



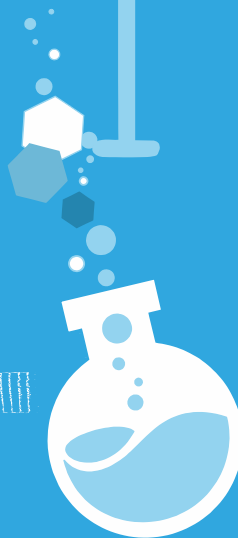
# شیمی یازدهم

یاقوت

(رشته ریاضی و تجربی)

از مجموعه رشادات

سید محمد کاظم موسوی





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

همواره بکن به او توکل

ما جزئیم و خدا بود کل

خداوند بزرگ را سپاس گزاریم که کتاب «شیمی یازدهم یاقوت» از مجموعه رشادت را تقدیم دانش‌آموزان می‌کنیم. این کتاب مطالب شیمی پایه یازدهم را در سطح پیشرفته ارائه می‌دهد. دانش‌آموز ابتدا با مباحث هر فصل به صورت تحلیلی و نکته به نکته آشنا می‌شود و با مثال‌های فراوان بر آن مطالب اشراف می‌یابد و سپس با پاسخگویی به پرسش‌های چهارگزینه‌ای آن مبحث بر موضوع تسلط پیدا می‌کند. در انتها با پاسخگویی به آزمون‌های آن فصل میزان یادگیری خود را می‌سنجد.

از ویژگی‌های کتاب «شیمی یازدهم یاقوت» می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. تحلیل خط به خط کتاب شیمی یازدهم به صورت طبقه‌بندی شده
۲. مثال‌های تألیفی تستی و تشریحی فراوان
۳. آموزش گام به گام مفاهیم مهم شیمی یازدهم همچون استوکیومتری، نام‌گذاری آلکان‌ها و بسپارش و ...
۴. پرسش‌های چهارگزینه‌ای تألیفی ترکیبی و شمارشی طبقه‌بندی شده مطالب کنکورهای سال‌های اخیر
۵. پرسش‌های چهارگزینه‌ای کنکورهای سراسری اخیر و المپیادهای شیمی
۶. پاسخ‌نامه کاملاً تشریحی
۷. سطح‌بندی پرسش‌ها در پاسخ‌نامه در سه سطح: آسان 😊، متوسط 😐 و دشوار 😞
۸. آزمون‌های تشریحی نوبت اول و دوم

انتظار می‌رود کتاب پیش‌رو، همه نیازهای دانش‌آموزان پایه یازدهم را که مایل به تحصیل در بهترین رشته‌ها و بهترین دانشگاه‌های کشور هستند را در درس شیمی پاسخگو باشد.

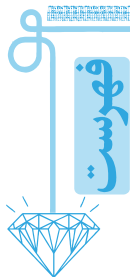
در پایان بر خود لازم می‌دانم از آقای مهندس هادی عزیززاده دبیر محترم مجموعه و خانم‌ها محبوبه شریفی، فرشته کلاهی حشمت، (حروفچین و صفحه‌آرا)، شیوا خوش‌نقش، رویا قطاری و طوبی عینی‌پور (نمونه‌خوان)، نسرين صفری (رسم شکل)، بهاره خدای (گرافیسیت) و مینا هرمزی (طرح جلد) تشکر نمایم.

همچنین از دانش‌آموزان و همکاران عزیزی که در دبیرستان‌های تیزهوشان (فرزانگان و علامه حلی و مدارس برتر) ویرایش بخشی از کتاب را برعهده گرفتند، نهایت سپاس‌گزاری خود را بیان کنم. همچنین از خانواده عزیز خود و همسر عزیزم به دلیل همکاری و همیاری با اینجانب برای تألیف این کتاب نهایت تقدیر و تشکر را دارم.

سید محمدکاظم موسوی

تقدیم به همسر عزیزم





## قدر هدایای زمینی را بدانیم



### درستنامه سؤال

۱۱۹	۸	۱ مقدمه
۱۲۱	۱۱	۲ الگوها و روندها در رفتار مواد و عناصرها
۱۲۳	۱۸	۳ دسته‌بندی عناصرها (فلز، شبه‌فلز و نافلز)
۱۲۶	۲۱	۴ خصلت فلزی و نافلزی و قانون دوره‌ای عناصرها
۱۲۸	۲۴	۵ بررسی عناصرهای گروه چهاردهم جدول دوره‌ای
۱۲۸	۲۹	۶ رفتار عناصرها و شعاع اتمی
۱۳۱	۳۲	۷ فلزهای قلیایی (گروه ۱)
۱۳۱	۳۵	۸ فلزهای قلیایی خاکی (گروه ۲)
۱۳۲	۳۷	۹ هالوژن‌ها (گروه ۱۷)
۱۳۲	۴۰	۱۰ عناصرهای دسته d
۱۳۳	۴۱	۱۱ چند نکته در مورد عناصرهای دوره (تناوب) چهارم
۱۳۳	۴۴	۱۲ آرایش الکترونی یون‌ها
۱۳۵	۴۹	۱۳ عناصرها به چه شکلی در طبیعت یافت می‌شوند؟
۱۳۶	۵۲	۱۴ واکنش‌پذیری فلزها
۱۳۸	۵۵	۱۵ آهن (Fe)
۱۳۹	۵۹	۱۶ درصد خلوص
۱۴۱	۶۵	۱۷ بازده درصدی واکنش
۱۴۵	۷۰	۱۸ جریان فلز بین محیط زیست و جامعه
۱۴۶	۷۲	۱۹ نفت، هدیه‌ای شگفت‌انگیز
۱۴۶	۷۴	۲۰ کربن، اساس استخوان‌بندی هیدروکربن‌ها
۱۴۷	۷۹	۲۱ آلکان‌ها، هیدروکربن‌هایی با پیوندهای یگانه
۱۴۸	۸۶	۲۲ نام‌گذاری آلکان‌ها
۱۵۱	۹۸	۲۳ ایزومری (ساختارهای ایزومری) در آلکان‌ها
۱۵۱	۱۰۱	۲۴ آلکن‌ها، هیدروکربن‌هایی با یک پیوند دوگانه
۱۵۲	۱۰۶	۲۵ آلکین‌ها، سیر نشده‌تر از آلکن‌ها
۱۵۴	۱۰۹	۲۶ هیدروکربن‌های حلقوی
۱۵۶	۱۱۲	۲۷ نفت، ماده‌ای که اقتصاد جهان را دگرگون ساخت
۱۵۷	۱۱۷	۲۸ زغال‌سنگ، جایگزینی برای نفت
۱۶۰		آزمون‌های چهارگزینه‌ای فصل اول
۱۶۸		پاسخنامه تشریحی پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## درپی غذای سالم



### درستنامه سؤال

۳۴۱	۲۱۲	۱ غذا
۳۴۲	۲۱۴	۲ دما و انرژی گرمایی
۳۴۳	۲۲۰	۳ ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه (ظرفیت گرمایی ویژه)
۳۴۴	۲۲۳	۴ مسائل ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی ویژه (گرمای ویژه)
۳۴۶	۲۲۹	۵ جاری شدن انرژی گرمایی
۳۴۷	۲۳۵	۶ گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرمایشی)
۳۴۷	۲۴۲	۷ آنتالپی، همان محتوای انرژی است

