

## فصل ۲

# رِدِّ پای گازها در زندگی



«اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ و...» آیه ۴۸، سوره روم  
خداؤند همان کسی است که بادها را می‌فرستد تا ابرها را به حرکت درآورد سپس آنها را در  
پهنه آسمان آن‌گونه که بخواهد می‌گستراند و ...

..... زمین در فضا همانندگویی فیروزه‌ای درون هاله‌ای از گازها با شکوه فراوان در چرخش  
است؛ هاله‌ای که سرشار از هوای پاک است؛ گرمای خورشید را در خود نگه می‌دارد؛ ساکنان  
زمین را از پرتوهای خطرناک کیهانی محافظت و آب را در سرتاسر سیارهٔ ما توزیع می‌کند.  
بدین ترتیب زمین با چرخش خود، زندگی را دوام می‌بخشد. تداوم زندگی سالم و پایدار در  
این سیاره در گرو رفتار منطقی ما با ساکنان آن است؛ رفتاری که هماهنگ و سازگار با طبیعت  
باشد و نظم آن را برهم نزند.

علم شیمی کمک می‌کند تا با بررسی خواص، رفتار و برهم‌کنش گازهای این پوشش آبی رنگ،

راه‌های تداوم زندگی سالم را بیابیم؛ باشد که رد پایی سنگین روی این سیاره زیبا بر جای نگذاریم.

جرم کل هوا کره در حدود  $1 \times 10^{15}$  تن و نزدیک به  $1/\text{میلیون متر}^3$  جرم زمین است.

در میان سیاره‌های سامانه خورشیدی، تنها زمین، اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می‌کند. این اتمسفر، مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصله ۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است به طوری که می‌توان گفت ما در کف اقیانوسی از مولکول‌های گازی زندگی می‌کنیم. جاذبه زمین این گازها را پیرامون خود نگه می‌دارد و مانع از خروج آنها از اتمسفر می‌شود (شکل ۱). از سوی دیگر، انرژی گرمایی مولکول‌ها سبب می‌شود تا پیوسته آنها در حال جنبش باشند و در سرتاسر هواکره توزیع شوند.



اگر زمین را به سبب شبیه کنیم، ضخامت هواکره نسبت به زمین به نازکی پوست سبب می‌ماند.



شکل ۱- لایه فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب هوا نامیده می‌شود.

اغلب گازها نامرئی هستند به طوری که ما هوا را نمی‌توانیم ببینیم و به طور معمول وجود آن را در پیرامون خود حس نمی‌کنیم، مگر روزهایی که باد می‌وزد یا در مکان‌هایی که هوا به خوبی در جریان است. میان گازهای هوا، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که اغلب آنها برای ساکنان این سیاره سودمند هستند، اما برخی از این واکنش‌ها مفید نبوده و فراوردهایی تولید می‌کنند که دلخواه و مطلوب ساکنان سیاره خاکی نیست.

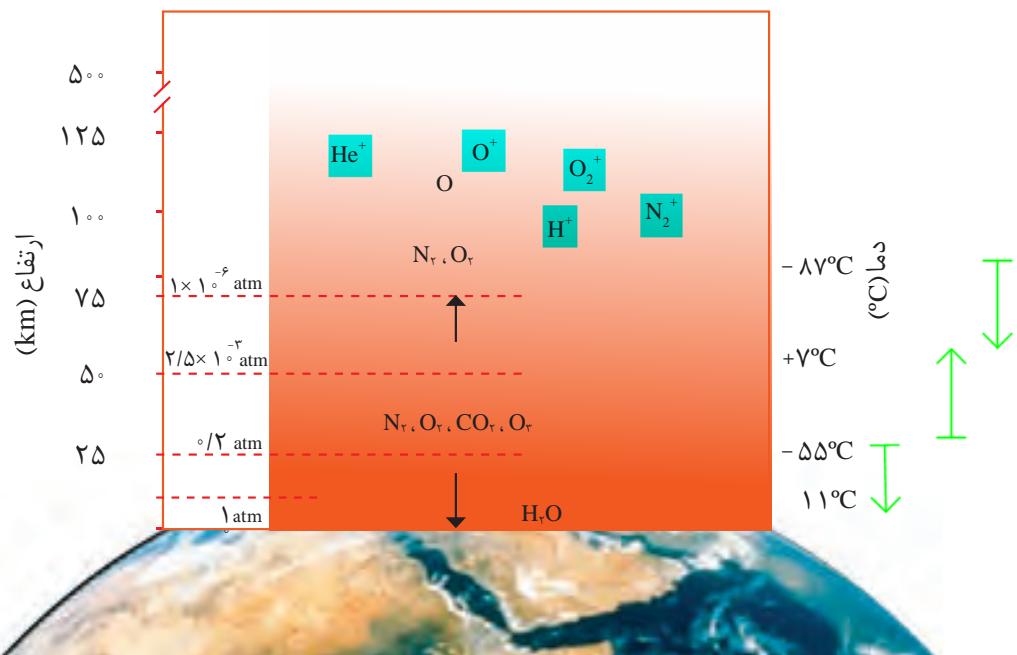
اینک این پرسش‌ها مطرح می‌شود که مواد اصلی پیرامون زمین چیست؟ تا کجاها یافت می‌شود؟ گازها به عنوان بخش عمدۀ این مواد چه رفتارهایی دارند؟ چه واکنش‌هایی میان گازهای هوا رخ می‌دهد؟ و این واکنش‌ها بر زندگی ساکنان این سیاره خاکی چه اثری می‌گذارد؟ رفتار انسان‌ها تا چه اندازه بر هواکره و ویژگی‌های آن تأثیر دارد؟ و پرسش‌های دیگری که ممکن است ذهن شما را به خود مشغول کرده باشد. برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها با ما در این فصل همراه باشید.

