم ظرف واکنش کمتر است (فقط حباب ۱) از حالتی که حجم آن بیشتر است (باز بودن مسیر بین دو حباب و مجموع حجم حباب‌ها) بیشتر باشد، به عبارت دیگر تعادل‌هایی مد نظر سؤال است که با افزایش حجم ظرف، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و بازده آن‌ها کاهش می‌یابد. این شرایط در تعادل‌هایی گازی برقرار است که مجموع ضرایب اجزای گازی در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌ها باشد. **بررسی موارد:**

مورد اول: $\underbrace{۲N_۲O_۵(g)}_{۲\text{mol}}\rightleftharpoons\underbrace{۴NO_۲(g)+O_۲(g)}_{۵\text{mol}}$ مورد دوم: $\underbrace{۳H_۲O(g)+۲Fe(s)}_{۳\text{mol}}\rightleftharpoons\underbrace{Fe_۲O_۳(s)+۳H_۲(g)}_{۵\text{mol}}$

مورد سوم: $\underbrace{H_2S(g)+I_2(s)}_{1\,mol}\rightleftharpoons\underbrace{2HI(g)+S(s)}_{2\,mol}$ مورد چهارم: $\underbrace{PCl_3(g)+Cl_2(g)}_{2\,mol}\rightleftharpoons\underbrace{PCl_5(g)}_{1\,mol}$

مورد پنجم: $\underbrace{N_2(g)+3H_2(g)}_{4\,mol}\rightleftharpoons\underbrace{2NH_3(g)}_{2\,mol}$

B ۲۹۳۸ ۲ در قدم اول، باید با استفاده از نمودارهای «غلظت - زمان» داده شده، معادلهٔ واکنش هر یک از گزینه‌ها را بنویسیم. برای این کار، تغییر غلظت هر یک از گازها را از آغاز واکنش تا لحظهٔ برقراری تعادل محاسبه کرده و سپس آن‌ها را به کوچک‌ترین تغییر غلظت تقسیم می‌کنیم تا ضریب‌های استوکیومتری مشخص شوند. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): $\left\{\begin{array}{l}\text{واکنش‌دهنده‌ها}: \Delta[A]=-0/1\ ,\ \Delta[B]=-0/1\\ \text{فراورده}: \Delta[C]=+0/2\end{array}\right\}\xrightarrow{\text{معادلهٔ واکنش}}A+B\rightleftharpoons 2C$

گزینهٔ (۲): $\left\{\begin{array}{l}\text{واکنش‌دهنده‌ها}: \Delta[A]=-0/1\ ,\ \Delta[B]=-0/2\\ \text{فراورده‌ها}: \Delta[C]=+0/2\end{array}\right\}\xrightarrow{\text{معادلهٔ واکنش}}A+2B\rightleftharpoons 2C$

گزینهٔ (۳): $\left\{\begin{array}{l}\text{واکنش‌دهنده‌ها}: \Delta[A]=-0/2\ ,\ \Delta[B]=-0/2\\ \text{فراورده‌ها}: \Delta[C]=+0/2\ ,\ \Delta[D]=+0/4\end{array}\right\}\xrightarrow{\text{معادلهٔ واکنش}}2A+2B\rightleftharpoons 2C+4D\xrightarrow{\text{تقسیم بر ضریب کوچک‌تر}}A+B\rightleftharpoons C+2D$

گزینهٔ (۴): $\left\{\begin{array}{l}\text{واکنش‌دهنده‌ها}: \Delta[A]=-0/2\\ \text{فراورده‌ها}: \Delta[C]=+0/4\end{array}\right\}\xrightarrow{\text{معادلهٔ واکنش}}2A\rightleftharpoons 4C\xrightarrow{\text{تقسیم بر ضریب کوچک‌تر}}A\rightleftharpoons 2C$

طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود. بنابراین در تعادل گزینهٔ (۲) که در سمت چپ، ۳ مول گاز و در سمت راست، ۲ مول گاز وجود دارد، با افزایش فشار، تعادل به سمت راست، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۳۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): بر اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، غلظت هر سه گاز $NO_2(g)$ ، $NO(g)$ و $O_2(g)$ در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. عبارت (ب): اگر فشار را کاهش دهیم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که تعداد مول‌های گازی بیشتر می‌شود. عبارت (پ): با کاهش فشار (افزایش حجم)، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. دلیل این نکته، کاهش غلظت همهٔ مواد گازی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه است. عبارت (ت): با جابه‌جایی تعادل به سمت راست، مقدار (تعداد مول) $NO_2(g)$ ، کاهش و مقدار (تعداد مول) $NO(g)$ و $O_2(g)$ افزایش می‌یابد.

B ۲۹۴۰ ۴ با نصف شدن حجم ظرف، در لحظهٔ اعمال تغییر، غلظت گونه‌ها دو برابر می‌شود؛ ولی به تدریج با جابه‌جایی تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر (در جهت برگشت)، غلظت واکنش‌دهنده‌ها بیش از دو برابر ولی غلظت فراورده‌ها کمتر از دو برابر می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): مقدار ثابت تعادل (K) عددی بسیار بزرگ است، پس تعادل در صورت مهیا بودن شرایط، پیشرفت خوبی خواهد داشت. گزینهٔ (۲): بر اثر کاهش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. گزینهٔ (۳): با کاهش حجم، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعداد مول گازی در سمت راست معادلهٔ واکنش بیشتر است، در هنگام جابه‌جایی تعادل میزان افزایش سرعت واکنش برگشت بیشتر می‌باشد، از این‌رو، در نخستین لحظهٔ کاهش حجم، سرعت واکنش برگشت از سرعت واکنش رفت بیشتر می‌شود. به گونهٔ دیگری هم می‌توان به این نتیجه رسید که با کاهش حجم، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین باید در نخستین لحظهٔ کاهش حجم، سرعت واکنش برگشت از سرعت واکنش رفت بیشتر شده باشد تا تعادل به سمت چپ جابه‌جا شود.

B ۲۹۴۱ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. در یک سامانهٔ تعادلی گازی، با کاهش حجم سامانه، تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جابه‌جا می‌شود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): تنها عاملی که توانایی تغییر K را دارد، دماست و در نتیجه K در این فرایند ثابت است. عبارت‌های (ب) و (پ): با افزودن جامد بی‌اثر، حجم کاهش یافته و تعادل در جهت رفت (شمار مول گازی کمتر) جابه‌جا می‌شود. به علت کاهش حجم، غلظت همهٔ گازها افزایش می‌یابد. دقت کنید چون ضریب استوکیومتری گازهای NO و NO_2 برابر است، تغییرات مول آن‌ها نیز برابر است. عبارت (ت): با جابه‌جایی تعادل، شمار کل مول‌های گازی موجود در سامانه همانند شمار مول‌های O_2 کاهش می‌یابد.

B ۲۹۴۲ ۴ با کاهش فشار (افزایش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول $H_2S(g)$ و $I_2(s)$ کاهش و تعداد مول $HI(g)$ و $S(s)$ افزایش می‌یابد. اما در مورد غلظت باید به دو نکته اشاره کنیم. اولاً، دو مادهٔ I_2 و S، جامد خالص هستند، از این‌رو، غلظت آن‌ها ثابت است و دوماً، بر اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، غلظت همهٔ مواد گازی‌شکل موجود در تعادل کاهش می‌یابد، پس غلظت دو گاز HI و H_2S در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر خواهد بود. همچنین به دلیل افزایش حجم، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید با یکدیگر برابر و کمتر از تعادل اولیه می‌باشد. در مورد ثابت تعادل (K) هم باید گفت که به دلیل ثابت بودن دما، مقدار K تغییر نمی‌کند.

B ۲۹۴۳ ۳ موارد (الف)، (ب) و (ت) در تعادل مشاهده نمی‌شوند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): به دلیل مول‌های برابر گازی در طرفین، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. عبارت (ب): نسبت توان دوم غلظت مولی فراورده به حاصل‌ضرب غلظت مولی واکنش‌دهنده‌ها، همان ثابت تعادل (K) است. می‌دانیم که K فقط تابع دما بوده و با تغییر حجم ظرف، تغییر نمی‌کند:

$$K=\frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]}$$

عبارت (پ): در تعادل $N_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)$ ، تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها با تعداد مول گازی فراورده برابر است، از این‌رو، با افزایش حجم (کاهش فشار)، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت به یک‌میزان کاهش می‌یابد و به همین دلیل، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. عبارت (ت): در سامانه‌های گازی بر اثر افزایش حجم، فشار سامانه کاهش می‌یابد.

B ۲۹۴۴ ۴ در جدول زیر غلظت مولی گازها در تعادل (۱)، لحظهٔ کاهش حجم و تعادل (۲) آورده شده است. مشاهده می‌کنید که غلظت مولی گازها در لحظهٔ کاهش حجم به غلظت مولی گازها در تعادل (۲) نزدیک‌تر است.

	$[SO_3]$	$[O_2]$	$[SO_2]$
تعادل (۱)	$\frac{0/68}{10}=0/068$	$\frac{0/16}{10}=0/016$	$\frac{0/32}{10}=0/032$
لحظهٔ کاهش حجم	$\frac{0/68}{7/75}=0/088$	$\frac{0/16}{7/75}=0/021$	$\frac{0/32}{7/75}=0/041$
تعادل (۲)	$\frac{0/70}{7/75}=0/090$	$\frac{0/15}{7/75}=0/019$	$\frac{0/30}{7/75}=0/039$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): پس از برقراری تعادل‌های (۱) و (۲)، مقدار گاز SO_3 از مقدار دو گاز دیگر بیشتر است. به بیان دیگر، مقدار قابل توجهی از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل شده‌اند، در صورتی که ثابت تعادل واکنش را در این دما محاسبه کنید، تقریباً به عدد $282 mol^{-1}.L$ می‌رسید که عدد نسبتاً بزرگی است و نشان می‌دهد که واکنش در این دما پیشرفت خوبی دارد. گزینهٔ (۲): ثابت تعادل فقط تابع دما است و با تغییر حجم مقدارش تغییر نمی‌کند. گزینهٔ (۳): با توجه به برابر بودن ضرایب مولی گازهای SO_2 و SO_3 و نیز با توجه به اینکه با کاهش حجم، واکنش در جهت تعداد مول گازی کمتر (جهت رفت) پیشروی می‌کند، این عبارت درست است.

B ۲۹۴۵ ۴ در نخستین لحظه‌ای که حجم را افزایش می‌دهیم، غلظت همهٔ گازهای موجود در تعادل کاهش می‌یابد، با توجه به این نکته، نمودارهای گزینه‌های (۱) و (۳) که کاهش ناگهانی غلظت را نشان نداده‌اند، نادرست هستند. از طرفی، طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین باید غلظت $PCl_5(g)$ به تدریج کاهش و غلظت گازهای PCl_3 و Cl_2 به تدریج افزایش یابد. این روند تا جایی ادامه می‌یابد که به تعادل جدید برسیم و غلظت مواد دوباره ثابت شود. از آنجا که در تعادل جدید، حجم ظرف افزایش یافته است، غلظت همهٔ گازها در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر می‌باشد.

B ۲۹۴۶ ۳ همهٔ موارد به‌جز مورد اول درست هستند. اگر حجم ظرف واکنش را افزایش دهیم، فشار کاهش می‌یابد. به علت کاهش فشار، تعادل در جهت رفت حرکت می‌کند، اما با توجه به اینکه مقدار ثابت تعادل تغییری نمی‌کند و مقدار آن برابر با $K=[CO_2]$ است، غلظت CO_2 هم ثابت می‌ماند، ولی تعداد مول آن بیشتر می‌شود. همچنین به علت جابه‌جایی تعادل در جهت رفت، جرم $CaCO_3$ کاهش و جرم CaO افزایش می‌یابد. نمودار داده شده در صورت سؤال، کاملاً درست است.

B ۲۹۴۷ ۴ **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): اگر حجم ظرف را نصف کنیم، تعادل به سمت تولید تعداد مول گازی کمتر (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. با توجه به اینکه $K=[CO_2]$ است و به علت یکسان بودن دما، مقدار K ثابت می‌ماند، $[CO_2]$ هم ثابت است و با نصف شدن حجم ظرف، تعداد مول CO_2 هم نصف می‌شود. گزینهٔ (۳): با توجه به برابر بودن دما در هر دو ظرف، مقدار K ثابت می‌ماند و از آنجا که فشار تعادلی گاز CO_2 تنها به مقدار K بستگی دارد، فشار تعادلی CO_2 هم یکسان خواهد بود. گزینهٔ (۴): حضور $CaO(s)$ و $CaCO_3(s)$ برای برقراری تعادل الزامی است، اگرچه مول CO_2 در هر دو ظرف یکسان است؛ در واقع غلظت آن‌ها در محاسبهٔ مقدار K تأثیری ندارد.

B ۲۹۴۸ ۳ عبارت دوم نادرست و سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در سامانهٔ (II) تعداد مول مواد گازی واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها برابر است؛ در نتیجه تغییر فشار نمی‌تواند تعادل را جابه‌جا کند، اما وارد یا خارج کردن یکی از مواد می‌تواند تعادل را جابه‌جا کند. عبارت دوم: در هر دو سامانهٔ (I) و (III) گاز قهوه‌ای‌رنگ، گاز NO_2 است. افزایش فشار در سامانهٔ (III) منجر به جابه‌جایی تعادل به سمت تولید $N_2O_4(g)$ و در سامانهٔ (I) منجر به جابه‌جایی تعادل به سمت تولید گاز NO_2 می‌شود. عبارت سوم: با افزایش فشار، واکنش (I) به سمت تولید تعداد مول گازی کمتر حرکت می‌کند که همان جهت رفت واکنش است. عبارت چهارم: در صورت افزایش حجم، غلظت NO_2 در سامانهٔ (III) کاهش می‌یابد که این امر منجر به کم‌رنگ شدن مخلوط تعادلی سامانهٔ (III) می‌شود.

B ۲۹۴۹ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بر اثر افزودن مقداری نمک پتاسیم سولفات به تعادل، رسوب باریم سولفات تشکیل شده و از غلظت یون باریم کاسته می‌شود. در نتیجه تعادل در جهت رفت حرکت می‌کند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در اثر جابه‌جایی تعادل در جهت رفت، جرم $Cu(s)$ افزایش و جرم $Ba(s)$ کاهش می‌یابد. با توجه به کمتر بودن جرم مولی مس نسبت به باریم، مجموع جرم مواد جامد موجود در تعادل کاهش می‌یابد. عبارت (ب): رسوب باریم سولفات تشکیل می‌شود. عبارت (پ): در اثر افزودن آب، تعادل مورد نظر در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود که جهت آن مخالف جهت حرکت تعادل ذکر شده در صورت سؤال است. عبارت (ت): به علت حرکت تعادل در جهت رفت، غلظت $Cu^{2+}(aq)$ کاهش یافته و تعادل در جهت کاسته شدن از رنگ آبی پیشرفت بیشتری خواهد داشت.

نکته ترکیبی **حجم سامانه در تعادل‌های گازی و محلول در آب:** در سامانه‌های دارای تعادل گازی با تغییر حجم ظرف واکنش، غلظت اجزای گازی تغییر می‌کند و در نتیجه تعادل جابه‌جا می‌شود. به طریق مشابه در تعادل‌هایی که به حالت محلول انجام می‌شوند، افزودن آب مقطر به منزلهٔ افزایش حجم سامانه است و در نتیجه تعادل در جهت مول‌های محلول بیشتر پیش می‌رود. برای نمونه به معادلهٔ یونش اسید ضعیف HF در آب که معادلهٔ آن به صورت $HF(aq) \rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq)$ است، توجه کنید. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، با افزودن آب مقطر به محلولی که این تعادل در آن برقرار است، موجب می‌شود تا تعادل در جهت افزایش غلظت یون‌های محلول پیش برود که البته تعادل نمی‌تواند تمام این تأثیر اعمال شده را جبران کند؛ در نتیجه با وجود افزایش درجهٔ یونش اسید، غلظت نهایی یون‌ها کمتر از حالت اول می‌شود.

C ۲۹۵۰ ۴ همهٔ موارد نادرست‌اند. **بررسی موارد:** مورد اول: در تعادل اول، افزایش حجم باعث جابه‌جایی تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر (جهت رفت) می‌شود. در تعادل دوم افزودن $NH_4HS(s)$ تعادل را جابه‌جا نمی‌کند، زیرا این ماده جامد بوده و غلظت آن ثابت است. مورد دوم: در تعادل اول، با توجه به برابر بودن مجموع مول گازها در دو طرف واکنش، افزایش فشار نمی‌تواند تعادل را جابه‌جا کند. در تعادل دوم، افزودن سدیم هیدروکسید باعث کاهش غلظت یون H^+ می‌شود و تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند.

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq)+H^+(aq)$$

مورد سوم: در تعادل اول، افزودن HBr باعث کاهش غلظت یون OH^- می‌شود و تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند. در تعادل دوم پس از افزودن گاز هلیم در دما و حجم ثابت، غلظت هیچ‌کدام از گازها تغییر نمی‌کند و به همین دلیل تعادل جابه‌جا نمی‌شود. مورد چهارم: افزودن آب منجر به کاهش غلظت مواد محلول در آب می‌شود. چون تعداد مول مواد محلول در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، غلظت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر کاهش می‌یابد و تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. کاهش فشار، باعث جابه‌جایی تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی در جهت رفت می‌شود. مورد پنجم: سومین گاز فراوان درهواکره، گاز نجیب آرگون است. آرگون گازی بی‌اثر بوده و تأثیری بر تعادل ندارد. انحلال‌پذیری گازهایی مثل O_2 در آب خالص بیشتر از آب شور (دارای نمک) است؛ پس اضافه کردن NaCl به آبی که با O_2 سیرشده، سبب کاهش انحلال O_2 در آب شده و تعادل $O_2(aq) \rightleftharpoons O_2(g)$ را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند.

B ۲۹۵۱ ۲ با توجه به نمودار، معادلهٔ واکنش به صورت زیر است:

$$\begin{cases} \Delta[A]=0/4-2=-1/6\,mol \\ \Delta[B]=0/8-0=+0/8\,mol \\ \Delta[C]=1/6-0=+1/6\,mol \end{cases} \xrightarrow{\div 0/8} \begin{cases} A\ \text{ضریب}=2\ (\text{واکنش‌دهنده}) \\ B\ \text{ضریب}=1\ (\text{فراورده}) \\ C\ \text{ضریب}=2\ (\text{فراورده}) \end{cases}$$

پس معادلهٔ واکنش به صورت: $2A(g) \rightleftharpoons B(g)+2C(g)$ است. برای محاسبهٔ حجم سامانه داریم:

$$K=\frac{[B]\times[C]^2}{[A]^2} \Rightarrow 8=\frac{(\frac{0/8}{V})\times(\frac{1/6}{V})^2}{(\frac{0/4}{V})^2} \Rightarrow V=1/6\,L$$

اگر حجم سامانه را به یک لیتر کاهش دهیم، تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جابه‌جا می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید شمار مول‌های گازی واکنش‌دهنده‌ها کمتر است؛ بنابراین تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۵۲ ۲ a، نشان‌دهندهٔ تعداد مول O_2 در تعادل اولیه است، می‌توانیم با استفاده از مقدار K، این عدد را به‌دست آوریم.

$$K=\frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} \Rightarrow 100=\frac{(\frac{0/6\,mol}{5L})^2}{(\frac{0/3\,mol}{5L})^2(\frac{a\,mol}{5L})} \Rightarrow a=0/2\,mol$$

با کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول گازهای SO_2 و O_2 کاهش و تعداد مول SO_3 افزایش می‌یابد. البته این تغییرات مول با توجه به نسبت ضریب استوکیومتری آن‌ها انجام می‌شود. با استفاده از غلظت مولی SO_2 در تعادل جدید و حجم ظرف می‌توانیم تعداد مول این ماده را در تعادل جدید به‌دست آورده و سپس با توجه به آن، مقدار x را پیدا کنیم.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

تعداد مول در تعادل اولیه	0/3	0/2	0/6
تغییر مول	$-2x$	$-x$	$+2x$
تعداد مول در تعادل جدید	$0/3-2x$	$0/2-x$	$0/6+2x$

$$[SO_2]_{\text{تعادل جدید}}=0/115\,\frac{mol}{L} \Rightarrow \text{تعداد مول } SO_2 \text{ در تعادل جدید}=0/115\,\frac{mol}{L}\times 2L=0/23\,mol \Rightarrow 0/3-2x=0/23 \Rightarrow x=0/035\,mol$$

$$[SO_3]_{\text{تعادل جدید}}=b=\frac{(0/6+2x)\,mol}{2L}=0/335\,mol.L^{-1} \Rightarrow a+b=0/2+0/335=0/535$$

C ۲۹۵۳ ۱ فرض می‌کنیم ۱ مول NH_3 در سامانهٔ ۰/۷۵ لیتری قرار داده شده و پس از مدتی تعادل برقرار می‌شود. پیشرفت ۵۰ درصدی به این معنی است که نیمی از آمونیاک (۰/۵ مول آمونیاک) تجزیه می‌شود و سپس واکنش به تعادل می‌رسد. مطابق داده‌های سؤال داریم:

$$2x=0/5 \Rightarrow x=0/25\,mol$$

$$2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g)+3H_2(g)$$

تعداد مول در تعادل اولیه	1	0	0
تغییر مول	$-2x$	$+x$	$+3x$
تعداد مول در تعادل جدید	$1-2x$	x	$3x$

اکنون مقدار K را به‌دست می‌آوریم.

$$K=\frac{[N_2][H_2]^3}{[NH_3]^2}=\frac{(\frac{x}{0/75})(\frac{3x}{0/75})^3}{(\frac{1-2x}{0/75})^2}=\frac{(\frac{0/25}{0/75})(\frac{3(0/25)}{0/75})^3}{(\frac{1-2(0/25)}{0/75})^2}=\frac{\frac{1}{3}\times 1}{(\frac{2}{3})^2}=0/75$$

پیشرفت ۸۰ درصدی به این معنی است که ۸۰ درصد از آمونیاک تجزیه شده و سپس واکنش به تعادل می‌رسد. با فرض اینکه مقدار اولیهٔ آمونیاک برابر ۱ مول است، داریم:

$$2y=\frac{80}{100}(1) \Rightarrow y=0/4\,mol$$

$$2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g)+3H_2(g)$$

تعداد مول در تعادل اولیه	1	0	0
تغییر مول	$-2y$	$+y$	$+3y$
تعداد مول در تعادل جدید	$1-2y$	y	$3y$

اکنون از روی مقدار K، حجم سامانه را به‌دست می‌آوریم:

$$K=\frac{(\frac{y}{V})(\frac{3y}{V})^3}{(\frac{1-2y}{V})^2} \Rightarrow 0/75=\frac{(\frac{0/4}{V})(\frac{1/2}{V})^3}{(\frac{0/2}{V})^2} \Rightarrow \frac{3}{4}=\frac{0/4\times 1/2\times 1/2\times 1/2}{0/2\times 0/2\times V^2} \Rightarrow \frac{3}{4}=\frac{2\times 6\times 1/2\times 1/2}{V^2} \Rightarrow V^2=4\times 4\times 1/2\times 1/2 \Rightarrow V=4\times 1/2=4/8\,L$$

۲۹۵۴ ۳ ابتدا ثابت تعادل را به‌دست می‌آوریم:

$$A(g)+D(g)\rightleftharpoons X(g) \qquad K=\frac{[X]}{[X][D]}=\frac{\frac{۰/۲}{۴}}{\frac{۰/۲}{۴}\times\frac{۰/۲}{۴}}=\frac{۴}{۰/۲}=۲۰$$

با کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی کمتر، یعنی در جهت رفت پیش می‌رود.
با تغییر حجم سامانه، ثابت تغییر نمی‌کند؛ بنابراین:

	$A(g)$	$+\ D(g)\rightleftharpoons$	$X(g)$
مول اولیه	۰/۲	۰/۲	۰/۲
تغییرات	$-x$	$-x$	$+x$
مول ثانویه	$۰/۲-x$	$۰/۲-x$	$۰/۲+x$

$$K=\frac{(۰/۲+x)}{(۰/۲-x)(۰/۲-x)}=۲۰\Rightarrow ۲۰(۰/۰۴-۰/۴x+x^۲)=۰/۲+x$$
$$\Rightarrow ۰/۸-۸x+۲۰x^۲=۰/۲+x\Rightarrow ۲۰x^۲-۹x+۰/۶=۰$$
$$\Rightarrow x=\frac{۹\pm\sqrt{۳۳}}{۴۰}\Rightarrow\begin{cases}x=۰/۳۶۸۵\ (\text{غ ق ق})\\ x=۰/۰۸۱۵\ (\text{ق ق})\end{cases}$$

* **توجه** دقت کنید که x نمی‌تواند ۰/۳۶۸۵ باشد؛ زیرا در این صورت غلظت A و D در تعادل ثانویه منفی به‌دست می‌آید.

$$\text{مول نهایی } X=۰/۲+x=۰/۲+۰/۰۸۱۵=۰/۲۸۱۵\text{mol}$$

۲۹۵۵ ۲ با توجه به غلظت‌های اولیه مقدار ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$K=\frac{[C]}{[A][B]}=\frac{۰/۰۱}{(۰/۰۱)(۰/۰۱)}=۱۰۰\text{mol}^{-۱}.\text{L}$$

مول‌های اولیهٔ A، B و C با توجه به حجم ۱۰ لیتری اولیه برابر ۰/۱ مول است. با کاهش حجم، تعادل به سمت مول گازی کمتر، یعنی سمت راست، جابه‌جا می‌شود ولی ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.

