

بتم ۹۴ سرعت واکنش و عوامل مؤثر بر آن

غذای سالم

- ۱) همهٔ خوراکی‌ها و غذاها تاریخ مصرف دارند. تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می‌دهد که چه مدتی سالم می‌ماند و قابل مصرف است. انسان همواره در طول تاریخ در جست‌وجوی روش‌هایی بوده است که بتواند مادهٔ غذایی را برای مدت‌های طولانی‌تری سالم نگه دارد و ذخیره کند.
- نکته:** برای افزایش مدت ماندگاری مواد غذایی، ابتدا واکنش‌هایی که باعث فاسدشدن این مواد می‌شود را بررسی می‌کنیم، سپس با کنترل و کاهش آهنگ این واکنش‌ها، مدت سالم ماندن مادهٔ غذایی را افزایش می‌دهیم.
- ۲) تجربه نشان می‌دهد که محیط سرد، خشک و تاریک برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب‌تر از محیط گرم، روشن و مرطوب است. در واقع عوامل محیطی مانند رطوبت، اکسیژن، نور و دما در چگونگی و زمان نگهداری غذا مؤثرند. سه شکل زیر برخی روش‌های افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی را نشان می‌دهد:



تهیهٔ ترشی



نمک‌سود کردن



خشک کردن میوه‌ها

- هواست‌پاشی** با توجه به شکل‌های بالا، برخی روش‌های نگهداری و افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی عبارتند از: خشک‌کردن، میوه‌ها، نمک‌سودکردن و تهیهٔ ترشی.
- مثال:** روغن‌های مایع که در ظرف مات و کدر بسته‌بندی شده‌اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند؛ زیرا نور و امواج الکترومغناطیس، دارای انرژی بوده و اثر مخرب بر ساختار مولکول‌های روغن دارند، اما ظروف جداره کدر مانع از رسیدن این امواج به روغن می‌شوند، در نتیجه زمان ماندگاری بیشتری خواهند داشت.
- ۳) در محیط مرطوب، میکروب‌ها شروع به رشد و تکثیر می‌کنند تا جایی که مادهٔ غذایی کپک می‌زند و فاسد می‌شود. اما در محیط خشک (عاری از رطوبت) امکان رشد این جانداران ذره‌بینی وجود ندارد. از این‌رو می‌توان خشکبار را آسان‌تر و به مدت طولانی‌تری در این محیط نگه‌داری کرد.
- مثال:** نیاکان ما بسیاری از میوه‌ها را در فصل برداشت، خشک می‌کردند تا آن‌ها را برای مصرف در فصل‌های دیگر ذخیره کنند.
- ۴) در شیمی دهم خواندید که اکسیژن‌گازی واکنش‌پذیر است و تمایل زیادی برای انجام واکنش با مواد دیگر دارد و با اغلب عنصرها و مواد واکنش می‌دهد، به طوری که بخش قابل توجهی از واکنش‌های شیمیایی که روزانه پیرامون ما رخ می‌دهد به دلیل وجود گاز اکسیژن در هواست؛ برای مثال فساد مواد غذایی، پوسیدن چوب، فرسایش سنگ و خاک، زنگ زدن وسایل آهنی، سوختن سوخت‌ها و ... از جمله این واکنش‌هاست.
- ۵) **فپ!** یا **توپه به مورر** (۴)، مواد غذایی در هوای آزاد و در معرض اکسیژن، سریع‌تر فاسد می‌شوند. وجود پوست و پوشش میوه‌ها و خشکبار یک عامل طبیعی برای افزایش زمان ماندگاری است، زیرا مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره‌بینی به درون آن‌ها می‌شود.
- نتیجه‌گیری:** حذف اکسیژن از محیط نگهداری مواد غذایی و خوراکی‌ها باعث افزایش زمان ماندگاری و بهبود کیفیت مواد غذایی می‌شود. به همین علت برای نگهداری سالم برخی خوراکی‌ها، آن‌ها را با خالی کردن هوای درون ظرف، بسته‌بندی می‌کنند. در واقع با کاهش حجم هوای درون ظرف، مقدار اکسیژن موجود کم‌تر شده و سرعت واکنش مواد غذایی با اکسیژن کاهش می‌یابد.
- ۶) پیشرفت علوم تجربی سبب شده تا برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی و بهبود کیفیت آن‌ها از روش‌های گوناگونی مانند تهیهٔ کنسرو، بسته‌بندی نوین، افزودن نگهدارنده‌ها و ... استفاده شود. در این راستا یخچال‌های صنعتی، سردخانه‌ها و ... تکمیل‌کنندهٔ این فرایند هستند.

آهنگ یا سرعت واکنش

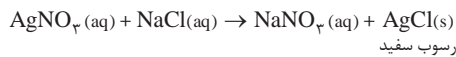
- ۱) تهیه و تولید سریع‌تر یا کندتر یک فرآوردهٔ صنعتی، دارویی یا غذایی بر کیفیت و زمان ماندگاری آن نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. آهنگ واکنش بیانی از زمان ماندگاری مواد است.
- ۲) آهنگ (سرعت) واکنش کمی است که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی در چه گسترده‌ای از زمان رخ می‌دهد. هر چه گستردهٔ زمان انجام یک واکنش کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام آن تندتر است و واکنش سریع‌تر انجام می‌شود.
- ۳) سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی آهنگ یا سرعت تغییر شیمیایی در واکنش‌ها و عوامل مؤثر بر این آهنگ می‌پردازد. **هالا ما پلوتز** فیلی با این تعریف کار داریم!

۴) شیمی‌دان‌ها آهنگ واکنش را در گستره‌ی معینی از زمان با نام سرعت واکنش بیان می‌کنند. *هواست باشه* که گستره‌ی زمان انجام واکنش‌ها از چند ثانیه تا چند سده را در بر می‌گیرد. *شکل‌های زیر رو ببین*:



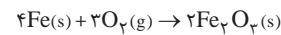
انفجار، یک واکنش شیمیایی بسیار سریع است که در آن از مقدار کمی از یک ماده‌ی منفجرشونده به حالت جامد یا مایع، حجم بسیار زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود.

افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات باعث تشکیل رسوب سفیدرنگ نقره کلرید می‌شود. همانطور که می‌دانید، تشکیل رسوب سفیدرنگ نقره کلرید (AgCl(s)) در این واکنش روشی برای شناسایی یون Ag^+ است.



اشیای آهنی در هوای مرطوب به‌کندی زنگ می‌زنند. زنگار تولیدشده در این واکنش ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد. آهن بر اثر زنگ زدن به آهن (III) اکسید تبدیل می‌شود. زنگ‌زدن آهن نوعی واکنش اکسایش است.

بسیاری از کتاب‌های قدیمی در گذر زمان، زرد و پوسیده شده‌اند. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش تجزیه سلولز کاغذ بسیار کند رخ می‌دهد.



نتیجه‌گیری مقایسه سرعت انجام این چهار واکنش به صورت زیر است:

سرعت: انفجار < واکنش $AgNO_3$ با $NaCl$ < زنگ زدن اشیای آهنی < تجزیه سلولز کاغذ
(بسیار سریع) (سریع) (کند) (بسیار کند)

عوامل مؤثر بر سرعت واکنش

بررسی‌ها نشان می‌دهد که سرعت واکنش‌ها به عوامل گوناگون وابسته است.

- ۱) نوع مواد واکنش‌دهنده
- ۲) سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها
- ۳) غلظت (فشار در واکنش‌های گازی)
- ۴) دما
- ۵) کاتالیزگر

فب در ادامه با هر گروه از این ۵ تا عامل سروکله می‌زنیم ☺

□ نوع مواد واکنش‌دهنده (واکنش‌پذیری)

تغییر نوع واکنش‌دهنده‌ها در یک واکنش، باعث تغییر در سرعت انجام واکنش می‌شود. در واقع مواد مختلف، واکنش‌پذیری‌های متفاوتی دارند و همین مطلب موجب تفاوت سرعت واکنش‌ها می‌شود.

۱) در صفحه ۸۱ کتاب درسی آمده است که «فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد به شدت واکنش می‌دهند، اما سرعت این دو واکنش متفاوت است.»

همان‌طور که در فصل اول خواندید در گروه فلزهای قلیایی، واکنش‌پذیری (فعالیت شیمیایی) از بالا به پایین، افزایش می‌یابد. در نتیجه سرعت واکنش پتاسیم با آب در مقایسه با سدیم، بیشتر بوده و نور و گرمای بیشتری تولید می‌کند.



(پتاسیم با آب)

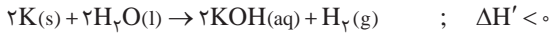


(سدیم با آب)

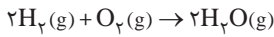
واکنش‌پذیری و سرعت واکنش با آب: $Li < Na < K < Rb < Cs$

آفازاره: دو تا واکنش اتمی شده توی شکل بالا رو می نویسن برامون؟

پاسخ: ما که می نویسیم ولی آگه یادرت رفته زحمت بکش هتماً قسمت واکنش ها رو توی فصل قبل بفون ☺ واکنش سدیم و پتاسیم با آب به صورت زیر است:



نکته: جرقه یا شعله های ایجادشده در این دو واکنش به دلیل سوختن هیدروژن تولیدشده در واکنش بالا با اکسیژن هواست:



۲) در فصل قبل خواندیم که واکنش پذیری (فعالیت شیمیایی) فلزهای گروه ۲ (قلیایی خاکی) همانند فلزهای قلیایی از بالا به پایین، افزایش می یابند.

واکنش پذیری و سرعت واکنش با آب: $\text{Be} < \text{Mg} < \text{Ca} < \text{Sr} < \text{Ba}$

هواست باشه: در فصل اول خواندیم که در یک دوره مشخص، واکنش پذیری فلزهای گروه اول (قلیایی) از فلز گروه دوم (قلیایی خاکی) بیشتر است. برای مثال در تناوب سوم، واکنش پذیری سدیم از منیزیم بیشتر بوده و واکنش آن با آب شدیدتر و سریع تر است.

۳) توی فصل اول مقدر پیژای فوب فوندریم! واکنش پذیری عناصر گروه ۱۷ (هالوژن ها) از بالا به پایین، کاهش می یابد.

واکنش پذیری: $\text{I}_2 < \text{Br}_2 < \text{Cl}_2 < \text{F}_2$

۴) همان طور که در سال دهم خواندید، زدن جرقه در مخلوطی از H_2 و O_2 سبب می شود که واکنشی انفجاری و بسیار سریع انجام شود، در حالی که ایجاد جرقه در مخلوطی از گازهای N_2 و H_2 منجر به انجام واکنش نمی شود، زیرا پیوندهای سه گانه $\text{N}\equiv\text{N}$ به مراتب از پیوندهای دوگانه $\text{O}=\text{O}$ قوی تر هستند و این سبب می شود که فعالیت شیمیایی یا واکنش پذیری N_2 به مراتب کم تر از O_2 باشد.

□ سطح تماس واکنش دهنده ها

۱) واکنش میان مواد گوناگون زمانی که سطح تماس بیشتری برای آن ها فراهم باشد، سریع تر خواهد بود، زیرا احتمال برخورد میان ذرات واکنش دهنده بیشتر می شود.

↑ سطح تماس ← سرعت ↑

مثال: برای این که ببینیم منظورمون چه به مثال ساره می زنی، برای سرخ کردن سیب زمینی هر چه سیب زمینی را خردتر (قلالی تر!) کنیم، سیب زمینی سطح تماس بیشتری با روغن داشته و سریع تر و بهتر سرخ می شود.

۲) برای یک واکنش معین، سطح تماس ذره های واکنش دهنده و سرعت واکنش در حالت های فیزیکی مختلف به صورت گاز < مایع < جامد است.

مثال: محلولی از هیدروکلریک اسید داریم. فرض کنید ۵ گرم سدیم هیدروکسید جامد را به آن اضافه کنیم و واکنش میان اسید و باز در زمان t_1 صورت بگیرد. حالا اگر محلولی شامل ۵ گرم سدیم هیدروکسید را به محلول هیدروکلریک اسید مورد نظر اضافه کنیم، واکنش میان این دو محلول در زمان t_2 انجام می شود که براساس تجربه، $t_2 < t_1$ است. زیرا در حالت دوم، سطح تماس سدیم هیدروکسید با اسید بیشتر است.

هواست باشه: اگر واکنش دهنده ها همگی گازی شکل یا همگی محلول باشند، به دلیل افزایش سطح تماس، سرعت واکنش بیشتر می شود، اما اگر حداقل یکی از واکنش دهنده ها به حالت جامد بود (شاید همه واکنش دهنده ها توی حالت جامد باشن!) می توان با خرد کردن یا پودر کردن ماده یا مواد جامد، سطح تماس ذره های واکنش دهنده ها را بیشتر کرد و از این طریق، سرعت واکنش را افزایش داد.

مثال: قاروت، گردی مغزی و تهیه شده از مغز آفتابگردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی ها فاسد می شود، زیرا سطح تماس آن با اکسیژن هوا بیشتر است.



قاروت، سوغات کرمان ☺

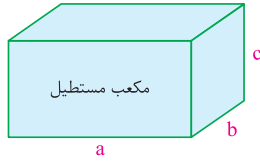
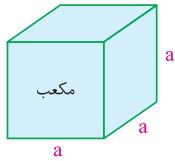


مثال: شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می کند ولی آهن نمی سوزد. در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می شود. زیرا با این عمل، سطح تماس گرد آهن با هوا و شعله آتش بیشتر می شود.

مثال: زمانی که قرص جوشان در آب حل می شود به علت وجود سیتریک اسید و جوش شیرین (NaHCO_3) در آب واکنش داده و گاز CO_2 به صورت حباب در آب آزاد می شود. حالا اگر قرص جوشان را به خوبی در هاون بساییم تا به صورت گرد در بیاید، به دلیل افزایش سطح تماس آن با آب، سرعت واکنش بالاتر می رود و حباب های بیشتری در زمان یکسان آزاد می شود.