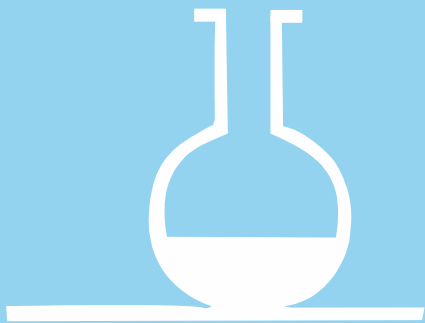
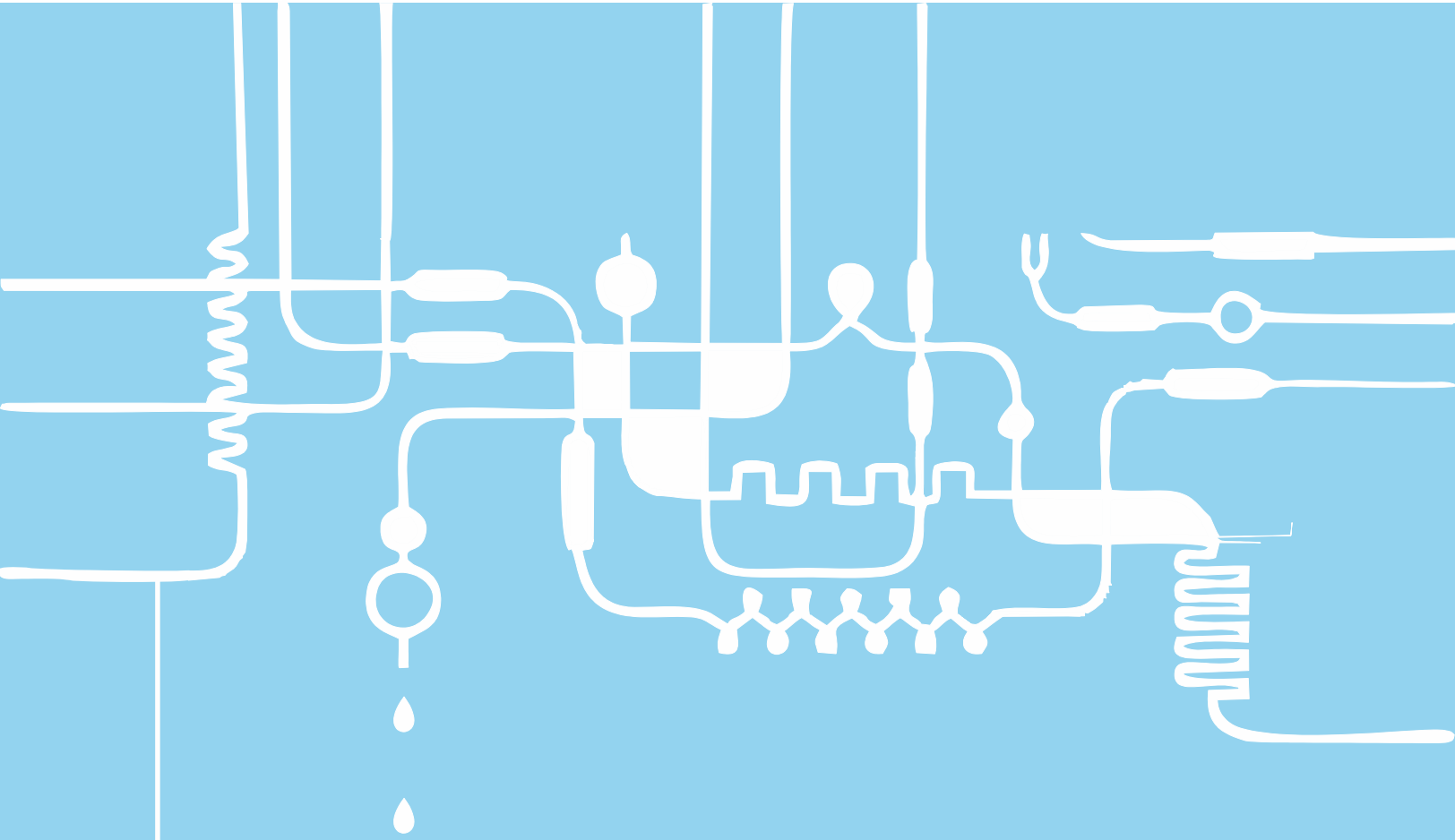
۳۴۸	۲۵۰	۸ مسائل آنتالپی واکنش و استوکیومتری
۳۵۰	۲۵۷	۹ آنتالپی پیوند و میانگین آن
۳۵۲	۲۶۲	۱۰ مسائل آنتالپی پیوند
۳۵۳	۲۶۴	۱۱ پیوند با زندگی (ادویه‌ها و گروه‌های عاملی)
۳۵۴	۲۷۲	۱۲ ارزش سوختی موادغذایی و مسائل آن
۳۵۶	۲۷۶	۱۳ آنتالپی سوختن
۳۵۷	۲۸۰	۱۴ مسائل آنتالپی سوختن (استوکیومتری سوختن $\Delta H$ )
۳۵۹	۲۸۴	۱۵ تعیین $\Delta H$ واکنش به روش مستقیم (گرماسنج لیوانی) و مسائل آن
۳۶۰	۲۸۷	۱۶ قانون هس و مسائل آن
۳۶۵	۲۹۶	۱۷ تعیین آنتالپی واکنش به کمک آنتالپی پیوندها
۳۶۶	۲۹۹	۱۸ غذای سالم
۳۶۷	۳۰۰	۱۹ سیتیک شیمیایی
۳۷۰	۳۰۸	۲۰ کربوکسیلیک اسیدها و استرها
۳۷۰	۳۱۲	۲۱ سرعت واکنش از دیدگاه کمی
۳۷۱	۳۱۶	۲۲ نمودارهای پیشرفت و سرعت واکنش
۳۷۱	۳۲۱	۲۳ مسائل سرعت واکنش
۳۷۹	۳۳۷	۲۴ خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌های مفید و مؤثر
۳۷۹	۳۳۹	۲۵ غذا، پسماند و ردپای آن
۳۸۰		آزمون‌های چهارگزینه‌ای فصل دوم
۳۸۶		پاسخنامه تشریحی پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## پوشاک، نیازی پایان‌ناپذیر



### درستنامه سؤال

۵۰۱	۴۲۸	۱ اهمیت پوشاک و صنعت نساجی
۵۰۱	۴۳۲	۲ الیاف و درشت مولکول‌ها
۵۰۳	۴۳۷	۳ پلیمری شدن (بسپارش)
۵۰۴	۴۴۰	۴ چند پلیمر مهم کتاب درسی (پلیمرهای $C=C$ )
۵۰۵	۴۵۰	۵ پیوند با صنعت (پلی‌اتن سبک و سنگین)
۵۰۶	۴۵۵	۶ مسائل پلیمری شدن
۵۰۷	۴۵۸	۷ الکل‌ها
۵۰۸	۴۶۴	۸ کربوکسیلیک اسیدها
۵۰۹	۴۶۶	۹ استرها
۵۱۰	۴۶۹	۱۰ ویتامین‌ها
۵۱۲	۴۷۴	۱۱ واکنش استری شدن
۵۱۴	۴۷۷	۱۲ واکنش پلی‌استری شدن
۵۱۵	۴۸۱	۱۳ آمین‌ها و آمیدها
۵۱۷	۴۸۷	۱۴ واکنش تولید پلی‌آمیدها
۵۱۸	۴۹۰	۱۵ نشاسته و سلولز
۵۱۹	۴۹۲	۱۶ آب‌کافت (تجزیه) استرها و پلی‌استرها
۵۲۰	۴۹۴	۱۷ تجزیه آمیدها و پلی‌آمیدها
۵۲۰	۴۹۵	۱۸ پلیمرها ماندگار یا زیست تخریب‌پذیر
۵۲۱	۵۰۰	۱۹ پلیمر سبز
۵۲۲		آزمون‌های چهارگزینه‌ای فصل سوم
۵۲۶		پاسخنامه تشریحی پرسش‌های چهارگزینه‌ای
۵۴۹		آزمون تشریحی نوبت اول
۵۵۱		پاسخنامه آزمون تشریحی نوبت اول
۵۵۴		آزمون تشریحی نوبت دوم ۱
۵۵۷		پاسخنامه آزمون تشریحی نوبت دوم ۱
۵۶۰		آزمون تشریحی نوبت دوم ۲
۵۶۳		پاسخنامه آزمون تشریحی نوبت دوم ۲
۵۶۷		کنکورهای سراسری ۹۷



# فصل اول:

قدر هدایای زمینی را بدانیم

مواد در زندگی ما نقشی شگرف و مؤثر دارند به طوری که صنایع گوناگون مانند غذا، پوشاک و ... و هر بخش از زندگی ما کم و بیش تحت تأثیر مواد قرار دارند.

گسترش فناوری به میزان دسترسی به مواد مناسب وابسته است، به طوری که کشف و درک خواص یک ماده جدید پرچم‌دار توسعه فناوری است.

صنعت خودرو ← گسترش صنعت خودرو مدیون شناخت و دسترسی به فولاد است.

نمونه

صنایع الکترونیک ← پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام نیمه‌رساناها ساخته می‌شوند.

### تذکر:

با گسترش دانش تجربی شیمی‌دان‌ها به رابطه میان خواص مواد با عنصرهای سازنده آنها پی بردند. آنها همچنین دریافتند که گرما دادن به مواد و افزودن آنها به یکدیگر (تهیه آلیاژ) سبب تغییر و گاهی بهبود خواص می‌شود! (نه همیشه!). با این روند، آنها به توانایی انتخاب مناسب‌ترین ماده برای یک کاربرد معین دست یافتند تا جایی که می‌توانند موادی نو با ویژگی‌های منمصر به فرد و دلفواه طراحی کنند.

### تذکر:

دانش شیمی به ما کمک می‌کند تا ساختار دقیق هدایای زمینی را شناسایی کنیم، به رفتار آنها پی ببریم و بهره‌برداری درست از آنها را بیاموزیم.

**نکته** همه مواد طبیعی و مصنوعی از کره زمین به دست می‌آیند، به عبارت دیگر، برقی مواد به صورت مستقیم و با فراوری مواد معدنی و برقی دیگر با انجام فرایندهای شیمیایی و تغییر خواص و به صورت غیرمستقیم از مواد معدنی استخراج شده از کره زمین به دست می‌آیند.