	$A(g)\ +$	$B(g)\rightleftharpoons$	$C(g)$
تعداد مول در تعادل اولیه	۰/۱	۰/۱	۰/۱
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+x$
مول در تعادل جدید	$۰/۱-x$	$۰/۱-x$	$۰/۱+x$

$$K=\frac{\left(\frac{۰/۱+x}{۱}\right)}{\left(\frac{۰/۱-x}{۱}\right)\left(\frac{۰/۱-x}{۱}\right)}=۱۰۰\Rightarrow\frac{۰/۱+x}{(۰/۱-x)^۲}=۱۰۰\Rightarrow ۰/۱+x=۱۰۰(x^۲-۰/۲x+۰/۰۱)$$
$$\Rightarrow ۰/۱+x=۱۰۰x^۲-۲۰x+۱\Rightarrow ۱۰۰x^۲-۲۱x+۰/۹=۰$$

پاسخ معادلهٔ درجهٔ ۲ به‌صورت $x=\frac{-b\pm\sqrt{b^۲-۴ac}}{۲a}$ است و در این سؤال $a=۱۰۰, b=-۲۱, c=۰/۹$. پس:

$$x=\frac{۲۱\pm\sqrt{(۲۱)^۲-۴(۱۰۰)(۰/۹)}}{۲۰۰}\Rightarrow x_۱=۰/۱۵\ (\text{غ ق ق}), x_۲=۰/۰۶\ (\text{ق ق})$$

چون ۰/۱۵ مول‌های A و B را منفی می‌کند، غیر قابل قبول است.

$$[C]_{\text{جدید}}=\frac{(۰/۱+۰/۰۶)\text{mol}}{۱\text{L}}=۰/۱۶\text{mol.L}^{-۱} \qquad [A]_{\text{جدید}}=\frac{(۰/۱-۰/۰۶)\text{mol}}{۱\text{L}}=۰/۰۴\text{mol.L}^{-۱}$$

۲۹۵۶ ۲ در تعادل جدید مقدار مول هر یک از گازها را برابر x مول در نظر می‌گیریم؛ بنابراین داریم:

$$K=\frac{n_{N_۲O_۴}}{(n_{NO_۲})^۲}\times\left(\frac{۱}{V}\right)^{۱-۲}\Rightarrow K=\frac{x}{x^۲}\times ۱^{-۱}=\frac{۱}{x}$$

در تعادل اولیه، جرم گازها برابر است، اگر مقدار هر یک از آن‌ها x مول باشد، به ترتیب $۴۶x$ گرم $NO_۲$ و $۹۲x$ گرم $N_۲O_۴$ در ظرف وجود خواهد داشت.

در شرایطی که جرم آن‌ها برابر باشد، جرم هر کدام $۶۹x$ گرم خواهد بود و در این حالت مقدار دو گاز $NO_۲$ و $N_۲O_۴$ به ترتیب برابر $\frac{۳}{۲}x$ و $\frac{۳}{۴}x$ است. در این

فرایند دما ثابت است و مقدار ثابت تعادل تغییر نمی‌کند؛ بنابراین داریم:

$$K=\frac{\frac{۳}{۴}x}{(\frac{۳}{۲}x)^۲}\times V=\frac{۱}{۳x}\times V=\frac{۱}{x}\Rightarrow V=۳\text{L}$$

بنابراین حجم اولیهٔ ظرف واکنش برابر ۳ لیتر بوده است.

۲۹۵۷ ۳ ابتدا ثابت تعادل را می‌یابیم (چون با تغییر حجم ظرف، ثابت تعادل تغییری نخواهد کرد.)

$$N_۲O_۴\ \text{غلظت}=\frac{۲}{۰/۵}=۴\text{mol.L}^{-۱} \qquad ?\,\text{mol}\,N_۲O_۴=۱۸۴\text{g}\,N_۲O_۴\times\frac{۱\,\text{mol}\,N_۲O_۴}{۹۲\text{g}\,N_۲O_۴}=۲\text{mol}\,N_۲O_۴$$

$$NO_۲\ \text{غلظت}=\frac{۱}{۰/۵}=۲\text{mol.L}^{-۱} \qquad ?\,\text{mol}\,NO_۲=۴۶\text{g}\,NO_۲\times\frac{۱\,\text{mol}\,NO_۲}{۴۶\text{g}\,NO_۲}=۱\,\text{mol}\,NO_۲$$

$$K=\frac{[NO_۲]^۲}{[N_۲O_۴]}=\frac{(۲)^۲}{۴}=۱\ \text{mol.L}^{-۱}$$

با افزایش حجم ظرف به ۹ لیتر، تعادل به سمت مول گازی بیشتر (در جهت رفت) جابه‌جا خواهد شد:

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

مول اولیه	۲	۱
تغییرات	$-x$	$+2x$
مول در حین تعادل	$2-x$	$1+2x$
غلظت تعادلی	$\frac{2-x}{9}$	$\frac{1+2x}{9}$

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}=1 \Rightarrow \frac{(\frac{1+2x}{9})^2}{(\frac{2-x}{9})}=1 \Rightarrow 4x^2+13x-17=0 \Rightarrow x=1 \text{ ق.ق} \, , \, x=-\frac{17}{4} \text{ غ.ق.ق}$$

$$?\,mol\,N_2O_4=2-x \xrightarrow{x=1} mol\,N_2O_4=1$$

$$?\,g\,N_2O_4=1\,mol\,N_2O_4\times\frac{92g\,N_2O_4}{1\,mol\,N_2O_4}=92g\,N_2O_4$$

A ۲۹۵۸ ۳ با سرد کردن یک واکنش گرماگیر، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار K کاهش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): برای یک واکنش معین (چه گرماگیر و چه گرماده)، ثابت تعادل فقط تابع دما است، پس با تغییر دما، مقدار ثابت تعادل (K) هم تغییر می‌کند. گزینه‌های (۲) و (۴): طبق اصل لوشاتلیه، تعادل سعی می‌کند تا آنجا که امکان دارد با تغییر وارد شده مقابله کند، بنابراین هرگاه دما افزایش یابد، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که گرما را جذب (مصرف) کند و هرگاه دما کاهش یابد، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که گرما را آزاد (تولید) کند.

A ۲۹۵۹ ۲ در تعادل داده شده $\Delta H<0$ بوده و گرماده است، پس Q در سمت راست معادلهٔ واکنش قرار دارد. با افزایش دما، مانند این است که گرما (Q) وارد سامانهٔ تعادلی شده است، پس تعادل سعی می‌کند با این افزایش دما مقابله کند، از این‌رو، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود تا از این طریق، دما به تدریج کاهش یابد. با افزایش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، از این‌رو زمان رسیدن به تعادل، کاهش یافته و در مدت زمان کمتری تعادل برقرار می‌شود.

A ۲۹۶۰ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. در صورت سؤال، گرماگیر یا گرماده بودن واکنش مشخص نشده است، اما می‌دانیم که در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد. با توجه به این نکته، واکنش مورد نظر گرماگیر است.

$$PCl_5(g)+Q \rightleftharpoons PCl_3(g)+Cl_2(g)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از آنجا که واکنش گرماگیر می‌باشد، با افزایش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. عبارت (ب): از آنجا که واکنش گرماگیر می‌باشد، بر اثر افزایش دما، مقدار K افزایش می‌یابد، زیرا با افزایش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین غلظت فراورده‌ها افزایش و غلظت واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد، در نتیجه، مقدار K بزرگ‌تر می‌شود. عبارت (پ): با افزایش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد. عبارت (ت): بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت PCl_5 کاهش و غلظت گازهای PCl_3 و Cl_2 افزایش می‌یابد.

B ۲۹۶۱ ۳ تغییرات بیان شده در عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت)، رخ می‌دهند. در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، بنابراین واکنش داده شده، گرماگیر است.

$$Q+2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g)+O_2(g)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با کاهش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد. عبارت (ب): بر اثر کاهش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول گازها از ۳ مول در فراورده‌ها به ۲ مول واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد، با کاهش تعداد مول گاز موجود در تعادل، فشار گازهای داخل ظرف هم کم می‌شود. عبارت (پ): با کاهش دما، واکنش در جهت تولید گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود، پس غلظت گازهای SO_2 و O_2 کاهش یافته و غلظت SO_3 افزایش می‌یابد، از این‌رو نسبت غلظت مولی فراورده‌ها به غلظت مولی واکنش‌دهنده ثابت نیست و کاهش می‌یابد. عبارت (ت): واکنش در جهت برگشت (چپ) جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۶۲ ۳ تعادل داده شده گرماده است، بنابراین با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود که نتیجهٔ آن کاهش تعداد مول H_2 و Br_2 و افزایش تعداد مول HBr می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با افزایش دما، تعادل اولیه به هم می‌خورد، از این‌رو طبق اصل لوشاتلیه تعادل سعی می‌کند با این افزایش دما مقابله کند، بنابراین تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود تا از این طریق، دما به تدریج کاهش یابد، اما به دلیل اینکه به‌طور معمول، تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، دما در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه، اندکی بیشتر خواهد بود.

گزینهٔ (۲):

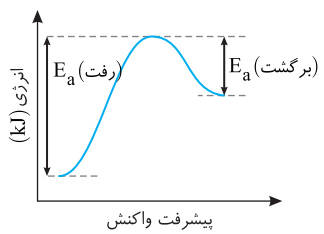
$$\Delta H_{\text{واکنش}}=(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها})-(\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}<0 \Rightarrow (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها})-(\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})<0$$

$$(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها})<(\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

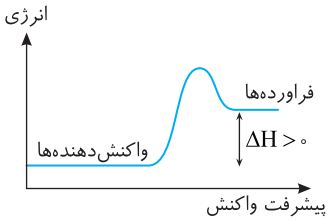
گزینهٔ (۴): با افزایش دما، انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت تغییر نمی‌کند، بلکه شدت برخوردها و تعداد برخوردهای دارای انرژی کافی افزایش می‌یابد. تنها عاملی که موجب تغییر انرژی فعال‌سازی واکنش می‌شود، کاتالیزگر است.

B ۲۹۶۳ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): این واکنش در جهت برگشت گرماده است، بنابراین با افزایش دما، ثابت تعادل آن کاهش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به گرماگیر بودن واکنش، با کاهش دما واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. عبارت (پ): در یک واکنش گرماگیر، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت $(E_a(\text{برگشت}))$ از انرژی فعال‌سازی واکنش رفت $(E_a(\text{رفت}))$ کوچک‌تر است، پس سطح انرژی قلهٔ نمودار به سطح انرژی فراورده‌ها نزدیک‌تر می‌باشد. عبارت (ت): در تعادل‌های گرماگیر، ثابت تعادل (K) با دما، رابطهٔ مستقیم دارد، از این‌رو با افزایش دما، مقدار ثابت تعادل افزایش می‌یابد. عبارت (ث): در واکنش‌های گرماگیر $(\Delta H>0)$، مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌هاست.



A ۲۹۶۴ ۴ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): عبارت ثابت تعادل به‌صورت $\frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2}$ می‌باشد. پرسش (ب): با توجه به جدول در دمای $435^\circ C$، مقدار ثابت تعادل بزرگ‌تر و پیشرفت واکنش بیشتر است. پرسش (پ): با افزایش دما، ثابت تعادل افزایش یافته، پس واکنش، گرماگیر است.

B ۲۹۶۵ ۲ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. با توجه به اصل لوشاتلیه، در واکنش‌های گرماگیر با افزایش دما، واکنش در جهت رفت (مصرف گرما) پیش رفته در نتیجه ثابت تعادل واکنش افزایش می‌یابد؛ بنابراین واکنش مورد نظر گرماگیر است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های اول و دوم: همان‌طور که گفته شد، این واکنش گرماگیر بوده و در نتیجه $\Delta H>0$ است. عبارت سوم: از آنجایی که با افزایش دما، ثابت تعادل بزرگ‌تر شده است؛ بنابراین واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده است. عبارت‌های چهارم و پنجم: نمودار انرژی - پیشرفت این واکنش به صورت مقابل است:



همان‌طور که مشاهده می‌کنید، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش دهندها بیشتر بوده و به سد انرژی (قلهٔ نمودار) واکنش نزدیک‌تر است.

B ۲۹۶۶ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. از آنجا که در واکنش‌های تعادلی، باید Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار گیرد، در این واکنش Q در سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر است. $CaCO_3(s)+Q\rightleftharpoons CaO(s)+CO_2(g)$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر محفظهٔ تعادل را در مخلوط آب و یخ قرار دهیم، دما کاهش می‌یابد. پس تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و مقدار K کاهش می‌یابد. عبارت ثابت تعادل به‌صورت $K=[CO_2]$ بوده و فقط شامل غلظت گاز CO_2 است، پس با کاهش مقدار K، غلظت گاز CO_2 در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. عبارت (ب): با کاهش مقدار K و در نتیجه کاهش غلظت گاز CO_2، فشار گاز داخل ظرف هم در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. عبارت (پ): $CaCO_3$ یک جامد خالص است، در نتیجه غلظت آن ثابت می‌ماند. عبارت (ت): در سمت چپ معادلهٔ واکنش، جامد خالص $CaCO_3$ و در سمت راست معادلهٔ واکنش، جامد خالص CaO را داریم، جرم این دو ماده با یکدیگر تفاوت دارد، بنابراین با کاهش دما و جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، جرم مواد جامد تغییر می‌کند.

B ۲۹۶۷ ۳ از آنجا که با افزایش دما، مقدار بیشتری A تولید شده و از مقدار B کاسته شده است، می‌توان نتیجه گرفت که واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده است. در واکنش‌های تعادلی گرماده، با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

* **توجه** در این واکنش تعداد مول مواد گازی سمت چپ و راست برابر است، بنابراین در رابطهٔ ثابت تعادل به جای غلظت می‌توان از مول استفاده کرد (حجم ظرف را در نظر نمی‌گیریم).

$$۳۰۰^\circ C: K=\frac{[B]}{[A]}=\frac{\frac{۱۰۰-۴۰}{۱۰۰}}{\frac{۴۰}{۱۰۰}}=\frac{۰/۶}{۰/۴}=۱/۵$$

B ۲۹۶۸ ۴ تعادل داده شده گرماده است، پس با افزایش دما، در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. بر اثر این جابه‌جایی، تعداد مول SO_3 کاهش و تعداد مول SO_2 و O_2 افزایش می‌یابد. البته تغییر تعداد مول‌ها باید به نسبت ضرایب استوکیومتری مواد انجام شود. در گزینهٔ (۴)، تعداد مول SO_3، از ۲ مول به ۱ مول کاهش یافته است، یعنی تعداد مول SO_3 به اندازهٔ ۱ مول کاهش پیدا کرده است. ضریب استوکیومتری SO_2 و SO_3 یکسان می‌باشد، از این‌رو، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، تعداد مول SO_2 هم به اندازهٔ ۱ مول افزایش یافته و از ۳ مول به ۴ مول می‌رسد. همچنین ضریب استوکیومتری O_2، نصف ضریب استوکیومتری SO_3 است، پس تعداد مول O_2 به اندازهٔ ۰/۵ مول افزایش یافته و از ۲ مول به ۲/۵ مول می‌رسد.

B ۲۹۶۹ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست‌اند. می‌دانیم در واکنش‌های برگشت‌پذیر Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس باید Q را در سمت چپ قرار دهیم و واکنش داده شده، گرماگیر می‌باشد.

$$\overbrace{Q+A_n(g)}^{۱\text{ مول گاز}}\rightleftharpoons\overbrace{nA(g)}^{n\text{ مول گاز}}\qquad (n>۱)$$

اگر محفظهٔ واکنش را به یک منبع حرارتی نزدیک کنیم، دمای محفظه افزایش می‌یابد، پس طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعدادی از مولکول‌های A_n به مولکول‌های A تبدیل می‌شوند. به دلیل افزایش تعداد مول گاز، فشار مخلوط گازی داخل ظرف افزایش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعدادی از مولکول‌های A_n به مولکول‌های A تبدیل شده‌اند، ماهیت (نوع) گاز درون ظرف تغییر می‌کند.

B ۲۹۷۰ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. در قدم اول باید با استفاده از نمودار «غلظت - زمان» داده شده، معادلهٔ واکنش را بنویسیم. برای این کار، تغییر غلظت هر یک از مواد را از آغاز واکنش تا هنگام برقراری تعادل به‌دست می‌آوریم.

$$\left.\begin{array}{l}\Delta[A],\Delta[B]=۰/۲-۰/۳=-۰/۱\ M\ (\text{واکنش‌دهنده})\\ \Delta[C]=۰/۳-۰=۰/۳\ M\ (\text{فراورده})\end{array}\right\}\xrightarrow{\text{تقسیم بر تغییر غلظت کوچک‌تر}}\left\{\begin{array}{l}A,B:\frac{۰/۱}{۰/۱}=۱\\ C:\frac{۰/۳}{۰/۱}=۳\end{array}\right\}\Rightarrow \text{معادلهٔ واکنش: } A(g)+B(g)\rightleftharpoons ۳C(g)$$

در واکنش‌های تعادلی، Q سمت مول گازی کمتر قرار دارد، پس در این واکنش، Q سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر می‌باشد. با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت C افزایش و غلظت A و B کاهش می‌یابد: $A(g)+B(g)+Q\rightleftharpoons ۳C(g)$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): چگالی مخلوط گازی از تقسیم جرم مخلوط گازی به حجم آن به‌دست می‌آید. حجم ظرف ثابت است، از طرفی، طبق قانون بقای جرم، مجموع جرم مخلوط گازی حین انجام واکنش ثابت است. عبارت (ب): با افزایش دما تعادل در جهت مصرف گرما یعنی جهت رفت جابه‌جا می‌شود و تعداد مول گازی افزایش می‌یابد.

عبارت (پ): با کاهش دما تعادل در جهت تولید گرما یعنی جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. عبارت (ت): در واکنش‌های گرماگیر، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت $(E_a(\text{رفت}))$، بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت $(E_a(\text{برگشت}))$ است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}), \Delta H > 0 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) > 0 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) > E_a(\text{برگشت})$$

A ۲۹۷۱ ۱ با توجه به رابطهٔ $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})$، اگر در واکنشی، $E_a(\text{رفت})$ از $E_a(\text{برگشت})$ بزرگ‌تر باشد، $\Delta H > 0$ بوده و واکنش گرماگیر می‌باشد. در واکنش‌های گرماگیر، با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و مقدار K افزایش می‌یابد، بنابراین در این دسته از واکنش‌ها، دما و K، رابطهٔ مستقیم دارند. شیب نمودار K برحسب دما، تابع نوع واکنش است و برای واکنش‌های گرماگیر مختلف متفاوت می‌باشد.

B ۲۹۷۲ ۴ عبارت‌های (پ) و (ت) درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): کمینه انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش همان انرژی فعال‌سازی (E_a) است که مقدار آن با تغییر دما تغییر نمی‌کند. عبارت (ب): تفاوت سرعت واکنش در دمای T_1 و T_2 به دلیل تفاوت در انرژی جنبشی ذرات است. تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها نشان‌دهندهٔ مقدار ΔH واکنش است که ارتباطی به سرعت واکنش ندارد. در واقع سرعت واکنش، عاملی سینتیکی ولی ΔH عامل ترمودینامیکی است. عبارت (پ): افزایش دما، سرعت همهٔ واکنش‌های شیمیایی (چه گرماده- چه گرماگیر) را افزایش می‌دهد. عبارت (ت): اگر انرژی ذرات در دماهای T_1 و T_2 کمتر از E_a باشد، اصلاً واکنش انجام نمی‌شود و درصد تبدیل واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها در این دو دما یکسان و برابر صفر خواهد بود.

B ۲۹۷۳ ۳ در نمودار داده شده، با افزایش دما، مقدار K کاهش یافته، بنابراین رابطهٔ دما و K به‌صورت وارونه بوده و می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش گرماده است. در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس با توجه به گرماده بودن واکنش، می‌توانیم یک معادلهٔ فرضی برای واکنش به‌صورت $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + Q$ در نظر بگیریم. با افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و تعداد مول‌های گاز موجود در ظرف افزایش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): با افزایش دما، مقدار K کاهش می‌یابد، از این‌رو در دماهای بالا، واکنش از نظر پیشرفت نامساعدتر است. گزینهٔ (۲): اگر Q را سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دهیم، واکنش داده شده در این گزینه، گرماده است. پس با نمودار صورت سؤال مطابقت دارد. $B(g) + C(g) \rightleftharpoons A(g) + Q$

گزینهٔ (۴): در اثر افزایش دما در تولید آمونیاک طبق معادلهٔ $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، زیرا یک واکنش گرماده است.

B ۲۹۷۴ ۱ اگر به عددهای جدول توجه کنید، متوجه می‌شوید که با افزایش دما، غلظت A افزایش و غلظت B کاهش یافته است، پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش مورد نظر گرماده بوده و بر اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده است. به همین ترتیب می‌توانیم بیان کنیم که با توجه به گرماده بودن واکنش، با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در دمای $300^\circ C$، غلظت تعادلی A از غلظت تعادلی B کوچک‌تر است، پس نمی‌توانیم بیان کنیم که تعادل در جهت برگشت پیشرفت بسیار بیشتری نسبت به جهت رفت دارد. در حالی که غلظت واکنش‌دهنده به مقدار قابل توجهی از غلظت فراورده بیشتر باشد، تعادل در جهت برگشت پیشرفت بسیار بیشتری نسبت به جهت رفت دارد. گزینهٔ (۳): نیازی به محاسبهٔ عدد K نیست. یکای K برای تعادل $2A(g) \rightleftharpoons B(g)$ برابر $mol^{-1}.L$ است.

$$K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0/72 mol.L^{-1}}{(0/25 mol.L^{-1})^2} = 11/52 mol^{-1}.L$$

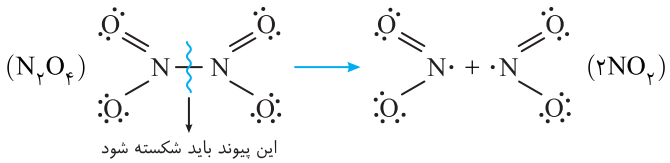
گزینهٔ (۴): با کاهش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، میزان کاهش سرعت واکنش رفت از میزان کاهش سرعت واکنش برگشت کمتر می‌باشد.