پیوند با ریاضی

در صفحه ۸۳ کتاب درسی مطلبی مربوط به افزایش سطح تماس مواد آورده شده که گفتش نه تنها فای از لطف نیست بلکه کمک کننده هم هست ☺



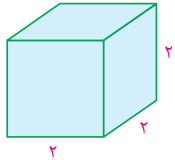
قبل از شروع بحث، به کامبک می‌زنیم به اطلاعاتتون در مورد حجم و مساحت مکعب و مستطیل که به صورت مقابل محاسبه می‌شوند:

حجم مکعب = $a \times b \times c$ حجم مکعب مستطیل = $a \times a \times a = a^3$

مساحت مکعب مستطیل = $2ab + 2ac + 2bc$ مساحت مکعب = $6 \times (a \times a) = 6a^2$

خب، حالا فرض کنید یک تکه زغال چوب به شکل مکعب با طول ضلع ۲cm داریم، با توجه به رابطه‌های گفته شده، حجم و مساحت این مکعب به صورت زیر محاسبه می‌شود:

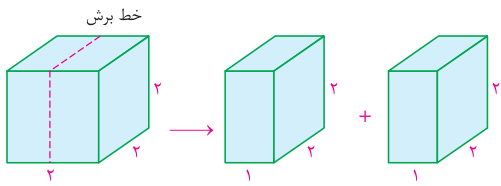
مساحت مکعب = $6a^2 = 6(2)^2 = 24cm^2$ حجم مکعب = $a^3 = (2)^3 = 8cm^3$



معلم کارکنسته! به نظرتون، کدوم کمیت (حجم یا مساحت) سطح تماس این مکعب زغالی رو با فضای اطراف نشون میده؟

آقا اجازه! به نظرم سطح تماس یعنی فای که مکعب با اسیام دیگه تماس پیدا می‌کنه، مثلاً

وقتی ما به مکعب دست می‌زنیم، سطح اون رو لمس می‌کنیم و دست ما با سطح اون در تماسه، پس مساحت نشون دهنده سطح تماس هستش ☺



فب باریکلا بهتون! حالا اگر این مکعب از وسط یک ضلع برش بخورد و به دو مکعب مستطیل تبدیل شود، حجم و مساحت دو مکعب مستطیل به صورت مقابل محاسبه می‌شود:

حجم دو مکعب مستطیل = $2(4) = 8cm^3$ حجم یک مکعب مستطیل = $a \times b \times c = 1 \times 2 \times 2 = 4cm^3 \Rightarrow$

مساحت دو مکعب مستطیل = $2(16) = 32cm^2$ مساحت یک مکعب مستطیل = $2(ab + ac + bc) = 2[(1 \times 2) + (1 \times 2) + (2 \times 2)] = 16cm^2 \Rightarrow$

نتیجه گیری با برش زدن یا ریزتر کردن مکعب، حجم کل آن تغییری نمی‌کند ولی مساحت یا سطح تماس آن افزایش می‌یابد.

در مثال عددی بالا، مساحت یا سطح تماس مکعب برابر با $24cm^2$ بود که با برش زدن آن، سطح تماس افزایش یافت و به $\frac{4}{3}$ حالت اولیه خود یعنی $32cm^2$ رسید. در این حالت سرعت واکنش سوختن زغال به دلیل بیشتر شدن سطح تماس، افزایش می‌یابد.

فب با این مثال هم به همون نتیجه رسیدیم که با فر و پودر کردن ماره جامد، سطح تماس آن افزایش یافته و می‌توان سرعت واکنش را بیشتر کرد.

توجه قبل از خواندن اثر «غلظت واکنش دهنده‌ها»، خوبه که درباره غلظت مواد جامد و مایع خالص صحبت کنیم. پس لطفاً اول بحث زیر رو بفونین.

غلظت ماده جامد و مایع خالص

غلظت مولی یک ماده را با قرار دادن فرمول شیمیایی ماده یاد شده در داخل گروه مشخص می‌کنند. برای مثال، غلظت مولی A را با [A] نشان می‌دهند. حتماً از سال دهم به خاطر دارید که غلظت مولی گازها (g) و محلول‌ها (aq) از رابطه زیر به دست می‌آید:

[گاز] = $\frac{\text{مول حل شونده (n)}}{\text{حجم ظرف (V)}}$ [محلول آبی] = $\frac{\text{مول حل شونده (n)}}{\text{لیتر محلول (V)}}$

نکته برای محاسبه غلظت ماده جامد (s) و مایع خالص (l)، باید تعداد مول ماده جامد یا مایع خالص را بر حجم خود ماده تقسیم کرد.

[مایع خالص] و [جامد] = $\frac{\text{مول ماده (n)}}{\text{حجم ماده (V)}}$ (رابطه*)

با دو رابطه زیر آشنا هستید:

$n = \frac{m}{M_w}$ (جرم ماده) / (جرم مولی) $d = \frac{m}{V}$ (جرم ماده) / (چگالی)

بنابراین می‌توان رابطه (*) را به صورت زیر بازاریابی کرد:

$[] = \frac{n}{V} \xrightarrow{n = \frac{m}{M_w}} [] = \frac{m}{M_w \cdot V} \xrightarrow{d = \frac{m}{V}} [] = \frac{d}{M_w}$

بنابراین غلظت یک ماده جامد یا مایع خالص، از تقسیم چگالی ماده (d) بر جرم مولی آن (M_w) به دست می‌آید.

[مایع خالص] و [جامد] = $\frac{d(\text{چگالی})}{M_w(\text{جرم مولی})}$

در رابطه فوق، چگالی ماده با یکای $g \cdot L^{-1}$ و جرم مولی با یکای $g \cdot mol^{-1}$ استفاده می‌شود. در واقع، از تقسیم چگالی ماده (d) بر جرم مولی (M_w) آن، عددی به دست می‌آید که دارای یکای $mol \cdot L^{-1}$ است.

غلظت مولی = $\frac{\text{چگالی } (\frac{g}{L})}{\text{جرم مولی } (\frac{g}{mol})} = (\frac{mol}{L})$

تکته همانطور که می‌دانید، چگالی (d) و جرم مولی (M_w) با تغییر مقدار ماده تغییر نمی‌کند. در واقع، چگالی ماده جامد یا مایع خالص در هر دمای معینی ثابت است. از این رو غلظت چنین ماده‌ای بدون توجه به مقدار آن ثابت خواهد بود و تغییر نمی‌کند.

جمع‌بندی برای جامدات (s) و مایعات خالص (l) غلظت مولی همواره ثابت است (با فرض دمای ثابت).
 ← غلظت مولی تعریف می‌شود.
 ← تغییر غلظت مولی برابر صفر است.

مثال: غلظت مولی آب خالص که با نماد $[H_2O(l)]$ نمایش داده می‌شود، به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\left. \begin{array}{l} d = 1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (چگالی آب خالص)} \\ M_w = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ (جرم مولی آب خالص)} \end{array} \right\} \Rightarrow [H_2O(l)] = \frac{d \text{ (چگالی)}}{M_w \text{ (جرم مولی)}} = \frac{1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 55.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

عدد به دست آمده نشان می‌دهد که هر لیتر آب خالص، شامل ۵۵/۵ مول آب است. بنابراین می‌توان گفت غلظت مولی آب خالص یا $H_2O(l)$ برابر $55.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ است.

□ غلظت واکنش دهنده‌ها

۱) افزایش غلظت واکنش دهنده‌ها، اغلب منجر به افزایش سرعت واکنش می‌شود. زیرا احتمال برخورد میان ذرات واکنش دهنده بیشتر می‌شود.

↑ غلظت → ↑ سرعت

مثال: بیماران که مشکلات تنفسی دارند، در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کیپسول اکسیژن دارند. غلظت اکسیژن در کیپسول اکسیژن (100%) بیشتر از هوا (21%) است و سرعت اکسیژن‌رسانی به بیمار افزایش می‌یابد.



مثال: الیاف آهن داغ و سرخ‌شده در هوا نمی‌سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف آهن داغ و سرخ‌شده در یک ارلن پر از اکسیژن خالص می‌سوزد. تفاوت چشم‌گیر در سرعت این دو واکنش به علت زیاد بودن غلظت اکسیژن در ارلن (100%) نسبت به هوا (21%) است.

۲) علت کاهش سرعت واکنش با گذشت زمان، کاهش غلظت واکنش دهنده‌ها در طی واکنش است. **بلوتر بیشتر در بارش می‌فونیم.**

۳) **تغییر مقدار واکنش دهنده‌های جامد (s) و مایع خالص (l)، تأثیر بر سرعت واکنش ندارد.** زیرا غلظت جامدات و مایعات خالص ثابت است.

مثال: به واکنش سوختن کربن توجه کنید:
 $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$

با افزایش مقدار اکسیژن، غلظت گاز اکسیژن افزایش یافته و سرعت واکنش افزایش می‌یابد. این در حالی است که کربن جامد است و با افزایش مقدار کربن، غلظت آن ثابت می‌ماند و سرعت واکنش تغییر نمی‌کند.

۴) **در واکنش‌هایی که حداقل یکی از اجزای واکنش دهنده آن گازی شکل باشد، افزایش فشار باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود.** در واقع، افزایش فشار در واکنش‌های گازی به معنای افزایش غلظت است.

تکته در واکنش‌های یک‌طرفه، شرط آن‌که تغییر فشار باعث تغییر سرعت واکنش شود، آن است که حداقل یکی از واکنش دهنده‌ها (نه فراورده‌ها) به حالت گاز باشد.
مثال: به واکنش تجزیه آب اکسیژنه توجه کنید.



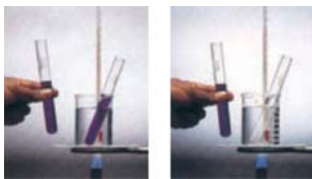
این واکنش یک‌طرفه است و واکنش دهنده گازی شکل ندارد. بنابراین تغییر فشار، سرعت این واکنش را تغییر نمی‌دهد. اگر واکنش فوق دوطرفه و برگشت پذیر بود، در این صورت $O_2(g)$ نیز در واکنش برگشت شرکت می‌کرد و افزایش فشار هم می‌توانست سبب افزایش سرعت واکنش شود.

□ دما

با افزایش دما، سرعت واکنش افزایش می‌یابد، زیرا افزایش دما موجب افزایش جنبش ذره‌های واکنش دهنده شده، در نتیجه احتمال تماس و برخورد میان آن‌ها بیشتر شده و سرعت واکنش زیاد می‌شود.

تکته افزایش دما سرعت هر دو نوع واکنش گرماگیر و گرماده را افزایش می‌دهد.

مثال: برای نگهداری طولانی مدت فراورده‌های گوشتی و پروتئینی، آن‌ها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند. یخچال با کاهش دما، سرعت فرایندهای شیمیایی منجر به فساد مواد غذایی را کند می‌کند.



مثال: محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات ($KMnO_4$) با اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد. اما با گرم‌شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود.

□ کاتالیزگر

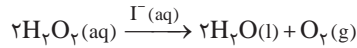
کاتالیزگر ماده‌ای است که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد، در حالی که خودش در پایان، دست‌نخورده باقی می‌ماند. در واقع، کاتالیزگر در واکنش شرکت می‌کند، اما در پایان واکنش مصرف نمی‌شود و باقی می‌ماند. از این رو می‌توان آن را بارها و بارها به کار برد.



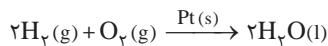
مثال: برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می‌شوند، زیرا فاقد آنزیمی هستند که آن‌ها را کامل و سریع هضم کند.
مثال: واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه سریع‌تر است زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش وجود دارد.

فواست باشه در ادامه تمام کاتالیزگرهای واکنش‌های مختلف موجود در کتاب درسی دهم و یازدهم را آورده‌ایم. *دربرین بهتر از ما؟*

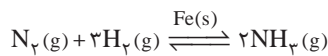
① محلول هیدروژن پراکسید یا آب اکسیژنه در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند. در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید (KI(aq)) سرعت واکنش را به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد. در این واکنش، یون یدید (I^-) حاصل از محلول KI، کاتالیزگر است و K^+ حاصل از KI نقش یون ناظر یا تماشاچی را دارد، یعنی در محیط واکنش حضور دارد، ولی در واکنش شرکت نمی‌کند.



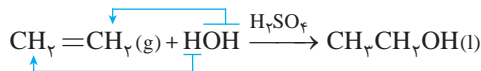
② در سال دهم خواندید که مخلوط هیدروژن و اکسیژن در حضور کاتالیزگر پلاتین (Pt) به سرعت با هم واکنش داده و آب تشکیل می‌شود.



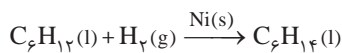
③ واکنش تعادلی تهیه آمونیاک (فرایند هابر) از گازهای نیتروژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر آهن (Fe) انجام می‌شود.



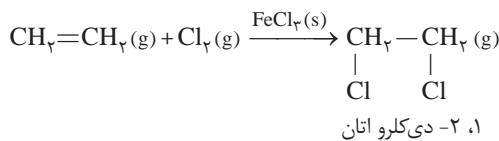
④ واکنش گاز اتن با آب در حضور کاتالیزگر سولفوریک اسید انجام می‌شود:



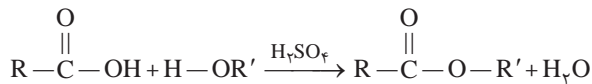
⑤ هیدروژن‌دار کردن آلکن‌ها (مانند ۱-هگزن) در حضور نیکل انجام می‌شود:



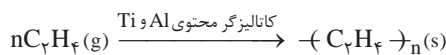
⑥ واکنش گاز اتن با گاز کلر در حضور آهن (III) کلرید جامد صورت می‌گیرد:



⑦ واکنش استری شدن (به واکنش میان کربوکسیلیک اسید و الکل، استری شدن می‌گویند) در حضور یک اسید قوی مانند سولفوریک اسید انجام می‌شود. فرم کلی این واکنش به صورت زیر است که در فصل بعدی با آن آشنا می‌شوید:



⑧ واکنش پلیمری شدن اتن در حضور کاتالیزگر محتوی تیتانیوم و آلومینیم به عنوان اجزای اصلی و *پنر تا اپزای فرعی* درگه! انجام می‌شود:



● **لیبریز انر پنتلمن!** در مورد کاتالیزگر دو نکته زیر را بدانید:

① کاتالیزگر هیچ اثری بر مقدار ΔH یک واکنش ندارد.

② کاتالیزگر بر سرعت یک واکنش تأثیر دارد و تأثیری بر میزان پیشرفت واکنش ندارد. در واقع، کاتالیزگر نمی‌تواند مقدار فراورده‌ها را تغییر دهد بلکه زمان رسیدن به مقدار مشخص فراورده را کوتاه‌تر می‌کند.

● برای درک بهتر تفاوت پیشرفت و سرعت به نکات زیر توجه کنید:

① پیشرفت یک واکنش نشان می‌دهد که چه مقدار از واکنش‌دهنده‌ها می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند.

② اگر مقدار قابل توجهی از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل شود، پیشرفت واکنش زیاد است.

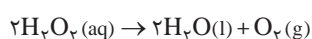
③ اگر مقدار کمی از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل شود، پیشرفت واکنش کم است.