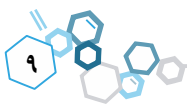


### تذکر:

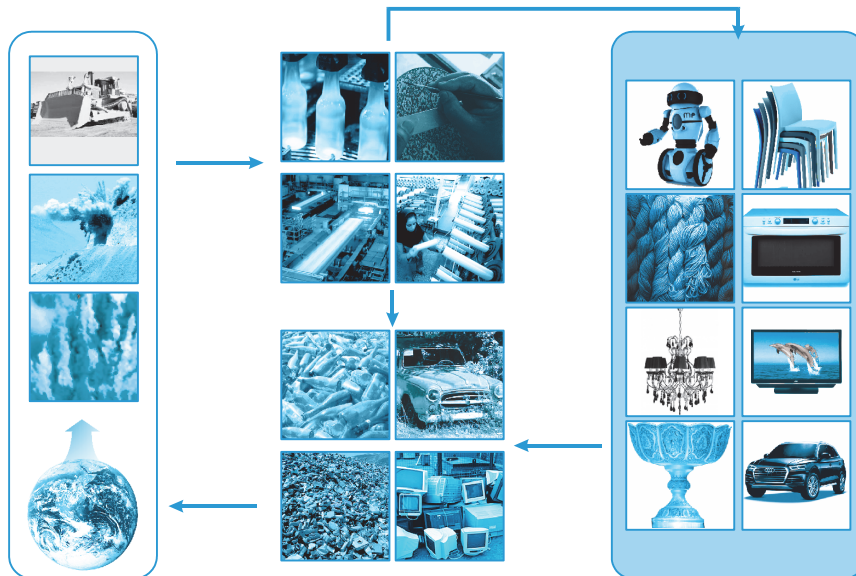
این دیدگاه که «هرچه میزان بهره‌برداری از منابع یک کشور بیشتر باشد، آن کشور توسعه یافته‌تر است.» کاملاً نادرست است. بلکه هرچه بهره‌وری و استفاده بهینه از منابع یک کشور بیشتر باشد، در عین حال صنایع آن کشور، آسیب کمتری به محیط زیست بزند، آن کشور در مسیر توسعه پایدار بهتر حرکت می‌کند و می‌توان گفت آن کشور توسعه یافته‌تر است.

**نکته** به تقریب، هر کل مواد در کره زمین ثابت می‌ماند، زیرا همان طوری که در شکل بصری مشاهده می‌کنید، مواد پس از کشف و استخراج از کره زمین، با انجام فرایندهای فراوری به مواد اصلی سازنده تمهیزات و وسایل گوناگون تبدیل می‌شوند و سپس وسایل مورد نیاز از آنها ساخته

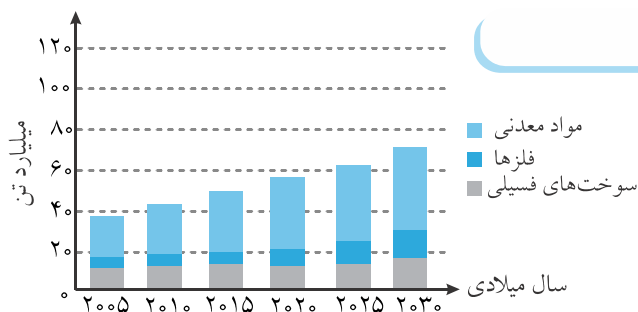




می‌شوند، طی این مراحل برقی از وسایل به صورت مواد زائد و معیوب و برقی زنگار پس از فرسوده شدن و از کار افتادگی به زمین (به صورت قابل مصرف یا غیر قابل مصرف (زباله)) باز می‌گردند. بنابراین می‌توان گفت در این چرخه هر ۴ کل مواد در کره زمین ثابت می‌ماند.



### نمودار میزان تولید و مصرف نسبی برخی مواد



نمودار مستطیلی روبرو برآورد (تخمین) میزان تولید و مصرف نسبی برخی مواد (مواد معدنی، فلزها و سوخت‌های فسیلی) را در جهان در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ (۵ سال در میان!) نشان می‌دهد.

در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ به تقریب استخراج مواد معدنی، فلزها و سوخت‌های فسیلی در جدول زیر آمده است:

سال	۲۰۱۵	۲۰۱۰	۲۰۰۵
مواد معدنی	۳۰	۲۴	۲۲
فلزها	۷	۵	۵
سوخت‌های فسیلی	۱۲	۱۲	۱۰

### از نمودار میزان استخراج و مصرف برخی مواد در جهان برحسب میلیارد تن (تقریبی)، موارد زیر به دست می‌آید:

- همان‌گونه که مشاهده می‌کنید، میزان استخراج و مصرف همه مواد در جهان در سال‌های اخیر افزایش یافته است، اما میزان افزایش استخراج و مصرف مواد معدنی شتاب بسیار بیشتری به خود گرفته است.
- بیشترین مقدار مواد استخراجی از زمین را مواد معدنی و کمترین مقدار را فلزها داشته‌اند.

فلزها > سوخت‌های فسیلی > مواد معدنی: مقایسه میزان استخراج مواد

- پیش‌بینی می‌شود میزان استخراج مواد در جهان بازم بسیار بیشتر شود بطوری که در سال ۲۰۳۰ میزان استخراج و مصرف مواد معدنی، فلزها و سوخت‌های فسیلی به ترتیب تقریباً برابر ۴۰، ۱۰ و ۱۸ میلیارد تن گردد.

## مثال:

چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

- (آ) با گسترش دانش تئوری، شیمی‌دان‌ها به رابطه‌ی میان خواص مواد با عنصرهای سازنده‌ی آنها پی بردند.  
 (ب) گرما دادن به مواد همواره سبب بهبود خواص آنها می‌شود.  
 (پ) زمین سرشار از نعمت‌ها و هدایای پیدا و پنهان گوناگونی است که برخی از آنها، اندازه‌ی معینی دارند.  
 (ت) دانش شیمی به ما کمک می‌کند تا ساختار دقیق هدایای زمینی را شناسایی کنیم، به رفتار آنها پی ببریم و بهره‌برداری درست از آنها را بیاموزیم.

۱ (۲) صفر ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴)

## حل:

## بررسی عبارت‌ها

- (آ) نادرست، با گسترش دانش تجربی (نه تئوری!)، شیمی‌دان‌ها به رابطه‌ی میان خواص مواد با عنصرهای سازنده‌ی آنها پی بردند.  
 (ب) نادرست، گرما دادن به مواد و افزودن آنها به یکدیگر سبب تغییر و گاهی (نه همیشه!) بهبود خواص آنها می‌شود.  
 (پ) نادرست، زمین سرشار از نعمت‌ها و هدایای پیدا و پنهان گوناگونی است که هر یک (نه برخی!)، اندازه‌ی معینی دارند.  
 (ت) درست، کاملاً واضح!

بنابراین عبارت‌های (آ)، (ب) و (پ) نادرست هستند (۳ عبارت)

گزینه‌ی درست است.

## مثال:

در کدام گزینه پاسخ نادرست سؤال (آ) و پاسخ درست سؤال‌های (ب) و (پ) آمده است؟ (به ترتیب از راست به چپ بخوانید.)

- (آ) گسترش فناوری به چه چیزی وابسته است؟  
 (ب) گسترش صنعت خودرو مدیون شناخت و دسترسی به کدام ماده است؟  
 (پ) پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزای ساخته شده از کدام مواد مبتنی است؟
- ۱) کشف و درک خواص مواد - آهن - رساناها  
 ۲) میزان دسترسی به مواد مناسب - فولاد - نیمه رساناها  
 ۳) کشف و درک خواص مواد - فولاد - نیمه رساناها  
 ۴) میزان دسترسی به مواد مناسب - آهن - رساناها

حل: پاسخ پرسش‌های داده شده به ترتیب زیر است:

- (آ) گسترش فناوری به میزان دسترسی به مواد مناسب وابسته است ← پاسخ نادرست: کشف و درک خواص مواد  
 (ب) گسترش صنعت خودرو مدیون شناخت و دسترسی به فولاد است.  
 (پ) پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام نیمه رساناها ساخته می‌شوند.

گزینه‌ی درست است.