B ۲۹۷۵ ۱ در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس در این واکنش Q در سمت راست معادلهٔ واکنش قرار داشته و گرماده است. با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، از این‌رو باید غلظت SO_3 افزایش و غلظت SO_2 و O_2 کاهش یابد. توجه داشته باشید که تغییر غلظت مواد باید با توجه به ضرایب استوکیومتری آن‌ها انجام شود، به این ترتیب که به همان میزان که به غلظت SO_3 اضافه می‌شود، باید از غلظت SO_2 کم شود. همچنین میزان کاهش غلظت O_2، نصف میزان کاهش غلظت SO_2 است.

B ۲۹۷۶ ۱ عبارت اول درست و سایر عبارت‌ها نادرست هستند. ابتدا باید گرماگیر و یا گرماده بودن واکنش را تعیین کنیم. در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس در این واکنش Q سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر می‌باشد.

$$\overbrace{N_2O_4(g)}^{\text{۱ مول گاز}} + Q \rightleftharpoons \overbrace{2NO_2(g)}^{\text{۲ مول گاز}}$$

از راه دیگری هم می‌توانیم به گرماگیر بودن واکنش برسیم. برای اینکه از یک مولکول N_2O_4 به دو مولکول NO_2 برسیم، باید پیوند بین اتم‌های نیتروژن در مولکول N_2O_4 شکسته شود. از آنجا که شکستن یک پیوند با صرف انرژی صورت می‌گیرد، واکنش داده شده گرماگیر است.



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: دما در حالت (الف) کمتر است، پس طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و غلظت $NO_2(g)$ کاهش و غلظت $N_2O_4(g)$ افزایش می‌یابد، از این‌رو شمار مولکول‌های NO_2 در حالت (الف)، کمتر از حالت (ب) است. عبارت دوم: در حالت (ب)، دما بیشتر است، پس سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت در این حالت بیشتر از حالت (الف) است. عبارت سوم: مولکول‌های N_2O_4 بی‌رنگ هستند، دلیل افزایش شدت رنگ در حالت (ب)، افزایش غلظت مولکول‌های قهوه‌ای‌رنگ NO_2 می‌باشد. عبارت چهارم: واکنش رفت گرماگیر است و ΔH آن باید مثبت باشد.

C ۲۹۷۷ ۱ عبارت‌های (ب) و (ث) درست هستند. در واکنش تعادلی داده شده، Q را سمت تعداد مول گازی کمتر قرار می‌دهیم $(N_2O_4(g)+Q\rightleftharpoons 2NO_2(g))$، پس واکنش گرماگیر می‌باشد. اگر به شکل‌ها دقت کنید، در شکل (۱)، مخلوط تعادلی درون مخلوط آب و یخ و در شکل (۲)، درون آب گرم قرار گرفته است. با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعداد مولکول‌های NO_2 افزایش و تعداد مولکول‌های N_2O_4 کاهش می‌یابد، از این‌رو در دمای بالاتر، نسبت تعداد مولکول‌های NO_2 به تعداد مولکول‌های N_2O_4 بیشتر می‌باشد. بنابراین شکل (۳)، مربوط به دمای بالاتر و شکل (۴)، مربوط به دمای پایین‌تر است. به عبارت دیگر، شکل (۳) نشان‌دهندهٔ مخلوط تعادلی در دمای شکل (۲) بوده و شکل (۴) هم نشان‌دهندهٔ مخلوط تعادلی در دمای شکل (۱) است. **بررسی سایر عبارت‌ها:** عبارت (پ): با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعداد مولکول‌های گازی موجود در ظرف افزایش می‌یابد، بنابراین فشار گاز درون محفظهٔ شکل (۲) که دمای بالاتری دارد، بیشتر می‌باشد. عبارت (ت): به دلیل یکسان نبودن دما و جابه‌جایی تعادل، شمار مولکول‌های NO_2 و N_2O_4 در دو ظرف یکسان نیست، پس ماهیت مخلوط گازی موجود در دو ظرف متفاوت می‌باشد. عبارت (ث): اگر حجم ظرف را V لیتر در نظر بگیریم و هر ذره را معادل x mol در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}\Rightarrow\begin{cases}K_3=\frac{(8x)^2}{3x}\times\frac{1}{V}\\ K_4=\frac{(2x)^2}{6x}\times\frac{1}{V}\end{cases}\Rightarrow\frac{K_3}{K_4}=\frac{\frac{(8x)^2}{3x}\times\frac{1}{V}}{\frac{(2x)^2}{6x}\times\frac{1}{V}}=\frac{6x\times(8x)^2}{3x\times(2x)^2}=32$$

B ۲۹۷۸ ۱ قسمت اول: رابطهٔ ثابت تعادل به صورت مقابل است:

$$K=\frac{[O_2]\times[SO_2]^2}{[SO_3]^2}=\frac{0/2\times(0/4)^2}{(0/6)^2}=0/2\times(\frac{2}{3})^2=8/8\times10^{-2}$$

توضیح محاسبات

$$\frac{0/2\times(0/4)^2}{(0/6)^2}=?\xrightarrow{\text{دسته‌بندی و ساده کردن}}\frac{2\times4\times4}{6\times6}\times\frac{10^{-1}\times10^{-2}}{10^{-2}}=\frac{8}{9}\times10^{-1}=8/8\times10^{-2}$$

قسمت دوم: به‌طور کلی در واکنش‌های تعادلی، علامت Q (گرما) در سمتی از معادلهٔ واکنش قرار دارد که شمار مول‌های گازی (g) کمتری وجود دارد؛ بنابراین علامت Q (گرما) در این معادله در سمت واکنش‌دهنده قرار گرفته و در نتیجه این تعادل در جهت رفت گرماگیر است؛ بنابراین ضمن انتقال مجموعهٔ تعادل به آب جوش، واکنش در جهت مصرف گرما، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

C ۲۹۷۹ ۳ ابتدا به کمک ثابت تعادل و مول‌های تعادلی ضریب A را به دست می‌آوریم:

$$K=\frac{[B]}{[A]^a}\Rightarrow25=\frac{\frac{0/5}{2}}{(\frac{0/2}{2})^a}\Rightarrow25=\frac{0/25}{(0/1)^a}\Rightarrow100=\frac{1}{10^{-a}}=10^a\Rightarrow a=2$$

با توجه به اینکه واکنش گرماده است، علامت Q در سمت فراورده قرار دارد. در این واکنش اگر دما را کاهش دهیم، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین داریم:

	$2A$	$\rightleftharpoons$	B
غلظت اولیه	$\frac{0/2}{2}=0/1$		$\frac{0/5}{2}=0/25$
تغییر غلظت	$-2x$		$+x$
غلظت نهایی	$0/1-2x$		$0/25+x$

با توجه به متن تست، در تعادل جدید تفاوت غلظت A و B برابر ۰/۲۴ مولار است؛ پس x برابر است با:

$$||[B]-[A]||=|(0/25+x)-(0/1-2x)|=|0/15+x+2x|=|0/15+3x|=0/24$$

از آن جا که x عددی مثبت است، مقدار x برابر است با: $0/15+3x=0/24\Rightarrow x=0/03$

اکنون ثابت تعادل جدید را محاسبه می‌کنیم:

$$K'=\frac{[B]}{[A]^2}=\frac{(0/25+0/03)}{(0/1-2(0/03))^2}=\frac{0/28}{0/04\times0/04}=175$$

C ۲۹۸۰ ۳ با توجه به گرماگیر بودن واکنش، با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین غلظت گازهای CO و H_2O کاهش و غلظت گازهای CO_2 و H_2 افزایش می‌یابد. از آنجا که حجم ظرف ۱ لیتر است، پس غلظت هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد. در تعادل جدید، مقدار K برابر با ۱۶ است.

$$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$$

غلظت در تعادل اولیه	۱	۱	۳	۳
تغییر غلظت	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت در تعادل جدید	$1-x$	$1-x$	$3+x$	$3+x$

$$K=\frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}\Rightarrow16=\frac{(3+x)(3+x)}{(1-x)(1-x)}=\frac{(3+x)^2}{(1-x)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی جذر می‌گیریم}}4=\frac{3+x}{1-x}\Rightarrow x=0/2\text{mol.L}^{-1}$$

$$[H_2]_{\text{تعادل جدید}}=3+x=3+0/2=3/2\text{mol.L}^{-1}\xrightarrow{V=1L}n_{H_2}=3/2\text{mol}$$

C ۲۹۸۱ ۱ در تعادل‌های گازی علامت Q سمت شمار مول گازی کمتر قرار می‌گیرد و در این سؤال چون در فراورده، ۲ مول گاز و در واکنش‌دهنده، ۳ مول گاز داریم، علامت Q در سمت فراورده قرار گرفته و تعادل گرماده است. با کاهش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت تولید گرما (در این سؤال در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود؛ پس با توجه به اطلاعات مسئله، شمار مول مواد در تعادل اولیه و در تعادل جدید به صورت مقابل است:

$$2NO+O_2\rightleftharpoons 2NO_2$$

تعادل اولیه	a	a	a
جابه‌جایی تعادل	$-2x$	$-x$	$2x$
تعادل جدید	$a-2x$	$a-x$	$a+2x$

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}\Rightarrow0/5=\frac{(\frac{a}{5})^2}{(\frac{a}{5})^2(\frac{a}{5})}\Rightarrow a=10\text{mol}$$

با توجه به اطلاعات سؤال در تعادل جدید داریم:

$$a+۲x=(a-۲x)+(a-x)\Rightarrow a+۲x=۲a-۳x\Rightarrow ۵x=a\Rightarrow x=\frac{a}{۵}=\frac{۱۰}{۵}=۲mol$$

اکنون می‌توان ثابت تعادل جدید را محاسبه کرد:

$$K=\frac{[NO_۲]^۲}{[NO]^۲[O_۲]}=\frac{\left(\frac{(۱۰+۲(۲))}{۵}\right)^۲}{\left(\frac{(۱۰-۲(۲))}{۵}\right)^۲\left(\frac{(۱۰-۲)}{۵}\right)}=\frac{\left(\frac{۱۴}{۵}\right)^۲}{\left(\frac{۶}{۵}\right)^۲\left(\frac{۸}{۵}\right)}\simeq ۳/۴$$

C ۲۹۸۲ ۴ ابتدا ثابت تعادل اولیه را که در دمای $۱۰۰^\circ C$ برقرار است $(K_۱)$ محاسبه می‌کنیم:

$$K_۱=\frac{[B]\times[C]}{[A]}=\frac{\left(\frac{۱۰}{۱}\right)\times\left(\frac{۱۰}{۱}\right)}{\left(\frac{۱۰}{۱}\right)}=۱۰$$

سپس برای محاسبهٔ ثابت تعادل دوم که در دمای $۴۰۰^\circ C$ برقرار است $(K_۲)$، از رابطهٔ داده شده استفاده می‌کنیم. دقت کنید آنتالپی واکنش را باید برحسب ژول در رابطه قرار دهید:

$$-\log\left(\frac{K_۲}{۱۰}\right)=\frac{-۳۸/۳\times۱۰^۳}{۱۹/۱۵}\left(\frac{۱}{۵۰۰}-\frac{۱}{۴۰۰}\right)=-۲۰۰۰\left(\frac{۱}{۵۰۰}-\frac{۱}{۴۰۰}\right)=۲۰۰۰\left(\frac{۱}{۴۰۰}-\frac{۱}{۵۰۰}\right)=۵-۴=۱$$

$$-\log\left(\frac{K_۲}{۱۰}\right)=۱\Rightarrow\log\frac{K_۲}{۱۰}=-۱\Rightarrow\frac{K_۲}{۱۰}=۱۰^{-۱}\Rightarrow K_۲=۱$$

با توجه به منفی بودن ΔH واکنش در جهت رفت می‌توان نتیجه گرفت که واکنش مورد نظر گرماده است؛ بنابراین افزایش دما موجب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت می‌شود. اکنون با توجه به ثابت تعادل جدید $(K_۲)$، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

	A	⇌	B	+	C
غلظت اولیه	۱۰		۱۰		۱۰
تغییر غلظت	+x		−x		−x
غلظت نهایی	۱۰+x		۱۰−x		۱۰−x

$$K_۲=\frac{[B]\times[C]}{[A]}\Rightarrow ۱=\frac{(۱۰-x)(۱۰-x)}{(۱۰+x)}\Rightarrow x^۲-۲۰x+۱۰۰=x+۱۰$$

$$\Rightarrow x^۲-۲۱x+۹۰=۰\Rightarrow(x-۶)(x-۱۵)=۰\Rightarrow x=۶\,,\,x=۱۵$$

توضیح: مقدار x نمی‌تواند برابر ۱۵ باشد زیرا در این صورت غلظت اجزای B و C عددی منفی به دست می‌آید که ممکن نیست!

اکنون اگر حجم محفظهٔ واکنش را به ۱۰ لیتر برسانیم (حجم را ۱۰ برابر کنیم) غلظت اجزا یک‌دهم برابر می‌شود سپس واکنش در جهت مول‌های گازی بیشتر (جهت رفت) جابه‌جا می‌شود. اکنون از ثابت تعادل جدید $(K_۲)$ داریم:

	A	⇌	B	+	C
غلظت اولیه	$\frac{۱۰+۶}{۱۰}=۱/۶$		$\frac{۱۰-۶}{۱۰}=۰/۴$		$\frac{۱۰-۶}{۱۰}=۰/۴$
تغییر غلظت	−x		+x		+x
غلظت نهایی	۱/۶−x		۰/۴+x		۰/۴+x

$$K_۲=\frac{[B]\times[C]}{[A]}\Rightarrow ۱=\frac{(۰/۴+x)(۰/۴+x)}{(۱/۶-x)}\Rightarrow ۱/۶-x=x^۲+۰/۸x+۰/۱۶$$

$$\Rightarrow x^۲+۱/۸x-۱/۴۴=۰\Rightarrow(x+۲/۴)(x-۰/۶)=۰\Rightarrow x=۰/۶\,,\,x=-۲/۴$$

با توجه به اینکه می‌دانیم که واکنش در جهت رفت پیش رفته و این مسئله برایمان مجهول نیست؛ پس x فقط می‌تواند برابر ۰/۶ مولار باشد. در نهایت داریم:

$$\text{مجموع مول‌های موجود در محفظهٔ نهایی}=(\text{مجموع غلظت مولی اجزاء})\times(\text{حجم ظرف واکنش})=([A]+[B]+[C])\times V=((۰/۴+۰/۶)+(۰/۴+۰/۶)$$

$$+(۱/۶-۰/۶))mol.L^{-۱}\times۱۰L=۳۰mol$$

A ۲۹۸۳ ۲ با کاهش حجم، تعادل $۲SO_۲(g)+O_۲(g)\rightleftharpoons ۲SO_۳(g)$، به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول $SO_۲$ و $O_۲$ کاهش و تعداد مول $SO_۳$ افزایش می‌یابد، اما توجه داشته باشید که با کاهش حجم، غلظت همهٔ گازهای موجود در تعادل افزایش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): افزودن مقداری KI به تعادل $PbI_۲(s)\rightleftharpoons Pb^{۲+}(aq)+۲I^-(aq)$ موجب افزایش غلظت یون یدید شده و تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. گزینهٔ (۳): افزایش دما، موجب افزایش سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت شده و کاهش دما هم موجب کاهش سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت می‌شود. گزینهٔ (۴): با افزایش غلظت $Cl_۲(g)$، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۸۴ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با افزایش فشار (کاهش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست (در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود، بنابراین در اثر افزایش فشار، سرعت واکنش رفت، بیشتر از سرعت واکنش برگشت می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش فشار، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، اما میزان افزایش سرعت واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است. عبارت (ب): در اثر افزایش غلظت $N_۲$، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، اما به‌طور معمول تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد و مقداری از تغییر وارد شده در تعادل باقی می‌ماند، پس از جابه‌جایی تعادل، تمام ۰/۵ مول $N_۲$ اضافه شده مصرف نمی‌شود. ضریب استوکیومتری $N_۲$ و $O_۲$ یکسان است، از این‌رو تعداد مول $O_۲$ هم به مقدار ۰/۵ مول کاهش نمی‌یابد. عبارت (پ): با کاهش دما واکنش در جهت تولید گرما پیش می‌رود و با توجه به اینکه واکنش به سمت تولید فراورده پیش رفته، پس واکنش گرماده است. عبارت (ت): در این تعادل، تعداد مول گازی دو طرف معادلهٔ واکنش برابر است، بنابراین با کاهش حجم، تعادل جابه‌جا نمی‌شود.

B ۲۹۸۵ ۴ با کاهش حجم ظرف، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت شمار مول گازی کمتر (برگشت) جابه‌جا می‌شود؛ اما دقت کنید که با کاهش حجم، غلظت مولی همهٔ گونه‌های گازی شرکت‌کننده در واکنش افزایش می‌یابد. تعادل داده شده گرماگیر است؛ از این‌رو طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما (رفت) جابه‌جا می‌شود که بر اثر این جابه‌جایی غلظت مولی فراورده‌ها افزایش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): هر دو تغییر اعمال شده، تعادل را در جهت برگشت جابه‌جا می‌کند. گزینهٔ (۲): با خارج کردن Cl_2، تعادل در جهت رفت (تولید Cl_2) جابه‌جا می‌شود؛ اما با تزریق SO_2، تعادل در جهت برگشت (مصرف SO_2) جابه‌جا می‌شود. گزینهٔ (۳): با کاهش دما، تعادل در جهت برگشت (تولید گرما) جابه‌جا می‌شود و با کاهش حجم ظرف نیز تعادل در جهت شمار مول گازی کمتر (برگشت) جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۸۶ ۲ با کاهش حجم ظرف، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس این واکنش گرماگیر است. $H_2S(g)+I_2(s)+Q \rightleftharpoons 2HI(g)+S(s)$

طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. ملاحظه می‌کنید که دو تغییر کاهش حجم ظرف و افزایش دما، موجب جابه‌جایی تعادل در دو جهت مخالف می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): I_2 یک جامد خالص است، بنابراین با اضافه یا کم کردن آن، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. از طرفی با افزایش غلظت $HI(g)$، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. گزینهٔ (۳): در اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. استفاده از کاتالیزگر باعث جابه‌جایی تعادل نمی‌شود و فقط سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد. گزینهٔ (۴): افزودن مقداری از یک گاز بی‌اثر مانند $Ar(g)$ در دمای ثابت، موجب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود. اگر غلظت $H_2S(g)$ را افزایش دهیم، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۸۷ ۳ همهٔ عبارت‌ها به جز مورد سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های اول و دوم: در سامانه‌های تعادلی، با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما جابه‌جا می‌شود و با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین در واکنش $2A(g)+D(g) \rightleftharpoons 2X(g)\ ,\ \Delta H<0$ که در جهت رفت گرماده است، با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و مقدار عددی ثابت تعادل کاهش می‌یابد. عبارت‌های سوم و چهارم: در سامانه‌های تعادلی، با افزایش فشار، تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر و با کاهش فشار، تعادل در جهت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین در واکنش $2A(g)+D(g) \rightleftharpoons 2X(g)$ با افزایش فشار، تعادل در جهت رفت و با کاهش فشار تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. حواستان باشد که تغییر فشار در سامانهٔ تعادلی باعث جابه‌جایی تعادل می‌شود، ولی مقدار عددی ثابت تعادل را تغییر نمی‌دهد؛ زیرا ثابت تعادل فقط وابسته به دما است.

B ۲۹۸۸ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): با توجه به هر کدام از نمودارها، با افزایش دما، غلظت فراورده (یعنی AB) کاهش یافته و به این ترتیب مقدار عددی ثابت تعادل کاهش می‌یابد و علامت Q در سمت راست واکنش قرار داشته و به این ترتیب واکنش گرماده است. عبارت‌های (پ) و (ت): در دمای ثابت، غلظت AB در P_2 بیشتر از P_1 است. با توجه به اینکه تعداد مول گازی سمت فراورده‌ها کمتر از واکنش‌دهنده‌هاست، پس P_2 بیشتر P_1 است. همچنین با توجه به اینکه شیب نمودار P_2 از P_1 بیشتر است، می‌توان نتیجه گرفت که در فشارهای بالا، تأثیر دما بر میزان درصد AB (فراورده) در مخلوط تعادلی بیشتر است.

B ۲۹۸۹ ۲ در اثر کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، جابه‌جا می‌شود. با توجه به اینکه کاهش حجم، موجب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت شده است، ضریب استوکیومتری A از ضریب استوکیومتری B کوچک‌تر می‌باشد $(n>m)$. با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود. از آنجا که در اثر افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده، Q در سمت چپ معادلهٔ واکنش قرار داشته و واکنش رفت گرماگیر می‌باشد. $mA(g)+Q \rightleftharpoons nB(g)$

اگر واکنش در جهت رفت گرماگیر باشد، در جهت برگشت گرماده است.

B ۲۹۹۰ ۴ طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی سمت راست جابه‌جا می‌شود. افزایش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، نیز باعث جابه‌جایی تعادل به سمت راست می‌شود و دو برابر کردن غلظت واکنش‌دهنده‌ای که ضریب استوکیومتری بزرگ‌تری دارد، تأثیر بیشتری بر جابه‌جایی تعادل به سمت راست دارد؛ زیرا تعادل برای جبران آن باید به میزان بیشتری جابه‌جا شود.

B ۲۹۹۱ ۲ طبق اصل لوشاتلیه، اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانهٔ تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که با عامل مزاحم مقابله کرده و تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند؛ بنابراین در واکنش‌های تعادلی گرماگیر، با افزایش دما تعادل در جهت رفت (در جهت تولید فراورده‌ها) جابه‌جا می‌شود تا گرمای اضافه شده را مصرف کند؛ بنابراین تعادل مورد نظر سؤال یک تعادل گرماگیر است. همان‌طور که می‌دانید، در سامانه‌های تعادلی که تعداد مول گازی در دو طرف معادله یکسان نیست، علامت Q در سمتی از معادله قرار می‌گیرد که تعداد مول گازی کمتر است، پس از آنجا که علامت Q در سمت چپ معادله قرار گرفته، تعداد مول گازی فراورده‌ها بیشتر یا برابر واکنش‌دهنده‌ها است. اگر تعداد مول گازی فراورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها باشد، کاهش حجم سبب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت می‌شود و اگر تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها یکسان باشد، تغییر حجم سامانه بی‌تأثیر است. دقت داشته باشید که در دما و حجم ثابت، افزودن گاز بی‌اثر به سامانهٔ تعادلی، بر غلظت مواد موجود در تعادل بی‌تاثیر است و نمی‌تواند سبب جابه‌جایی تعادل شود. با توجه به توضیحات ارائه شده پاسخ این تست گزینهٔ (۳) می‌شود ولی سازمان سنجش گزینهٔ (۲) را به‌عنوان پاسخ درست در نظر گرفته است.