④ سرعت واکنش، مقدار پیشرفت در واحد زمان را نشان می‌دهد.

④ **اشتباه کلن!** مفهوم پیشرفت واکنش با سرعت واکنش متفاوت است. ممکن است پیشرفت یک واکنش زیاد باشد (یعنی مقدار زیادی از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل بشن) ولی سرعت انجام آن کم باشد. در این صورت، واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند اما در یک بازه زمانی بسیار طولانی!

مثال: بسیاری از کتاب‌های قدیمی، در گذر زمان، زرد و پوسیده می‌شوند. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش تجزیه سلولز کاغذ پیشرفت خوبی دارد (کتاب‌ها پوسیده شده‌اند) ولی بسیار کند رخ می‌دهد. همین کتابی که الان *دسته*، *یه روزی کلاً پوسیده میشه (پیشرفت)* ولی *انجام این فرایند ممکنه ده‌ها سال طول بکشه (سرعت)*!

مثال: با توجه به واکنش زیر که تجزیه هیدروژن پراکسید را نشان می‌دهد، اگر دو مول H_2O_2 داشته باشیم، براساس نسبت‌های استوکیومتری یک مول گاز اکسیژن آزاد می‌شود. بدون حضور کاتالیزگر، به دست آوردن یک مول گاز اکسیژن ممکن است ساعت‌ها طول بکشد در حالی که در حضور یون یدید (I^-) به عنوان کاتالیزگر، باز هم یک مول اکسیژن آزاد می‌شود اما در مدت‌زمان به مراتب کوتاه‌تر (مثلاً *پنر دقیقه!*)! \odot ، یعنی کاتالیزگر تأثیری بر مقدار فراورده نداشت ولی زمان رسیدن به آن را کوتاه‌تر کرد، *باریکلا کاتالیزگر!*



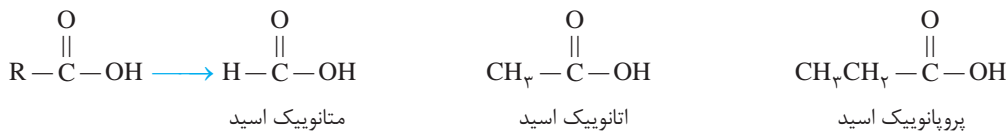
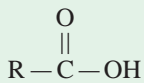
تجزیه آب اکسیژنه به آب و اکسیژن

- ۱) هیدروژن پراکسید (H_2O_2) با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می‌رسد.
- ۲) تهیه هیدروژن پراکسید از واکنش مستقیم گازهای هیدروژن و اکسیژن غیرممکن است.
- ۳) محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و آب و گاز اکسیژن تولید می‌کند:

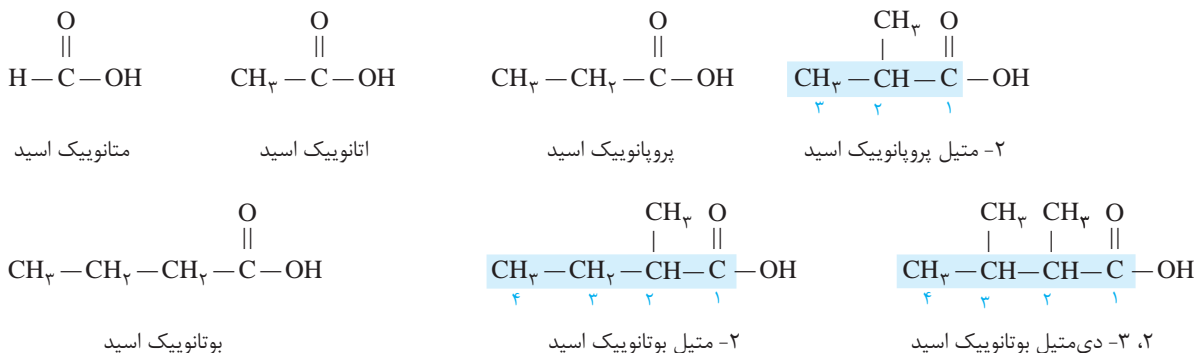
$$2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$
- ۴) با اضافه کردن محلول پتاسیم یدید (KI) به محلول هیدروژن پراکسید، واکنش در دمای اتاق به سرعت انجام می‌شود. بنابراین KI(aq) یا I^- کاتالیزگر این واکنش است.
- ۵) سرعت واکنش تجزیه محلول هیدروژن پراکسید را می‌توان با جمع‌آوری گاز O_2 تولیدشده در گستره زمانی معین، به دست آورد.
- ۶) آگه یارت باعث افزایش فشار باعث افزایش سرعت واکنشی می‌شد که حداقل یکی از مواد واکنش‌دهنده به حالت گازی شکل باشد. در واکنش تجزیه هیدروژن پراکسید، H_2O_2 به حالت گازی نیست و در نتیجه افزایش فشار تأثیری بر سرعت این واکنش ندارد.

کربوکسیلیک اسیدها

- ۱) به $(-C(=O)OH)$ یا عامل کربوکسیل می‌گویند. لطفاً گروه کربوکسیل را با گروه کربونیل $(-C(=O)-)$ اشتباه نکنید! مه‌لریم ☺
- ۲) به دسته‌ای از ترکیب‌های آلی که در آن‌ها حداقل یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد، اسید آلی یا کربوکسیلیک اسید می‌گویند. بنابراین ساختار کربوکسیلیک اسید به صورت مقابل است.
- ۳) گروه R در ساختار کربوکسیلیک اسیدها می‌تواند گروه کربنی به صورت خطی، حلقوی، سیرشده و یا سیرنشده باشد. در ضمن R می‌تواند اتم هیدروژن باشد، در این صورت متانویک اسید، ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید به دست می‌آید.



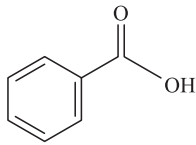
- ۴) کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن اتم هیدروژن متصل به اکسیژن قادر به برقراری پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های خود هستند.
- ۵) **جمع بندی** تا حالا با پنج خانواده آلی اکسیژن دار آشنا شدیم که عبارتند از: الکل‌ها، اترها، آلدهیدها، کتون‌ها و کربوکسیلیک اسیدها. مولکول‌های هر پنج خانواده قطبی هستند ($\mu > 0$) اما تنها مولکول‌های الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های خود می‌باشند.
- ۵) اگر R در ساختار کلی کربوکسیلیک اسیدها یک عاملی، زنجیر آلکیلی باشد، فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسیدها به صورت $C_nH_{2n}O_2$ می‌شود. برای نام‌گذاری این مدل از کربوکسیلیک اسیدها، به روش آیوپاک، همواره به کربن گروه کربوکسیل شماره ۱ زنجیر اصلی را نسبت می‌دهیم، ولی آن را ذکر نمی‌کنیم، چون در تمام کربوکسیلیک اسیدها، به کربن گروه عاملی شماره ۱ داده می‌شود و آیوپاک هم عاشق ساره نویسیه، چه کاره فب، ا رو نمی‌گیریم! ☺ در ضمن نام زنجیر اصلی را به صورت آلکانویک اسید می‌آوریم. قواعد نام‌گذاری شاخه‌ها نیز مانند سایر ترکیب‌های آلی است.



نگهدارنده‌ها

- ۱) با گسترش شهرها و افزایش جمعیت آن‌ها، تهیه و تولید غذا به روش سنتی امری غیرممکن به نظر می‌رسید. در این شرایط، ذخیره‌سازی و صادرات غذا به عنوان صنعتی نو خودنمایی کرد. صنعتی که با بهره‌گیری از فناوری‌های گوناگون از جمله بسته‌بندی، کنسروسازی، انجماد و ... به سرعت در سرتاسر جهان گسترش یافت، اما هنوز شرکت‌های صنایع غذایی با چالش‌هایی در نگهداری و ماندگاری غذا روبه‌رو هستند.

۲) افزون بر فناوری‌هایی که گفته شد، استفاده از مواد شیمیایی با ویژگی‌های خاص به عنوان افزودنی‌ها سبب افزایش زمان ماندگاری و کیفیت مواد غذایی شد. افزودنی‌ها، مواد شیمیایی مانند نگهدارنده‌ها، رنگ‌دهنده‌ها، طعم‌دهنده‌ها و ... هستند که به صورت هدفمند به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند.



۳) نگهدارنده‌ها، سرعت واکنش‌های شیمیایی را که منجر به فساد مواد غذایی می‌شود، کاهش می‌دهند. یکی از این مواد، بنزویک اسید (C_6H_5COOH) است که در تمشک و توت‌فرنگی وجود دارد.

۴) بنزویک اسید یک اسید آلی یا کربوکسیلیک اسید آروماتیک است، زیرا گروه کربنی آن از یک حلقه بنزنی تشکیل شده است. بنزویک اسید (C_6H_5COOH)

بتم ۹۵ سینتیک شیمیایی

سینتیک شیمیایی، شاخه‌ای از علم شیمی است که به مطالعه موارد زیر می‌پردازد:

- ۱) شرایط انجام واکنش‌های شیمیایی
- ۲) چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی
- ۳) محاسبه سرعت انجام واکنش‌های شیمیایی
- ۴) عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی

کاربردهای سینتیک

واکنش‌های شیمیایی در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه با سرعت‌های متفاوتی انجام می‌شوند. برخی از این واکنش‌ها مانند گوارش، تنفس، تهیه داروها و تولید فراورده‌های صنعتی مفید و ضروری هستند اما برخی دیگر مانند خوردگی وسایل آهنی، تولید آلاینده‌ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب، زیان‌بار و ناخواسته‌اند. 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 صرفه اقتصادی تولید کنند. برای دستیابی به چنین اهدافی باید دست به **علم سینتیک شیمیایی** بشن!

هواست باشه سینتیک در مورد سرعت انجام و عوامل مؤثر بر آن صحبت می‌کند و هیچ اظهارنظری در مورد امکان انجام واکنش نمی‌کند. به زبون ساده‌تر! واکنشی که در دمای معین رخ نمی‌دهد، با عوامل سینتیکی (مانند کاتالیزگر) نمی‌توان باعث انجام آن شد.

مفهوم سرعت

- ۱) سرعت واکنش، پیشرفت واکنش در واحد زمان را نشان می‌دهد. در واقع مقدار مصرف یا تولید یک ماده شرکت‌کننده در واکنش در گستره زمانی قابل اندازه‌گیری را سرعت متوسط آن ماده می‌گویند و آن را با \bar{R} نمایش می‌دهند. پس $\bar{R}(A)$ سرعت متوسط تولید یا مصرف ماده A را نشان می‌دهد.
- ۲) از آن‌جا که در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، واکنش‌دهنده‌ها مصرف و فراورده‌ها تولید می‌شوند، می‌توان سرعت را با اندازه‌گیری آهنگ مصرف واکنش‌دهنده‌ها یا با اندازه‌گیری آهنگ تولید فراورده‌ها به دست آورد.
- ۳) به طور کلی، سرعت مصرف یا تولید یک ماده شرکت‌کننده در واکنش برابر با تعداد مول‌های مصرفی یا تولید آن ماده در بازه‌ای مشخص از زمان است.
- ۴) اگر شمار مول‌های یک ماده را با n نشان دهیم، $\Delta n = n_2 - n_1$ ، تغییر تعداد مول‌های آن ماده را نشان می‌دهد. $\Delta n > 0$ ، افزایش شمار مول‌های فراورده و $\Delta n < 0$ ، کاهش شمار مول‌های واکنش‌دهنده را در واکنش نشان می‌دهد.
- ۵) واکنش $A \rightarrow B$ را در نظر بگیرید:

• برای به دست آوردن سرعت متوسط مصرف واکنش‌دهنده یا $\bar{R}(A)$ می‌توان نوشت:

$$\bar{R}(A) = - \frac{\Delta n(A)}{\Delta t} = \frac{\text{تعداد مول‌های مصرف شده}}{\text{زمان مصرف}}$$

هواست باشه سرعت، همواره کمیتی مثبت است. از آن‌جا که تغییر مول مربوط به واکنش‌دهنده‌ها (ها) عددی منفی است (< 0) (واکنش‌دهنده Δn)، با قرار دادن علامت منفی در کنار Δn ، با به تیتیر روتا نشون می‌زنیم، یعنی هم تأکید کردیم که واکنش‌دهنده‌ها مصرف می‌شوند و هم عدد مربوط به سرعت، مثبت خواهد شد. به زبونی فورمولی! علامت منفی رابطه بالا نشون میده که A یک واکنش‌دهنده هستش و در حال مصرف‌شونه ☺

• برای به دست آوردن سرعت متوسط تولید فراورده یا $\bar{R}(B)$ می‌توان نوشت:

$$\bar{R}(B) = + \frac{\Delta n(B)}{\Delta t} = \frac{\text{تعداد مول تولید شده}}{\text{زمان تولید}}$$

هواست باشه علامت مثبت در رابطه بالا نشان می‌دهد که B یک فراورده است و در حال تولید شدن می‌باشد.

نکته برای آسانی کار فورمولون و فورمولون! می‌توان مقدار Δn را در داخل قدرمطلق قرار داد تا همواره مقدار عددی سرعت، مثبت باشد:

$$\bar{R} = \frac{|\Delta n|}{\Delta t}$$

۶) سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در یک واکنش را می‌توان با کمک کمیت‌های قابل اندازه‌گیری واکنش‌دهنده(ها) یا فرآورده(ها) مانند جرم، حجم، فشار، غلظت و رنگ تعیین کرد.

فواست باشه یکی از راه‌های تستی شماره (۶)، آنتالپی واکنش (ΔH) جزو کمیت‌های قابل اندازه‌گیری محسوب می‌شود اما به کمک آن نمی‌توان سرعت را محاسبه کرد، زیرا ΔH یک کمیت ترمودینامیکی است نه سینتیکی!

۷) سرعت واکنش‌های شیمیایی در شرایط یکسان با هم تفاوت دارد. برخی از آن‌ها تند و برخی کند است. این مطلب نشان می‌دهد که سرعت یک واکنش بیش از آن‌که تابع عوامل محیطی نظیر دما، فشار و ... باشد، تابع نوع واکنش‌دهنده‌ها و فعالیت شیمیایی (واکنش‌پذیری) آن‌هاست.

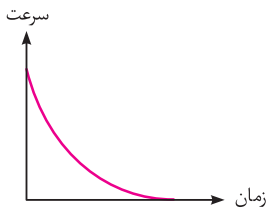
روند کله تغییر سرعت واکنش

۱) سرعت واکنش، تابع غلظت واکنش‌دهنده‌هاست. بیشتر واکنش‌ها در آغاز یعنی هنگامی که غلظت واکنش‌دهنده‌ها زیاد است، سریع هستند ولی با گذشت زمان و مصرف واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش رفته‌رفته کاهش می‌یابد تا در نهایت سرعت واکنش به صفر برسد.^۱

۲) سرعت واکنش بیانگر سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها یا سرعت تولید فرآورده‌هاست.