## مثال:

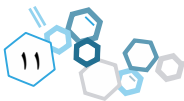
کدام گزینه مقایسه‌ی میزان استخراج مواد را به درستی نشان می‌دهد؟

- ۱) سوخت‌های فسیلی > فلزها > مواد معدنی  
 ۲) مواد معدنی > فلزها > سوخت‌های فسیلی  
 ۳) فلزها > سوخت‌های فسیلی > مواد معدنی  
 ۴) مواد معدنی > سوخت‌های فسیلی > فلزها

حل: مقایسه‌ی میزان استخراج مواد در جهان به صورت زیر است:

فلزها > سوخت‌های فسیلی > مواد معدنی

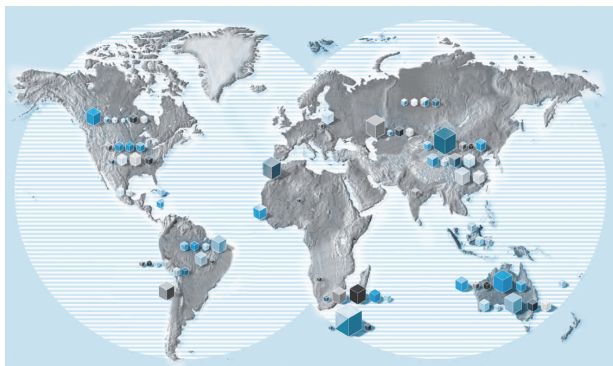
گزینه‌ی درست است.



## پراکندگی منابع شیمیایی در جهان

افزایش میزان مصرف ← افزایش تقاضای جهانی برای بهره‌برداری از منابع

زمین را می‌توان انباری از ذخایر ارزشمند دانست هرچند که این منابع بطور یکسان توزیع نشده‌اند. شکل زیر مربوط به پراکندگی منابع شیمیایی گوناگون در جهان است.



### تذکر:

پراکندگی منابع شیمیایی در جهان را می‌توان دلیل پیدایش تجارت جهانی دانست، زیرا کشورها برای تأمین منابع موردنیاز خود که آن را در اختیار ندارند نیازمند به واردات آنها از دیگر کشورها هستند، همچنین برای ایجاد درآمد و رونق اقتصاد خود به بهره‌برداری از منابع و فروش منابع شیمیایی خود به صورت فراوری شده و یا خام اقدام می‌کنند.

### مثال:

کدام یک از عوامل زیر را می‌توان دلیل پیدایش تجارت جهانی دانست؟

- ۱) گستردگی و فراوانی منابع زمینی
- ۲) پراکندگی منابع شیمیایی در جهان
- ۳) بهره‌برداری یکسان از منابع جهان
- ۴) تجدیدنپذیری منابع زمینی

**حل:** پراکندگی منابع شیمیایی در جهان را می‌توان دلیل پیدایش تجارت جهانی دانست.

گزینه درست است.

## الگوها و روندها در رفتار مواد و عنصرها

شیمی‌دان‌ها با مشاهده مواد و انجام آزمایش‌های گوناگون، آنها را دقیق بررسی می‌کنند. هدف همه این بررسی‌ها، یافتن اطلاعات بیشتر و دقیق‌تر درباره ویژگی‌ها و خواص مواد است. اما برقراری ارتباط میان این داده‌ها و اطلاعات، همچنین یافتن الگوها و روندها گامی مهم‌تر و مؤثرتر در پیشرفت علم به شمار می‌آید؛ زیرا براساس این روندها، الگوها و روابط می‌توان به رمز و راز هستی پی برد!

**علم شیمی:** علم شیمی را می‌توان مطالعه هدف‌دار، منظم و هوشمندانه رفتار عنصرها و مواد برای یافتن روندها و الگوهای رفتار فیزیکی و شیمیایی آنها دانست.

**دانشمندان برجسته و بزرگ:** دانشمندانی هستند که می‌توانند با بررسی دقیق اطلاعات و یافته‌های موجود درباره مواد و پدیده‌های گوناگون، الگوها، روندها و روابط بین آنها را درک کنند و توضیح دهند. مندلیف یکی از آنهاست که جدول دوره‌ای (تناوبی) را طراحی کرده است.

### تذکر:

تعیین موقعیت (دوره و گروه) یک عنصر در جدول دوره‌ای، کمک شایانی به پیش‌بینی خواص و رفتار آن عنصر می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عنصرهای جدول دوره‌ای را براساس رفتار آنها می‌توان در سه دسته شامل فلز، نافلز و شبه‌فلز جای داد.

جدول دوره‌ای عناصرها

**جدول دوره‌ای:** عناصرها در جدول دوره‌ای براساس **بنیادی‌ترین ویژگی آنها یعنی عدد اتمی (Z)** چیده شده‌اند. این جدول دارای ۷ دوره و ۱۸ گروه است. **گروه:** هر ستون عمودی از جدول دوره‌ای را، **گروه** می‌نامند. به عبارت دیگر، در جدول دوره‌ای، عناصرهایی که شمار الکترون‌های بیرونی‌ترین لایه الکترونی (لایه ظرفیت) اتم آنها برابر است، در یک **گروه** جای گرفته‌اند. مثلاً همه اتم‌های عناصرهای گروه اول (قلیایی) در لایه ظرفیت خود دارای یک الکترون هستند و آرایش لایه ظرفیت آنها به صورت  $ns^1$  می‌باشد. **دوره (تناوب):** هر ردیف افقی از جدول دوره‌ای را یک **دوره** می‌گویند. در یک دوره تعداد لایه‌های اصلی الکترونی (n) اتم‌های عناصرها برابر است. در مجموع جدول دوره‌ای دارای ۷ دوره می‌باشد.

چند نکته در مورد دوره‌ها و عناصرهای جدول دوره‌ای

- جدول دوره‌ای دارای ۱۸ گروه است که به دو دسته عناصرهای اصلی (۸ گروه اصلی) و عناصرهای واسطه (۱۰ گروه واسطه) تقسیم می‌شوند. **گروه (ا)** گروه‌های اصلی: که شامل گروه‌های ۱ و ۲ و همچنین گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ می‌باشد (۸ گروه). **گروه (ب)** گروه‌های واسطه: که شامل گروه‌های ۳ تا ۱۲ می‌باشد (۱۰ گروه).
- از آنجا که شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌های عناصرهای یک گروه برابر است، رفتار شیمیایی عناصر یک گروه مشابه است. مثلاً همه عناصرهای گروه اول برای رسیدن به پایداری و هشتایی شدن فقط یک الکترون از دست می‌دهند. نمونه:  $Li \rightarrow Li^+ + e^-$
- در هر دوره، تعداد لایه‌های الکترونی (n) برای همه اتم‌های موجود در آن دوره یکسان است.
- در جدول دوره‌ای، از بالا به پایین تعداد لایه‌های الکترونی (n)، از  $n=1$  تا  $n=7$  افزایش می‌یابد.

**جدول دوره‌ای عناصرها**

شماره دوره	شماره گروه										شماره دوره										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
1	H هیدروژن 1/008																				
2	Li لیتیم 6/94	Be بریم 9/01											B بور 10/81	C کربن 12/01	N نیتروژن 14/01	O اکسیژن 16/00	F فلور 19/00	Ne نون 20/18			
3	Na سدیم 22/99	Mg منیزیم 24/31											Al آلومینیم 26/98	Si سیلیسیم 28/09	P فسفر 30/97	S گوگرد 32/07	Cl کلر 35/45	Ar آرگون 39/95			
4	K پتاسیم 39/10	Ca کلسیم 40/08	Sc اسکاندیم 44/96	Ti تیتانیم 47/87	V وانادیم 50/94	Cr کروم 52/00	Mn منگنز 54/94	Fe آهن 55/85	Co کوبالت 58/93	Ni نیکل 58/69	Cu مس 63/55	Zn روی 65/39	Ga گالیم 69/72	Ge ژرمانیم 72/64	As آرسنیک 74/92	Se سلنیم 78/96	Br برم 79/90	Kr کریپتون 83/80			
5	Rb روبیدیم 85/47	Sr استرانسیم 87/62	Y ایتیم 88/91	Zr زیرکونیم 91/22	Nb نیوبیم 92/91	Mo مولیبدن 95/94	Tc تکنسیم [98]	Ru روتنیم 101/07	Rh رودیم 101/07	Pd پالادیم 106/42	Ag نقره 107/87	Cd کادمیم 112/41	In ایندیم 114/82	Sn قلع 118/71	Sb آنتیمون 121/76	Te تلوریم 127/76	I ید 126/91	Xe زنون 131/29			
6	Cs سزیم 132/91	Ba باریم 137/33	Lu لوئیسیم 175/09	Hf هافنیم 178/49	Ta تانتالیم 180/95	W تنگستن 183/85	Re رنیم 186/21	Os اوسمیم 190/23	Ir ایریدیم 192/22	Pt پلاتین 195/08	Au طلا 196/97	Hg جیوه 200/59	Tl تالیوم 204/38	Pb سرب 207/2	Bi بیسموت 208/98	Po پولونیم [209]	At استاتین [210]	Rn رادون [222]			
7	Fr فرانسیم [223]	Ra رادیوم [226]	Lr لورانسیم [262]	Rf رافرفوردم [261]	Db دایتم [262]	Sg سیبورگیم [263]	Bh بوریم [264]	Hs هاسیم [265]	Mt مایتنیم [266]	Ds داسمتانیم [268]	Rg روگنتانیم [269]	Cn کونیگسمیم [285]	Nh نیهوریم [284]	Fl فلوریم [284]	Mc مککویم [288]	Lv لیورموریم [293]	Ts تسنیه [294]	Og اوگانسون [294]			