B ۲۹۹۲ ۲ ابتدا باید معادلهٔ واکنش را مشخص کنیم. دو مادهٔ A و B که غلظت آن‌ها در حال کاهش است، واکنش‌دهنده هستند و مادهٔ C که غلظت آن در حال افزایش است، فراورده می‌باشد. تغییر غلظت هر یک از مواد را از آغاز واکنش تا زمان برقراری تعادل تعیین کرده و سپس آن‌ها را به تغییر غلظت کوچک‌تر تقسیم می‌کنیم:

$$\Delta[A]=(0/2-0/6)\times10^{-2}=-0/4\times10^{-2}\,mol.L^{-1},\ \Delta[B]=(0/1-0/3)\times10^{-2}=-0/2\times10^{-2}\,mol.L^{-1},\ \Delta[C]=(0/4-0)\times10^{-2}=0/4\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$A:\frac{0/4\times10^{-2}}{0/2\times10^{-2}}=2,\ B:\frac{0/2\times10^{-2}}{0/2\times10^{-2}}=1,\ C:\frac{0/4\times10^{-2}}{0/2\times10^{-2}}=2 \Rightarrow \text{معادلهٔ واکنش: } 2A+B \rightleftharpoons 2C,\ K=\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}=\frac{[0/4\times10^{-2}]^2}{[0/2\times10^{-2}]^2[0/1\times10^{-2}]}=4\times10^3\,mol^{-1}.L$$

مقدار عددی ثابت تعادل بزرگ است $(K>10^2)$، از این‌رو تعادل در سمت رفت پیشرفت بهتری دارد. با افزایش حجم ظرف از ۲ لیتر به ۴ لیتر، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. اگر Q را در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دهیم، واکنش گرماده می‌شود $(2A+B \rightleftharpoons 2C+Q)$، بنابراین با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۹۳ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با افزایش دما، مقدار ثابت تعادل هم افزایش یافته است. به عبارت دیگر دما با K رابطهٔ مستقیم دارد؛ از این نکته می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش در جهت رفت گرماگیر بوده و $\Delta H>0$ است.

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها})-(\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}>0 \Rightarrow (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها})-(\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})>0$$

$$(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها})>(\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

عبارت (ب): در تعادل داده شده، تعداد مول گازی دو طرف معادلهٔ واکنش برابر است، بنابراین با افزایش حجم، تعادل جابه‌جا نمی‌شود، اما غلظت همهٔ گازهای موجود در تعادل کاهش می‌یابد. با کاهش غلظت گاز A که زردرنگ می‌باشد، مخلوط گازی کم‌رنگ‌تر می‌شود. عبارت (پ): با افزایش فشار (کاهش حجم)، غلظت $A(g)$ افزایش یافته و به همین دلیل شدت رنگ مخلوط گازی زیادتر می‌شود. عبارت (ت): با کاهش غلظت $C(g)$ تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، غلظت $A(g)$ کاهش می‌یابد، از این‌رو شدت رنگ مخلوط گازی نیز کاهش می‌یابد.

B ۲۹۹۴ ۲ تغییرات (ب) و (ث) باعث افزایش مقدار $CaCO_3(s)$ می‌شوند. **بررسی تغییرات:** تغییر (الف): در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار می‌گیرد. پس در این واکنش، Q در سمت چپ قرار داشته و واکنش در جهت رفت گرماگیر است. $CaCO_3(s)+Q\rightleftharpoons CaO(s)+CO_2(g)$

با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود که در اثر آن، مقدار (تعداد مول) $CaCO_3(s)$ کاهش و مقدار $CaO(s)$ و $CO_2(g)$ افزایش می‌یابد. تغییر (ب): طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، مقدار (تعداد مول) $CaCO_3(s)$ افزایش می‌یابد. اما توجه داشته باشید که $CaCO_3$ یک جامد خالص و غلظت آن ثابت می‌باشد. تغییر (پ): با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر (که همان سمت راست است) جابه‌جا می‌شود، از این‌رو مقدار $CaCO_3$ کاهش می‌یابد. تغییر (ت): CaO یک جامد خالص است. به همین دلیل اضافه یا کم کردن آن اثری بر جابه‌جایی تعادل و مقدار $CaCO_3$ ندارد. تغییر (ث): با افزودن مقداری گاز CO_2، تعادل در جهت مصرف آن یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و باعث افزایش مقدار $CaCO_3$ خواهد شد.

B ۲۹۹۵ ۲

نکته ترکیبی برای آن‌که نوع تغییری که بر سامانه اعمال شده و موجب جابه‌جایی تعادل و تغییر غلظت‌های اجزای آن شده را تشخیص دهید کافیست به لحظهٔ اعمال تغییر در نمودار «غلظت - زمان» توجه کنید. اگر در لحظهٔ اعمال تغییر، غلظت همهٔ گونه‌های گازی یا محلول هم‌زمان تغییر کند، یعنی تغییر حجم رخ داده است. اگر غلظت یکی از گونه‌ها به‌طور ناگهانی تغییر کند، یعنی با اضافه یا کم شدن آن گونه تعادل به هم خورده و اگر غلظت هیچ گونه‌ای در لحظهٔ اعمال تغییر، ناگهانی دچار تغییر نشود، یعنی دمای سامانه تغییر کرده است.

واکنش تبدیل دی نیتروژن تترا اکسید به نیتروژن دی‌اکسید گرماگیر است؛ بنابراین Q در سمت واکنش‌دهنده قرار دارد. $N_2O_4(g)+Q\rightleftharpoons 2NO_2(g)$

بررسی نمودارها: نمودار (الف): این نمودار مربوط به تغییری است که به تدریج موجب تغییر غلظت اجزاء شده است به‌طوری‌که غلظت فراورده (NO_2) افزایش و غلظت واکنش‌دهنده (N_2O_4) کاهش یافته، چنین عاملی فقط می‌تواند مربوط به افزایش دما باشد؛ زیرا سایر عوامل همچون تغییر فشار (حجم محفظه) یا تغییر شمار مول‌های اجزاء، موجب یک تغییر ناگهانی در لحظهٔ اعمال تغییر می‌شود. نمودار (ب): این نمودار افزایش لحظه‌ای هر دو جزء واکنش را نشان می‌دهد؛ بنابراین فقط می‌تواند مربوط به کاهش حجم سامانه باشد. حواستان باشد کاتالیزگر تأثیری بر تعادل ندارد و صرفاً سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌نسبت افزایش می‌دهد.

B ۲۹۹۶ ۳ در صورتی که دمای سامانه را افزایش دهیم، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود. در نتیجه تعادل مورد نظر، گرماگیر و معادلهٔ نمادی واکنش به‌صورت $mA(g)+Q\rightleftharpoons nB(g)$ است. با توجه به اینکه نماد Q در واکنش‌های تعادلی سمت تعداد مول گازی کمتر است، $m<n$ می‌باشد. در این تعادل در اثر خارج کردن مقداری B از سامانه و در اثر افزایش حجم هم، تعادل به سمت شمار مول گازی بیشتر یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۹۷ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. طبق شکل، ۲ ذره از A مصرف شده و ۴ ذره از B تولید شده است؛ بنابراین ضریب استوکیومتری B، ۲ برابر A است و واکنش به صورت $A\rightleftharpoons 2B$ خواهد بود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۳ است. عبارت (ب): با افزایش حجم، تعادل در جهت مول گازی بیشتر، یعنی رفت جابه‌جا می‌شود. عبارت (پ): ۶ ذره از A معادل ۱/۵ مول بوده است؛ بنابراین هر ذره نشان دهندهٔ ۰/۲۵ مول بوده و داریم:

$$K=\frac{[B]^2}{[A]}=\frac{\left(\frac{4\times 0/25}{2}\right)^2}{\frac{4\times 0/25}{2}}=0/5\,mol.L^{-1}$$

عبارت (ت): با برداشتن مقداری از B، تعادل در جهت تولید آن یعنی رفت جابه‌جا می‌شود؛ اما نمی‌تواند کاهش مقدار آن را به طور کامل تأمین کند؛ بنابراین غلظت هر دو نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد.

B ۲۹۹۸ ۲ تعادل داده شده گرماده است، بنابراین با کاهش دما، به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت H_2 و I_2 کاهش و غلظت HI افزایش می‌یابد. اگر به عددهای جدول دقت کنید، متوجه می‌شوید که دقیقاً عکس این تغییرات اتفاق افتاده است، پس تغییر وارد شده بر تعادل، کاهش دما نیست. می‌توانیم مقدار K را در هر دو تعادل محاسبه کنیم:

$$K=\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}\qquad (1)\ \text{تعادل}: K=\frac{(8)^2}{(4)(4)}=4\qquad (2)\ \text{تعادل}: K=\frac{(6)^2}{(5)(5)}=1/44$$

ملاحظه می‌کنید که مقدار K در دو تعادل یکسان نیست، از این‌رو تغییر وارد شده بر تعادل، افزایش حجم هم نیست. زیرا K فقط تابع دما است و با افزایش حجم مقدار K تغییر نمی‌کند. نتیجهٔ نهایی این است که تغییر مورد نظر ما افزایش دما می‌باشد. با افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار K کاهش می‌یابد. همچنین به دلیل افزایش دما، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید، بیشتر از تعادل اولیه است.

B ۲۹۹۹ ۲ کاهش حجم ظرف در واکنش (I) بدون جابه‌جایی واکنش، باعث افزایش غلظت فراورده‌ها می‌شود؛ همچنین کاهش دما در واکنش (II) که واکنشی گرماده است، باعث جابه‌جایی واکنش در جهت رفت و در نتیجه افزایش غلظت فراورده‌ها می‌شود. **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): واکنش (I) گرماگیر بوده و با افزایش دما واکنش در جهت رفت و تولید فراورده‌ها پیشرفت می‌کند. با افزایش حجم در واکنش (II) واکنش در جهت برگشت پیشرفت می‌کند و غلظت فراورده‌ها کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۳): تغییرات غلظت گونه‌های درگیر در واکنش، نمی‌تواند بر ثابت تعادل آن واکنش تأثیری بگذارد، زیرا ثابت تعادل تنها با تغییر دما، تغییر می‌کند. گزینهٔ (۴): کاهش فشار در واکنش (I) تأثیری بر جابه‌جایی واکنش نداشته، اما افزایش حجم در واکنش (II) سبب پیشرفت تعادل در جهت برگشت می‌شود.

۳۰۰۰ B ۱ فقط عبارت اول درست است. واحد ثابت تعادل یک واکنش به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$(\text{mol.L}^{-1})^{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده} - \text{مجموع ضرایب فراورده}}$$

با توجه به واحد ثابت تعادل این واکنش خواهیم فهمید که $b=a+1$ و $b>a$ است و می‌توان واکنش را به صورت $A(g)\rightleftharpoons 2B(g)$ فرض کرد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با افزایش حجم ظرف واکنش، تعادل به سمت مول گازی بیشتر یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. از این‌رو مقدار گاز B زیاد و مقدار گاز A کم می‌شود؛ اما چون حجم ظرف بیشتر شده غلظت هر دو گاز نسبت به تعادل اولیه کمتر است. عبارت دوم: در تعادل‌ها، علامت Q در سمتی که مجموع ضرایب استوکیومتری مواد گازی کمتر باشد قرار می‌گیرد؛ بنابراین این واکنش برخلاف واکنش هابر، گرماگیر است و پایداری فراورده‌ها در آن کمتر است. عبارت سوم: افزایش فشار باعث جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت شده، در حالی که افزودن گاز A باعث جابه‌جایی تعادل در جهت رفت می‌شود. عبارت چهارم: دما در شرایط استاندارد نسبت به اتاق، کمتر است. این واکنش گرماگیر است و با کاهش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و میزان پیشرفت واکنش و اندازهٔ ثابت تعادل آن کاهش می‌یابد.

۳۰۰۱ B ۱ موارد (الف) و (ب) عبارت داده شده را به درستی تکمیل نمی‌کنند. **بررسی موارد:** مورد (الف): واکنش تهیهٔ آمونیاک واکنشی گرماده است. در واکنش‌های گرماده ضمن افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و در نتیجه ثابت تعادل کاهش می‌یابد. مورد (ب): در واکنش $CaCO_3(s)\rightleftharpoons CaO(s)+CO_2(g)$، با کاهش حجم سامانه، فشار افزایش یافته و تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. در این فرایند به دلیل ثابت ماندن دما، غلظت CO_2 ثابت می‌ماند و چون دیگر مواد شرکت‌کننده در واکنش جامد هستند، غلظت آن‌ها نیز ثابت خواهد بود. مورد (پ): در تعادل‌های گازی، افزایش فشار موجب جابه‌جایی تعادل در جهت مول‌های گازی کمتر می‌شود. با توجه به اینکه در تعادل ذکر شده، مجموع ضرایب اجزاء در دو طرف واکنش با هم برابر است، افزایش فشار فقط غلظت اجزاء را افزایش می‌دهد و نمی‌تواند موجب جابه‌جایی تعادل شود. مورد (ت): در واکنش‌های تعادلی، افزودن کاتالیزگر صرفاً سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌نسبت افزایش می‌دهد و سبب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود.

۳۰۰۲ B ۱ موارد (الف)، (ب) و (ت) برای تکمیل جملهٔ داده شده مناسب هستند. Q در معادلهٔ واکنش در سمتی قرار می‌گیرد که تعداد مول گازی کمتری دارد. **بررسی موارد:** مورد (الف): در این معادله Q در سمت راست معادلهٔ واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به‌ترتیب به سمت چپ، راست و چپ جابه‌جا می‌کند. مورد (ب): در این واکنش Q در سمت چپ معادلهٔ واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به‌ترتیب به سمت راست، چپ و راست جابه‌جا می‌کند. مورد (پ): در این واکنش Q در سمت راست معادلهٔ واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به‌ترتیب به سمت چپ، راست و چپ جابه‌جا می‌کند. مورد (ت): در این واکنش Q در سمت چپ معادلهٔ واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به‌ترتیب به سمت راست، چپ و راست جابه‌جا می‌کند.

۳۰۰۳ B ۴ در شکل داده شده، ۵ مولکول $SO_2(g)$ وجود دارد که با توجه به آن می‌توانیم غلظت اولیهٔ $SO_2(g)$ را به‌دست آوریم:

$$[SO_2]=\frac{(5\times 0/1)\ \text{mol}}{1\ \text{L}}=0/5\ \text{mol.L}^{-1}$$

با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، تعداد مول SO_3 کاهش و تعداد مول SO_2 و O_2 افزایش می‌یابد، اما غلظت هر سه گاز کاهش می‌یابد، به همین دلیل غلظت SO_2 در تعادل جدید باید کوچک‌تر از $0/5\ \text{mol.L}^{-1}$ باشد و غلظت $0/75\ \text{mol.L}^{-1}$ برای این ماده قابل قبول نیست. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در شکل داده شده، ۵ مولکول SO_3 وجود دارد. با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، تعداد مولکول‌های SO_3 افزایش می‌یابد و می‌تواند برابر با ۷ مولکول شود. گزینهٔ (۲): در اثر افزودن مقداری $SO_3(g)$ به ظرف، تعادل در جهت مصرف آن و به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در سمت چپ تعداد مول‌های بیشتری قرار دارد، پس در نتیجه تعداد مول‌های گازی افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۳): در اثر کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در سمت چپ ۳ مول گاز (۲ مول SO_2 و ۱ مول O_2) و در سمت راست ۲ مول گاز (2 مول SO_3) داریم. در نتیجه با جابه‌جایی تعادل به سمت راست، تعداد مولکول‌های گاز موجود در ظرف کاهش می‌یابد.

۳۰۰۴ B ۱ واکنش گرماده است، پس در اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و غلظت گازهای C و D کاهش و غلظت گازهای A و B افزایش می‌یابد. حجم ظرف برابر با ۱ لیتر است، از این‌رو غلظت هر ماده با تعداد مول آن برابر می‌باشد.

	A	+ B	⇌ C	+ D
تعادل اولیه	۱	۱	۲	۵
تغییر غلظت	+x	+x	−x	−x
تعادل جدید	۱+x	۱+x	۲−x	۵−x

$$[D]=5-x=4\Rightarrow x=1\ \text{mol.L}^{-1}$$

$$[A]=[B]=1+x=1+1=2\text{mol.L}^{-1}$$

$$[C]=2-x=2-1=1\ \text{mol.L}^{-1}$$

اگر ۳ مول C را به تعادل بیفزاییم، تعادل در جهت مصرف C، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود.

	A	+ B	⇌ C	+ D
تعادل اولیه	۲	۲	۱+۳	۴
تغییر غلظت	+y	+y	y	y
تعادل جدید	۲+y	۲+y	۴−y	۴−y

$$[D]_{\text{نهایی}}=4-y=3\Rightarrow y=1\ \text{mol.L}^{-1}$$

$$[B]_{\text{نهایی}}=2+y=2+1=3\text{mol.L}^{-1}$$

۳۰۰۵ B ۴ معادلهٔ این تعادل به‌صورت $dD(g)\rightleftharpoons aA(g)+bB(g)$ است. در اثر کاهش دما از غلظت A و B کاسته و بر غلظت D افزوده شده است، به عبارتی واکنش در جهت برگشت حرکت کرده است. در نتیجه تعادل مورد نظر گرماگیر است و $(d<a+b)$. حال اگر معادلهٔ این واکنش را به‌طور فرضی به‌صورت $dD(g)\rightleftharpoons aA(s)+bB(s)+Q$ در نظر بگیریم، این تعادل باید گرماده باشد، زیرا نماد Q در تعادل باید سمت تعداد مول گازی کمتر باشد. در یک تعادل گرماده با کاهش دما، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): با افزایش دما سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد. گزینهٔ (۲): در اثر افزایش حجم، غلظت تمام مواد گازی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر خواهد بود. گزینهٔ (۳): تعادل نمی‌تواند اثر افزایش دما را به‌طور کامل خنثی کند. بنابراین دمای تعادل جدید اندکی بیشتر از تعادل اولیه خواهد بود.

B ۳۰۰۶ **۴** عبارت K برای تعادل $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s)+CO_2(g)$ به‌صورت $K=[CO_2]$ می‌باشد. K فقط تابع دما است، پس در این تعادل، غلظت CO_2، فقط تابع دما می‌باشد. اگر در دمای ثابت، حجم ظرف دو برابر شود، ابتدا غلظت CO_2 کاهش می‌یابد، اما در اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، کاهش غلظت CO_2 به‌طور کامل جبران شده و دوباره به همان غلظت قبلی می‌رسد. مقدار K و غلظت CO_2 در تعادل جدید با تعادل اولیه یکسان است. به همین ترتیب اگر غلظت CO_2 را در دمای ثابت افزایش دهیم، ابتدا غلظت گاز CO_2 افزایش یافته اما تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و تمام CO_2 اضافه شده را مصرف می‌کند و باز هم به همان غلظت اولیه می‌رسد.

C ۳۰۰۷ **۱** فقط عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): اگر شیر (۱) را باز کنیم، حجم در اختیار مولکول‌های گاز افزایش می‌یابد. با افزایش حجم، غلظت هر دو گاز NO_2 و N_2O_4 کاهش می‌یابد. با کاهش غلظت NO_2، شدت رنگ سامانهٔ تعادلی کاهش می‌یابد. عبارت (ب): درون محفظهٔ E، گاز N_2O_4 وجود دارد. اگر گاز درون این محفظه را به تعادل محفظهٔ A بیفزاییم، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت گاز NO_2 که قهوه‌ای رنگ است، افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت NO_2 شدت رنگ سامانهٔ تعادلی افزایش می‌یابد. عبارت (پ): اگر مخلوط تعادلی را از محفظهٔ A به محفظهٔ C انتقال دهیم، دمای مخلوط تعادلی افزایش می‌یابد، از این‌رو تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت مولکول‌های NO_2 افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت NO_2 شدت رنگ سامانهٔ تعادلی افزایش می‌یابد. عبارت (ت): درون محفظهٔ D، گاز NO_2 وجود دارد. اگر گاز درون این محفظه را به تعادل محفظهٔ A اضافه کنیم، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه تعادل به‌طور معمول نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، غلظت NO_2 در تعادل جدید بیشتر از تعادل اولیه می‌باشد و به همین دلیل، شدت رنگ سامانهٔ تعادلی افزایش می‌یابد.

C ۳۰۰۸ **۱** حجم ظرف یک لیتر است پس غلظت گازهای A، B، C و D به‌ترتیب برابر ۱، ۱، ۲ و ۵ مول بر لیتر است. مقدار K اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$K_1=\frac{[C][D]}{[A][B]}=\frac{2\times5}{1\times1}=10$$

با افزایش دما مقدار ثابت تعادل به $\frac{1}{10}$ مقدار اولیهٔ خود یعنی ۱ رسیده است. بنابراین تعادل گرماده است و در اثر افزایش دما به سمت چپ می‌رود.

	A	+ B	⇌ C	+ D
غلظت اولیه	۱	۱	۲	۵
تغییرات غلظت	$+x$	$+x$	$-x$	$-x$
غلظت نهایی	$1+x$	$1+x$	$2-x$	$5-x$

$$K_2=\frac{1}{10}K_1=\frac{1}{10}(10)=1\Rightarrow K_2=\frac{(5-x)(2-x)}{(1+x)^2}=1$$

$$\Rightarrow x^2+2x+1=x^2-7x+10\Rightarrow 9x=9\Rightarrow x=1$$

پس غلظت‌های گازهای A، B، C و D به‌ترتیب برابر ۲، ۲، ۱ و ۴ مول بر لیتر می‌شود.

با افزایش ۳ مول C، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود اما مقدار K تغییر نخواهد کرد.

	A	+ B	⇌ C	+ D
غلظت در نخستین لحظهٔ تغییر	۲	۲	$1+3$	۴
تغییر غلظت	$+x'$	$+x'$	$-x'$	$-x'$
غلظت نهایی	$2+x'$	$2+x'$	$4-x'$	$4-x'$

$$K_3=K_2=1\Rightarrow K_3=\frac{(4-x')^2}{(2+x')^2}=1\Rightarrow\frac{4-x'}{2+x'}\Rightarrow 4-x'=2+x'\Rightarrow x'=1$$

پس غلظت B در نهایت به ۳ مول بر لیتر می‌رسد.