۳) با گذشت زمان، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فرآورده‌ها، هر دو کاهش می‌یابند.

مثال: در واکنش فرضی $A(g) \rightarrow B(g)$ با گذشت زمان، $A(g)$ مصرف می‌شود و غلظت آن کاهش می‌یابد. با کاهش غلظت واکنش‌دهنده، سرعت واکنش نیز کاهش می‌یابد. وقتی $A(g)$ با سرعت کم‌تری مصرف شود، **تابلو و برهه** که $B(g)$ نیز با سرعت کم‌تری تولید می‌شود. در نتیجه با گذشت زمان، سرعت مصرف A و سرعت تولید B ، هر دو کاهش می‌یابند.



۴) در یک واکنش کامل (واکنشی که در آن حداقل یکی از واکنش‌دهنده‌ها به طور کامل مصرف می‌شود) نمودار «سرعت - زمان» شماتیک به صورت مقابل است:

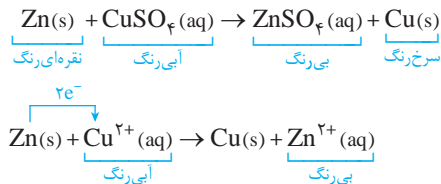
سه واکنش مهم کتاب درسه

۱- واکنش میان تیغه روی با محلول مس(II) سولفات

● محلول مس(II) سولفات ($CuSO_4$)، آبی‌رنگ است، زیرا محتوی یون $Cu^{2+}(aq)$ است که آبی‌رنگ می‌باشد.

● محلول روی سولفات ($ZnSO_4$)، بی‌رنگ است، زیرا یون $Zn^{2+}(aq)$ بی‌رنگ می‌باشد.

● با قرار دادن تیغه‌ای از جنس روی در محلول مس(II) سولفات، واکنش زیر انجام می‌شود و با گذشت زمان، به تدریج از شدت رنگ آبی محلول کاسته شده و در پایان واکنش، محلول بی‌رنگ می‌شود.



● اگر یون‌های سولفات (SO_4^{2-}) را از دو طرف واکنش حذف کنیم، چون تماشاگر یا ناظرند^۲، واکنش به صورت مقابل خواهد بود:

● کم شدن شدت رنگ محلول مس(II) سولفات نشان‌دهنده آن است که مقدار یون‌های $Cu^{2+}(aq)$ کاهش می‌یابد. این واکنش تا جایی پیش می‌رود که مقدار یون‌های $Cu^{2+}(aq)$ تقریباً به صفر می‌رسد. با گذشت زمان، جرم واکنش‌دهنده‌ها ($Zn + Cu^{2+}$) کاهش و جرم فرآورده‌ها ($Cu + Zn^{2+}$) افزایش می‌یابد.

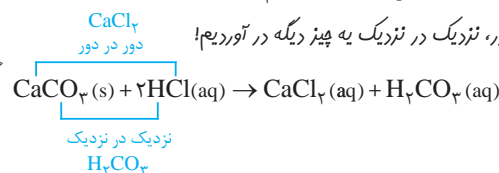
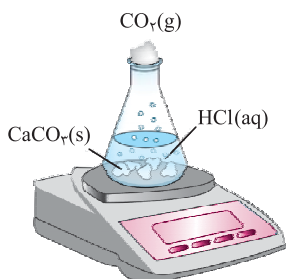
● با گذشت زمان، جرم مواد جامد موجود در ظرف واکنش کاهش می‌یابد، زیرا به تدریج Cu ($64g.mol^{-1}$) جایگزین Zn ($65g.mol^{-1}$) می‌شود.

۲- واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید

شکل مقابل، واکنش میان کلسیم کربنات و محلول هیدروکلریک اسید را در دما و فشار اتاق که منجر به تولید گاز کربن دی‌اکسید می‌شود، نشان می‌دهد. معادله واکنش به صورت زیر است:



آقا اجازه! ما فرآورده‌های واکنش رو با استفاده از راه دور در دور، نزدیک در نزدیک به پیژ دیگه در آوریم!



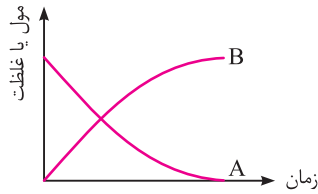
۱- در شماری از واکنش‌ها که به واکنش‌های تعادلی معروف هستند و در سال آینده با آن‌ها آشنا می‌شوید، در نهایت سرعت واکنش نه به صفر بلکه به مقدار ثابتی می‌رسد.

۲- البته بگیم! در شمار اندکی از واکنش‌ها، سرعت واکنش در مدت انجام فرایند ثابت است. در کتاب درسی به این مدل واکنش‌ها اشاره‌ای نشده و قبلی برهه ما هم کاری بهشون نداریم!

۳- یون‌های ناظر یا تماشاگر یا تماشاچی یا ... به یون‌هایی گفته می‌شوند که در واکنش شرکت نمی‌کنند. در واکنش روی با محلول مس(II) سولفات، واکنش میان فلز روی و یون مس(II) صورت می‌گیرد و یون‌های سولفات **کاره‌ای نیستن** ☺

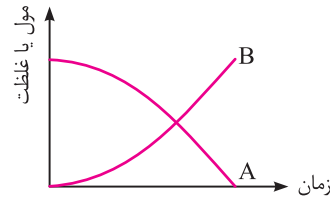
۳) در لحظات ابتدایی واکنش که غلظت واکنش‌دهنده‌ها زیاد است، سرعت واکنش و در نتیجه شدت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها زیاد است. با گذشت زمان و با مصرف واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش کاهش می‌یابد و از این شدت نیز کاسته می‌شود. بنابراین قدرمطلق شیب نمودار پیشرفت، چه برای واکنش‌دهنده‌ها و چه برای فراورده‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

مثال: به تغییر شیب نمودار پیشرفت واکنش $A(g) \rightarrow B(g)$ در نمودارهای زیر دقت کنید.



با گذشت زمان قدرمطلق شیب کاهش می‌یابد.

✓ (درست)

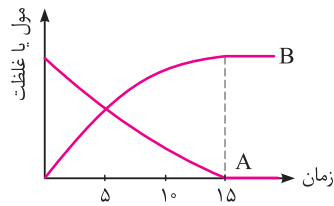


با گذشت زمان قدرمطلق شیب افزایش می‌یابد.

✗ (نادرست)

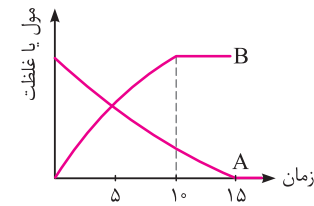
۴) پس از پایان واکنش، غلظت همه اجزای شرکت‌کننده در واکنش به مقدار ثابتی می‌رسد. نکته مهم این‌جاست که نمودار تغییر غلظت همه مواد شرکت‌کننده در واکنش، باید هم‌زمان به مقدار ثابتی برسد و افقی شود.

مثال: به لحظه ثابت شدن غلظت گونه‌ها در نمودار پیشرفت واکنش $A(g) \rightarrow B(g)$ دقت کنید.



نمودار تغییر غلظت A و B هم‌زمان افقی شده است.

✓ (درست)



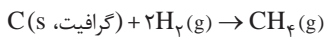
نمودار تغییر غلظت A و B در زمان‌های مختلف افقی شده است.

✗ (نادرست)

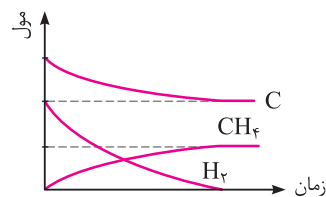
نمودار «غلظت - زمان» مواد مایع خالص (l) و جامد (s)

خواندیم که غلظت یک ماده جامد (s) یا مایع خالص (l)، از تقسیم چگالی ماده بر جرم مولی آن به دست می‌آید و مقدار ثابتی است. بنابراین اگر در معادله یک واکنش، ماده جامد (s) یا مایع خالص (l) وجود داشته باشد، با گذشت زمان بدون توجه به این‌که ماده موردنظر مصرف یا تولید می‌شود و مقدار (جرم و مول) آن، چه تغییری می‌کند، غلظت مولی چنین ماده‌ای در طول انجام واکنش ثابت می‌ماند.

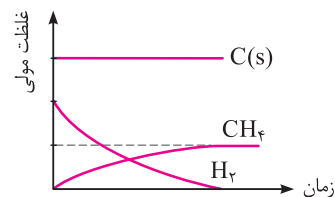
مثال: معادله واکنش تشکیل متان از عنصرهای سازنده‌اش به صورت زیر است:



فرض کنید، ۳ مول گرافیت را با ۲ مول هیدروژن وارد واکنش کرده‌ایم. اگر این واکنش کامل باشد، ۱ مول گرافیت با ۲ مول هیدروژن به‌طور کامل واکنش می‌دهد و ۲ مول گرافیت باقی می‌ماند. نمودار تغییر مول و تغییر غلظت گونه‌ها در واکنش یادشده به‌صورت زیر است:



با گذشت زمان گرافیت مصرف می‌شود و مول آن کاهش می‌یابد.

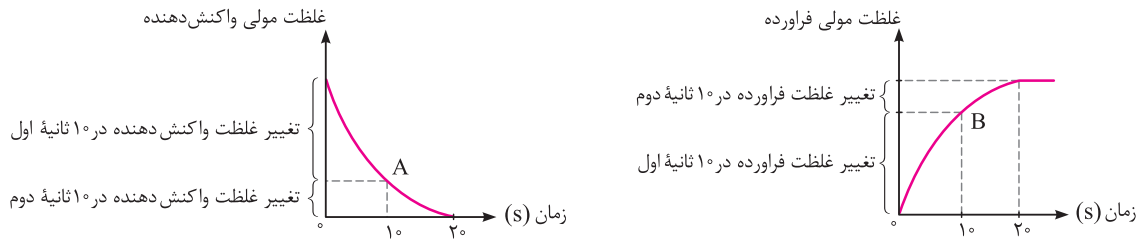


گرافیت جامد است و با گذشت زمان غلظت مولی آن تغییر نمی‌یابد.

نتیجه‌گیری نمودار غلظت مولی جامدات (s) و مایعات خالص (l) همواره به صورت یک خط راست افقی رسم می‌شود.

یک نکته مهم!

همان‌طور که می‌دانید، با گذشت زمان، غلظت واکنش‌دهنده‌ها کاهش و غلظت فراورده‌ها افزایش می‌یابد، ولی باید توجه کنید که با گذشت زمان، در بازه‌های زمانی یکسان، میزان تغییر غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، هر دو کاهش می‌یابند. به نمودار تغییر غلظت واکنش‌دهنده A و فراورده B در واکنش $A(g) \rightarrow B(g)$ توجه کنید.



همان‌طور که می‌بینید، میزان تغییر غلظت واکنش‌دهنده و فراورده در ۱۰ ثانیه دوم واکنش کم‌تر از ۱۰ ثانیه اول واکنش است که ناشی از کاهش سرعت واکنش با گذشت زمان می‌باشد.

نتیجه‌گیری با گذشت زمان در بازه‌های زمانی یکسان، میزان تغییر غلظت واکنش‌دهنده‌ها همانند فراورده‌ها کاهش می‌یابد.

مثال: فرض کنید در واکنش $2A(g) \rightarrow B(g)$ میزان تغییر غلظت واکنش‌دهنده و فراورده در بازه‌های زمانی یکسان ۵ ثانیه‌ای، مطابق داده‌های جدول زیر باشد.

| t(s) | ۰ | ۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| [A] (mol.L ⁻¹) | ۹/۵ | ۵/۳ | ۲/۵ | ۰/۹ | ۰/۵ |

$$|\Delta[A]|: 4/2 > 2/8 > 1/6 > 0/4$$

| t(s) | ۰ | ۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ |
|----------------------------|---|-----|-----|-----|-----|
| [B] (mol.L ⁻¹) | ۰ | ۲/۱ | ۳/۵ | ۴/۳ | ۴/۵ |

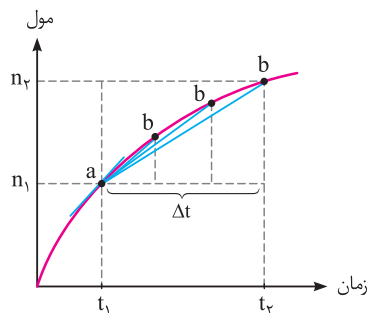
$$\Delta[B]: 2/1 > 1/4 > 0/8 > 0/2$$

همان‌طور که می‌بینید، اگرچه با گذشت زمان، غلظت واکنش‌دهنده A کاهش و غلظت فراورده B افزایش می‌یابد، ولی با گذشت زمان، میزان تغییر غلظت واکنش‌دهنده و فراورده، هر دو رو به کاهش است.

جمع‌بندی با گذشت زمان

- غلظت واکنش‌دهنده‌ها کاهش می‌یابد.
- غلظت فراورده‌ها افزایش می‌یابد.
- با فرض بازه‌های زمانی یکسان میزان تغییر غلظت واکنش‌دهنده‌ها کاهش می‌یابد.
- با فرض بازه‌های زمانی یکسان میزان تغییر غلظت فراورده‌ها کاهش می‌یابد.

نمودار «سرعت - زمان» مواد شرکت‌کننده در واکنش



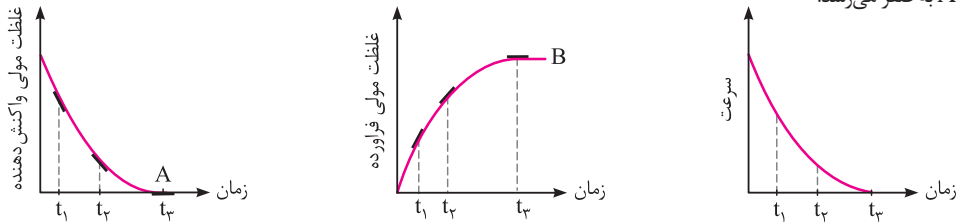
همان‌طور که خواندید مقدار عددی شیب در نمودار «مول یا غلظت - زمان» سرعت متوسط تولید فراورده یا مصرف واکنش‌دهنده را نشان می‌دهد. حالا اگر در نمودار مقابل، گستره زمان Δt ، کوچک و کوچک‌تر شود (t_1 به نزدیک‌تر شود)، نقطه b به نقطه a نزدیک و نزدیک‌تر شده تا این‌که سرانجام خط AB در نقطه a بر نمودار مماس خواهد شد.