57 La لانتان 138/90	58 Ce سزم 140/10	59 Pr پراسودیوم 140/90	60 Nd نئودیمیم 144/24	61 Pm پرومتیم (145)	62 Sm ساماریا 150/36	63 Eu اروسیم 152/00	64 Gd گادولیمیم 157/25	65 Tb تریوم 158/93	66 Dy دیسپروزیوم 162/50	67 Ho هولیمیم 164/93	68 Er اریمیم 167/26	69 Tm تولیمیم 168/93	70 Yb ایتیمیم 173/05
89 Ac اکتیوم [227]	90 Th توریم 232/04	91 Pa پروتاکتینیم 231/04	92 U اورانیم 238/03	93 Np نپتونیم [237]	94 Pu پلوتونیم [244]	95 Am امرسیم [243]	96 Cm کوریم [247]	97 Bk برکلیم [247]	98 Cf کالیفرنیم [251]	99 Es ایشتینیم [252]	100 Fm فریمیم [257]	101 Md مدلیوم [258]	102 No نوبلیوم [259]

مثال:

(سراسری ریاضی فارج از کشور - ۹۶)

جدول تناوبی عناصرها (به ترتیب از راست به چپ)، دارای چند دوره و چند گروه است؟

۱۶ ، ۸ (۴)

۱۷ ، ۸ (۳)

۱۸ ، ۷ (۲)

۱۶ ، ۷ (۱)

**حل:** جدول دوره‌ای (تناوبی) عناصرها دارای ۷ دوره و ۱۸ گروه است.

گزینه درست است.

یادآوری آرایش الکترونی و دسته‌بندی عنصرها (f, d, p, s)

**آرایش الکترونی نوشتاری:** همان‌گونه که در سال دهم با آن آشنا شدیم، برای نمایش چگونگی توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیرلایه‌های اتم یا یون، از آرایش الکترونی استفاده می‌شود.

**یادآوری:** طبق اصل آفبا (aufbau)، ترتیب پرشدن زیرلایه‌ها به‌صورت زیر می‌باشد:

شماره دوره (لایه)	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7
ترتیب پرشدن زیرلایه‌ها (→)	[1s]	[2s 2p]	[3s 3p]	[4s 3d 4p]	[5s 4d 5p]	[6s 4f 5d 6p]	[7s 5f 6d 7p]
	[ <sub>2</sub> He]	[ <sub>10</sub> Ne]	[ <sub>18</sub> Ar]	[ <sub>36</sub> Kr]	[ <sub>54</sub> Xe]	[ <sub>86</sub> Rn]	[ <sub>118</sub> Og]

**دسته‌بندی عنصرها:** همان‌گونه که در کتاب دهم اشاره کردیم، عنصرها را باتوجه به اینکه کدام زیرلایه آنها در حال پر شدن است، می‌توان به ۴ دسته s، p و d (واسطه خارجی) و f (واسطه داخلی) تقسیم‌بندی کرد.

- عنصرهای دسته s:** عنصرهایی که زیرلایه s در آنها در حال پر شدن است، مثال:  ${}^3\text{Li}: [{}_{2}\text{He}]2s^1$
- عنصرهای دسته p:** عنصرهایی که زیرلایه p در آنها در حال پر شدن است، مثال:  ${}^9\text{F}: [{}_{2}\text{He}]2s^2 2p^5$
- عنصرهای دسته d:** عنصرهایی که زیرلایه d در آنها در حال پر شدن است، مثال:  ${}^{21}\text{Sc}: [{}_{18}\text{Ar}]4s^2 3d^1$
- عنصرهای دسته f:** عنصرهایی که زیرلایه f در آنها در حال پر شدن است، مثال:  ${}^{66}\text{Dy}: [{}_{54}\text{Xe}]6s^2 4f^9$

**مثال:**

آرایش الکترونی عنصرهای زیر را بدون کمک و با کمک گازهای نجیب بنویسید و نام دسته آنها را معین کنید.

${}^{23}\text{V}$ (۴)	${}^{19}\text{K}$ (۳)	${}^{15}\text{P}$ (۲)	${}^5\text{B}$ (۱)
${}^{78}\text{Pt}$ (۸)	${}^{52}\text{Te}$ (۷)	${}^{30}\text{Zn}$ (۶)	${}^{24}\text{Cr}$ (۵)
		${}^{99}\text{Es}$ (۱۰)	${}^{105}\text{Db}$ (۹)

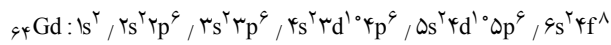
**حل:**

- ${}^5\text{B}: \frac{1s^2}{[{}_{2}\text{He}]} / 2s^2 2p^1 = [{}_{2}\text{He}]2s^2 2p^1 \longrightarrow$  دسته p
- ${}^{15}\text{P}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^3}{[{}_{10}\text{Ne}]} = [{}_{10}\text{Ne}]3s^2 3p^3 \longrightarrow$  دسته p
- ${}^{19}\text{K}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^1}{[{}_{18}\text{Ar}]} = [{}_{18}\text{Ar}]4s^1 \longrightarrow$  دسته s
- ${}^{23}\text{V}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^2 3d^3}{[{}_{18}\text{Ar}]} = [{}_{18}\text{Ar}]4s^2 3d^3 \longrightarrow$  دسته d
- ${}^{24}\text{Cr}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^1 3d^5}{[{}_{18}\text{Ar}]} = [{}_{18}\text{Ar}]4s^1 3d^5 \longrightarrow$  دسته d
- ${}^{30}\text{Zn}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^2 3d^{10}}{[{}_{18}\text{Ar}]} = [{}_{18}\text{Ar}]4s^2 3d^{10} \longrightarrow$  دسته d
- ${}^{52}\text{Te}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^2 3d^{10} 4p^6 / 5s^2 4d^{10} 5p^4}{[{}_{36}\text{Kr}]} = [{}_{36}\text{Kr}]5s^2 4d^{10} 5p^4 \longrightarrow$  دسته p
- ${}^{78}\text{Pt}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^2 3d^{10} 4p^6 / 5s^2 4d^{10} 5p^6 / 6s^2 4f^{14} 5d^8}{[{}_{54}\text{Xe}]} = [{}_{54}\text{Xe}]6s^2 4f^{14} 5d^8 \longrightarrow$  دسته d
- ${}^{105}\text{Db}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^2 3d^{10} 4p^6 / 5s^2 4d^{10} 5p^6 / 6s^2 4f^{14} 5d^1 6p^6 / 7s^2 5f^{14} 6d^3}{[{}_{86}\text{Rn}]} = [{}_{86}\text{Rn}]7s^2 5f^{14} 6d^3 \longrightarrow$  دسته d
- ${}^{99}\text{Es}: \frac{1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^2 3d^{10} 4p^6 / 5s^2 4d^{10} 5p^6 / 6s^2 4f^{14} 5d^1 6p^6 / 7s^2 5f^{11}}{[{}_{86}\text{Rn}]} = [{}_{86}\text{Rn}]7s^2 5f^{11} \longrightarrow$  دسته f

مثال:

کدام گزینه در مورد اتم عنصر گادولینیم (Gd<sup>6+</sup>) درست است؟

- ۱) آخرین الکترون آن وارد زیرلایه 5d می‌شود.
- ۲) مجموع تعداد الکترون‌های لایه‌های سوم و پنجم با تعداد الکترون‌های لایه چهارم برابر است.
- ۳) لایه چهارم آن تکمیل است.
- ۴) هفت زیرلایه با ۲ الکترون دارد.



حل: ابتدا آرایش الکترونی آن را می‌نویسیم:

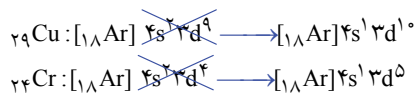
بررسی گزینه‌ها

- ۱) نادرست، زیرا زیرلایه 4f آن در حال پر شدن است، بنابراین آخرین الکترون وارد زیرلایه 4f می‌شود (نه 5d)
- ۲) درست، در لایه سوم در مجموع ۱۸ الکترون (3s<sup>2</sup>, 3p<sup>6</sup>, 3d<sup>1</sup>) و در لایه پنجم در مجموع ۸ الکترون (5s<sup>2</sup>, 5p<sup>6</sup>) و در لایه چهارم در مجموع ۲۶ الکترون (4s<sup>2</sup>, 4p<sup>6</sup>, 4d<sup>1</sup>, 4f<sup>8</sup>) وجود دارد، بنابراین مجموع تعداد الکترون‌های لایه‌های سوم و پنجم با تعداد الکترون‌های لایه چهارم برابر است.
- ۳) نادرست، زیرلایه 4f آن در حال پر شدن است، بنابراین لایه چهارم هنوز پر نشده است.
- ۴) نادرست، ۶ زیرلایه (1s<sup>2</sup>, 2s<sup>2</sup>, 3s<sup>2</sup>, 4s<sup>2</sup>, 5s<sup>2</sup>, 6s<sup>2</sup>) دارای ۲ الکترون هستند.