C ۳۰۰۹ **۳** معادلهٔ واکنش تعادلی انجام شده با توجه به نمودار «مول - زمان» داده شده به صورت زیر است:

$$2A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g),\ K=\frac{[C]^2}{[B]\times[A]^2}=\frac{(\frac{4}{2})^2}{(\frac{2}{2})\times(\frac{2}{2})^2}=4$$

با افزودن گازهای A و C و از طرفی افزایش حجم ظرف واکنش، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود؛ ابتدا مقدار مول A و C اضافه شده به تعادل را به دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,C=60g\,C\times\frac{1\,mol\,C}{20g\,C}=3mol\,C$$

$$?\,mol\,A=40g\,A\times\frac{1\,mol\,A}{40g\,A}=1\,mol\,A$$

سپس به کمک جدول تغییر مول، مول تعادلی جدید را برحسب x محاسبه می‌کنیم. حجم ظرف در تعادل جدید برابر $12L\ (6\times2L)$ لیتر است؛ پس با توجه به ثابت بودن دما، رابطهٔ ثابت تعادل جدید را برابر ۴ قرار داده و x را به دست می‌آوریم:

	2A	+ B	⇌ 2C
مول اولیه	$2+1=3$	۲	$4+3=7$
تغییر مول	$+2x$	$+x$	$-2x$
مول تعادلی	$3+2x$	$2+x$	$7-2x$

$$K=\frac{[C]^2}{[B]\times[A]^2}\Rightarrow 4=\frac{(\frac{7-2x}{12})^2}{(\frac{2+x}{12})\times(\frac{3+2x}{12})^2}$$

معادلهٔ بالا را به روش‌های معمول نمی‌توان حل کرد؛ لذا اعداد مختلف را در آن امتحان می‌کنیم که $x=1$ برای آن جواب می‌دهد؛ بنابراین غلظت مولار گاز A در تعادل نهایی برابر است با:

$$[A]=\frac{3+2x}{V}=\frac{3+2(1)}{12}\simeq 0/417 mol.L^{-1}$$

A ۳۰۱۰ **۴** معادلهٔ موازنه شدهٔ تشکیل آمونیاک از عناصر سازنده‌اش به صورت مقابل است:

$$3H_2(g)+N_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)+Q$$

معادلهٔ ثابت تعادل واکنش تعادلی در فرایند هابر به صورت مقابل است:

$$K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2]\times[H_2]^3}$$

A ۳۰۱۱ ۳ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده و باعث کاهش درصد مولی آمونیاک می‌شود. عبارت (ب): با افزایش فشار، یعنی کاهش حجم سامانه، تعادل به سمت مول گازی کمتر، یعنی سمت راست و تولید آمونیاک جابه‌جا می‌شود. عبارت (پ): واکنش تولید آمونیاک در فرایند هابر گرماده است. $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)+Q$

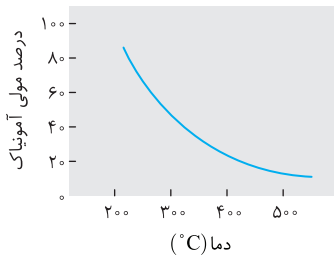
عبارت (ت): با افزایش دما در فرایند هابر، سرعت انجام واکنش بالا بود، اما پیشرفت واکنش کم بود. (به دلیل مقدار کم K)

A ۳۰۱۲ ۱ فقط مورد دوم درست است. از آنجا که واکنش فرایند هابر، گرماده است، کاهش دما واکنش را به سمت راست و در جهت تولید آمونیاک بیشتر جابه‌جا می‌کند. اما از طرف دیگر، کاهش دما منجر به کاهش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت می‌شود، بنابراین اگرچه تولید آمونیاک در دماهای پایین مطلوب به نظر می‌رسد، اما تعادل آن‌قدر آهسته برقرار می‌شود که تهیهٔ آمونیاک در عمل امکان‌پذیر نخواهد بود. با وجود استفاده از کاتالیزگر، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی مطلوب نیست و تنها ۲۸ درصد مخلوط تعادلی را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

B ۳۰۱۳ ۱ **بررسی گزینه‌ها:** گزینه‌های (۱) و (۲): واکنش تولید آمونیاک گرماده است، از این‌رو، در اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار آمونیاک تولید شده کاهش می‌یابد. افزودن کاتالیزگر موجب می‌شود که تعادل سریع‌تر برقرار شود. در واقع کاتالیزگر کمک می‌کند تا در دماهای به نسبت کمتری، آمونیاک سریع‌تر تشکیل شود و در نتیجه NH_3 به مقدار بیشتر و ارزان‌تر تولید شود. توجه داشته باشید که هرچه دما را افزایش دهیم، سرعت انجام واکنش‌های رفت و برگشت و مقدار فراورده زیادتر می‌شود، اما با توجه به گرماده بودن واکنش، در اثر افزایش دما، پیشرفت واکنش رفت و مقدار فراورده کاهش می‌یابد. به همین دلیل در فرایند هابر سعی می‌کنند که به جای افزایش زیاد دما، با استفاده از کاتالیزگر، سرعت واکنش‌ها را افزایش دهند. توجه داشته باشید که کاتالیزگر تأثیری بر مقدار آمونیاک تولیدی ندارد. گزینهٔ (۳): با افزایش فشار یا کاهش حجم در دمای ثابت، تعادل به سمت مول‌های گازی کمتر، یعنی تولید آمونیاک بیشتر پیش می‌رود. $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$

گزینهٔ (۴): در فرایند تولید آمونیاک به روش هابر، در شرایط بهینه، مقدار ۲۸ درصد مولی (حجمی) مخلوط گازها را آمونیاک و مقدار ۷۲ درصد مولی (حجمی) آن را گازهای هیدروژن و نیتروژن تشکیل می‌دهند.

B ۳۰۱۴ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): نمودار درصد مولی آمونیاک در دماهای مختلف به‌صورت روبه‌رو است. با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در مخلوط کمتر می‌شود.



عبارت (ب): واکنش تولید آمونیاک یک واکنش گرماده است، پس انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش تولید آمونیاک کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است. عبارت (پ): در اثر کاهش دما تعادل به سمت راست و تولید آمونیاک پیش می‌رود و در اثر کاهش حجم هم تعادل به سمت مول گازی کمتر، یعنی تولید آمونیاک پیش می‌رود. عبارت (ت): با کاهش دما ثابت تعادل افزایش می‌یابد (واکنش گرماده)، پس در دمای $25^\circ C$ بیشترین مقدار ثابت تعادل از بین عددهای داده شده را دارد.

B ۳۰۱۵ ۱ در شرایط بهینهٔ تولید آمونیاک به روش هابر، تنها ۲۸ درصد مولی (نه جرمی!) مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): در پایان برای جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش، از تفاوت زیاد در نقطهٔ جوش آمونیاک با دو گاز دیگر استفاده می‌شود. گزینه‌های (۳) و (۴): فرایند هابر نمونهٔ تاریخی جالبی از تأثیر پیچیدهٔ شیمی بر زندگی ماست. هرچند تولید آمونیاک توسط هابر باعث طولانی‌تر شدن جنگ جهانی اول گردید، اما به دنبال آن، شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فراورده‌های کشاورزی فراهم شد.

B ۳۰۱۶ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. نمودار، نشان‌دهندهٔ تأثیر افزایش فشار بر درصد مولی آمونیاک در مخلوط است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در بازهٔ ۰ تا ۱۰۰۰ اتمسفر میزان درصد مولی آمونیاک از صفر به حدود ۷۰ و در بازهٔ ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ اتمسفر از حدود ۷۰ به حدود ۹۰ افزایش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به نمودار این مورد هم درست است. عبارت (پ): بر اثر افزایش دما، فرایند هابر در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و مقدار عبارت ثابت تعادل کاهش می‌یابد. در نتیجه نمودار تأثیر دما بر مقدار ثابت تعادل نزولی است. عبارت (ت): با توجه به داده‌های این عبارت، درصد مولی آمونیاک برابر ۲۸٪ است و می‌دانیم در فشار ۲۰۰ اتمسفر و در دمای $450^\circ C$، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی به ۲۸٪ می‌رسد.

B ۳۰۱۷ ۳ قسمت (۴)، سردکننده را نشان می‌دهد. در این قسمت دما را تا دمای $-40^\circ C$ کاهش می‌دهند. گاز آمونیاک در این محل به آمونیاک مایع تبدیل می‌شود. بین مولکول‌های آمونیاک پیوند هیدروژنی برقرار است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): قسمت (۱) محل ورود گازهای N_2 و H_2 به مخزن انجام واکنش است. با توجه به اینکه این دو گاز واکنش‌دهنده‌های فرایند هابر هستند، با ورود آن‌ها به مخزن، تعادل در جهت مصرف این دو گاز پیش می‌رود (جهت رفت) که این موضوع به پیشرفت بهتر فرایند هابر کمک می‌کند. گزینهٔ (۲): قسمت (۲)، گرم‌کننده است. در این قسمت دمای گازهای وارد شده به مخزن تا $450^\circ C$ افزایش می‌یابد. قسمت (۳)، کاتالیزگر است که جنس آن از آهن می‌باشد و آهن جزء فلزهای واسطه است. گزینهٔ (۴): در قسمت (۵)، آمونیاک و گازهای H_2 و N_2 حضور دارند، بنابراین در این قسمت، سه مولکول جمع‌آوری می‌شود. با توجه به اینکه آمونیاک فراوردهٔ فرایند هابر است، خارج کردن آن از مخزن موجب پیشرفت تعادل در جهت رفت می‌شود.

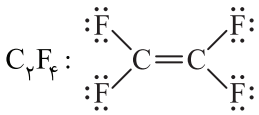
B ۳۰۱۸ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عدد اکسایش نیتروژن در گاز نیتروژن، هیدرازین و آمونیاک به ترتیب برابر صفر، ۲- و ۳- است؛ بنابراین در هر دو واکنش عدد اکسایش اتم نیتروژن کم شده و کاهش می‌یابد. عبارت (ب): در این فرایند ابتدا مخلوط گازهای H_2 و N_2 را گرم کرده و سپس از مجاورت آهن عبور می‌دهند. عبارت (پ): دمای گرم کننده همان دمای مناسب انجام واکنش یعنی $450^\circ C$ بوده و دمای سرد کننده کمی کمتر از دمای جوش آمونیاک $(-33^\circ C)$ یعنی حدود $-40^\circ C$ است که تفاوت دمای آن‌ها در حدود $490^\circ C$ است. عبارت (ت): آمونیاک برخلاف دو گاز H_2 و N_2 قطبی است و نقطهٔ جوش بیشتری دارد؛ بنابراین با سرد کردن مخلوط به ترتیب مولکول‌های NH_3، N_2 و H_2 جدا می‌شوند.

B ۳۰۱۹ ۱ باید شرایطی مهیا باشد که هم ثابت تعادل بزرگ باشد و هم سامانه با سرعت بیشتری به تعادل برسد. اگر فشار را بالا ببریم، تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر، یعنی در جهت رفت و تولید متانول بیشتر جابه‌جا می‌شود. از طرف دیگر برای انجام شدن واکنش با سرعت مناسب، باید دما بالا باشد؛ زیرا اگر چه علامت Q در سمت راست معادله قرار دارد و بالا بردن دما تا حدودی باعث جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت و کوچک شدن ثابت تعادل (K) می‌شود؛ اما سامانه با سرعت بسیار بیشتری به تعادل می‌رسد و در کل متانول بیشتری خواهیم داشت؛ بنابراین انتخاب دما و فشار بالا، مناسب‌ترین شرایط را برای تولید متانول در این تعادل مهیا می‌کند.

B ۳۰۲۰ ۱ دما در دو حالت a_1 و a_3 یکسان است، اما فشار در حالت a_3 بیشتر از حالت a_1 می‌باشد. با افزایش فشار، تعادلِ تولیدِ آمونیاک به سمت تعداد مول گازی کمتر یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی تعداد مول و درصد مولی NH_3 در مخلوط تعادلی افزایش می‌یابد، بنابراین اگر a_1 برابر با ۵۱ درصد باشد، مقدار a_3 باید بزرگ‌تر از ۵۱ درصد بوده و نمی‌تواند برابر با ۲۸ درصد باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): دما در حالت a_9 از حالت a_3 بیشتر است. واکنش تولید آمونیاک، گرماده می‌باشد، در نتیجه با افزایش دما، مقدار K کاهش می‌یابد. پس مقدار K در حالت a_9 از حالت a_3 کوچک‌تر است. گزینهٔ (۳): فشار در دو حالت a_2 و a_8 یکسان است اما دما در حالت a_8 بیشتر از حالت a_2 می‌باشد. با افزایش دما، تعادل تولید آمونیاک به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، تعداد مول و درصد مولی NH_3 در مخلوط تعادلی کاهش می‌یابد. بنابراین اگر a_8 برابر با ۵ درصد باشد، مقدار a_2 بزرگ‌تر از ۵ درصد بوده و می‌تواند برابر با ۸۲ درصد باشد. گزینهٔ (۴): دما و فشار در حالت a_9 از حالت a_1 بیشتر است. با افزایش دما و همچنین با افزایش فشار، سرعت واکنش افزایش می‌یابد، از این‌رو، سرعت واکنش در حالت a_9 از حالت a_1 بیشتر می‌باشد.

B ۳۰۲۱ ۱ با توجه به جدول، با افزایش دما، مقدار K هم افزایش یافته، بنابراین در واکنش مورد نظر رابطهٔ مقدار K با دما، مستقیم است. به همین دلیل واکنش گرماگیر بوده و $\Delta H>0$ است. اگر به یکی از سطرهای جدول دقت کنید، متوجه می‌شوید که در دمای ثابت، با افزایش فشار، درصد مولی C که فراوردهٔ واکنش است، کاهش یافته است. می‌دانیم که با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، باید مجموع ضریب‌های مولی گازها در فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بزرگ‌تر باشد و این شرط در واکنشِ گرماگیرِ گزینهٔ (۱) وجود دارد.

B ۳۰۲۲ ۲ فقط عبارت (ث) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام واکنش میان گازهای N_2 و H_2 بود (نه فراهم کردن آن شرایط!). عبارت (ب): هابر در سال ۱۹۱۸ میلادی به دلیل تهیهٔ آمونیاک از گازهای H_2 و N_2، برندهٔ جایزهٔ نوبل شیمی شد. دقت کنید قبل از هابر نیز آمونیاک به روش‌هایی با بازده و سرعت پایین تولید می‌شد و ماده‌ای شناخته شده بود. عبارت (پ): در مخزن دستگاهی که برای تولید آمونیاک طراحی شده است سه گاز H_2، N_2 و NH_3 یافت می‌شود که مولکول‌های NH_3 می‌توانند بین خود پیوند هیدروژنی برقرار کنند. دقت کنید آمونیاک همانند سایر اجزا در این فرایند و برخلاف HF (با نقطهٔ جوش $19^\circ C$) در شرایط STP به حالت گاز است. عبارت (ت): با افزودن مقداری N_2 به مخلوط تعادلی، تعادل در جهت مصرف آن به سمت رفت جابه‌جا می‌شود اما نمی‌تواند همهٔ N_2 اضافه شده را مصرف کند و در مجموع مقدار N_2 نسبت به قبل افزایش می‌یابد؛ بنابراین مقادیر گازهای NH_3، N_2 و H_2 به ترتیب افزایش، افزایش و کاهش می‌یابد. عبارت (ث): در قسمتی از دستگاه که با حرف C مشخص شده، محل سرد کردن مخلوط گازی به منظور خروج آمونیاک از مخلوط گازی است. همان‌طور که می‌دانید تترافلوئورو اتن با ساختار زیر نوعی گاز سردکننده است:



$$\frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}}=\frac{۶}{۱۲}=۰/۵$$

C ۳۰۲۳ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$N_2(g)+3H_2(g)\underset{\text{دما و فشار بهینه}}{\overset{\text{کاتالیزگر}}{\rightleftharpoons}}2NH_3(g)$$

	$N_2(g)$	$+\ 3H_2(g)$	$\rightleftharpoons\ 2NH_3(g)$
مول اولیه	۱۰	۳۰	۰
تغییر مول	$-x$	$-3x$	$+2x$
مول تعادلی	$۱۰-x$	$۳۰-3x$	$2x$

در فرایند هابر، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی ۲۸ درصد است. برای به‌دست آوردن مقدار آمونیاک تولیدی از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

$$\text{مقدار مول کلی}=(۱۰-x)+(۳۰-3x)+2x=۴۰-2x \qquad \text{مقدار مول آمونیاک}=2x$$

$$\text{درصد مولی آمونیاک}=\frac{2x}{2x+(۱۰-x)+(۳۰-3x)}\times۱۰۰=۲۸\Rightarrow x=۴/۳۷۵\,mol$$

$$\text{مقدار مول آمونیاک}=2x=2\times۴/۳۷۵=۸/۷۵\,mol \qquad ?\,g\,NH_3=۸/۷۵\,mol\,NH_3\times\frac{۱۷\,g\,NH_3}{۱\,mol\,NH_3}=۱۴۸/۷۵\,g\,NH_3$$

متأسفانه با توجه به برداشت اول که برداشت درستی است، جواب این سؤال در گزینه‌ها وجود ندارد! و به احتمال زیاد طراح از متن کتاب درسی این‌گونه برداشت کرده که در شرایط بهینه و در حضور کاتالیزگر، ۲۸ درصد واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل می‌شود. اکنون این مسئله را با این برداشت حل می‌کنیم:

$$?\,g\,NH_3=۱۰\,mol\,N_2\times\frac{2\,mol\,NH_3}{۱\,mol\,N_2}\times\frac{۱۷\,g\,NH_3}{۱\,mol\,NH_3}\times\frac{۲۸}{۱۰۰}=۹۵/2\,g\,NH_3$$

C ۳۰۲۴ ۱ ابتدا تعداد مول هر سه ترکیب را حساب می‌کنیم:

$$N_2\text{ تعداد مول اولیهٔ }:?\,mol\,N_2=۳۹۲\,g\,N_2(g)\times\frac{۱\,mol\,N_2}{۲۸\,g\,N_2(g)}=۱۴\,mol\,N_2$$

$$H_2\text{ تعداد مول اولیهٔ }:?\,mol\,H_2=۱۱۱\,g\,H_2\times\frac{۱\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2}=۵۵/۵\,mol\,H_2$$

$$NH_3\text{ تعداد مول تولیدی }:?\,mol\,NH_3=۴۰۸\,g\,NH_3\times\frac{۱\,mol\,NH_3}{۱۷\,g\,NH_3}=۲۴\,mol\,NH_3$$

با توجه به اینکه در واکنش، ۲۴ مول NH_3 تولید شده است، به کمک ضریب استوکیومتری H_2 و NH_3 می‌توان به تعداد مول مصرفی N_2 و H_2 رسید.

	$N_2(g)$	$+3H_2(g)$	$\rightleftharpoons 2NH_3(g)$
مول اولیه	۱۴	۵۵/۵	۰
تغییرات مول	-۱۲	-۳۶	$+۲۴$
مول نهایی	۲	۱۹/۵	۲۴

$$N_2\text{ تعداد مول مصرفی}=\frac{۲۴}{2}=۱۲\,mol,\ H_2\text{ تعداد مول مصرفی}=\frac{3}{2}\times۲۴=۳۶\,mol$$

$$\text{درصد مولی آمونیاک در مخلوط}=\frac{\text{مول آمونیاک}}{\text{مجموع تعداد مول‌ها}}\times۱۰۰=\frac{۲۴}{۴۵/۵}\times۱۰۰\simeq٪۵۳$$

با توجه به نمودار در دمایی حدود $321^\circ C$، درصد مولی آمونیاک در مخلوط برابر ٪۵۳ می‌شود.

C ۳۰۲۵ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تعادلی تولید آمونیاک به روش هابر به صورت زیر است:

$$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

با توجه به آن برای محاسبهٔ غلظت اجزای واکنش در تعادل اول داریم:

با توجه به اینکه ثابت تعادل واکنش مشخص نیست، نمی‌توان مقدار x را به دست آورد و لذا جدول دومی را هم همراه با همین اجزا رسم می‌کنیم. طبق این جدول، با کاهش شمار مول‌های آمونیاک تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود:

$$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۷	۷	۰
تغییر مول	$-x$	$-3x$	$+2x$
مول تعادلی	$7-x$	$7-3x$	$+2x$

بر اساس فرض سؤال، غلظت نهایی آمونیاک برابر ۰/۳ مولار است؛ در نتیجه داریم:

$$\text{غلظت تعادلی } NH_3=\frac{\text{مول تعادلی } NH_3}{\text{حجم ظرف}}=\frac{2x+2y-1}{10}=0/3\Rightarrow x+y=2$$

$$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	$7-x$	$7-3x$	$2x-1$
تغییر مول	$-y$	$-3y$	$+2y$
مول تعادلی	$7-x-y$	$7-3x-3y$	$2x+2y-1$

اکنون برای غلظت تک‌تک اجزاء داریم:

$$\text{مول تعادلی } N_2=7-x-y=7-\underbrace{(x+y)}_{2}=7-2=5\text{mol}\Rightarrow \text{غلظت تعادلی } N_2=\frac{5\text{mol}}{10\text{L}}=\frac{1}{2}\text{mol.L}^{-1}$$

$$\text{مول تعادلی } H_2=7-3x-3y=7-3\underbrace{(x+y)}_{2}=7-6=1\text{ mol}\Rightarrow \text{غلظت تعادلی } H_2=\frac{1\text{mol}}{10\text{L}}=\frac{1}{10}\text{mol.L}^{-1}$$

در نهایت می‌توانیم ثابت تعادل واکنش را به‌دست آوریم:

$$K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2]\times[H_2]^3}=\frac{(0/3)^2}{(\frac{1}{2})\times(\frac{1}{10})^3}=\frac{9\times10^{-2}}{\frac{1}{2}\times\frac{1}{1000}}=180\text{L}^2.\text{mol}^{-2}$$

توضیح محاسبات

پاسخ از جنس عدد ۱۸ است. (پاسخ: ۱۸۰)

$$\frac{(0/3)^2}{\frac{1}{2}\times\frac{1}{1000}}=?\xrightarrow[\text{در نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}}\frac{3^2}{\frac{1}{2}}=2\times3^2=18$$

B ۳۰۲۶ ۳ **بررسی گزینه‌های نادرست:** گزینهٔ (۱): منابع شیمیایی ارزشمند مانند نفت خام، زغال‌سنگ، معادن مس، آهن و فیروزه در جهان به‌طور یکنواخت توزیع نشده‌اند. گزینهٔ (۲): بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به‌دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. گزینهٔ (۴): فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است. همچنین خام‌فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است. راه دیگر برای فروش این منبع، تبدیل آن به فراورده‌های دیگر به کمک فناوری‌های شیمیایی است.

B ۳۰۲۷ ۴ اولین و دومین عضو خانوادهٔ الکل‌های تک‌عاملی به‌ترتیب متانول و اتانول هستند که همانند اتیلن گلیکول و پلی‌اتن از محصولات نفت خام هستند.

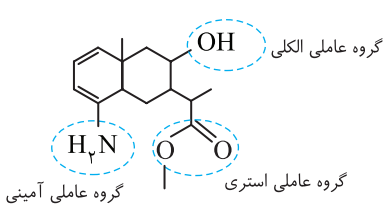
B ۳۰۲۸ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:** عبارت (ب): قیمت فلز مس با خلوص ۹۹/۹ درصد نسبت به فلز مس با خلوص ۹۶ درصد به‌طور چشمگیری بیشتر است. عبارت (ت): با کمک فناوری‌های شیمیایی و تبدیل مواد خام و اولیه به فراورده‌های دیگر می‌توان آن‌ها را به قیمت بالاتری به فروش رساند.

B ۳۰۲۹ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. فناوری را می‌توان به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست (عبارت دوم). فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری‌هایی هستند که بشر امروزی از آن‌ها برای حل مسائل خود بهره می‌برد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. برای نمونه دانشمندان و مهندسان با استفاده از دانش مواد و دانش الکتریسیته و مغناطیس، وسایلی مانند تلفن و رایانهٔ همراه و بی‌سیم طراحی و تولید می‌کنند (عبارت اول)، وسایلی که مشکل برقراری ارتباط را برطرف می‌سازند. شیمی‌دان‌ها نیز با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر آن‌ها ارائه می‌کنند. آن‌ها همچنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند. هر یک از این موارد بیانی از فناوری شیمیایی است (عبارت سوم). مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد (عبارت چهارم).

B ۳۰۳۰ ۱ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): A، B و C به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ مواد خام، مواد اولیهٔ مهم و پرکاربرد در صنایع دیگر و فراوردهٔ هدف هستند. عبارت (ب): فرایندهای (۱) و (۲)، فراوری مواد را نشان می‌دهند که در طی این فرایند قیمت محصولات فراوری شده تفاوت چشمگیری با مواد خام و اولیه دارد. عبارت (پ): در هر دو فرایند (۱) و (۲)، انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی مداخله دارند. عبارت (ت): مواد خام و اولیه موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

A ۳۰۳۱ ۴ هیدروکربن‌ها مانند آلکان‌ها، آلکن‌ها، آلکین‌ها و ... گروه عاملی ندارند.

A ۳۰۳۲ ۲ در این ساختار گروه‌های عاملی الکلی، استری و آمینی وجود دارد.



A ۳۰۳۳ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست:** عبارت (الف): تولید یک مادهٔ آلی جدید می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد.