در این حالت، با سرعت لحظه‌ای به جای سرعت متوسط روبه‌رو هستیم. در واقع، در نمودار «مول - زمان» هر نقطه روی نمودار، سرعت لحظه‌ای را در آن لحظه نشان می‌دهد.

حالا اگر با استفاده از سرعت لحظه‌ای تولید فراورده یا مصرف واکنش‌دهنده در هر لحظه، یک نمودار رسم کنیم، به نمودار حاصل، نمودار «سرعت - زمان» گفته می‌شود. با کاهش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها هر دو کاهش می‌یابد. **فیلی تابلوئه** که واکنش‌دهنده با سرعت کم‌تری مصرف شود، فراورده نیز با سرعت کم‌تری تولید می‌شود. در نتیجه، نمودار «سرعت - زمان» هم برای واکنش‌دهنده‌ها و هم برای فراورده‌ها، نزولی است.

۱- به شرط آن‌که واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها جامد (s) یا مایع خالص (l) نبوده و غلظت آن‌ها ثابت نباشد.

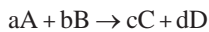
مثال: در زیر نمودار «مول - زمان» و «سرعت - زمان» برای واکنش کامل $A \rightarrow B$ نشان داده شده است. همان طور که می بینید، سرعت واکنش بعد از گذشت t ثانیه، با پایان یافتن غلظت A به صفر می رسد.



شیب خط مماس بر منحنی در لحظه: $t_3 < t_2 < t_1$
 سرعت تولید فرآورده در لحظه: $t_3 < t_2 < t_1$
 سرعت مصرف واکنش دهنده در لحظه: $t_3 < t_2 < t_1$

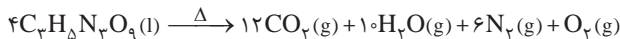
رابطه سرعت واکنش با ضرایب استوکیومتری

۱) یک مطلب مهم که باید به آن توجه کنید آن است که هر کدام از اجزای یک واکنش برای خود سرعت مستقل و مجزایی دارند. واکنش کلی زیر را در نظر بگیرید:



در واکنش فوق، سرعت مصرف شدن A و B و یا سرعت تولید شدن C و D لزوماً با یکدیگر برابر نیست. در واقع اگر ضریب استوکیومتری مواد شرکت کننده در واکنش یکسان نباشد، سرعت متوسط آن‌ها متفاوت خواهد بود. به طوری که هر چه ضریب استوکیومتری یک ماده در یک واکنش بزرگ تر باشد، سرعت مصرف یا تولید شدن آن نیز بیشتر است و هر چه ضریب استوکیومتری یک ماده در یک واکنش کوچک تر باشد، سرعت مصرف یا تولید شدن آن کم تر است.

مثال: معادله موازنه شده واکنش تجزیه $C_3H_8N_4O_9$ به صورت مقابل است:



در واکنش فوق، ضریب استوکیومتری CO_2 بزرگ تر از سایر گونه‌ها و ضریب استوکیومتری O_2 کوچک تر از سایر گونه‌ها است. بنابراین سرعت تولید CO_2 بیشتر از بقیه و سرعت تولید O_2 کم تر از سایر اجزای این واکنش خواهد بود. میان سرعت تولید یا مصرف گونه‌های شرکت کننده در واکنش فوق، رابطه زیر برقرار است.

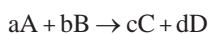
$$\overline{R}_{CO_2} > \overline{R}_{H_2O} > \overline{R}_{N_2} > \overline{R}_{C_3H_8N_4O_9} > \overline{R}_{O_2}$$

مثال: در واکنش $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ ، سرعت مصرف H_2O_2 با سرعت تولید H_2O برابر است، زیرا ضریب آن‌ها با هم برابر است.

نکته: اگر در یک واکنش، دو ماده ضریب برابر داشته باشند، سرعت تولید یا مصرف آن‌ها با هم برابر است.

۲) با تقسیم سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده شرکت کننده در واکنش بر ضریب استوکیومتری آن در معادله موازنه شده، سرعت واکنش به دست می آید.

سرعت واکنش، مقدار پیشرفت واکنش در واحد زمان را نشان می دهد. به طور کلی می توان رابطه میان سرعت مواد شرکت کننده در واکنش زیر را چنین نوشت:



$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\overline{R}_A}{a} = \frac{\overline{R}_B}{b} = \frac{\overline{R}_C}{c} = \frac{\overline{R}_D}{d}$$

مثال: در معادله واکنش تجزیه $C_3H_8N_4O_9$ ، میان سرعت واکنش و سرعت متوسط تولید یا مصرف گونه‌های شرکت کننده در واکنش، رابطه زیر برقرار است.

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\overline{R}_{C_3H_8N_4O_9}}{4} = \frac{\overline{R}_{CO_2}}{12} = \frac{\overline{R}_{H_2O}}{10} = \frac{\overline{R}_{N_2}}{6} = \frac{\overline{R}_{O_2}}{1}$$

۳) سرعت واکنش برابر با سرعت تولید یا مصرف گونه‌ای است که ضریب استوکیومتری آن در معادله موازنه شده برابر یک باشد.

مثال: در معادله موازنه شده واکنش تجزیه $C_3H_8N_4O_9$ ، سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن با سرعت واکنش برابر است.

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\overline{R}_{O_2}}{1} = \overline{R}_{O_2} \Rightarrow R_{\text{واکنش}} = \overline{R}_{O_2}$$

۴) نسبت سرعت تولید یا مصرف گونه‌های شرکت کننده در واکنش، متناسب با نسبت ضرایب استوکیومتری آن‌ها است. برای واکنش فرضی $aA \rightarrow bB$ می توان نوشت:

$$\frac{\overline{R}_A}{\overline{R}_B} = \frac{a}{b}$$

مثال: در واکنش تجزیه $C_3H_8N_4O_9$ ، سرعت تولید CO_2 ، سه برابر سرعت مصرف واکنش دهنده و دو برابر سرعت تولید نیتروژن است.

$$\frac{\overline{R}_{CO_2}}{\overline{R}_{C_3H_8N_4O_9}} = \frac{12}{4} = 3$$

$$\frac{\overline{R}_{CO_2}}{\overline{R}_{N_2}} = \frac{12}{6} = 2$$

تمرین‌ها

۱) سرعت تولید C در واکنش: $2A + B \rightarrow 2C + 3D$ برابر 1 mol.s^{-1} است. سرعت کلی واکنش، سرعت تولید D، سرعت مصرف A و B به

ریاضی داخل ۹۱

ترتیب، برابر چند mol.s^{-1} است؟
 (۱) 0.5 و 1.5 ، (۲) 2 و 1.5 ، (۳) 2 ، 1.5 و 0.5 ، (۴) 0.5 ، 1.5 و 0.5

پاسخ: با استفاده از رابطه مقابل می‌توان نوشت:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_C}{\text{ضریب C}} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\bar{R}_D = \frac{3}{2} \bar{R}_C = \frac{3}{2} \times 1 = 1.5 \text{ mol.s}^{-1}, \bar{R}_A = \bar{R}_C = 1 \text{ mol.s}^{-1}, \bar{R}_B = \frac{1}{2} \bar{R}_C = 0.5 \text{ mol.s}^{-1} \Rightarrow \text{ک}$$

۲) برای کدام یک از واکنش‌های زیر، می‌توان میان سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها رابطه $3\bar{R}_A = 2\bar{R}_B = \bar{R}_C$ را نوشت؟

(۱) $2B \rightarrow 3A + 6C$ (۲) $3A + 2B \rightarrow C$ (۳) $3B \rightarrow 2A + C$ (۴) $6C \rightarrow 2A + 3B$

پاسخ: در معادله واکنش: $aA + bB \rightarrow cC + dD$ میان سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها و ضرایب استوکیومتری آن‌ها رابطه:

برقرار است. از این‌رو، ابتدا طرفین رابطه ارائه‌شده در صورت تست را بر عدد ۶ تقسیم می‌کنیم تا ضرایب استوکیومتری

$$\frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$$

A، B و C مشخص شوند.

$$(3\bar{R}_A = 2\bar{R}_B = \bar{R}_C) \times \frac{1}{6} \Rightarrow \frac{\bar{R}_A}{2} = \frac{\bar{R}_B}{3} = \frac{\bar{R}_C}{6}$$

رابطه اخیر نشان می‌دهد که در معادله واکنش ضرایب استوکیومتری A، B و C می‌تواند به ترتیب برابر ۲، ۳ و ۶ باشد. تنها واکنشی که این ضرایب در آن رعایت شده، واکنش گزینه (۴) است.

۳) کدام یک از مطالب زیر، در مورد واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید که در یک سامانه باز در دما و فشار اتاق انجام می‌شود، نادرست است؟

(۱) با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود.

(۲) مجموع ضرایب مولی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها با هم برابر است.

(۳) سرعت متوسط تولید هر کدام از فراورده‌ها با سرعت واکنش برابر است.

(۴) سرعت متوسط مصرف کلسیم کربنات، دو برابر سرعت متوسط مصرف واکنش‌دهنده دیگر است.

پاسخ: معادله واکنش موردنظر به صورت مقابل است:

$$\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$$

بررسی همشون:

(۱) با خروج گاز CO_2 از ظرف واکنش، از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود.

(۲) $3 = \text{مجموع ضرایب مولی فراورده‌ها} = \text{مجموع ضرایب مولی واکنش‌دهنده‌ها}$

(۳) ضریب استوکیومتری هر کدام از فراورده‌ها برابر یک است. بنابراین سرعت متوسط تولید هر کدام از فراورده‌ها با سرعت واکنش برابر است.

(۴) سرعت متوسط مصرف CaCO_3 ، نصف واکنش‌دهنده دیگر یعنی HCl است:

$$\frac{\bar{R}_{\text{CaCO}_3}}{\text{ضریب CaCO}_3} = \frac{\bar{R}_{\text{HCl}}}{\text{ضریب HCl}} \Rightarrow \bar{R}_{\text{CaCO}_3} = \frac{1}{2} \bar{R}_{\text{HCl}}$$

بنابراین گزینه (۴) پاسخ تست است.

بتم ۹۷ سرعت واکنش و انواع یکای آن

۱) همان‌طور که گفتیم و شنیدیم! سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت‌کننده در واکنش را می‌توان بر حسب تغییر تعداد مول‌های آن‌ها در بازه زمانی معین بیان کرد. در نتیجه، سرعت مصرف یا تولید مواد گازی (g)، محلول (aq)، مایع خالص (l) و جامد (s) را می‌توان بر حسب mol.s^{-1} ، mol.min^{-1} ، mol.h^{-1} و ... بیان کرد.

هواست باشه با تقسیم سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده شرکت‌کننده، بر ضریب استوکیومتری آن در معادله موازنه‌شده، سرعت واکنش به دست می‌آید.

واکنش $aA \rightarrow bB$ را در نظر بگیرید، می‌توان نوشت:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}(A)}{a} = \frac{\bar{R}(B)}{b}$$

با توجه به این‌که $\bar{R}(A) = \frac{-\Delta n(A)}{\Delta t}$ و $\bar{R}(B) = \frac{\Delta n(B)}{\Delta t}$ است، رابطه فوق به صورت زیر بازآرایی می‌شود:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{-\Delta n(A)}{a\Delta t} = \frac{+\Delta n(B)}{b\Delta t}$$

مثال: در واکنش $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ روابط زیر برقرار است:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}(H_2O_2)}{2} = \frac{\bar{R}(H_2O)}{2} = \frac{\bar{R}(O_2)}{1} \Rightarrow R_{\text{واکنش}} = \frac{-\Delta n(H_2O_2)}{2\Delta t} = \frac{\Delta n(H_2O)}{2\Delta t} = \frac{\Delta n(O_2)}{\Delta t}$$

۲) خواندیم که غلظت مواد جامد (s) و مایع خالص (l) ثابت است و تغییر نمی‌کند. بنابراین نمی‌توان سرعت تولید یا مصرف شدن مواد جامد و مایع خالص را بر حسب تغییر غلظت بیان کرد. در عوض! هرگاه مواد شرکت‌کننده یک واکنش به حالت گاز (g) یا محلول (aq) باشند، می‌توان سرعت تولید یا مصرف آن را بر حسب تغییر غلظت بیان نمود. **نتیجه‌گیری** سرعت مصرف یا تولید مواد گازی (g) و محلول (aq) را می‌توان بر حسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ، $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ و ... به دست آورد.

هواست باشد واکنش $aA \rightarrow bB$ را که در حالت گازی یا محلول انجام می‌شود، در نظر بگیرید، می‌توان نوشت:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}(A)}{a} = \frac{\bar{R}(B)}{b} \xrightarrow{\bar{R}(A) = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t}, \bar{R}(B) = \frac{\Delta[B]}{\Delta t}} R_{\text{واکنش}} = \frac{-\Delta[A]}{a\Delta t} = \frac{+\Delta[B]}{b\Delta t}$$

مثال: در واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز که به صورت: $C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$ است، می‌توان نوشت:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}(C_6H_{12}O_6)}{1} = \frac{\bar{R}(C_2H_5OH)}{2} = \frac{\bar{R}(CO_2)}{2} \Rightarrow R_{\text{واکنش}} = \frac{-\Delta[C_6H_{12}O_6]}{\Delta t} = \frac{+\Delta[C_2H_5OH]}{2\Delta t} = \frac{+\Delta[CO_2]}{2\Delta t}$$

۳) تغییر حجم در مواد جامد (s)، مایع (l) و محلول (aq) چندان محسوس و قابل اندازه‌گیری نیست. از این رو نمی‌توان سرعت تولید یا مصرف آن‌ها را بر حسب حجم بیان کرد. در عوض! هرگاه واکنش‌دهنده یا فراورده یک واکنش به حالت گاز (g) باشد، می‌توان سرعت تولید یا مصرف شدن آن را بر حسب تغییر حجم بیان کرد. **نتیجه‌گیری** سرعت مصرف یا تولید مواد گازی (g) را می‌توان بر حسب L.min^{-1} ، L.s^{-1} ، mL.min^{-1} ، mL.s^{-1} و ... بیان کرد.