## با هم بیندیشیم



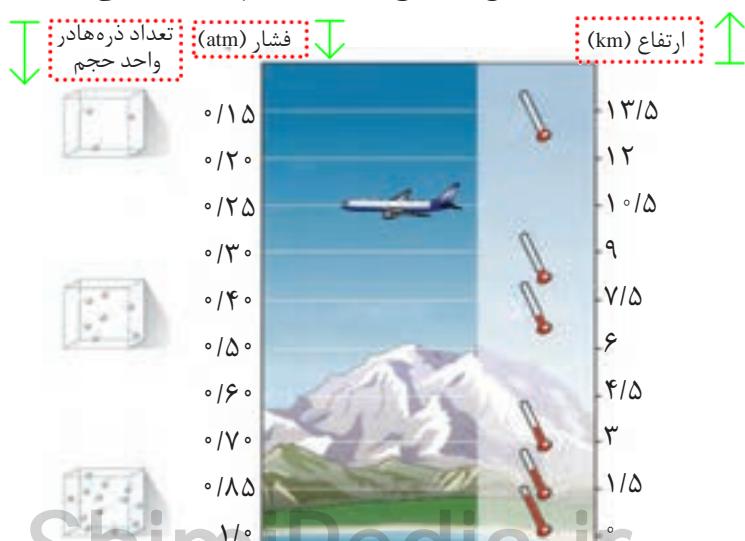
● آب و هوای نتیجهٔ برهم‌کنش میان زمین، هواکره، آب و خورشید است. تغییرات آب و هوایی در فاصلهٔ ۱۰-۱۲ کیلومتری از سطح زمین (لایهٔ تروپوسفر) اتفاق می‌افتد.

- ۱- در شکل زیر، تغییر دما و برخی اجزای سازندهٔ هواکره بر حسب ارتفاع از سطح زمین نشان داده شده است. با توجه به آن:



● فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول‌های آن با دیوارهٔ ظرف است. هواکره نیز به دلیل داشتن گازهای گوناگون فشار دارد. این فشار در همهٔ جهت‌ها بر بدن ما و به میزان بسیان وارد می‌شود.

- آ) آیا روند تغییر دما در هواکره را می‌توان دلیلی بر لایه‌ای بودن آن دانست؟ توضیح دهید.  
ب) آیا به جز اتم و مولکول، ذره‌های دیگری هم در این لایه‌ها هست؟ علت ایجاد آنها را توضیح دهید.  
۲- دما و فشار هوایکره، از جمله عوامل مهم در تعیین ویژگی‌های آن است. با توجه به شکل زیر، مشخص کنید با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.



## پیوند با ریاضی

تغییرات آب و هوای زمین در لایهٔ تروپوسفر رخ می‌دهد. در این لایه با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود  $6^{\circ}\text{C}$  افت می‌کند و در انتهای لایه به حدود  $55^{\circ}\text{C}$  ( $218\text{ کلوین}$ ) می‌رسد. اگر میانگین دما در سطح زمین در حدود  $11^{\circ}\text{C}$  ( $284\text{ کلوین}$ ) در نظر گرفته شود:

آ) ارتفاع تقریبی لایهٔ تروپوسفر را حساب کنید.

ب) رابطه‌ای برای تبدیل دما، بر حسب درجهٔ سلسیوس به دما بر حسب کلوین پیدا کنید.