۳۰۳۴ ۲ از واکنش یک اسید آلی با یک الکل در شرایط مناسب می‌توان استر را تهیه کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک مادهٔ آلی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگری تبدیل می‌کنند. گزینهٔ (۳): شیمی‌دان‌ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه‌های عاملی و دانستن شرایط و عوامل مؤثر بر انجام واکنش‌های شیمیایی از مواد خام یا اولیهٔ در دسترس، ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند. گزینهٔ (۴): شواهد تجربی نشان می‌دهد که تفاوت در خواص مواد آلی (به‌عنوان مثال ادویه‌ها) به دلیل تفاوت در ساختار این مواد است. در واقع علت تفاوت در خواص مواد، تفاوت در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر یا تفاوت در پیوند میان آن‌ها در گروه عاملی است.

۳۰۳۵ ۱ فقط عبارت چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: گاز اتن یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی است که می‌توان از آن مواد آلی گوناگون، پرمصرف و ارزشمند تهیه کرد. عبارت دوم: در اثر واکنش اتن با آب، اتانول تولید می‌شود. اسید موجود در سرکه، استیک اسید است و در اثر واکنش با اتانول به اتیل استات تبدیل می‌شود که به‌عنوان حلال چسب کاربرد دارد. عبارت سوم: از واکنش اتن با HCl، مادهٔ «کلرو اتان» تولید می‌شود. این ماده، مادهٔ اصلی به کار رفته در افشانه‌های بی‌حس‌کننده است.

$$C_2H_4(g)+HCl(g)\rightarrow C_2H_5Cl(g)$$

عبارت چهارم: معادلهٔ واکنش مورد نظر به‌صورت زیر است. نام $C_2H_4Br_2$، ۱، ۲- دی‌برمو اتان است. می‌دانیم آلکن‌ها با محلول برم مایع قرمز رنگ واکنش داده و محلولی بی‌رنگ تولید می‌کنند.

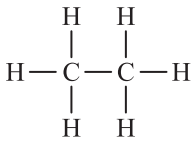
$$C_2H_4(g)+\underbrace{Br_2(g)}_{\text{قرمز رنگ}}\rightarrow\underbrace{C_2H_4Br_2(g)}_{\text{۱، ۲- دی‌برمو اتان}}$$

۳۰۳۶ ۴ تفاوت جرم کلرو اتان که به‌عنوان افشانهٔ بی‌حس‌کنندهٔ موضعی کاربرد دارد، با فرمول C_2H_5Cl و گاز اتن با فرمول C_2H_4 برابر جرم یک هالوژن (کلر) و یک اتم هیدروژن است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): پلی‌اتن در دما و فشار مناسب طی یک واکنش پلیمری شدن از گاز اتن تولید می‌شود. گزینهٔ (۲): برای تهیهٔ اتیل استات از واکنش اتانول (الکل دوکربنی) با اتانوئیک اسید (استیک اسید) که همان اسید موجود در سرکه است، استفاده می‌کنیم. گزینهٔ (۳): گاز اتان که به‌عنوان سوخت کاربرد دارد، از واکنش گاز اتن با گاز هیدروژن در حضور کاتالیزگر تولید می‌شود.

۳۰۳۷ ۴ هیچ‌کدام از موارد، عبارت داده شده را به درستی کامل نمی‌کنند. **بررسی موارد:** مورد اول: معادلهٔ واکنش گاز هیدروژن با اتن به صورت زیر است:

$$C_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow C_2H_6(g)$$

با توجه به معادله بالا، گاز اتان تولید می‌شود که در هر مولکول آن ۷ پیوند اشتراکی وجود دارد. دقت کنید از گاز بوتان برای سوخت فندک استفاده می‌کنند (نه اتان!). مورد دوم: معادلهٔ واکنش آب با گاز اتن به صورت زیر است:

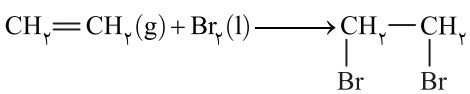


$$C_2H_4(g)+H_2O(l)\xrightarrow{H_2SO_4(aq)}CH_3CH_2OH(aq)$$

با توجه به آن، اتانول تولید می‌شود که دارای گروه عاملی هیدروکسیل بوده و به عنوان ضدعفونی کننده کاربرد دارد. دقت کنید گروه عاملی موجود در بنزآلدهید (ترکیب موجود در بادام) آلدهیدی است (نه هیدروکسیل)! مورد سوم: معادلهٔ واکنش گاز کلر با اتن به صورت مقابل است:

$$C_2H_4(g)+Cl_2(g)\xrightarrow{FeCl_3(s)}CH_2ClCH_2Cl(g)$$

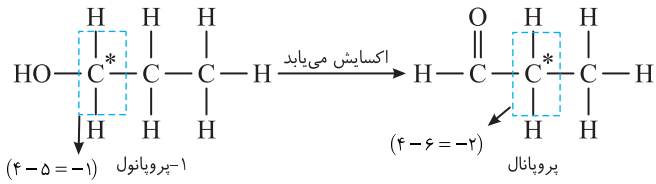
با توجه به معادله، ۱، ۲- دی‌کلرو اتان تولید می‌شود (نه وینیل کلرید!) مورد چهارم: از واکنش گاز اتن با برم مایع، مادهٔ آلی «۱، ۲- دی‌برمو اتان» تولید می‌شود. هر گاه گاز اتن را در محلولی از برم وارد کنیم، رنگ قرمز محلول از بین می‌رود. این تغییر رنگ، نشانهٔ انجام واکنش شیمیایی زیر است:



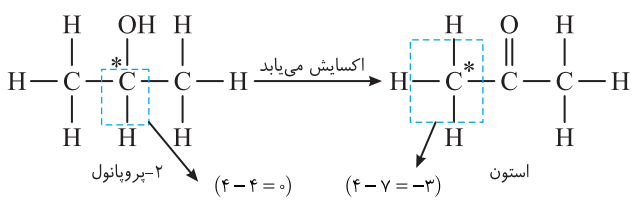
۱، ۲- دی‌برموا‌تان

در این واکنش، یک مولکول برم به پیوند دوگانهٔ «کربن-کربن» در مولکول اتن یا هر ترکیب آلی سیرنشدهٔ دیگری افزوده می‌شود و فراورده‌ای سیرشده پدید می‌آید. همهٔ هیدروکربن‌های سیرنشده در این واکنش شرکت می‌کنند، به گونه‌ای که این واکنش یکی از روش‌های شناسایی آن‌ها از هیدروکربن‌های سیرشده است. دقت کنید که با توجه به توضیحات ارائه شده، برم مایع برای شناسایی هیدروکربن‌های سیرنشده از سیرشده به‌کار می‌رود؛ (نه فراوردهٔ واکنش بالا یعنی «۱، ۲- دی برموا‌تان»!)

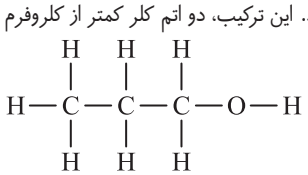
۳۰۳۸ ۳ واکنش‌های مطرح شده به‌صورت روبه‌رو هستند. اتم‌های کربنی که با ستاره مشخص شده‌اند، متصل به گروه عاملی هستند. عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در ۱- پروپانول برابر (-1) و عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در پروپانال برابر (-2) است. بنابراین تغییر عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در این واکنش برابر (-1) است (یک واحد کاهش یافته است).



اتم‌های کربنی که در واکنش‌های روبه‌رو با ستاره مشخص شده‌اند، متصل به گروه عاملی هستند. عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در (۲-پروپانول) برابر صفر و عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در استون برابر (-3) است. بنابراین تغییر عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در این واکنش برابر (-3) است. تغییر عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در این دو واکنش (۲) واحد تفاوت دارد.



۳۰۳۹ ۲ عبارت دوم درست و دیگر عبارت‌ها نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با استفاده از الکل‌ها می‌توان آمین‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها و کربوکسیلیک اسیدها را تولید کرد. عبارت دوم: کلرو اتان، یکی از فراورده‌های حاصل از گاز اتن است که در واکنش $C_2H_4+HCl\rightarrow C_2H_5Cl$ تولید می‌شود. این ترکیب، دو اتم کلر کمتر از کلروفرم $(CHCl_3)$ دارد. عبارت سوم: اتانول، اتانوئیک اسید و اتیل اتانوات در دمای اتاق مایع هستند اما هالو آلکان تولید شده از اتن همان کلرو اتان است که به‌عنوان افشانه کاربرد دارد و در دمای اتاق گاز است. عبارت چهارم: آلدهید و کتونی با ۳ اتم کربن را به‌طور مستقیم می‌توان از الکلی با ۳ اتم کربن (به‌ترتیب، ۱- پروپانول و ۲- پروپانول) به‌دست آورد. اما در ساختار پروپانول ۱۱ جفت‌الکترون پیوندی دیده می‌شود.



B ۳۰۴۰ ۴ هر چهار عبارت درست‌اند. D ساده‌ترین استر یعنی متیل متانوات و B الکل چوب یعنی متانول است، در نتیجه C متانوئیک اسید، E آب و در واکنش (I) هم A متان است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): واکنش (III) به‌صورت روبه‌رو است:

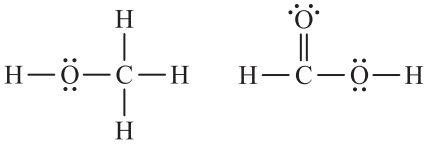
$$HCOOH(aq)+CH_3OH(aq)\rightarrow \underbrace{C_2H_4O_2(aq)}_{\text{جرم مولی}=60g.mol^{-1}} + \underbrace{H_2O(l)}_{\text{جرم مولی}=18g.mol^{-1}}$$

$$\text{درصد جرمی آب}=\frac{\text{جرم آب}}{\text{مجموع جرم فراورده‌ها}}\times 100=\frac{18}{78}\times 100\simeq 23\%$$

عبارت (ب): واکنش مورد نظر به‌صورت روبه‌رو است:

$$CH_4(g)+H_2O(g)\rightarrow CO(g)+3H_2(g)$$

با ۳ مول گاز هیدروژن، می‌توان هر ۳ مول پیوند دوگانهٔ (C = C) موجود در یک مول بنزن را به پیوند یگانهٔ (C — C) تبدیل کرد. عبارت (پ): ترکیب D یک استر است. ترکیبی که به‌عنوان حلال چسب کاربرد دارد، اتیل استات است که آن هم در ساختار خود گروه عاملی استری دارد. عبارت (ت): ساختار دو ترکیب B و C به‌صورت زیر است:



تعداد پیوند اشتراکی در ترکیب B برابر ۵ است. نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در B (متانول) دو برابر ترکیب C (متانوئیک اسید) است.

$$\frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}}=\frac{5}{4} \qquad \frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی}}=\frac{5}{2}$$

B ۳۰۴۱ ۴ واکنش انجام شده به‌صورت روبه‌رو است:

$$C_2H_4+H_2O\rightarrow C_2H_5OH$$

روش اول (ضریب تبدیل): ابتدا مقدار اتن خالص مورد نیاز را به‌دست می‌آوریم:

$$?\ g\ C_2H_4=25/3\ g\ C_2H_5OH\times\frac{1\ mol\ C_2H_5OH}{46\ g\ C_2H_5OH}\times\frac{1\ mol\ C_2H_4}{1\ mol\ C_2H_5OH}\times\frac{28\ g\ C_2H_4}{1\ mol\ C_2H_4}\times\frac{\text{ناخالص } 100\ g\ C_2H_4}{\text{خالص } 70\ g\ C_2H_4}=22\ g\ C_2H_4 \text{ ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتن ناخالص}\times\frac{\text{درصد خلوص}}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم اتانول}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\times\frac{70}{100}}{1\times28}=\frac{25/3}{1\times46}\Rightarrow x=22\ g\ C_2H_4 \text{ ناخالص}$$

توضیح محاسبات

پاسخ از جنس ۲۲ است. (پاسخ: ۲۲)

$$\frac{25/3\times28\times10}{46\times70}=?\xrightarrow[\text{توجه به صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}}\frac{\overset{11}{\cancel{253}}\times\overset{4}{\cancel{28}}}{\underset{2}{\cancel{46}}\times\cancel{7}}=\frac{11\times\overset{2}{\cancel{4}}}{\underset{2}{\cancel{2}}}=11\times2=22$$

B ۳۰۴۲ ۱ واکنش انجام شده به‌صورت روبه‌رو است:

$$C_2H_5OH+C_2H_4O_2\rightarrow C_4H_8O_2+H_2O$$

روش اول (ضریب تبدیل): ابتدا مقدار اسید خالص را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص}=\frac{\text{مقدار خالص}}{\text{مقدار ناخالص}}\times100\Rightarrow80=\frac{x\ g}{210\ g}\times100\Rightarrow x=168\ g \text{ اسید خالص}$$

$$?\ g\ C_4H_8O_2=168\ g\ C_2H_4O_2\times\frac{1\ mol\ C_2H_4O_2}{60\ g\ C_2H_4O_2}\times\frac{1\ mol\ C_4H_8O_2}{1\ mol\ C_2H_4O_2}\times\frac{88\ g\ C_4H_8O_2}{1\ mol\ C_4H_8O_2}=246/4\ g\ C_4H_8O_2$$

حال مقدار عملی استر تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100\Rightarrow90=\frac{x}{246/4}\times100\Rightarrow x=221/76\ g\ C_4H_8O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتانوئیک اسید ناخالص}\times\frac{\text{درصد خلوص}}{100}\times\frac{\text{بازده درصدی}}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم استر}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{210\times\frac{80}{100}\times\frac{90}{100}}{1\times60}=\frac{x}{1\times88}\Rightarrow x=221/76\ g\ C_4H_8O_2$$

B ۳۰۴۳ ۳ معادلهٔ واکنش گاز اتن با آب و واکنش استری شدن اتانول تولید شده با استیک اسید به صورت زیر است:

$$C_2H_4+H_2O\xrightarrow{H_2SO_4(aq)}CH_3CH_2OH \qquad CH_3CH_2OH+H_3C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH\xrightarrow{H_2SO_4(aq)}H_3C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2CH_3$$

با توجه به یکسان بودن ضریب اتانول در دو واکنش داریم:

$$\underbrace{1C_2H_4}_{\text{اتن}}\sim\underbrace{1C_2H_4O_2}_{\text{استیک اسید}}\sim\underbrace{1C_4H_8O_2}_{\text{اتیل استات}}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ mol\ C_2H_4O_2=1/4\ g\ C_2H_4\times\frac{1\ mol\ C_2H_4}{28\ g\ C_2H_4}\times\frac{1\ mol\ C_2H_4O_2}{1\ mol\ C_2H_4}=0/05\ mol\ C_2H_4O_2$$

$$?\ mol\ C_4H_8O_2=1/4\ g\ C_2H_4\times\frac{1\ mol\ C_2H_4}{28\ g\ C_2H_4}\times\frac{1\ mol\ C_4H_8O_2}{1\ mol\ C_2H_4}\times\frac{88\ g\ C_4H_8O_2}{1\ mol\ C_4H_8O_2}=4/4\ g\ C_4H_8O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } C_2H_4}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول } C_2H_4O_2}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم } C_4H_8O_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{1/4}{28}=\frac{x\ mol\ C_2H_4O_2}{1}=\frac{y\ g\ C_4H_8O_2}{1\times88}\Rightarrow x=0/05\ mol\ C_2H_4O_2,\ y=4/4\ g\ C_4H_8O_2$$

B ۳۰۴۴ ۱ معادلهٔ واکنش‌های مورد نظر به‌صورت زیر است:

$$H_2(g)+Cl_2(g)\rightarrow 2HCl(g) \qquad HCl(g)+C_2H_4(g)\rightarrow C_2H_5Cl(g) \qquad H_2(g)+C_3H_6(g)\rightarrow C_3H_8(g)$$

ابتدا مقدار گاز هیدروژن مصرفی در واکنش اول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,H_2=21/5\,g\,C_2H_5Cl\times\frac{1\,mol\,C_2H_5Cl}{64/5\,g\,C_2H_5Cl}\times\frac{1\,mol\,HCl}{1\,mol\,C_2H_5Cl}\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,mol\,HCl}=\frac{1}{6}\,mol\,H_2$$

$$?\,L\,C_3H_6=\frac{1}{6}\,mol\,H_2\times\frac{1\,mol\,C_3H_6}{1\,mol\,H_2}\times\frac{22/4\,L\,C_3H_6}{1\,mol\,C_3H_6}\simeq 3/73\,L\,C_3H_6$$

B ۳۰۴۵ ۱ معادلهٔ نمادی واکنش‌های I و II به‌صورت زیر است:

واکنش I: $2CH_3OH+O_2\rightarrow 2CH_2O+2H_2O$ واکنش II: $CH_2O+Ag_2O\rightarrow HCOOH+2Ag$

مقدار نظری نقره در واکنش II را محاسبه می‌کنیم، به تعداد مول متانال می‌رسیم:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times 100\Rightarrow 70=\frac{45\,g}{x}\times 100\Rightarrow x=64/28\,g\,Ag$$

$$?\,mol\,CH_2O=64/28\,g\,Ag\times\frac{1\,mol\,Ag}{107\,g\,Ag}\times\frac{1\,mol\,CH_2O}{2\,mol\,Ag}=0/3\,mol\,CH_2O$$

مقدار نظری متانال در واکنش I را محاسبه می‌کنیم:

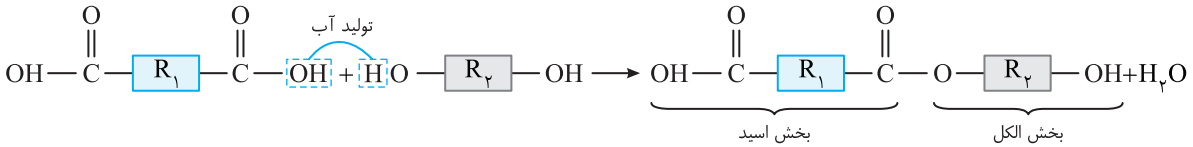
$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times 100\Rightarrow 50=\frac{0/3\,mol}{x}\times 100\Rightarrow x=0/6\,mol\,CH_2O$$

در انتها از تعداد مول متانال به تعداد مول مصرفی متانول می‌رسیم:

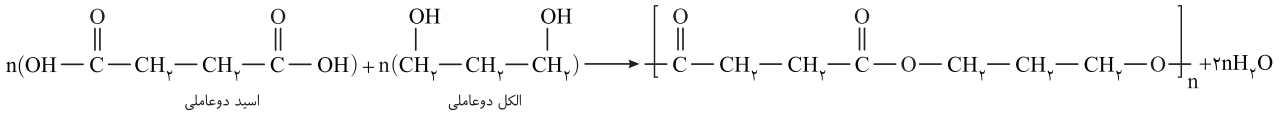
$$?\,mol\,CH_3OH=0/6\,mol\,CH_2O\times\frac{2\,mol\,CH_3OH}{2\,mol\,CH_2O}=0/6\,mol\,CH_3OH$$

B ۳۰۴۶ ۱ تولیدات صنایع شیمیایی به طور مستقیم و غیرمستقیم در زندگی روزانهٔ ما مصرف می‌شوند.

B ۳۰۴۷ ۱ از واکنش یک کربوکسیلیک اسید دوعاملی (دی‌اسید) و یک الکل دوعاملی (دی‌اُل) یک پلی‌استر تولید می‌شود. در مرحلهٔ نخست این واکنش یکی از گروه‌های کربوکسیل موجود در دی‌اسید با یکی از گروه‌های هیدروکسیل موجود در عامل دی‌الکل ترکیب شده و با از دست دادن آب، گروه عاملی استری را ایجاد می‌کند.



B ۳۰۴۸ ۲ قسمت اول:

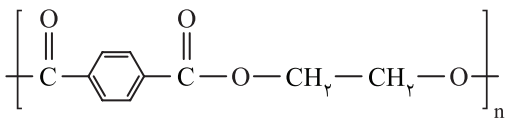


قسمت دوم: فرمول مولکولی پلیمر به صورت $(C_7H_{10}O_4)_n$ است:

$$\%O=\frac{(4n\times 16)}{(7n\times 12)+(10n\times 1)+(4n\times 16)}\times 100\simeq\%40/5$$

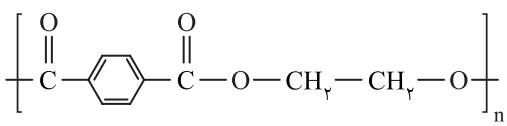
B ۳۰۴۹ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست‌اند. نماد اختصاری پلی‌اتیلن ترفتالات، PET است. PET از دستهٔ پلی‌استرهاست و از واکنش میان اسیدها و الکل‌های دوعاملی تولید می‌شود. برای ساخت بطری آب، نخست PET را تهیه می‌کنند، سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید.

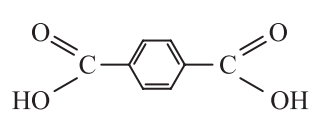
B ۳۰۵۰ ۳ فرمول عمومی واحد تکرارشوندهٔ پلی‌اتیلن ترفتالات به‌صورت $(C_{10}H_8O_4)_n$ است. بنابراین نسبت تعداد اتم‌های هیدروژن به تعداد اتم‌های اکسیژن برابر ۲ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): ساختار پلی‌اتیلن ترفتالات به‌صورت روبه‌رو است:



گزینهٔ (۲): از واکنش اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در شرایط مناسب می‌توان پلی‌اتیلن ترفتالات را تهیه کرد. گزینهٔ (۴): دی‌اسید سازندهٔ پلی‌اتیلن ترفتالات، ترفتالیک اسید $(C_8H_6O_4)$ و دی‌الکل سازندهٔ آن، اتیلن گلیکول $(C_2H_6O_2)$ است که نسبت جرم مولی آن‌ها برابر است با: $\frac{166}{62}=\frac{83}{31}$

B ۳۰۵۱ ۱ همهٔ عبارت‌ها درست هستند. اسید و الکل سازندهٔ پلی‌اتیلن ترفتالات، ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با توجه به فرمول ساختاری واحد تکرارشوندهٔ این پلیمر که به‌صورت روبه‌رو است، فرمول مولکولی آن به‌صورت $(C_{10}H_8O_4)_n$ می‌باشد و در فرمول مولکولی واحد تکرارشوندهٔ آن ۲۲ اتم دیده می‌شود. عبارت (ب): فرمول ساختاری اسید سازندهٔ این پلیمر، به‌صورت روبه‌رو است که به دلیل وجود حلقهٔ بنزن، آروماتیک می‌باشد.