هواست باشد واکنش گازی $aA \rightarrow bB$ را در نظر بگیرید، می‌توان نوشت:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}(A)}{a} = \frac{\bar{R}(B)}{b} \xrightarrow{\bar{R}(A) = \frac{-\Delta V(A)}{\Delta t}, \bar{R}(B) = \frac{\Delta V(B)}{\Delta t}} R_{\text{واکنش}} = \frac{-\Delta V(A)}{a\Delta t} = \frac{+\Delta V(B)}{b\Delta t}$$

مثال: در معادله واکنش $2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) + 2H_2O(g)$ روابط زیر برقرار است:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}(H_2S)}{2} = \frac{\bar{R}(O_2)}{3} = \frac{\bar{R}(SO_2)}{2} = \frac{\bar{R}(H_2O)}{2} \Rightarrow R_{\text{واکنش}} = \frac{-\Delta V(H_2S)}{2\Delta t} = \frac{-\Delta V(O_2)}{3\Delta t} = \frac{+\Delta V(SO_2)}{2\Delta t} = \frac{+\Delta V(H_2O)}{2\Delta t}$$

جمع‌بندی با توجه به مطالب بیان شده، می‌توان سرعت واکنش‌ها را به سه طریق مختلف محاسبه کرد:

- ← بر حسب تغییر مول $\left(\frac{\Delta n}{\Delta t}\right)$ قابل استفاده برای گازها (g)، جامدات (s)، مایعات (l) و محلول‌های آبی (aq)
- ← بر حسب تغییر غلظت $\left(\frac{\Delta []}{\Delta t}\right)$ قابل استفاده برای گازها (g) و محلول‌های آبی (aq)
- ← بر حسب تغییر حجم $\left(\frac{\Delta V}{\Delta t}\right)$ قابل استفاده برای فقط گازها (g)

تمرین‌ها

۱) در واکنش: $NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(g)$ ، در یک بازه زمانی معین، کدام تساوی، پس از موازنه واکنش درست است؟

$$\frac{\Delta[NH_3]/\Delta t}{NH_3 \text{ ضریب استوکیومتری}} = \frac{\Delta[N_2]/\Delta t}{N_2 \text{ ضریب استوکیومتری}} \quad (۲) \qquad \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[H_2O]}{2\Delta t} \quad (۱)$$

$$\frac{3\Delta[NH_3]}{\Delta t} = \frac{4\Delta[O_2]}{\Delta t} \quad (۴) \qquad \frac{\Delta[N_2]}{\Delta t} = \frac{3\Delta[H_2O]}{\Delta t} \quad (۳)$$

پاسخ: معادله موازنه‌شده واکنش موردنظر به صورت مقابل است:

$$\frac{\bar{R}_{NH_3}}{4} = \frac{\bar{R}_{O_2}}{3} \Rightarrow \frac{-\Delta[NH_3]}{4\Delta t} = \frac{-\Delta[O_2]}{3\Delta t} \Rightarrow \frac{3\Delta[NH_3]}{\Delta t} = \frac{4\Delta[O_2]}{\Delta t}$$

شکل درست گزینه‌های نادرست به صورت مقابله:

$$۱) \frac{-\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[H_2O]}{2\Delta t} \quad ; \quad ۲) \frac{-\Delta[NH_3]/\Delta t}{NH_3 \text{ ضریب استوکیومتری}} = \frac{\Delta[N_2]/\Delta t}{N_2 \text{ ضریب استوکیومتری}} \quad ; \quad ۳) \frac{\Delta[N_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[H_2O]}{3\Delta t}$$

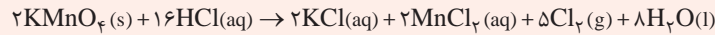
$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_C}{C \text{ ضریب}} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\bar{R}_D = \frac{3}{2} \bar{R}_C = \frac{3}{2} \times 0.5 = 0.75 \text{ mol.s}^{-1}, \quad \bar{R}_A = \bar{R}_C = 0.5 \text{ mol.s}^{-1}, \quad \bar{R}_B = \frac{1}{2} \bar{R}_C = 0.25 \text{ mol.s}^{-1} \Rightarrow ۴)$$

۱) کدام تساوی‌های زیر درباره واکنش: $\text{KMnO}_4(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{MnCl}_2(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ، پس از موازنه، نادرست است؟

$$\begin{array}{ll} \frac{\Delta[\text{HCl}]}{\Delta t} = \frac{8\Delta[\text{MnCl}_2]}{\Delta t} \quad (\text{ب}) & \frac{8\Delta n(\text{Cl}_2)}{\Delta t} = \frac{5\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{\Delta t} \quad (\text{آ}) \\ \frac{8\Delta[\text{KMnO}_4]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{HCl}]}{\Delta t} \quad (\text{ت}) & R_{\text{واکنش}} = \frac{\Delta n[\text{KCl}]}{2\Delta t} \quad (\text{پ}) \end{array}$$

(۱) (ب) و (ت) (۲) فقط (ت) (۳) (ب)، (پ) و (آ) (۴) (آ) و (ب)



پاسخ: اول از همه معادله موازنه شده!

بررسی همشون:

$$\frac{\bar{R}(\text{Cl}_2)}{5} = \frac{\bar{R}(\text{H}_2\text{O})}{8} \Rightarrow \frac{\Delta n(\text{Cl}_2)}{5\Delta t} = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{8\Delta t} \Rightarrow \frac{8\Delta n(\text{Cl}_2)}{\Delta t} = \frac{5\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{\Delta t}$$

(آ) درست:

$$\frac{\bar{R}(\text{HCl})}{16} = \frac{\bar{R}(\text{MnCl}_2)}{2} \Rightarrow \frac{-\Delta[\text{HCl}]}{16\Delta t} = \frac{\Delta[\text{MnCl}_2]}{2\Delta t} \Rightarrow \frac{-\Delta[\text{HCl}]}{\Delta t} = \frac{8\Delta[\text{MnCl}_2]}{\Delta t}$$

(ب) نادرست:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}(\text{KCl})}{2} = \frac{\Delta n(\text{KCl})}{2\Delta t}$$

(پ) درست:

(ت) نادرست - واسا واسا! KMnO_4 یک ماده جامد (s) است و تغییر غلظت آن برابر صفر است. بنابراین گزینه (۱) درست است.

بخش ۹۸ مسائل سرعت (سری اول)

شفاف‌سازی: برای رعایت حال شما! مسائل مربوط به سرعت و واکنش و ایزای اون رو به پنج دسته میزنا تفکیک کردیم تا راحت تر با مسائل برفور کنی، توی این بسته، با اولین سری از مسائل سرعت آشنا میشیم که آگه بتوانی فیلی بهوتون حال برون و کنگور آسون بشه، ممکنه ارزش سوال بیار ولی دلیل نمیشه این بسته رو نفوتی! در سری اول مسائل سرعت که ساده‌ترین نوع آن است، اطلاعات (جرم، مول، غلظت یا حجم) مربوط به یک ماده شرکت‌کننده در واکنش داده می‌شود و سرعت تولید یا مصرف همان ماده خواسته می‌شود. در این سری از مسائل سرعت، نیازی به نوشتن معادله واکنش و موازنه آن نیست و فقط باید حواستان به تبدیل یکاها باشد.

تمرین‌ها

۱) مقداری $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_9$ را در ظرف یک لیتری گرم می‌کنیم. پس از ۳ دقیقه 0.08 مول و پس از ۵ دقیقه از آغاز واکنش 0.03 مول از آن تجزیه نشده باقی می‌ماند. سرعت متوسط تجزیه شدن آن در این فاصله زمانی چند مول بر دقیقه است؟

(۱) 0.030 (۲) 0.025 (۳) 0.020 (۴) 0.015

پاسخ: در این تست، تعداد مول $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_9$ در زمان‌های مختلف گزارش شده و سرعت تجزیه شدن $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_9$ خواسته شده است. بنابراین نیازی به نوشتن معادله واکنش تجزیه $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_9$ نداریم.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta n_{\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_9} = n_2 - n_1 = 0.03 - 0.08 = -0.05 \text{ mol} \\ \Delta t = t_2 - t_1 = 5 - 3 = 2 \text{ min} \end{array} \right\} \bar{R}_{\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_9} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{-0.05}{2} = 0.025 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \text{گ۲}$$

۲) مقدار 0.48 گرم فلز منیزیم در مدت ۵ ثانیه در هیدروکلریک اسید از بین می‌رود. سرعت متوسط از بین رفتن منیزیم چند مول بر دقیقه است؟

(۱) 0.04 (۲) 0.24 (۳) 0.02 (۴) $1/2$ ($\text{Mg} = 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

پاسخ: جرم منیزیم مصرفی گزارش شده و سرعت از بین رفتن منیزیم خواسته شده است. پس نیازی به نوشتن معادله واکنش منیزیم با هیدروکلریک اسید نیست، ولی باید جرم منیزیم به مول و ثانیه به دقیقه تبدیل شود.

$$\left. \begin{array}{l} 0.48 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol}}{24 \text{ g}} = 0.02 \text{ mol Mg} \Rightarrow \Delta n = -0.02 \text{ mol Mg} \\ \Delta t = 5 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{1}{12} \text{ min} \end{array} \right\} \bar{R}_{\text{Mg}} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{-0.02 \text{ mol}}{\frac{1}{12} \text{ min}} = 0.24 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \text{گ۲}$$

۳) یک تکه قند را داخل 0.5 لیتر آب انداخته و مخلوط را هم می‌زنیم. پس از گذشت 0.2 دقیقه، غلظت محلول $2/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ می‌شود. سرعت انحلال این تکه قند در دمای آزمایش برحسب مول بر ثانیه کدام است؟ (از تغییر حجم صرف نظر می‌شود)

(۱) 0.1 (۲) 0.2 (۳) 0.3 (۴) 0.4

پاسخ: غلظت $2/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ محلول نشان می‌دهد که در هر لیتر از این محلول، $2/4 \text{ mol}$ قند حل شده است. با توجه به این که حجم محلول به تقریب 0.5 لیتر

است، می‌توان مقدار مول حل شده قند را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$\left. \begin{array}{l} \text{حجم محلول} \times \text{غلظت مولی} = 2/4 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0.5 \text{ L} = 1/2 \text{ mol} \Rightarrow \Delta n = -1/2 \text{ mol} \\ \Delta t = 0.2 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 12 \text{ s} \end{array} \right\} \bar{R}_{\text{انحلال}} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{-1/2 \text{ mol}}{12 \text{ s}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \text{گ۱}$$

بتم ۹۹ مسائل سرعت (سری دوم)

در سری دوم مسائل سرعت، اطلاعات (جرم، مول، غلظت یا حجم) مربوط به یک ماده شرکت‌کننده در واکنش داده می‌شود، ولی سرعت تولید یا مصرف ماده‌ای دیگر یا سرعت واکنش خواسته می‌شود. برای حل این نوع مسائل، باید معادله موازنه‌شده واکنش نوشته شود. ضمن این‌که باید مانند مسائل سری اول حواستان به تبدیل یکاها نیز باشد. برای تبدیل یکاهای رایج در مسائل، می‌توانید از تناسب‌های زیر استفاده کنید. با این تناسب‌ها در سال دهم آشنا شده‌اید. در واقع، مسائل سرعت سری دوم، ترکیبی از مسائل سینتیک و استوکیومتری است.

$$\frac{\text{میلی لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{1000 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{میلی لیتر گاز (STP)}}{22400 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{22.4 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم}} = \frac{\text{اتم گرم یا مولکول گرم}}{\text{اتم یا مولکول}} = \frac{\text{اتم یا مولکول}}{\text{ضریب} \times N_A}$$

توجه منظور از ضریب در تناسب‌های موردنظر، ضریب استوکیومتری ماده موردنظر در معادله موازنه‌شده است.

توجه صورت کسرهای از صورت مسأله خوانده می‌شود و ضرایب استوکیومتری موجود در معادله موازنه‌شده دیده می‌شود.

نکته اگر ماده به‌کار رفته در واکنش ناخالص باشد، کافی است درصد خلوص $\left(\frac{P}{100}\right)$ گزارش شده را در مقدار ماده ناخالص ضرب کنید.

نکته اگر بازده درصدی واکنش ۱۰۰ درصد نباشد، کافی است بازده درصدی $\left(\frac{R}{100}\right)$ را در صورت کسر مربوط به واکنش دهنده ضرب کنید.

تمرین‌ها

۱) اگر در واکنش سوختن کامل بوتان، غلظت مولی CO_2 در پایان ثانیه ۵، برابر $2/1 \times 10^{-2}$ و در پایان ثانیه ۱۲۰، برابر $25/1 \times 10^{-2}$ مول بر لیتر باشد، سرعت متوسط مصرف بوتان در فاصله بین این دو زمان، برابر چند مول بر لیتر بر ثانیه است؟

۱) 2×10^{-2} (۱) ۲) 2×10^{-3} (۲) ۳) 5×10^{-3} (۳) ۴) 5×10^{-4} (۴)

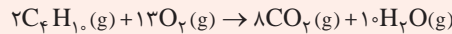
پاسخ: ابتدا سرعت تولید شدن CO_2 را در فاصله زمانی داده شده به دست می‌آوریم:

$$\Delta[\text{CO}_2] = M_2 - M_1 = (25/1 \times 10^{-2}) - (2/1 \times 10^{-2}) = 0.23 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 120 - 5 = 115 \text{ s}$$

$$\bar{R}_{\text{CO}_2} = + \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{\Delta t} = \frac{0.23 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{115 \text{ s}} = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

معادله موازنه‌شده واکنش موردنظر به صورت زیر است:



$$\frac{\bar{R}_{\text{CO}_2}}{8} = \frac{\bar{R}_{\text{C}_4\text{H}_{10}}}{2} \Rightarrow \frac{0.002}{4} = \frac{\bar{R}_{\text{C}_4\text{H}_{10}}}{1} \Rightarrow \bar{R}_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \text{گ}$$

۲) $1/35$ گرم گلوکز در مدت ۷۵ ثانیه در واکنش تخمیر بی‌هوازی مصرف شده است. سرعت متوسط تولید گاز CO_2 با چگالی $1/1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ برحسب $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ کدام است؟ ($\text{O} = 16, \text{C} = 12, \text{H} = 1; \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

۱) 0.64 (۱) ۲) 0.48 (۲) ۳) 0.88 (۳) ۴) 1.04 (۴)

پاسخ: ابتدا با استفاده از جرم $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ، حجم CO_2 تولیدی را به دست می‌آوریم:



$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز} \times \text{چگالی گاز}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/35 \text{ g} \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{1 \times 180} = \frac{x \text{ L} \times 1/1 \frac{\text{g}}{\text{L}} \text{ CO}_2}{2 \times 44} \Rightarrow x = 0.6 \text{ L CO}_2$$

حالا می‌توان نوشت:

$$t = 75 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1.25 \text{ min}$$

$$R(\text{CO}_2) = \frac{\Delta V(\text{CO}_2)}{\Delta t} = \frac{0.6 \text{ L}}{1.25 \text{ min}} = 0.48 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \text{گ}$$

۳) اگر در واکنش سوختن کامل اتانول، پس از ۵۰ ثانیه، مقدار $5/6$ لیتر گاز کربن دی‌اکسید در شرایط STP تولید شود، سرعت متوسط مصرف اکسیژن در این واکنش، چند مول بر دقیقه است؟

۱) 0.25 (۱) ۲) $10/32$ (۲) ۳) 0.42 (۳) ۴) 0.45 (۴)

پاسخ: ابتدا باید ببینیم، به‌ازای تولید $5/6$ لیتر گاز کربن دی‌اکسید چند مول اکسیژن مصرف می‌شود.