گزینه درست است.

چند نکته در مورد آرایش الکترونی:

۱. آرایش‌های الکترونی به صورت ns<sup>2</sup>(n-1)d<sup>4</sup> و ns<sup>2</sup>(n-1)d<sup>9</sup> وجود ندارد و به جای آنها آرایش‌های الکترونی پایدارتر ns<sup>1</sup>(n-1)d<sup>5</sup> و ns<sup>1</sup>(n-1)d<sup>10</sup> وجود دارد. مثال:



۲. هر زیرلایه را با دو عدد کوانتومی n (عدد کوانتومی اصلی) و l (عدد کوانتومی فرعی) نمایش می‌دهند (nl).

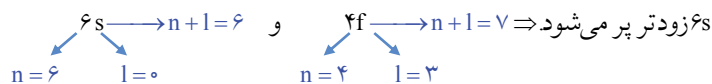
$$nl \text{ نوع زیرلایه } (l=0(s), l=1(p), l=2(d), l=3(f))$$

nl

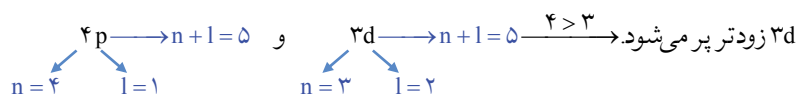
شماره لایه (شماره دوره)

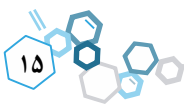
مثلاً زیرلایه 4s دارای عددهای کوانتومی n=4 و l=0 می‌باشد.

۳. ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها توسط الکترون‌ها به ترتیب به سطح انرژی نسبی (n+l) و شماره لایه (n) بستگی دارد. بنابراین هرچه سطح انرژی نسبی زیرلایه پایین‌تر و پایدارتر (n+1 کوچک‌تر) باشد و یا به هسته نزدیک‌تر باشد، زودتر توسط الکترون‌ها اشغال می‌شود: اولویت اول: ابتدا زیرلایه با n+1 کوچک‌تر توسط الکترون‌ها پر می‌شود. نمونه: 6s و 4f.



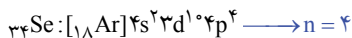
اولویت دوم: اگر n+1 زیرلایه‌ها یکسان بود، زیرلایه با n کوچک‌تر، زودتر پر می‌شود. نمونه: 3d و 4p





۴. برای تعیین شماره دوره و شماره گروه به کمک آرایش الکترونی اتم به صورت زیر عمل می‌کنیم:

**تعیین شماره دوره:** بزرگ‌ترین ضریب، را به عنوان شماره دوره (تناوب) عنصر انتخاب می‌کنیم. مثال:



**تعیین شماره گروه:** برای تعیین شماره گروه به زیرلایه در حال پر شدن نگاه می‌کنیم، به طوری که:

(آ) اگر s در حال پر شدن بود،  $ns^x$ ، توان s (x) برابر شماره گروه است.

(ب) اگر d در حال پر شدن بود،  $ns^y(n-1)d^x$ ، مجموع توان s و d (x+y) برابر شماره گروه است.

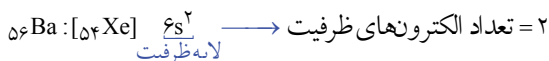
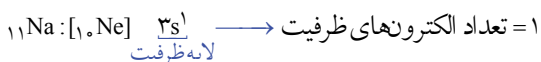
(پ) اگر f در حال پر شدن بود،  $(n-2)f^x$ ، عنصر در گروه ۳ قرار دارد.

(ت) اگر p در حال پر شدن بود،  $ns^2(n-1)d^1 np^x$ ، مجموع توان‌های s، p، و d یا (x+12) برابر شماره گروه است.

۵. برای تعیین الکترون‌های ظرفیت (الکترون‌های لایه ظرفیت) به سه مورد زیر توجه می‌کنیم:

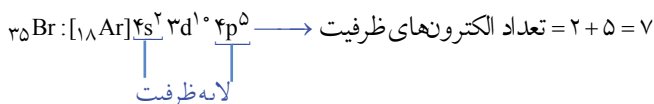
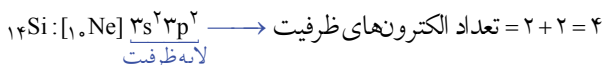
۱- اگر آرایش الکترونی به **زیرلایه s** ختم شود (زیرلایه s در حال پر شدن باشد)، الکترون‌های زیرلایه s آخرین لایه الکترونی (ns)،

الکترون‌های ظرفیت هستند. مثال:

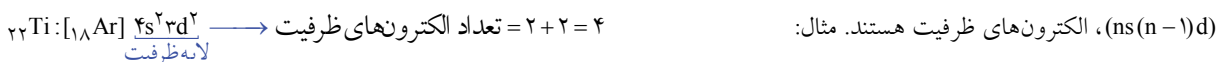


۲- اگر آرایش الکترونی به **زیرلایه p** ختم شود (زیرلایه p در حال پر شدن باشد)، الکترون‌های زیرلایه‌های s، p، آخرین لایه الکترونی

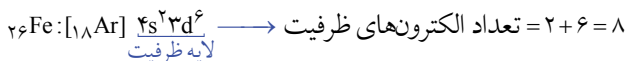
(ns np)، الکترون‌های ظرفیت هستند. مثال:



۳- در عنصرهای واسطه (خارجی)، که **زیرلایه d** در حال پر شدن است، الکترون‌های زیرلایه‌های s آخرین لایه و d لایه مقابل آخر



(ns(n-1)d)، الکترون‌های ظرفیت هستند. مثال:



۶. به صورت کلی دسته، شماره گروه و تعداد الکترون‌های ظرفیت عنصرها را با توجه به آرایش الکترونی لایه ظرفیت آنها می‌توان به صورت زیر تعیین کرد:

آرایش الکترونی لایه ظرفیت	$ns^x$	$ns^y(n-1)d^x$	$ns^2 np^x$	$ns^2(n-2)f^x$
دسته	s	d	p	f
شماره گروه	x	y+x	x+12	3
شماره دوره	n	n	n	n
تعداد الکترون‌های ظرفیت	x	y+x	x+2	—

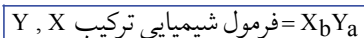
۷. ظرفیت عنصرهای گروه‌های اصلی به صورت زیر تعریف می‌شود:

**ظرفیت عنصر:** تعداد الکترون‌هایی است که یک عنصر در یک پیوند مبادله می‌کند یا به اشتراک می‌گذارد. ظرفیت عنصرهای گروه‌های اصلی

باتوجه به تمایل آنها برای رسیدن به آرایش گاز نجیب ( $ns^2 np^6$ ) به صورت زیر به دست می‌آید:

شماره گروه	۱	۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
آرایش الکترونی لایه ظرفیت	$ns^1$	$ns^2$	$ns^2 np^1$	$ns^2 np^2$	$ns^2 np^3$	$ns^2 np^4$	$ns^2 np^5$
ظرفیت عنصر	۱	۲	۳	۴	۳، ۵	۲، ۴، ۶	۱، ۳، ۵، ۷

فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از هر عنصر: اگر اتم X ظرفیت a و اتم Y ظرفیت b داشته باشند، خواهیم داشت:



۸ عنصرهای گروه‌های ۱۵، ۱۶، ۱۷ و همچنین دو عنصر سرب (Pb) و قلع (Sn) در گروه ۱۴ دارای چند ظرفیت هستند. به طوری که حداقل ظرفیت (پابدارترین ظرفیت) آنها در جدول نکته ۷ بیان شده است ولی حداکثر ظرفیت آنها به صورت زیر تعیین می‌شود:

رقم یکان شماره گروه = حداکثر ظرفیت عنصر

مثلاً فسفر (P) در گروه ۱۵ قرار دارد که حداکثر ظرفیت آن ۵ و حداقل ظرفیت آن ۳ می‌باشد.

بر این اساس می‌توان به چند نکته زیر اشاره کرد:

(آ) ظرفیت هیدروژن برابر ۱ است.

(ب) ظرفیت فلزهای گروه‌های ۲، ۱ و ۱۳ به ترتیب ۲، ۱ و ۳ است.

(پ) عنصرهای نافلز در واکنش با فلزها و هیدروژن، از حداقل ظرفیت خود استفاده می‌کنند.

(ت) دو عنصر فلوئور (F) و اکسیژن (O) به ترتیب دارای ظرفیت‌های ۱ و ۲ هستند.