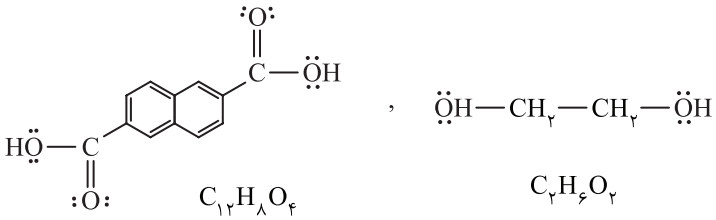




عبارت (پ): در ساختار هر واحد تکرارشوندهٔ این پلیمر ۵ پیوند دوگانه و به سبب حضور ۴ اتم اکسیژن، ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی دیده می‌شود، پس به ازای n مونومر، $5n$ پیوند دوگانه و $8n$ زوج ناپیوندی دیده می‌شود. عبارت (ت): جرم مولی اسید و الکل سازندهٔ این پلی‌استر، برابر است با:

$$\left.\begin{array}{l}\text{اسید سازنده}\Rightarrow\text{ترفتالیک اسید}\Rightarrow C_8H_6O_4\Rightarrow\text{جرم مولی}=8(12)+6(1)+4(16)=166\ g.mol^{-1}\\ \text{الکل سازنده}\Rightarrow\text{اتیلن گلیکول}\Rightarrow C_2H_6O_2\Rightarrow\text{جرم مولی}=2(12)+6(1)+2(16)=62\ g.mol^{-1}\end{array}\right\}\Rightarrow 166-62=104\,g.mol^{-1}$$

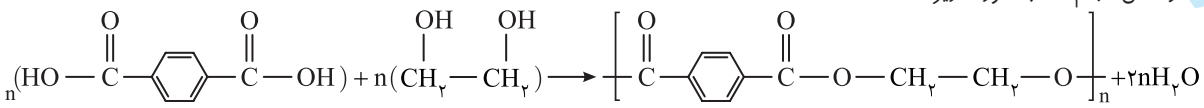
B ۳۰۵۲ ۴ همهٔ عبارت‌ها درست‌اند. مونومرهای الکلی و اسیدی سازندهٔ این پلیمر به‌صورت زیر است:



$C_{12}H_8O_4$ ، $C_2H_6O_2$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: فرمول مولکولی اسید سازندهٔ این پلی‌استر $C_{12}H_8O_4$ است. عبارت دوم: دی‌الکل سازندهٔ این پلی‌استر همان اتیلن گلیکول است که در تهیهٔ پلی‌استر موجود در بطری آب نیز استفاده می‌شود. عبارت سوم: در ساختار اسید سازندهٔ آن، ۵ پیوند دوگانهٔ (کربن - کربن) و ۲ پیوند دوگانهٔ (کربن - اکسیژن) وجود دارد. عبارت چهارم: در دی‌اسید سازندهٔ این پلی‌استر، ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی و در دی‌الکل سازنده‌اش، ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی مشاهده می‌شود. عبارت پنجم: فرمول دی‌اسید PEN و PET به ترتیب $C_{12}H_8O_4$ و $C_8H_6O_4$ است. تفاوت جرم مولی این دو اسید برابر ۵۰ گرم بر مول است که نصف جرم مولی هپتان (C_7H_{16}، هفتمین عضو خانواده آلکان‌ها) است.

B ۳۰۵۳ ۲ واکنش انجام‌شده به‌صورت زیر است:



همان‌طور که در واکنش می‌بینید، تعداد مول‌های مصرفی ترفتالیک اسید با اتیلن گلیکول برابر است، پس:

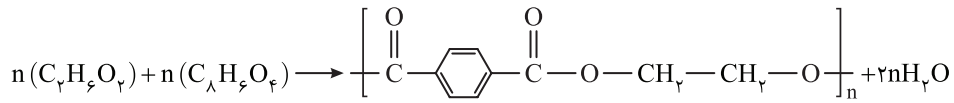
روش اول (ضریب تبدیل):

$$?\,g\,C_2H_6O_2 = 581\,g\,C_8H_6O_4 \times \frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{166\,g\,C_8H_6O_4} \times \frac{n\,mol\,C_2H_6O_2}{n\,mol\,C_8H_6O_4} \times \frac{62\,g\,C_2H_6O_2}{1\,mol\,C_2H_6O_2} = 217\,g\,C_2H_6O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم اتیلن گلیکول}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{581}{1\times166} = \frac{x}{1\times62} \Rightarrow x = 217g$$

B ۳۰۵۴ ۴ واکنش تولید پلی‌اتیلن ترفتالات به‌صورت زیر است. با توجه به این، ۴ مول پیوند دوگانهٔ $(C=O)$ در ترکیب موجود است، پس $n=2$ می‌باشد.



$$?\,g\,\text{محلول}\,C_2H_6O_2 = 2mol\,C_2H_6O_2 \times \frac{62g\,C_2H_6O_2}{1\,mol\,C_2H_6O_2} \times \frac{100g\,\text{محلول}}{77/5g\,C_2H_6O_2} = 160g\,\text{محلول}$$

A ۳۰۵۵ ۱ واکنش تولید پلی‌اتیلن ترفتالات را می‌نویسیم:

$$n(C_8H_6O_4) + n(C_2H_6O_2) \rightarrow (C_{10}H_8O_4)_n + 2nH_2O$$

$$\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها در واکنش} = n+n = 2n\,,\quad 2n = 50 \Rightarrow n = 25$$

پس ۲۵ مول اتیلن گلیکول مصرف شده است:

$$?\,g\,C_2H_6O_2 = 25mol\,C_2H_6O_2 \times \frac{62g\,C_2H_6O_2}{1\,mol\,C_2H_6O_2} = 1550g\,C_2H_6O_2$$

B ۳۰۵۶ ۱ برای تولید هر مول $(C_{10}H_8O_4)_n$، n مول $C_2H_6O_2$ نیاز است؛ بنابراین داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$14/4kg\,(C_{10}H_8O_4)_n \times \frac{10^3\,g}{1\,kg} \times \frac{1\,mol\,(C_{10}H_8O_4)_n}{192n\,g\,(C_{10}H_8O_4)_n} \times \frac{n\,mol\,C_2H_6O_2}{1\,mol\,(C_{10}H_8O_4)_n} \times \frac{62g\,C_2H_6O_2}{1\,mol\,C_2H_6O_2} \times \frac{1\,mL\,C_2H_6O_2}{1/2g\,C_2H_6O_2} \times \frac{1\,L}{10^3\,mL} = 3/875L$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}\,(C_{10}H_8O_4)_n}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم}\times\text{چگالی}\,C_2H_6O_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{14/4\times10^3}{1\times192n} = \frac{x\times1/2}{n\times62} \Rightarrow x = 3875mL = 3/875L$$

به ازای مصرف هر مول اتیلن گلیکول در فرایند بسپارش، ۲ مول آب تولید می‌شود و داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$3/875L\,C_2H_6O_2 \times \frac{10^3\,mL}{1\,L} \times \frac{1/2g\,C_2H_6O_2}{1\,mL\,C_2H_6O_2} \times \frac{1\,mol\,C_2H_6O_2}{62g\,C_2H_6O_2} \times \frac{2mol\,H_2O}{1\,mol\,C_2H_6O_2} \times \frac{18g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \frac{1\,mL\,H_2O}{1g\,H_2O} = 2700mL$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم}\times\text{چگالی}\,C_2H_6O}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم}\times\text{چگالی}\,H_2O}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3875\times1/2}{1\times62} = \frac{y\times1}{2\times18} \Rightarrow y = 2700mL$$

با اضافه کردن ۲۷۰۰ میلی‌لیتر آب به ۳۰۰ میلی محلول نیتریک اسید، حجم آن ۱۰ برابر شده و pH آن یک واحد افزایش می‌یابد:

$$\text{درصد تغییرات pH} = \frac{1}{2/5}\times100 = \%40$$

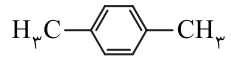
A ۳۰۵۷ ۲ پتاسیم پرمنگنات اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب، حتی در اثر گرم شدن، با بازده نامطلوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): برای تهیهٔ ترفتالیک اسید از پارازایلن باید از دستهٔ اکسنده‌ها مانند $KMnO_4$ استفاده کنیم. گزینهٔ (۳): فرمول مولکولی ترفتالیک اسید $C_8H_6O_4$ و فرمول مولکولی پارازایلن C_8H_{10} است، در نتیجه جرم مولی آن‌ها $60\,g.mol^{-1}$ با هم تفاوت دارد. گزینهٔ (۴): انرژی فعال‌سازی این واکنش بالاست، زیرا واکنش در اثر گرم کردن مواد اولیه انجام می‌شود.

A ۳۰۵۸ ۱ عبارت‌های (الف) و (پ) درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فرمول شیمیایی پارازایلن C_8H_{10} و فرمول شیمیایی نفتالن $C_{10}H_8$ است، تعداد اتم‌های هیدروژن در پارازایلن با تعداد اتم‌های کربن در نفتالن برابر است. عبارت (ب): پلیمر موجود در ساختار بطری آب، پلی‌اتیلن ترفتالات می‌باشد که همانند پارازایلن یک ترکیب آروماتیک است، اما دی‌الکل سازندهٔ آن اتیلن گلیکول بوده که آروماتیک محسوب نمی‌شود. عبارت (پ): در ساختار هر مول پارازایلن، ۳ مول پیوند دوگانه وجود دارد. هر مول پیوند دوگانه با ۲ گرم گاز هیدروژن (یک مول گاز هیدروژن)، سیر می‌شود. عبارت (ت): فرمول مولکولی بنزن C_6H_6، فرمول مولکولی اتن C_2H_4 و فرمول مولکولی پارازایلن C_8H_{10} است که مجموع تعداد اتم‌های کربن و اتم‌های هیدروژن دو ترکیب اول برابر با ترکیب سوم است.

B ۳۰۵۹ ۴ درصد جرمی اتم کربن در این دو ترکیب برابر است با:

$$\text{پارازایلن}: \frac{8(12)}{8(12)+10(1)}\times 100 \simeq 90/56 \qquad \text{بنزن}: \frac{6(12)}{6(12)+6(1)}\times 100 \simeq 92/3$$

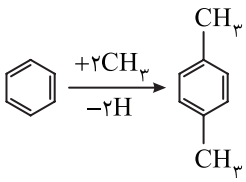
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): پارازایلن از جایگزین کردن دو گروه متیل به جای دو اتم هیدروژن مقابل هم در بنزن تشکیل می‌شود.



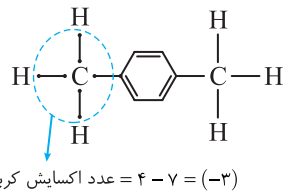
گزینهٔ (۲): جرم مولی این دو ترکیب برابر است با:

نفتالن: $C_{10}H_8 \Rightarrow$ جرم مولی $= 10(12)+8(1)=128\,g.mol^{-1}$

پارازایلن: $C_8H_{10} \Rightarrow$ جرم مولی $= 8(12)+10(1)=106\,g.mol^{-1}$

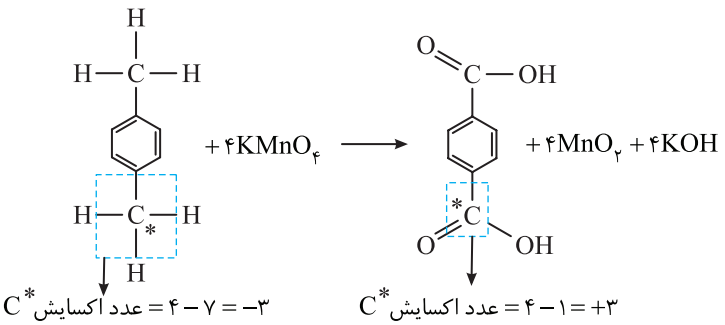


گزینهٔ (۳): عدد اکسایش اتم‌های کربن متصل به بنزن در پارازایلن، به‌صورت روبه‌رو محاسبه می‌شود:



عدد اکسایش کربن $= 4-7=(-3)$

B ۳۰۶۰ ۱



عدد اکسایش $C^* = 4-7=-3$ — عدد اکسایش $C^* = 4-1=+3$

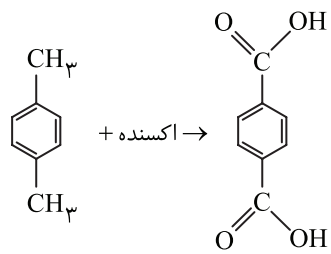
اندازهٔ تغییر عدد اکسایش اتم C مشخص شده، برابر ۶ واحد است.

$$\left.\begin{array}{l} KMnO_4: (+1)+Mn+4(-2)=0 \Rightarrow Mn=+7 \\ MnO_2: Mn+2(-2)=0 \Rightarrow Mn=+4 \end{array}\right\} \Rightarrow \text{تغییر عدد اکسایش Mn} = +3$$

اندازهٔ تغییر عدد اکسایش C از اندازهٔ تغییر عدد اکسایش اتم Mn، سه واحد بزرگ‌تر است و این واکنش در محیطی گرم انجام می‌گیرد.

B ۳۰۶۱ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در این واکنش عدد اکسایش دو اتم کربن در پارازایلن از (-3) به $(+3)$ افزایش می‌یابد؛ پس پارازایلن کاهنده است و عدد اکسایش Mn در پتاسیم پرمنگنات از $(+7)$ به $(+4)$ کاهش می‌یابد؛ پس پتاسیم پرمنگنات اکسنده است. عبارت (ب): با وجود غلظت بالای یون پرمنگنات، باز هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود. عبارت (پ): با افزایش دما اگر چه شرایط انجام این واکنش تأمین می‌شود، اما بازده همچنان مطلوب نیست. عبارت (ت): شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایطی آسان با بازده بالا برای انجام این واکنش هستند. عبارت (ث): شیمی‌دان‌ها متوجه شدند با استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می‌توانند واکنش مورد نظر را با بازدهی بالا به انجام برسانند.

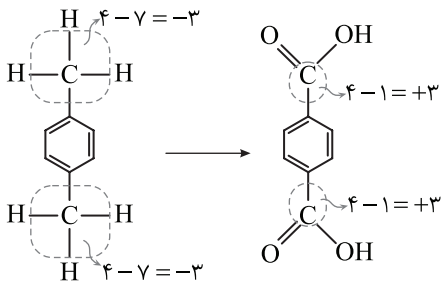
B ۳۰۶۲ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. فرمول شیمیایی پارازایلن و ترفتالیک اسید، به ترتیب به صورت C_8H_{10} و $C_8H_6O_4$ بوده و معادلهٔ تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید به صورت مقابل است.



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: به ازای مصرف هر مول پارازایلن، یک مول ترفتالیک اسید که جرم مولی آن برابر $166\,g.mol^{-1}$ است، تولید می‌شود:

$$?\,g\,C_8H_6O_4 = 0/1\,mol\,C_8H_{10} \times \frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{1\,mol\,C_8H_{10}} \times \frac{166\,g\,C_8H_6O_4}{1\,mol\,C_8H_6O_4} = 16/6\,g\,C_8H_6O_4$$

عبارت دوم: برای تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن، می‌توان از محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات و یا گاز اکسیژن و کاتالیزگر استفاده نمود؛ به‌طوری که استفاده از اکسیژن و کاتالیزگر به جای محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات، از نگاه بازدهی مناسب‌تر است. عبارت سوم: در این فرایند، عدد اکسایش ۲ اتم کربن از پارازایلن، هر کدام ۶ واحد افزایش می‌یابد، پس در مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن ۱۲ واحد افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: تهیهٔ ترفتالیک اسید از پارازایلن، با محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات و دمای بالا، بازدهی مطلوبی ندارد. این فرایند در مجاورت اکسیژن و کاتالیزگر مناسب، بازدهی بالاتری دارد.



C ۳۰۶۳ ۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): برای تهیهٔ اتیلن گلیکول، از اکسندهٔ پتاسیم پرمنگنات ($KMnO_4$) استفاده می‌شود. عبارت (ب): گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود. عبارت (پ): واکنش تبدیل گاز اتن به اتیلن گلیکول به‌صورت زیر است:

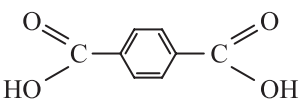
$$\begin{cases} C_2H_4 + \text{اکسنده} \rightarrow C_2H_6O_2 \\ \text{مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اتن}: (-4) \\ \text{مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اتیلن گلیکول}: (-2) \end{cases} \Rightarrow \text{مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن دو واحد تغییر کرده است}$$

عبارت (ت): جرم مولی دو ترکیب برابر است با:

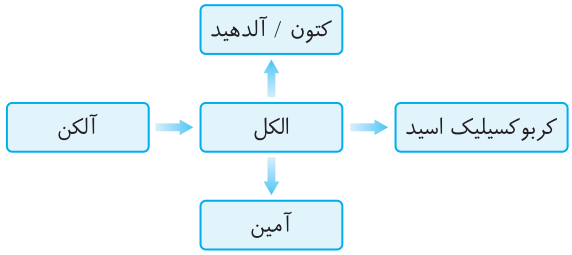
اتیلن گلیکول: $C_2H_6O_2 \rightarrow 2(12)+6(1)+2(16)=62 g.mol^{-1}$

اتن: $C_2H_4 \rightarrow 2(12)+4(1)=28 g.mol^{-1} \Rightarrow 62-28=34 g.mol^{-1}$

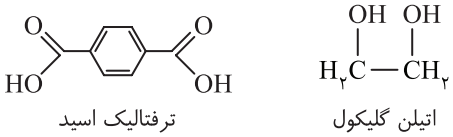
B ۳۰۶۴ ۴ شکل، فرایند کلی سنتز PET را نشان می‌دهد. ترکیب (۱) اتن و ترکیب (۲) ترفتالیک اسید است. **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): اتن را می‌توان از تقطیر نفت خام به‌دست آورد. گزینهٔ (۳): ترفتالیک اسید در ساختار خود ۵ پیوند دوگانه دارد. گزینهٔ (۴): اتن در اثر واکنش با یک مادهٔ اکسنده، اکسایش یافته و به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



B ۳۰۶۵ ۴ فقط عبارت (ث) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): الکل و اسید سازندهٔ اتیل استات به ترتیب اتانول (C_2H_6O) و استیک اسید ($C_2H_4O_2$) است. عبارت (ب): با توجه به نمودار زیر، به وسیلهٔ الکل‌ها می‌توان بسیاری از ترکیبات آلی از جمله آلدهیدها و کتون‌ها را تولید کرد:



عبارت (پ): اسید و الکل سازندهٔ پلی‌اتیلن ترفتالات به صورت زیر است:



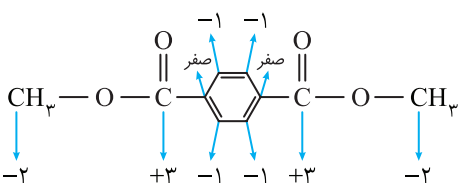
عبارت (ت): عدد اکسایش منگنز از ۷ در پتاسیم پرمنگنات، به ۴ در MnO_2 می‌رسد. عبارت (ث): مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اتن (C_2H_4) و اتیلن گلیکول ($C_2H_6O_2$) به صورت زیر است:

$C_2H_6O_2: 2C+6(+1)+2(-2)=0 \Rightarrow 2C=-2$

$C_2H_4: 2C+4(+1)=0 \Rightarrow 2C=-4$

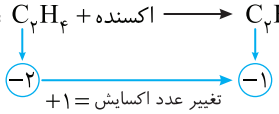
مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اسید دوعاملی آن، ۲ واحد بیشتر از الکل دوعاملی در آن است.

B ۳۰۶۶ ۳ ترکیب حاصل به‌صورت زیر است:

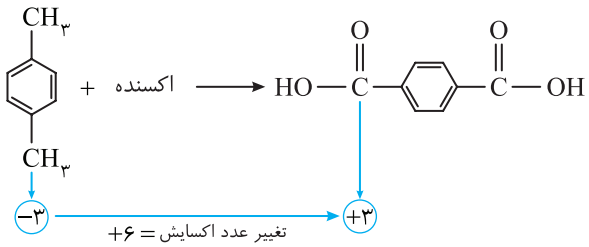


همان‌طور که می‌بینید علاوه‌بر عدد اکسایش‌های (−۳) و (+۲) عدد اکسایش‌های صفر و (−۱) هم دیده می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): واکنش‌ها به‌صورت زیر هستند:

واکنش تهیهٔ اتیلن گلیکول از اتن: $C_2H_4 + \text{اکسنده} \longrightarrow C_2H_6O_2$



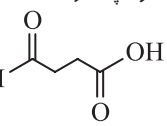
واکنش تهیهٔ ترفتالیک اسید از پارازایلن:

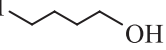


گزینهٔ (۲): در هر دو واکنش از پتاسیم پرمنگنات به‌عنوان اکسنده استفاده می‌شود. گزینهٔ (۴): به نسبت‌های داده شده توجه کنید:

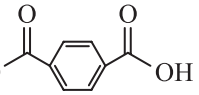
MnO_4^-: بار الکتریکی آنیون / تعداد اتم اکسیژن $= \frac{۱}{۴}$ $\quad CO_3^{۲-}$: بار الکتریکی آنیون / تعداد اتم‌های اکسیژن $= \frac{۲}{۳}$

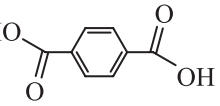
B ۳۰۶۷ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف):

B اسید سازندهٔ پلی‌استر : 

A الکل سازندهٔ پلی‌استر : 

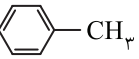
هر دو ترکیب دارای چهار اتم کربن هستند. عبارت (ب): اسید سازندهٔ پلی‌استر A، همان ترفتالیک اسید است و دارای ۵ پیوند دوگانه است.

A اسید سازندهٔ پلی‌استر : 

ترفتالیک اسید : 

با توجه به ساختارهای بالا، هر دو ترکیب پنج پیوند دوگانه دارند. عبارت (پ): تعداد پیوندهای بین مونومرها در هر پلیمر خطی، از تعداد مونومرها یک واحد کمتر است. این دو پلی‌استر هر دو پلیمر خطی هستند، پس در صورت برابری تعداد مونومرها، تعداد پیوند بین مونومرها در دو پلی‌استر برابر است. عبارت (ت):

B الکل سازندهٔ پلی‌استر : 

پارازایلن : 

با توجه به ساختارهای بالا فرمول مولکولی الکل سازندهٔ پلی‌استر B، $C_۵H_{۱۲}O_۲$ است. همچنین فرمول مولکولی پارازایلن $C_۸H_{۱۰}$ است. پس تعداد اتم‌های هیدروژن این دو ترکیب یکسان نیست.

B ۳۰۶۸ ۳ واکنش موازنه‌شدهٔ مورد نظر به‌صورت مقابل است:

$$C_۸H_{۱۰} + ۴KMnO_۴ \rightarrow C_۸H_۶O_۴ + ۴MnO_۲ + ۴KOH$$

$$?\,g\,C_۸H_۶O_۴ = ۳۱۸\,g\,C_۸H_{۱۰} \times \frac{۱\,mol\,C_۸H_{۱۰}}{۱۰۶\,g\,C_۸H_{۱۰}} \times \frac{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴}{۱\,mol\,C_۸H_{۱۰}} \times \frac{۱۶۶\,g\,C_۸H_۶O_۴}{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴} \times \underbrace{\frac{۶۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}} = ۳۰۰\,g\,C_۸H_۶O_۴$$

توضیح محاسبات

$$\frac{۳۱۸\times۱۶۶\times۶۰}{۱۰۶\times۱۰۰} = ? \xrightarrow[\text{به جای ۱۶۶، ۳۱۸ و ۱۰۶ اعداد ۱۶۵، ۳۲۰ و ۱۱۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{\overset{۱۵}{۳۲۰}\times\overset{۱۶۵}{}\times\overset{۶۰}{}}{\underset{۱۰}{(۱۱۰}\times\underset{۲}{۱۰۰)}} = \frac{\overset{۳۲}{۳۲۰}\times\overset{۳}{۱۵}\times\overset{۶}{۶۰}}{(۱۰\times۱۰۰)} = \frac{\overset{۳}{۳۲}\times۳\times۶}{۲} = ۳۲\times۳\times۳ = ۲۸۸$$

پاسخ نزدیک به ۲۸۸ است. (پاسخ: ۳۰۰)

B ۳۰۶۹ ۳ واکنش موازنه‌شده به‌صورت مقابل است:

$$C_۸H_{۱۰} + ۴KMnO_۴ \rightarrow C_۸H_۶O_۴ + ۴MnO_۲ + ۴KOH$$

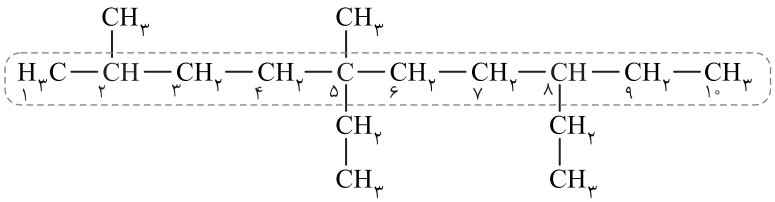
روش اول (ضریب تبدیل): باز تولید شده KOH است، به کمک غلظت آن، جرم اسید تولیدی را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\,C_۸H_۶O_۴ = ۵L\,KOH \times \frac{۰/۶mol\,KOH}{۱\,L\,KOH} \times \frac{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴}{۴mol\,KOH} \times \frac{۱۶۶\,g\,C_۸H_۶O_۴}{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴} = ۱۲۴/۵g\,C_۸H_۶O_۴$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم}\times\text{غلظت پتاسیم هیدروکسید}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{۱\times۱۶۶} = \frac{۰/۶\times۵}{۴} \Rightarrow x = ۱۲۴/۵g\,C_۸H_۶O_۴$$

B ۳۰۷۰ ۴ **قسمت اول:** ساختار آلکان داده شده به صورت زیر است:



با توجه به زنجیر اصلی و شاخه‌ها، نام آیوپاک این ترکیب به صورت «۵، ۸- دی‌اتیل -۲، ۵- دی‌متیل دکان» می‌باشد. مجموع اعداد به‌کاررفته در نام آن برابر ۲۰ (۵+۸+۲+۵) است.