$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{\text{ضریب} \times 22.4} \Rightarrow \frac{x \text{ mol O}_2}{3} = \frac{5/6 \text{ L CO}_2}{2 \times 22.4} \Rightarrow x = 0.375 \text{ mol O}_2 \text{ (مصرف می‌شود)} \Rightarrow \Delta n = -0.375 \text{ mol O}_2$$

$$\bar{R}_{\text{O}_2} = - \frac{\Delta n}{\Delta t} = - \frac{-0.375 \text{ mol}}{50 \text{ min}} = 0.45 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \text{گ}$$

۴) ۴۵/۴۵ گرم نمونه ناخالص A که دارای ۶۰٪ ناخالصی است، مطابق معادله: $4A(s) \rightarrow 2B(s) + 2C(g) + 5D(g)$ تجزیه می‌شود. اگر واکنش در ۴ دقیقه انجام شود و چگالی گاز D برابر ۰/۵ گرم بر لیتر باشد، سرعت متوسط تولید گاز C چند لیتر بر دقیقه است؟ ($A = 101, D = 32 : g \cdot mol^{-1}$)

۵/۴ (۱) ۲/۱۶ (۲) ۳/۶ (۳) ۱/۴۴ (۴)

پاسخ: ماده A دارای ۶۰٪ ناخالصی است، پس خلوص آن برابر ۴۰٪ است.

$$\frac{A \text{ گرم ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز} \times \text{چگالی گاز}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{45/45 \text{ g A (ناخالص)} \times \frac{40}{100}}{4 \times 101} = \frac{x \text{ LD} \times 0.5 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{5 \times 32} \Rightarrow x = 14/4 \text{ LD}$$

$$\bar{R}_D = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{14/4 \text{ L}}{4 \text{ min}} = 3/6 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_C}{\text{ضریب C}} = \frac{\bar{R}_D}{\text{ضریب D}} \Rightarrow \frac{\bar{R}_C}{2} = \frac{3/6}{5} \Rightarrow \bar{R}_C = 14/4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow ۴$$

بتم ۱۰۰ مسائل سرعت (سری سوم)

در سری سوم مسائل سرعت برخلاف دو سری قبل، مقدار عددی سرعت گزارش می‌شود و در عوض از شما می‌خواهند که مقدار اولیه یا نهایی ماده مورد نظر، زمان انجام واکنش، حجم ظرف و یا ... را محاسبه کنید. در این سری از مسائل نیز اگر معلوم و مجهول مسأله متعلق به یک ماده باشد، مانند سری اول نیازی به نوشتن معادله واکنش نیست. ولی اگر معلوم مسأله مربوط به یک ماده و مجهول آن مربوط به ماده دیگری باشد، مانند سری دوم، باید معادله موازنه‌شده واکنش نوشته شود. در ضمن، مانند تمام مسائلی که تاکنون از مبحث سینتیک حل کردیم، باید حواستان به تبدیل یکاها نیز باشد.

تمرین‌ها

۱) ۴۵٪ مول هیدروژن پراکسید در سامانه بسته‌ای در حال تجزیه شدن است. در صورتی که سرعت متوسط مصرف هیدروژن پراکسید در ۲۰ ثانیه آغازی واکنش برابر $0.02 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$ باشد، پس از این مدت چند مول هیدروژن پراکسید در ظرف وجود خواهد داشت؟

۰/۵ (۱) ۰/۰۴ (۲) ۰/۰۲ (۳) ۰/۴ (۴)

پاسخ: معلوم و مجهول مسأله، هر دو مربوط به هیدروژن پراکسید است، پس نیازی به نوشتن معادله واکنش نیست.

$$\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}_2} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.02 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1} = -\frac{\Delta n}{20 \text{ s}} \Rightarrow \Delta n = -0.4 \text{ mol}$$

$$\Delta n = n_2 - n_1 \Rightarrow -0.4 = n_2 - 0.45 \Rightarrow n_2 = 0.05 \text{ mol H}_2\text{O}_2 \Rightarrow ۵$$

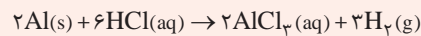
۲) اگر سرعت متوسط مصرف آلومینیم در واکنش با هیدروکلریک اسید در شرایط آزمایش برابر ۰/۱ مول بر دقیقه باشد، پس از ۳۰ ثانیه چند گرم هیدروژن آزاد می‌شود؟ ($H = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

۰/۱۵ (۱) ۰/۳۰ (۲) ۲/۷ (۳) ۴/۵ (۴)

پاسخ: ابتدا باید ببینیم پس از ۳۰ ثانیه (۰/۵ دقیقه) چند مول Al مصرف می‌شود.

$$\bar{R}_{\text{Al}} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{min}} = -\frac{\Delta n}{0.5 \text{ min}} \Rightarrow \Delta n = -0.05 \text{ mol Al}$$

اکنون باید ببینیم در ازای مصرف شدن ۰/۰۵ مول Al، چند گرم H_2 آزاد می‌شود.



$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.05 \text{ mol Al}}{2} = \frac{x \text{ g H}_2}{3 \times 2} \Rightarrow x = 0.15 \text{ g H}_2 \Rightarrow ۱۵$$

۳) با توجه به واکنش گازی: $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{SO}_3(g)$ ، که در یک ظرف سر بسته ۲ لیتری در دمای ثابت با سرعت متوسط $2 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ بر حسب مصرف SO_2 انجام می‌گیرد، پس از ۱۰ دقیقه، چند مول گاز SO_3 آزاد می‌شود؟

۲/۴ × ۱۰^{-۴} (۱) ۲/۴ × ۱۰^{-۳} (۲) ۲/۶ × ۱۰^{-۲} (۳) ۲/۶ × ۱۰^{-۴} (۴)

$$\bar{R}_{\text{SO}_2} = -\frac{\Delta[\text{SO}_2]}{\Delta t} \Rightarrow 2 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = -\frac{\Delta[\text{SO}_2]}{10 \times 60 \text{ s}} \Rightarrow \Delta[\text{SO}_2] = -1/2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

پاسخ:

عدد به دست آمده نشان می‌دهد، پس از ۱۰ دقیقه به اندازه $1/2 \times 10^{-3}$ مول بر لیتر از غلظت SO_2 کاسته می‌شود. با توجه به حجم ظرف، اکنون مول مصرف شده SO_2 را به دست می‌آوریم:

$$\text{مول مصرف شده } \text{SO}_2 = 1/2 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 2 \text{ L} = 1/4 \times 10^{-3} \text{ mol SO}_2$$

مول گاز SO_3 آزاد شده نیز به صورت زیر به دست می‌آید:

$$? \text{ mol SO}_3 = 1/4 \times 10^{-3} \text{ mol SO}_2 \times \frac{1 \text{ mol SO}_3}{1 \text{ mol SO}_2} = 1/4 \times 10^{-3} \text{ mol SO}_3 \Rightarrow ۴$$

۴ اگر در واکنش: $2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$ که در یک ظرف ۱۰ لیتری سر بسته انجام می‌گیرد، سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن برابر

$0.0005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ باشد، چند دقیقه طول می‌کشد تا ۱۳۸ گرم نیتروژن دی‌اکسید به طور کامل تجزیه شود؟ ($O=16, N=14: \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

- ۱۰ (۱) ۵ (۲)
۴ (۳) ۸ (۴)

پاسخ: به کمک سرعت تولید اکسیژن، سرعت مصرف NO_2 را به دست می‌آوریم. ابتدا یکای سرعت تولید اکسیژن را از $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ به $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ تبدیل می‌کنیم:

$$\bar{R}_{O_2} = 0.0005 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}} \times 10 \text{L} = 0.005 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{NO_2}}{\text{ضریب } NO_2} = \frac{\bar{R}_{O_2}}{\text{ضریب } O_2} \Rightarrow \frac{\bar{R}_{NO_2}}{2} = \frac{0.005}{1} \Rightarrow \bar{R}_{NO_2} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$? \text{ mol } NO_2 = 138 \text{ g } NO_2 \times \frac{1 \text{ mol } NO_2}{46 \text{ g } NO_2} = 3 \text{ mol } NO_2 \Rightarrow \Delta n = -3 \text{ mol } NO_2$$

$$\bar{R}_{NO_2} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.01 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1} = -\frac{-3 \text{ mol}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 300 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 5 \text{ min} \Rightarrow \text{گ}$$

بتم ۱۰۱ مسائل سرعت (سری چهارم)

در این سری از مسائل سرعت باید اطلاعات لازم برای حل مسأله را از داده‌های یک نمودار، جدول یا شکل استخراج کنید. نکات زیر را در مورد این سری از مسائل به خاطر بسپارید.

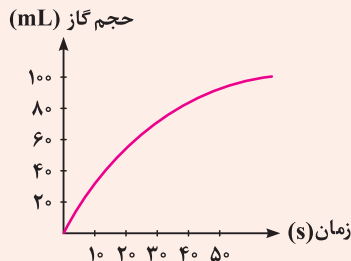
۱ چنانچه در صورت سؤال، بازه زمانی برای محاسبه سرعت داده شود، به کمک جدول یا نمودار ارائه شده، تغییر مول (Δn)، تغییر غلظت (ΔM) یا تغییر حجم (ΔV) را در بازه داده شده به دست می‌آوریم.

تمرین

با توجه به شکل مقابل، سرعت واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ در فاصله زمانی بین ۲۰ تا

۳۵ ثانیه برحسب میلی‌لیتر بر ثانیه، به کدام عدد نزدیک تر است؟

- ۰/۵۰ (۱)
۰/۶۶ (۲)
۱/۳۳ (۳)
۲/۱۰ (۴)



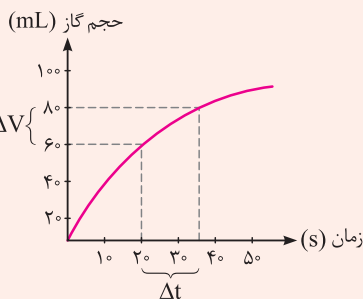
پاسخ: نمودار صعودی است، پس متعلق به فرآورده (NH_3) می‌باشد. به کمک نمودار، ΔV فرآورده را در بازه زمانی داده شده به دست می‌آوریم.

$$t_1 = 20 \text{ s} \rightarrow V_1 = 60 \text{ mL}$$

$$t_2 = 35 \text{ s} \rightarrow V_2 = 80 \text{ mL}$$

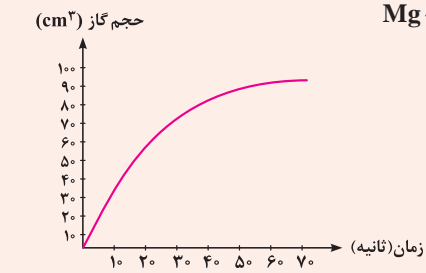
$$\bar{R}_{NH_3} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{(80 - 60) \text{ mL}}{(35 - 20) \text{ s}} = \frac{20}{15} = 1.33 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_{NH_3}}{\text{ضریب } NH_3} = \frac{1.33}{2} = 0.66 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \text{گ}$$



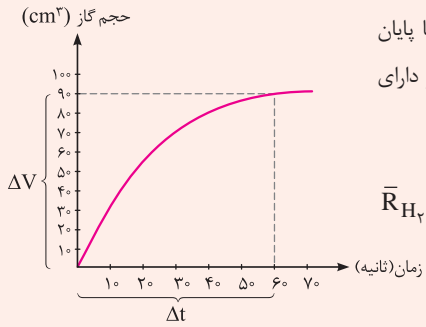
۲ چنانچه در صورت تست، بازه زمانی برای محاسبه سرعت مشخص نشود، بنا به قرارداد باید سرعت را از آغاز تا پایان واکنش محاسبه کنید. آغاز واکنش لحظه $t = 0$ است و پایان واکنش جایی است که نمودار دارای مجانب افقی می‌شود. افقی شدن نمودار نشان می‌دهد که تولید یا مصرف شدن ماده متوقف شده و واکنش به پایان رسیده است.

تمرین



با توجه به شکل مقابل، سرعت متوسط تولید گاز هیدروژن در واکنش $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$ چند $cm^3 \cdot s^{-1}$ است؟

- ۱/۵ (۱)
- ۱/۲ (۲)
- ۰/۹۵ (۳)
- ۰/۶۵ (۴)



پاسخ: در این تست، بازه زمانی برای محاسبه سرعت مشخص نشده است. پس باید سرعت را از آغاز تا پایان واکنش محاسبه کنیم. آغاز واکنش لحظه $t = 0$ است و پایان واکنش لحظه $t = 60s$ می‌باشد که نمودار دارای مجانب افقی شده است.

$$\bar{R}_{H_2} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{(90 - 0)cm^3}{(60 - 0)s} = 1.5 cm^3 \cdot s^{-1} \Rightarrow \text{گ}$$

۳ اگر داده‌های مسأله به جای نمودار در یک جدول گزارش شد، نخستین لحظه‌ای که مقدار ماده موردنظر بدون تغییر بماند، لحظه پایان واکنش است.