(ث) دو فلز قلع (Sn) و سرب (Pb) در گروه ۱۴ دارای ظرفیت‌های ۲ و ۴ هستند.

بنابراین، ترکیب هیدروژن‌دار و همچنین ترکیب اکسیژن‌دار با حداکثر ظرفیت عنصرهای گروه‌های اصلی به صورت زیر می‌باشد:

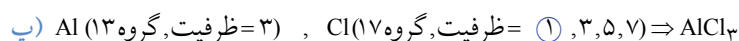
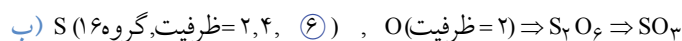
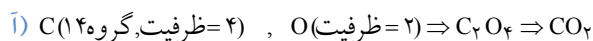
شماره گروه	۱	۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
آرایش الکترونی لایه ظرفیت	$ns^1$	$ns^2$	$ns^2 np^1$	$ns^2 np^2$	$ns^2 np^3$	$ns^2 np^4$	$ns^2 np^5$
ترکیب هیدروژن‌دار	XH	$XH_2$	$XH_3$	$XH_4$	$XH_3$	$H_2X$	HX
ترکیب اکسیژن‌دار (با بزرگ‌ترین ظرفیت)	$X_2O$	XO	$X_2O_3$	$XO_2$	$X_2O_5$	$XO_3$	$X_2O_7$

### مثال:

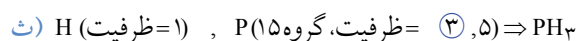
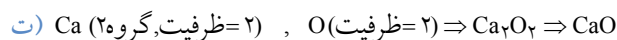
باتوجه به جدول تناوبی، فرمول شیمیایی ترکیب‌های حاصل از عنصرهای داده شده را بنویسید.

(آ) O, C (ب) گوگرد و اکسیژن (گوگرد با حداکثر ظرفیت) (پ) Cl, Al  
(ت) O, Ca (ث) H, P (ج) Cl, As

### حل:



عناصر نافلزی در ترکیب با فلزات، از حداقل ظرفیت خود استفاده می‌کنند.

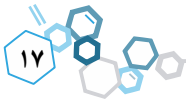


عناصر نافلزی در ترکیب با هیدروژن، از حداقل ظرفیت خود استفاده می‌کنند.



عناصر نافلز در ترکیب با شبه فلزها نیز از حداقل ظرفیت خود استفاده می‌کنند (دقیقاً مثل فلزها).



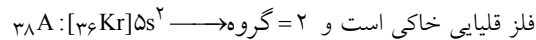


**مثال:**

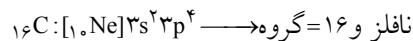
عنصر A با عدد اتمی ۳۸ به احتمال زیاد با عنصر X با عدد اتمی ..... واکنش داده و ترکیب ..... با فرمول ..... تشکیل می‌دهد.  
(سراسری تهری - ۹۳)



**حل:** ابتدا به کمک نوشتن آرایش الکترونی  $38A$ ، شماره گروه آن را تعیین می‌کنیم:

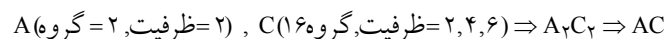
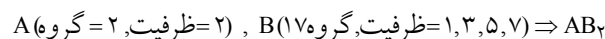


آرایش الکترونی عنصرهای با عدد اتمی ۳۵ و ۱۶ را نیز می‌نویسیم:



باتوجه به آرایش الکترونی عنصرهای C, B هر دو آنها نافلز هستند، بنابراین ترکیب آن با  $38A$  یک ترکیب یونی است.

عنصرهای نافلزی در ترکیب با فلزها از حداقل ظرفیت خود استفاده می‌کنند، بنابراین فرمول شیمیایی آنها به صورت زیر است:



گزینه درست است.

**مثال:**

(سراسری تهری خارج - ۹۳)

کدام عنصر در جدول تناوبی با نیکل ( $28Ni$ )، هم گروه است؟



**حل:** آرایش الکترونی همه عنصرها را می‌نویسیم و به کمک آن شماره گروه آنها را به دست می‌آوریم:



بنابراین  $28Ni$  و  $46Pd$  هم گروه هستند.

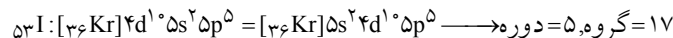
گزینه درست است.

**مثال:**

آرایش الکترونی کدام اتم نادرست است، اما شماره دوره و گروه آن در جدول تناوبی، درست بیان شده است؟ (سراسری ریاضی خارج - ۹۱)

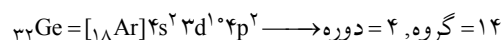


**حل:** آرایش الکترونی اتم  $53I$  نادرست نوشته شده است و شکل درست آن به صورت زیر است:



بنابراین شماره دوره و شماره گروه آن درست بیان شده است.

آرایش الکترونی  $32Ge$  نیز نادرست است و شکل درست آن به صورت زیر است:



ولی شماره گروه آن نادرست بیان شده است.

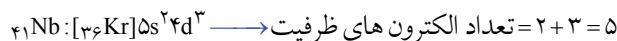
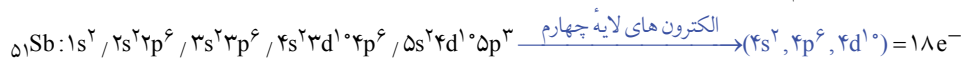
گزینه درست است.

**مثال:**

نسبت شمار الکترون‌های لایهٔ الکترونی چهارم در اتم  ${}_{51}\text{Sb}$  به شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم  ${}_{41}\text{Nb}$  کدام است؟

- ۱) ۳      ۲) ۶      ۳)  $\frac{13}{5}$       ۴)  $\frac{18}{5}$

**حل:** آرایش الکترونی  ${}_{51}\text{Sb}$ ,  ${}_{41}\text{Nb}$  را می‌نویسیم:



بنابراین نسبت داده شده برابر  $\frac{18}{5}$  است.

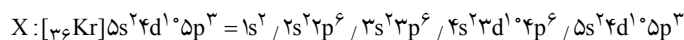
گزینهٔ درست است.

**مثال:**

عنصری که در دورهٔ پنجم و گروه ۱۵ جدول تناوبی جای دارد، به ترتیب از راست به چپ، چند الکترون با عدد کوانتومی  $l=2$  دارد و چند الکترون در آخرین زیرلایهٔ اشغال شده آن جای دارد؟

- ۱) ۳, ۲۱      ۲) ۳, ۲۰      ۳) ۱۰, ۲۱      ۴) ۱۰, ۲۰

**حل:** آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم داده شده به صورت  $5s^2 4d^{10} 5p^3$  است (زیرا شمارهٔ دوره، بزرگ‌ترین ضریب را مشخص می‌کند و شماره گروه مجموع توان‌ها را تعیین می‌کند)، بنابراین آرایش الکترونی اتم عنصر داده شده به صورت زیر است:



باتوجه به آرایش الکترونی داده شده، در زیرلایه‌های  $d (l=2)$  (یعنی  $4d^{10}$ ,  $3d^{10}$ ) در مجموع ۲۰ الکترون وجود دارد، همچنین در آخرین زیرلایه  $(5p^3)$ ، سه الکترون وجود دارد.

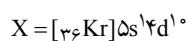
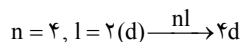
گزینهٔ درست است.

**مثال:**

عدد اتمی نخستین عنصری که در آن زیرلایه‌ای با  $n=4$  و  $l=2$  کاملاً توسط الکترون‌ها پر شده است، کدام است؟

- ۱) ۵۰      ۲) ۴۸      ۳) ۴۷      ۴) ۶۶

**حل:** زیرلایه با عددهای کوانتومی  $n=4$  و  $l=2$  را مشخص می‌کنیم:



لایه ظرفیت نخستین عنصری که زیرلایهٔ  $4d$  آن کاملاً پر شده است به صورت  $5s^2 4d^{10}$  است:

بنابراین عدد اتمی عنصر داده شده برابر  $47 (36+1+10=47)$  است.

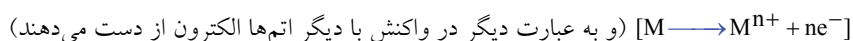
گزینهٔ درست است.

**دسته‌بندی عنصرها (فلز، شبه‌فلز و نافلز)**

**فلزها:** بیشتر (بیش از ۸۰ درصد) عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند که به‌طور عمده در سمت چپ و مرکز جدول قرار دارند. عنصرهای گروه ۱ (فلزهای قلیایی)، گروه ۲ (فلزهای قلیایی خاکی)، عنصرهای واسطه (گروه‌های ۳ تا ۱۲) و عنصرهای دیگر گروه‌ها مثل آلومینیم (Al)، سرب (Pb) و قلع (Sn) و ... همگی فلزند.