قسمت دوم: با توجه به ساختار، فرمول مولکولی این ترکیب به صورت $C_{16}H_{34}$ است. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل پارازایلن (C_8H_{10}) و ترکیب $C_{16}H_{34}$ به صورت مقابل است:

$$2C_{16}H_{34}+49O_2\rightarrow 32CO_2+34H_2O \qquad 2C_8H_{10}+21O_2\rightarrow 16CO_2+10H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

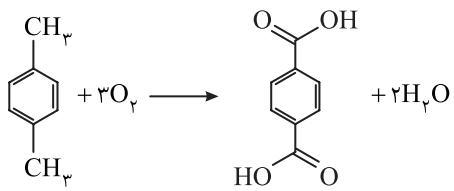
$$?\,g\,O_2=0/5\,mol\,C_{16}H_{34}\times\frac{49\,mol\,O_2}{2\,mol\,C_{16}H_{34}}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=392\,g\,O_2 \qquad ?\,g\,O_2=0/5\,mol\,C_8H_{10}\times\frac{21\,mol\,O_2}{2\,mol\,C_8H_{10}}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=168\,g\,O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }C_{16}H_{34}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم }O_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/5}{2}=\frac{y\,g\,O_2}{49\times32}\Rightarrow x=392\,g\,O_2 \qquad \frac{\text{مول }C_8H_{10}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم }O_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/5}{2}=\frac{x\,g\,O_2}{21\times32}\Rightarrow x=168\,g\,O_2$$

مجموع جرم گاز O_2 مصرف شده برابر $560\,g$ $(168+392)$ است.

B ۳۰۷۱ ۱ واکنش موازنه به‌صورت زیر است:



روش اول (ضریب تبدیل): به کمک حجم گاز O_2 مصرفی در شرایط STP، جرم اسید تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,C_8H_6O_4=13/44\,L\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{22/4\,L\,O_2}\times\frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{3\,mol\,O_2}\times\frac{166\,g\,C_8H_6O_4}{1\,mol\,C_8H_6O_4}=33/2\,g\,C_8H_6O_4$$

سپس مقدار عملی این اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100\Rightarrow90=\frac{x}{33/2}\times100\Rightarrow x=29/88\,g\,C_8H_6O_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\frac{\text{بازده}}{100}\times\text{حجم گاز اکسیژن}}{22/4\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{\frac{90}{100}\times13/44}{3\times22/4}=\frac{x}{1\times166}\Rightarrow x=29/88\,g$$

توضیح محاسبات

$$\frac{13/44\times90\times166}{22/4\times3\times100}=?\xrightarrow[\text{به جای }13/44\text{ و }22/4\text{ اعداد }14\text{ و }21\text{ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}}\frac{\overset{2}{14}\times90\times166}{\underset{3}{21}\times3\times100}=\frac{2\times\overset{10}{90}\times166}{3\times3\times100}=\frac{2\times10\times166}{100}=33/2$$

پاسخ اندکی کوچک‌تر از ۳۳/۲ است. (پاسخ: ۲۹/۸۸)

B ۳۰۷۲ ۴ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش مورد نظر به‌صورت مقابل است:

$$3C_2H_4+2KMnO_4+4H_2O\rightarrow3C_2H_6O_2+2MnO_2+2KOH$$

روش اول (ضریب تبدیل): به کمک جرم MnO_2 (اکسید فلزی) تولید شده، جرم اتیلن گلیکول تولیدی را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,C_2H_6O_2=21/75\,g\,MnO_2\times\frac{1\,mol\,MnO_2}{87\,g\,MnO_2}\times\frac{3\,mol\,C_2H_6O_2}{2\,mol\,MnO_2}\times\frac{62\,g\,C_2H_6O_2}{1\,mol\,C_2H_6O_2}=23/25\,g\,C_2H_6O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتیلن گلیکول}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }MnO_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x}{3\times62}=\frac{21/75}{2\times87}\Rightarrow x=23/25\,g$$

B ۳۰۷۳ ۳ $pH=-\log[H^+]\Rightarrow1/3=-\log[H^+]\Rightarrow[H^+]=5\times10^{-2}$

$$C_8H_{10}+4KMnO_4\rightarrow C_8H_6O_4+4MnO_2+4KOH$$

$$mol\,HCl=M\times V=5\times10^{-2}\times6=3\times10^{-1}\,mol\,HCl$$

در این واکنش برای خنثی‌کردن $0/3\,mol\,KOH$ از $0/3\,mol\,HCl$ استفاده می‌شود (KOH و HCl هر دو اسید و باز تک‌ظرفیتی هستند).

$$?\,mol\,C_8H_6O_4=3\times10^{-1}\,mol\,KOH\times\frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{4\,mol\,KOH}\times\frac{166\,g\,C_8H_6O_4}{1\,mol\,C_8H_6O_4}=12/45\,g\,C_8H_6O_4$$

B ۳۰۷۴ ۲ عبارت‌های دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: از ۳۳/۶ لیتر گاز اتن (معادل ۱/۵ مول) در واکنشی با بازده ۸۰٪، ۱/۲ مول اتیلن گلیکول تولید شده است. از آنجا که هیچ مونومری باقی نمانده است، پس مقدار ترفتالیک اسید مصرفی نیز برابر ۱/۲ مول است؛ بنابراین داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$1/2\,mol\,\text{ترفتالیک اسید}\times\frac{1\,mol\,C_{10}H_8}{1\,mol\,\text{ترفتالیک اسید}}\times\frac{106\,g\,C_{10}H_8}{1\,mol\,C_{10}H_8}\times\frac{100\,g\,C_{10}H_8\,\text{ناخالص}}{P\,g\,C_{10}H_8\,\text{خالص}}\times\frac{100}{75}=320\,g\Rightarrow P=\%53$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول ترفتالیک اسید}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\ C_{10}H_8 \times \frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/2}{1}=\frac{320\times\frac{P}{100}\times\frac{75}{100}}{1\times106} \Rightarrow P=\%53$$

بنابراین درصد ناخالصی پارازایلن برابر ۴۷ درصد (۵۳−۱۰۰) است. عبارت دوم: در این فرایند ۱/۲ مول PET $((C_{10}H_8O_4)_n)$ تولید می‌شود که معادل با: $192\times1/2=230/4g$ است.

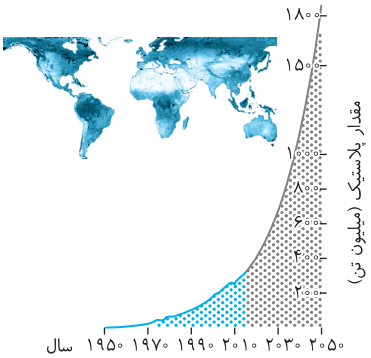
عبارت سوم: در این فرایند ۱/۲ مول $C_2H_6O_2$ و ۱/۲ مول $C_8H_6O_4$ مصرف می‌شود که اختلاف جرم آن‌ها برابر است با: $1/2(166-62)=124/8g$

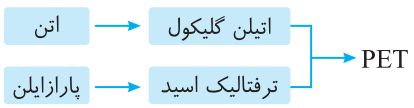
عبارت چهارم: در این فرایند $1/2\times2=2/4$ مول آب که جرم آن برابر $2/4\times18=43/2$ گرم است، تولید می‌شود. در ۱۰۰ گرم محلول ۴۰ گرم آب وجود دارد؛ بنابراین

جرم محلول حاوی ۴۳/۲ گرم آب برابر است با: $100g\ \text{محلول}\times\frac{43/2}{40}=108g\ \text{محلول}$

A ۳۰۷۵ ۳ موارد (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. پلاستیک‌ها سبک (دارای چگالی کم)، غیرقابل نفوذ به وسیلهٔ هوا و آب، ارزان و مقاوم در برابر خوردگی هستند.

A ۳۰۷۶ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): روند تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ به صورت صعودی و به شکل مقابل است. گزینهٔ (۲): فرایند کلی سنتز PET از مونومرهای سازندهٔ آن به‌صورت زیر است.





ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول برخلاف پارازایلن و اتن از نفت خام به‌دست نمی‌آیند. گزینه‌های (۳) و (۴): پلی‌اتیلن ترفتالات همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند آن‌ها تهدیدی جدی برای زندگی روی کرهٔ زمین به شمار می‌آید. بنابراین ضروری است بازیافت پلاستیک‌ها را به‌طور دقیق بررسی کنیم تا با نقش فناوری شیمیایی در بازیافت آن‌ها آشنا شویم.

A ۳۰۷۷ ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): از پلاستیک‌ها به‌صورت بی‌رویه استفاده می‌شود. این ترکیب‌ها چگالی کمی دارند. عبارت (ب): پلاستیک‌ها زیست‌تخریب‌ناپذیرند و از این‌رو بازیافت آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. عبارت (پ): پلاستیک‌ها در همه‌جای کرهٔ زمین یافت می‌شوند و مقاومت بالایی در برابر خوردگی (واکنش دادن با گاز اکسیژن) دارند. عبارت (ت): همهٔ مواد پلاستیکی، قابل بازیافت نیستند. پلی‌اتیلن ترفتالات یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت است.

B ۳۰۷۸ ۱ عبارت‌های چهارم و پنجم نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی‌اتیلن ترفتالات است. برای این منظور باید این مواد را جداگانه جمع‌آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد. عبارت دوم: یکی از راه‌های بازیافت این است که پس از شست‌وشو و تمیز کردن این مواد، آن‌ها را ذوب کرده و دوباره از آن‌ها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند. عبارت سوم: می‌توان پس از شست‌وشوی این مواد آن‌ها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. عبارت چهارم: پسماندهای این مواد را به مونومرهای سازنده‌اش تبدیل می‌کنند که کاری بسیار دشوار است. عبارت پنجم: به دلیل حجم انبوه PET تولیدی در جهان، بازیافت شیمیایی آن‌ها امری لازم و ضروری است.

B ۳۰۷۹ ۲ واکنش تولید پلی‌استرها برگشت‌پذیر است و امکان بازیافت این ترکیب‌ها وجود دارد.

* **توجه** واکنش برگشت تولید پلی‌استرها، واکنش آبکافت پلی‌استر است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): در فرایند بازیافت، پسماندهای پلاستیکی را به مونومرهای سازنده‌شان تبدیل می‌کنند (نه عناصر سازنده). گزینهٔ (۳): در یکی از راه‌های بازیافت مواد پلاستیکی در جریان بازیافت، پس از شست‌وشو این مواد را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل می‌کنند. سطح تماس قطعات پرک بیشتر از قطعهٔ پلاستیکی اولیه است. سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی تعیین‌کنندهٔ نوع بازیافت پلاستیک در آن کشور است. گزینهٔ (۴): شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول (CH_3OH) واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود که می‌توان از آن برای تولید پلیمرهای دیگر استفاده کرد. از این‌رو سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است.

B ۳۰۸۰ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول (CH_3OH) واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرها به کار برد. در متانول داریم:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن در متانول}=\frac{1\times16}{(1\times12)+(4\times1)+(1\times16)}\times100=\%50$$

عبارت (ب): مونومرهای PET، ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول هستند که هیچ‌کدام در نفت خام یافت نمی‌شوند و طی فرایند اکسایش از اجزای نفت خام به دست می‌آیند. عبارت (پ): پتاسیم پرمنگنات اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب پارازایلن را با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند. عبارت (ت): بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق (نه غلیظ!) پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود. عبارت (ث): PET نوعی پلی‌استر است. این مواد ماندگاری نسبتاً زیادی در طبیعت داشته و به راحتی تجزیه نمی‌شوند؛ از این‌رو باید به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی آن‌ها را بازیافت کرد.

B ۳۰۸۱ ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانوادهٔ الکل‌هاست که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. از آنجا که این الکل کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد، باید آن را در مقیاس صنعتی به مقدار زیادی تولید کرد.

عبارت (پ): در صنعت برای تهیهٔ متانول گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند. عبارت (ت): مواد واکنش‌دهنده برای واکنش تولید متانول در دسترس نیستند؛ از این‌رو نخست باید آن‌ها را تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. عبارت (ث): دمای $350^\circ C$، حضور کاتالیزگر و فشار $30-50\ atm$ شرایط انجام واکنش تولید متانول از گازهای CO و H_2 در صنعت است.

B ۳۰۸۲ ۳ واکنش انجام شده به‌صورت روبه‌رو است:

$$CO(g)+2H_2(g) \xrightarrow[\text{دما و فشار مناسب}]{\text{کاتالیزگر}} CH_3OH(l)$$

روش اول (ضریب تبدیل): گاز ناقطبی، H_2 می‌باشد که با توجه به حجم مصرفی آن، مقدار نظری الکل را می‌توانیم به‌دست آوریم:

$$?\,g\ CH_3OH=17/92\,L\ H_2\times\frac{1\ mol\ H_2}{22/4\,L\ H_2}\times\frac{1\ mol\ CH_3OH}{2\ mol\ H_2}\times\frac{32\,g\ CH_3OH}{1\ mol\ CH_3OH}=12/8\,g\ CH_3OH$$

مقدار عملی الکل را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100\Rightarrow60=\frac{x\,g\ CH_3OH}{12/8\,g\ CH_3OH}\times100\Rightarrow x=7/68\,g\ CH_3OH$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\frac{\text{بازده درصدی}}{100}\times\text{حجم گاز هیدروژن}}{\text{ضریب}\times22/4}=\frac{\text{جرم متانول}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{\frac{60}{100}\times17/92}{2\times22/4}=\frac{x}{1\times32}\Rightarrow x=7/68\,g$$

توضیح محاسبات

پاسخ نزدیک به ۷/۶۸ است. (پاسخ: ۷/۶۸)

$$\frac{17/92\times60\times32}{22/4\times2\times100}=?\xrightarrow[\text{به جای ۱۷/۹۲ و ۲۲/۴ اعداد ۱۸ و ۲۲/۵ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن و ساده کردن}}\frac{\overset{2}{\cancel{18}}\times60\times\overset{16}{\cancel{32}}}{\underset{2/5}{\cancel{22/5}}\times2\times100}=\frac{2\times60\times16}{2/5\times100}=7/68$$

A ۳۰۸۳ ۴ معادلهٔ واکنش مورد نظر به صورت مقابل است که در آن مجموع ضرایب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده برابر ۴ است. $CO+2H_2\rightarrow CH_3OH$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): یکی دیگر از روش‌های تولید صنعتی متانول، استفاده از گاز متان می‌باشد. گزینهٔ (۲): به منظور تهیهٔ متانول از گازهای CO و H_2 فشاری بین ۳۰ تا ۵۰ اتمسفر لازم است. فشار در شرایط STP برابر یک اتمسفر می‌باشد. گزینهٔ (۳): دمای این واکنش برابر $350^\circ C$ یا $623K$ است.

B ۳۰۸۴ ۱ فقط عبارت چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن که برای تهیهٔ صنعتی متانول به‌کار می‌روند، در دسترس نیستند و از واکنش بخار آب و گاز متان تولید می‌شوند.

عبارت دوم: واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است و مجموع ضرایب استوکیومتری در آن برابر ۶ است. $CH_4(g)+H_2O(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} CO(g)+3H_2(g)$

عبارت سوم: گاز متان سازندهٔ اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. عبارت چهارم: گاز متان به دلیل اینکه یک هیدروکربن سیرشده است، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد.

B ۳۰۸۵ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): تبدیل مستقیم گاز متان به متانول فرایندی دشوار است و در حضور کاتالیزگر و $O_2(g)$ انجام می‌شود.

$$CH_4(g)+H_2O(g)\rightarrow CO(g)+3H_2(g)$$

عبارت (ب): واکنش‌های انجام شده به‌صورت روبه‌رو هستند:

$$CO(g)+2H_2(g)\rightarrow CH_3OH(l)$$

همان‌طور که مشخص است ضرایب مولی گاز هیدروژن در دو واکنش متفاوت است. عبارت (پ): به دلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون از یک سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد. عبارت (ت): در این واکنش عدد اکسایش هیدروژن از صفر در H_2 به $(+1)$ در متانول CH_3OH رسیده است، پس اکسایش یافته و نقش کاهنده را دارد.

B ۳۰۸۶ ۴ گاز اکسیژن در این واکنش در نقش اکسنده عمل می‌کند و کاتالیزگر نیست. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): متان یک هیدروکربن سیرشده با واکنش‌پذیری کم بوده و تبدیل آن به متانول دشوار است. گزینهٔ (۲): گاز CO از اگزوز خودروهای بنزینی خارج می‌شود.

B ۳۰۸۷ ۲ **بررسی پرسش‌ها:** پرسش (الف): در واکنش (a) دو پسماند X و Y تولید شده‌اند اما در واکنش (b) همهٔ واکنش‌دهنده‌ها به مواد ارزشمند (A و Z) تبدیل شده‌اند. پرسش (ب): واکنشی که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده را به فراورده‌های سودمند تبدیل کند، واکنشی به صرفه‌تر از دیدگاه اتمی است که واکنش (b) این شرایط را دارد. پرسش (پ): هرچه بازده درصدی یک واکنش پایین‌تر باشد، اختلاف مقدار نظری و مقدار عملی برای فراوردهٔ تولید شده بیشتر خواهد بود. واکنش (a) بازده درصدی پایین‌تری دارد.

B ۳۰۸۸ ۳ در واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز، علاوه بر اتانول، گاز آلاینده CO_2 نیز تولید می‌شود؛ اما در تهیهٔ اتانول از اتن، فراوردهٔ دیگری تولید نمی‌شود؛ بنابراین تهیهٔ آن از اتن از نظر اتمی صرفهٔ اقتصادی بیشتری دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): در روش مستقیم تولید متانول از واکنش گازهای CH_4 و O_2 استفاده می‌شود که O_2 در آن نقش اکسنده دارد. از واکنش پارازایلن با O_2 می‌توان ترفتالیک اسید که نوعی دی‌اسید است را تولید کرد.

گزینهٔ (۲): در تولید اتیلن گلیکول از محلول رقیق پرمنگنات در حالی که در تولید ترفتالیک اسید از محلول غلیظ پرمنگنات استفاده می‌شود. گزینهٔ (۴): در ساختار ویتامین «دی» فقط یک گروه هیدروکسیل در حالی که در ساختار ویتامین «ث»، ۴ گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه استری دارد. هر چه گروه‌های عاملی موجود در یک ماده بیشتر و متنوع‌تر باشد، ساختار آن ماده پیچیده‌تر بوده و تولید آن به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد.

B ۳۰۸۹ ۳ موارد دوم، چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: فرمول مولکولی و ساختار پارازایلن به صورت زیر است:

پارازیلن $\Rightarrow H_3C-C_6H_4-CH_3 \Rightarrow C_8H_{10}$

درصد جرمی کربن در پارازایلن برابر است با:

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{12\times 8}{(12\times 8)+10}\times 100 \simeq \%91$$

عبارت دوم: ساختار و فرمول مولکولی استیرن به صورت زیر است. در هر مولکول استیرن همانند پارازایلن، ۸ اتم کربن وجود دارد.

$C_8H_8 \Rightarrow H_2C=CH-C_6H_5$

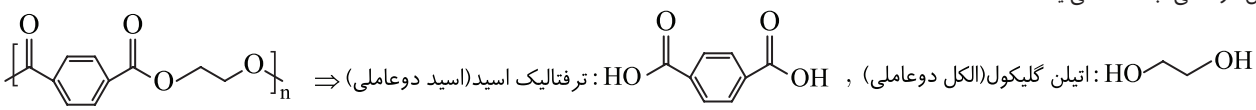
عبارت سوم: برای تولید اتانوئیک اسید ابتدا باید اتن را به اتانول و سپس به اتانوئیک اسید تبدیل کرد.

اتن $\xrightarrow{+H_2O}$ اتانول $\xrightarrow{\text{اکسنده}+}$ اتانوئیک اسید

عبارت چهارم: مطابق واکنش زیر، می‌توان متانول را از واکنش گاز هیدروژن و کربن مونوکسید به دست آورد:

$$2H_2(g)+CO(g) \xrightarrow[30-50\ atm]{\text{کاتالیزگر},\ 350^\circ C} CH_3OH(g)$$

عبارت پنجم: پلیمر داده شده همان پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) بوده که یک پلی‌استر است. این پلیمر از واکنش میان ترفتالیک اسید (اسید دو عاملی) و اتیلن گلیکول (الکل دوعاملی) به‌دست می‌آید:



C ۳۰۹۰ ۳ به‌جز عبارت چهارم سایر عبارت‌ها درست هستند. واکنش‌های داده شده مربوط به مراحل تولید متانول هستند که به صورت زیر است:

$$\text{I)}\ CH_4(g)+H_2O(g)\rightarrow \underbrace{CO(g)}_{A}+3\underbrace{H_2(g)}_{B} \qquad \text{II)}\ \underbrace{CO(g)}_{A}+2\underbrace{H_2(g)}_{B}\rightarrow \underbrace{CH_3OH(l)}_{D}$$

بنابراین مواد A، B و D به ترتیب کربن مونوکسید (CO)، هیدروژن (H_2) و متانول (CH_3OH) هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: میل ترکیبی هموگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است! عبارت دوم: شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرها به کار برد. عبارت سوم: عدد اکسایش اتم‌های هیدروژن در واکنش (II) از صفر به ۱+ می‌رسد؛ بنابراین هیدروژن در این واکنش کاهنده است. عبارت چهارم: در این واکنش داریم:

$$\underset{-4}{CH_4(g)}+H_2O(g)\longrightarrow \underset{+2}{CO(g)}+3H_2(g) \qquad (+6e^-)$$

تغییر عدد اکسایش اتم کربن در این واکنش برابر ۶ واحد است. عبارت پنجم: ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط واکنش به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1V_{n_1}}{T_1}=\frac{P_2V_{n_2}}{T_2}\Rightarrow \frac{1\times 22/4}{\underbrace{273}_{STP}}=\frac{2/8V_{n_2}}{273+91}\Rightarrow V_{n_2}=\frac{32}{3}\ L.mol^{-1}$$

اگر دقت کنید در این دو واکنش، به ازای تولید هر مول متانول، یک مول گاز هیدروژن ذخیره می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$?\,m^3\,H_2=96kg\,CH_3OH\times\frac{1000g\,CH_3OH}{1kg\,CH_3OH}\times\frac{1mol\,CH_3OH}{32g\,CH_3OH}\times\frac{1mol\,H_2}{1mol\,CH_3OH}\times\frac{\frac{32}{3}L\,H_2}{1mol\,H_2}\times\frac{1m^3}{1000L}=32m^3\,H_2$$

توضیح محاسبات

$$\frac{96\times 1000\times\frac{32}{3}}{32\times 1000}=? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{96\times 1000\times 32}{3\times 32\times 1000}=\frac{96}{3}=32$$