تمرین

| | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|
| زمان (ثانیه) | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ |
| حجم گاز تولیدشده (لیتر) | ۳۵ | ۶۰ | ۷۵ | ۷۵ |

حجم گاز هیدروژن حاصل از واکنش کلسیم با آب نسبت به زمان مطابق داده‌های جدول مقابل است. سرعت متوسط تولید آن برحسب لیتر بر ثانیه کدام است؟

- ۱/۵ (۴)
- ۱/۸۷۵ (۳)
- ۳/۵ (۲)
- ۲/۵ (۱)

پاسخ: بازه زمانی برای محاسبه سرعت مشخص نشده است، پس باید سرعت را از آغاز تا پایان واکنش محاسبه کنیم. پایان واکنش لحظه $t = 30s$ است. زیرا همانطور که از جدول پیداست، پس از ثانیه سی‌ام، حجم گاز بدون تغییر مانده که نشانه توقف واکنش است و آغاز واکنش لحظه $t = 0$ است. لازم به ذکر است که در لحظه $t = 0$ حجم فرآورده نیز برابر صفر است. در واقع، هنگام شروع واکنش، فرآورده‌ای در ظرف وجود ندارد. به بیان دیگر، شکل کامل‌تر جدول ارائه شده در صورت تست به صورت زیر است:

| | | | | | |
|-------------------------|---|----|----|----|----|
| زمان (ثانیه) | ۰ | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ |
| حجم گاز تولیدشده (لیتر) | ۰ | ۳۵ | ۶۰ | ۷۵ | ۷۵ |

$$\bar{R}_{H_2} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{(75 - 0)L}{(30 - 0)s} = 2.5 L \cdot s^{-1} \Rightarrow \text{گ}$$

بتم ۱۰۲ مسائل سرعت (سری پنجم)

برخی واکنش‌های شیمیایی به‌گونه‌ای انجام می‌شوند که در هر بازه زمانی معین، مقدار واکنش دهنده نصف می‌شود. دو رابطه زیر را برای این‌گونه واکنش‌ها به‌خاطر بسپارید.

$$n = \frac{\text{مقدار اولیه}}{\text{مقدار باقی مانده}}$$

n : تعداد دفعاتی که مقدار ماده نصف می‌شود.

$$\Delta t = n \times T_{\frac{1}{2}}$$

Δt : کل زمان انجام واکنش

$T_{\frac{1}{2}}$: زمان لازم برای هر بار نصف شدن مقدار ماده

تمرین

در واکنش $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ در هر ۹۰ دقیقه غلظت آب اکسیژنه نصف می‌شود. اگر غلظت اولیه آب اکسیژنه برابر $2 mol \cdot L^{-1}$ باشد، پس از گذشت ۴/۵ ساعت از شروع واکنش، غلظت آب اکسیژنه چند مول بر لیتر خواهد بود؟

- ۰/۲۵ (۱)
- ۰/۵ (۲)
- ۰/۷۵ (۳)
- ۱ (۴)

$$\Delta t = 4.5 h \times \frac{60 \text{ min}}{1 h} = 270 \text{ min}$$

پاسخ:

$$\Delta t = n \times T_{\frac{1}{2}} \Rightarrow 270 = n \times 90 \Rightarrow n = 3$$

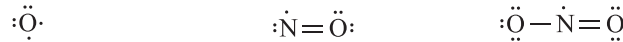
$$n = \frac{\text{مقدار اولیه}}{\text{مقدار باقی مانده}} \Rightarrow 3 = \frac{2 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{\text{مقدار باقی مانده}} \Rightarrow \text{مقدار باقی مانده} = \frac{2}{2^3} = \frac{2}{8} = 0.25 \text{ mol} \cdot L^{-1} \Rightarrow \text{گ}$$

رادیکال‌ها و بازدارنده‌ها

۱ **رادیکال:** به گونه‌ای پرنانرژی و ناپایدار که در ساختار خود، یک یا چند الکترون جفت‌نشده دارد، رادیکال می‌گویند. در واقع رادیکال محتوی اتم یا اتم‌هایی است که از قاعده هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند. **فیلی تابلوئه** که محتوای انرژی رادیکال‌ها بیشتر از مولکول‌ها بوده و واکنش‌پذیری بالایی دارند.

۲ در یک رادیکال، مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت اتم (ها) می‌تواند زوج یا فرد باشد **آفه میرونی** **پرا اینو میلم؟ بعضیا فکر می‌کنن که هتماً مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت رادیکال‌ها باید عددی فرد باشد که اصلاً و ابداً درست نیست**، در واقع به موهوری! رادیکال می‌گوییم که اتم یا اتم‌های آن، یک یا چند الکترون جفت‌نشده دارند، **والسلام!**

مثال: هر کدام از گونه‌های O، NO، NO_۲، یک رادیکال محسوب می‌شوند، زیرا یک یا چند الکترون جفت‌نشده دارند. همانطور که در ساختار لوویس این سه گونه می‌بینید، مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت NO و NO_۲ عددی فرد ولی در اتم اکسیژن، مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت عددی زوج است.



گونه‌های رادیکال

معلم کارکشته! به نظرت گازهای نجیب رادیکال؟

آقا اجازه! بزارین فکر کنم ... **استار می‌فواستین ما بیفتیم تو را؟** ... به یز هلیم که رو تا الکترون جفت‌نشده داره (He) بقیه گازهای نجیب آرایش هشت تایی دارن و رادیکال محسوب نمی‌شن ☺

معلم کارکشته! چه فوای چه فوای تو را! **افتخاری!** کی گفته هلیم دو تا الکترون جفت‌نشده داره؟ در سال دهم خواندیم که آرایش الکترون - نقطه هلیم را به صورت He: نشان می‌دهند، بنابراین هلیم الکترون جفت‌نشده ندارد.

پس گازهای نجیب رادیکال نیستند و واکنش‌پذیری کمی دارند و پایدارند. **یه نکته یالب بهتون بگیم** به خاطر پایداری هستش که گازهای نجیب به صورت تک‌اتمی در طبیعت یافت می‌شوند، در حالی‌که اتم اکسیژن، نیتروژن و یا فلوئور چون رادیکال هستند، واکنش‌پذیری بالایی داشته و ناپایدارند. **به همین دلیل میکردن میکردن تا یه اتم مثل فورشون پیدا کنن و بشن مولکول رو اتمی!**

۳ در بدن ما، به دلیل انجام واکنش‌های متنوع و پیچیده، رادیکال‌ها به‌وجود می‌آیند که می‌توانند با انجام واکنش‌های سریع به بافت‌های بدن آسیب برسانند. **نکته:** **یادته سال دهم با گاز قهوه‌ای رنگ NO_۲ آشنا شدیم؟** **بعرش یارته فوندریم که این گاز یک آلاینده محسوب میشه؟** NO_۲ یک گاز آلاینده و مضر محسوب می‌شود، زیرا NO_۲ یک رادیکال بوده و با ورود به بدن انسان باعث آسیب رسیدن به بافت‌های بدن و نابودی آن‌ها می‌شود.

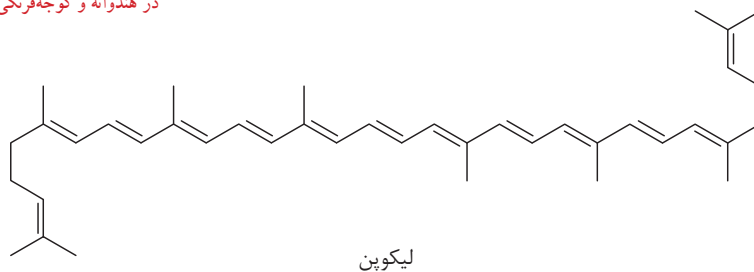
۴ یافته‌ها و شواهد تجربی نشان می‌دهد که برنامه غذایی محتوی سبزیجات و میوه‌های گوناگون، نقش بازدارندگی مؤثری را در برابر سرطان‌ها و پیری زودرس بازی می‌کنند. این یافته‌ها، دانشمندان و شیمی‌دان‌ها را بر آن داشت که **بزنن تو فط پلسه‌ها و سمینارهای تفریحی - علمی برای پیدا کردن دلیل! بعد از تلاش‌های طاقت‌فرسا!** یافته‌ها نشان داد که این خوراکی‌ها محتوی ترکیب‌های آلی سیرنشده‌ای به نام ریزمغذی‌ها هستند.

۵ ریزمغذی‌ها ترکیب‌های آلی سیرنشده‌ای هستند که نقش کامل این مواد هنوز به‌طور دقیق مشخص نشده است، اما برخی از آن‌ها به عنوان بازدارنده از انجام واکنش نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال‌ها جلوگیری می‌کنند.

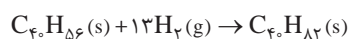


در هندوانه و گوجه‌فرنگی لیکوپن وجود دارد.

۶ لیکوپن نوعی بازدارنده و ریزمغذی محسوب می‌شود که در هندوانه و گوجه‌فرنگی یافت می‌شود. اساساً مصرف خوراکی‌های محتوی بازدارنده سبب خواهد شد که رادیکال‌ها به دام بیفتند تا با کاهش مقدار آن‌ها از سرعت واکنش‌های ناخواسته کاسته شود.



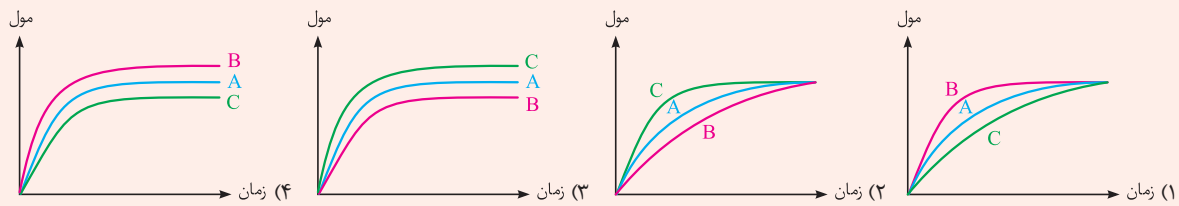
۷ فرمول مولکولی لیکوپن C_{۴۰}H_{۵۶} است همان‌طور که می‌بینید، این مولکول دارای ۱۳ پیوند دوگانه است و هیدروکربنی سیرنشده به‌شمار می‌رود. لیکوپن در واکنش با ۱۳ مولکول هیدروژن (H_۲) به ترکیبی سیرشده تبدیل می‌شود.



۸ با توجه به ساختار فوق طولانی‌ترین زنجیر لیکوپن شامل ۳۲ اتم کربن بوده و ۸ اتم کربن باقی‌مانده (۴۰ - ۳۲ = ۸) به صورت ۸ شاخه فرعی متیل به زنجیر اصلی متصل هستند. **راستی یه نکته باهال!** لیکوپن ساختاری متقارن دارد ☺

تمرین

در چهار نمودار زیر، منحنی A نشان‌دهنده تغییر مول‌های یکی از مواد فرآورده در واکنش فرضی است. در نمودار کدام گزینه، منحنی‌های مربوط به افزودن بازدارنده (B) و افزودن کاتالیزگر (C) به سامانه واکنش، به درستی نشان داده شده است؟



پاسخ: اول از همه نکته زیر رو بفون ☺

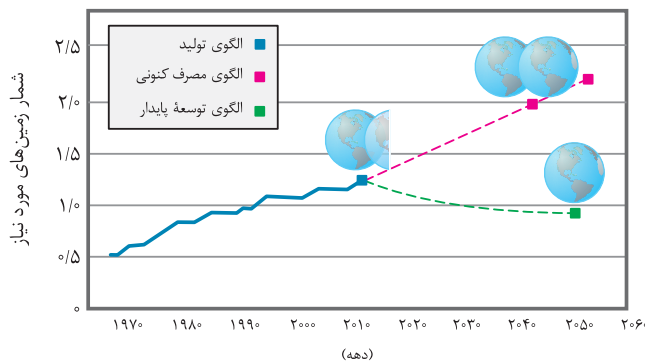
نکته با افزودن کاتالیزگر یا بازدارنده به یک سامانه واکنش، تنها سرعت واکنش و زمان رسیدن به فرآورده مشخص تغییر می‌کند و این دو بزرگوار! هیچ‌گونه اثری بر میزان فرآورده واکنش ندارند، یعنی نمی‌توانند مقدار فرآورده یک واکنش مشخص را کم یا زیاد کنند. با توجه نکته بالا، گزینه‌های (۳) و (۴) حذف می‌شوند. با افزودن بازدارنده به سامانه واکنش، سرعت واکنش کاهش یافته و شیب نمودار «مول - زمان» نسبت به منحنی A کم‌تر می‌شود. از طرفی افزودن کاتالیزگر به سامانه اولیه، باعث افزایش سرعت واکنش و افزایش شیب «مول - زمان» نسبت به منحنی A می‌شود. بنابراین گزینه (۲) پاسخ تست است.

غذا، پسماند و ردپای آن

- ① زندگی ما و ادامه آن بر روی زمین به تأمین نیازهای ضروری مانند هوا، آب، غذا و ... وابسته است. اما میزان نیاز و بهره‌برداری از این منابع برای همه یکسان نیست. دلیل این تفاوت را باید در سبک زندگی هر فرد جستجو کرد، زیرا هر انسان در طول عمر خود، ردپاهایی متفاوتی در محیط زیست برجای می‌گذارد.
- ② در شیمی دهم با ردپای آب و ردپای کربن دی‌اکسید آشنا شدید که هر کدام دو چهره آشکار و پنهان دارند. پدیده دو چهره دیگری از این دست، ردپای غذا است. **چهره آشکار ردپای غذا:** سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود، به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود. این در حالی است که آمارها نشان می‌دهد که به ازای هر هفت نفر در جهان، یک نفر گرسنه است. خبری که هدر رفتن منابع اقتصادی را آشکار می‌سازد.

چهره پنهان ردپای غذا: در کتاب درسی به دو مورد زیر اشاره شده است:

- یکی از چهره‌های پنهان ردپای غذا شامل همه منابعی است که در تهیه غذا از آغاز تا سر سفره سهم داشته‌اند. مدیریت منابع، نیروی انسانی برای تولید و تأمین مواد اولیه و انرژی، فناوری، ابزار و دستگاه‌های موردنیاز، بسته‌بندی، حمل و نقل و ... از جمله این منابع هستند.
- چهره پنهان دیگر این ردپا، تولید گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه کربن دی‌اکسید (CO_2) است، آن‌چنان که سهم تولید این گاز در ردپای غذا، به مراتب بیشتر از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و ... است.



- ③ از آن‌جا که جمعیت جهان، رشد اقتصادی، افزایش سطح رفاه و ... رو به افزایش است، تقاضا برای غذا نیز پیوسته افزایش می‌یابد. تقاضایی که برای تأمین آن منابع آب، انرژی، مواد اولیه و زمین بیشتری را می‌طلبد. بدیهی است که با این روند، ردپای غذا روی محیط زیست سنگین‌تر می‌شود و مساحت کل موردنیاز برای تأمین اقلام ضروری زندگی بیشتر خواهد شد.

④ جدول زیر چهار تا الگوی کاهش ردپای غذا را با بیانی از اصول شیمی سبز نشان می‌دهد:

| بیانی از اصل شیمی سبز | الگوی کاهش ردپای غذا |
|--|-------------------------------|
| کاهش تولید زباله و پسماند | خرید به اندازه نیاز |
| کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست | کاهش مصرف گوشت و لبنیات |
| کاهش مصرف انرژی | استفاده از غذاهای بومی و فصلی |
| طراحی مواد و فرآورده‌های شیمیایی سالم‌تر | کاهش مصرف غذاهای فرآوری‌شده |