**ویژگی‌های فلزها عبارتند از:**

۱. فلزها در شرایط مناسب با از دست دادن الکترون به کاتیون تبدیل شده و اغلب فلزهای اصلی به آرایش گاز نجیب پیش از خود می‌رسند.





۲. رسانایی گرمایی و الکتریکی بالایی دارند.
۳. سطح درخشانی (براقی) دارند.
۴. در اثر ضربه تغییر شکل می‌دهند اما خرد نمی‌شوند (قابلیت چکش‌خواری و شکل‌پذیری)، یعنی قابلیت ورقه و مفتول شدن دارند.
۵. در هر گروه اغلب عنصرهای دسته‌های  $f, d, s$  و برخی از عنصرهای دسته  $p$  همانند آلومینیم، قلع و سرب فلزند.

### مثال:

چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست هستند؟

- (آ) در هر گروه همهٔ عنصرهای دسته‌های  $d, s$  و  $f$  فلزند.
  - (ب) همهٔ فلزها در اثر ضربه تغییر شکل می‌دهند و خرد نمی‌شوند.
  - (پ) بیشتر عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند.
  - (ت) فلزها با از دست دادن الکترون به آرایش گاز نجیب هم دورهٔ خود می‌رسند.
  - (ث) فلزها در سمت چپ جدول دوره‌ای قرار دارند.
- (۱) صفر      (۲) یک      (۳) دو      (۴) سه

### حل:

#### بررسی عبارت‌ها

- (آ) نادرست، عنصرهای  $H:1s^1$  و  $He:1s^2$  نافلزند ولی جزء عنصرهای دسته  $s$  هستند.
  - (ب) درست، فلزها در اثر ضربه فقط تغییر شکل می‌دهند و خرد نمی‌شوند.
  - (پ) درست، بیشتر عنصرهای جدول دوره‌ای (بیش از ۸۰ درصد) را فلزها تشکیل می‌دهند.
  - (ت) نادرست، فلزها با از دست دادن الکترون به آرایش گاز نجیب **دورهٔ پیش از خود** می‌رسند.
  - (ث) درست، فلزها عموماً در سمت چپ جدول دوره‌ای قرار دارند.
- بنابراین عبارت‌های (آ) و (ت) نادرست هستند.

گزینهٔ درست است.

**نافلزها:** این دسته از عنصرها که در سمت راست و بالای جدول چیده شده‌اند و عموماً جزء عنصرهای دسته  $p$  جدول هستند (به جز  $H$  و  $He$  که در دسته  $s$  قرار دارند) و اغلب آنها در شرایط اتاق (دمای  $25^\circ C$  و فشار  $1 \text{ atm}$ ) به صورت **گازی** هستند و دارای ویژگی‌های زیر می‌باشند:

۱. نافلزها در شرایط مناسب الکترون می‌گیرند و به **آنیون** تبدیل می‌شوند و به آرایش گاز نجیب هم دورهٔ خود می‌رسند  $[M + ne^- \rightarrow M^{n-}]$  و یا الکترون به اشتراک می‌گذارند (پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهند).



۲. اغلب جریان برق و گرما را عبور نمی‌دهند.
۳. در اثر ضربه خرد می‌شوند. بنابراین از نافلزهای جامد نمی‌توان ورقه‌های نازک تهیه کرد.
۴. سطح آنها درخشان نبوده بلکه کدر است (صیقلی نیستند).

### نکته

در مجموع ۱۷ عنصر نافلز در جدول دوره‌ای داریم که عبارتند از:

- ۱) گازهای نجیب (گروه ۱۸) ← هلیوم ( $2\text{He}$ )، نئون ( $10\text{Ne}$ )، آرگون ( $18\text{Ar}$ )، کریپتون ( $36\text{Kr}$ )، زنون ( $54\text{Xe}$ ) و رادون ( $86\text{Rn}$ )
- ۲) از هالوژن‌ها (گروه ۱۷) ← فلوئور ( $9\text{F}$ )، کلر ( $17\text{Cl}$ )، برم ( $35\text{Br}$ )، ید ( $53\text{I}$ )
- ۳) از گروه ۱۶ ← اکسیژن ( $8\text{O}$ )، گوگرد ( $16\text{S}$ ) و سلنیم ( $34\text{Se}$ )
- ۴) از گروه ۱۵ ← نیتروژن ( $7\text{N}$ ) و فسفر ( $15\text{P}$ )
- ۵) از گروه ۱۴ ← کربن ( $6\text{C}$ )
- ۶) از گروه اول ← هیدروژن ( $1\text{H}$ )

**نکته از کتاب:** حالت فیزیکی نافلزها در شرایط اتاق (دمای  $25^{\circ}\text{C}$  و فشار  $1\text{atm}$ ) به صورت زیر است:

- مایع ← برم ( $\text{Br}_2$ )  
 جامد ← ید ( $\text{I}_2$ )، کربن (C)، فسفر (P)، گوگرد (S) و سلنیم (Se)  
 گاز ← هیدروژن ( $\text{H}_2$ )، نیتروژن ( $\text{N}_2$ )، اکسیژن ( $\text{O}_2$ )، فلوئور ( $\text{F}_2$ )، کلر ( $\text{Cl}_2$ ) و گازهای نجیب

**مثال:**

کدام یک از ویژگی‌های نافلزها می‌باشد؟

- ۱) همه آنها جزء دسته p هستند.
- ۲) با وجود عدم صیقلی بودن سطح آنها غیرکدر است.
- ۳) رسانای خوب جریان الکتریسیته هستند.
- ۴) سیلیسیم و سلنیم را می‌توان جزء نافلزها دانست.

**حل:**

**بررسی گزینه‌ها**

- ۱) درست، عموماً نافلزها جزء دسته p هستند به جز هیدروژن ( $1s^2$ ) و هلیم ( $2s^2$ ) که جزء دسته s هستند.
- ۲) نادرست، سطح نافلزها درخشان و صیقلی نیست بلکه کدر است.
- ۳) نادرست، اغلب نافلزها رسانای جریان الکتریسیته و گرما نیستند. (کربن نافلزی است که رسانای جریان برق است).
- ۴) نادرست، سلنیم ( $34\text{Se}$ ) یک نافلز است اما سیلیسیم ( $14\text{Si}$ ) یک شبه‌فلز است.

**گزینه درست است.**

**شبه‌فلزها:** شبه‌فلزها همانند مرزی بین فلزها و نافلزها قرار دارند. **خواص فیزیکی** شبه‌فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده (مثل رسانایی الکتریکی، گالایی و دمای ذوب و جوش) در حالی که رفتار شیمیایی آنها همانند نافلزها است. (مثل به اشتراک گذاشتن الکترون).

گروه ۱۳	گروه ۱۴	گروه ۱۵	گروه ۱۶	گروه ۱۷	
۵B					دوره ۲
	۱۴Si				دوره ۳
	۳۲Ge	۳۳As			دوره ۴
		۵۱Sb	۵۲Te		دوره ۵
			۸۴Po	۸۵At	دوره ۶

**نکته ۱ (هشت) عنصر بور** ( $5\text{B}$ )، سیلیسیم ( $14\text{Si}$ )، ژرمانیم ( $32\text{Ge}$ )، آرسنیک ( $33\text{As}$ )، آنتیموان ( $51\text{Sb}$ )، تلوریم ( $52\text{Te}$ )، پولونیوم ( $84\text{Po}$ ) و استاتین ( $85\text{At}$ )، شبه‌فلز هستند.

**نمونه ۱:** Si (سیلیسیم) ← (آ) رسانایی الکتریکی کمی دارد.

- (ب) در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد.
- (پ) شکننده است و در اثر ضربه خرد می‌شود.

**نمونه ۲:** Ge (ژرمانیم) ← (آ) رسانایی الکتریکی کمی دارد.

- (ب) در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد.
- (پ) شکننده است و در اثر ضربه خرد می‌شود!

**تعیین دوره و گروه شبه‌فلزها:** شبه‌فلزها در گروه‌های ۱۳ تا ۱۷ و دوره‌های ۲ تا ۶ جدول دوره‌ای قرار دارند و برای شناسایی آنها دو روش وجود دارد:  
 ۱. عنصرهایی که در گروه‌های ۱۳ تا ۱۷، رقم یکان شماره گروهشان از شماره دوره‌شان یک واحد بیشتر است، همگی شبه‌فلز هستند.

**+۱ شماره دوره فلز = رقم یکان شماره گروه ۱۳ تا ۱۷**

- نمونه:  $5\text{B}$  ← دوره ۲ و گروه ۱۳ ،  $14\text{Si}$  ← دوره ۳ و گروه ۱۴  
 $33\text{As}$  ← دوره ۴ و گروه ۱۵ ،  $52\text{Te}$  ← دوره ۵ و گروه ۱۶  
 $85\text{At}$  ← دوره ۶ و گروه ۱۷