## هوای معجونی ارزشمند

شاید تجربه کرده باشید که گاهی مغز گردو، بادام، آفتابگردان و ... بو و مزهٔ کهنگی می‌دهد که دلیل این ویژگی، ماندن آنها در هوای آزاد به مدت طولانی است. امروزه در صنعت باسته‌بندی مناسب، می‌توان زمان ماندگاری مواد غذایی را افزایش داد. جالب است بدانید در بسته‌بندی برخی مواد خوراکی از گاز نیتروژن استفاده می‌شود. افزون بر این، گاز نیتروژن کاربردهای دیگری نیز دارد (شکل ۲).



(آ)

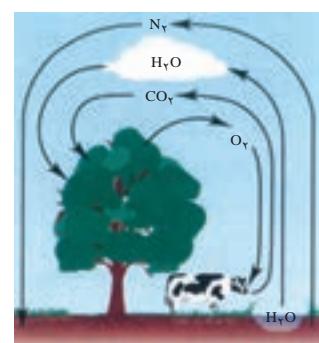


(ب)



(پ)

شکل ۲- از گاز نیتروژن، آ) برای پر کردن تایر خودروها، ب) در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و پ) برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود.



شکل ۳- برهم کنش هواکره با زیست‌کره زندگی جانداران گوناگون در زیست‌کره با گازهای هوای گره خورده است. گیاهان با بهره‌گیری از نور خوشید و مصرف کرین دی‌اکسید هواکره، اکسیژن مورد نیاز جانداران را تولید می‌کنند. جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می‌کنند.

نیتروژن، اکسیژن و کربن دی‌اکسید از جمله گازهای هواکره هستند که در زندگی روزانه نقش حیاتی دارند (شکل ۳).

اکنون این پرسش مطرح است که آیا هواکره می‌تواند منبع ارزشمندی برای تهیهٔ برخی گازها باشد؟ حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره، در نزدیک‌ترین لایه به زمین (تروپوسفر) قرار دارد. این بخش از هواکره، همان بخشی است که ما در آن زندگی می‌کنیم. پس از تروپوسفر،



هواکره رقيق و رقيق تر می شود. در جدول ۱، درصد حجمی گازهای تشکیل دهنده هوا خشک و پاک در لایه تروپوسفر نشان داده شده است. توجه کنید که رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا، حدود یک درصد است. هر چند این مقدار از جایی به جای دیگر، از روزی به روز دیگر و حتی از ساعتی به ساعتی دیگر تغییر می کند.



بررسی های دانشمندان در مورد هوای به دام افتاده در بلورهای بین در یخچال های قطبی و نیز سنگ های آتشفشنای نشان می دهد که از ۲۰۰ میلیون سال پیش تا کنون، نسبت گازهای سازنده هواکره تقریباً ثابت مانده است.

درصد گاز در هوا	نام گاز
۷۸٪ ۷۹	نیتروژن
۲۰٪ ۹۵٪	اکسیژن
٪ ۹۲٪ ۸	آرگون
٪ ۳۸۵	کربن دی اکسید
٪ ۱۰۰۱۸	نئون
٪ ۰۰۰۵	هليم
٪ ۰۰۰۰۱	كريپتون
ناچيز	زنون و دیگر گازها

جدول ۱ نشان می دهد بخش عمده هواکره را دو گاز نیتروژن و اکسیژن تشکیل می دهد. گاز آرگون در میان اجزای هواکره در رتبه سوم قرار دارد؛ بنابراین می توان هوا را منبعی غنی برای تهیه این گازها دانست. در صنعت، این گازها را از تقطیر جزء به جزء هوا مایع تهیه می کنند (شکل ۴).



انواع وسیله ساده ای که جابرین حیان به منظور تقطیر مواد طراحی کرد. این ظرف برای گرم کردن مخلوطها و جمع آوری و هدایت بخارهای حاصل به کار می رفت.



شکل ۴ - نمایی از یک برج تقطیر برای جداسازی اجزای هوا در پتروشیمی اهواز

در این فرایند، نخست هوا را از صافی هایی عبور می دهد تا گرد و غبار آن گرفته شود؛ سپس

با استفاده از فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا  ${}^{\circ}\text{C}$  (صفر درجه سلسیوس)، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می‌شود (چرا؟). در دمای  $-78^{\circ}\text{C}$ ، گاز کربن دی‌اکسید هوا نیز به حالت جامد در می‌آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای  ${}^{\circ}\text{C}$ ، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن **هوای مایع** می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند.

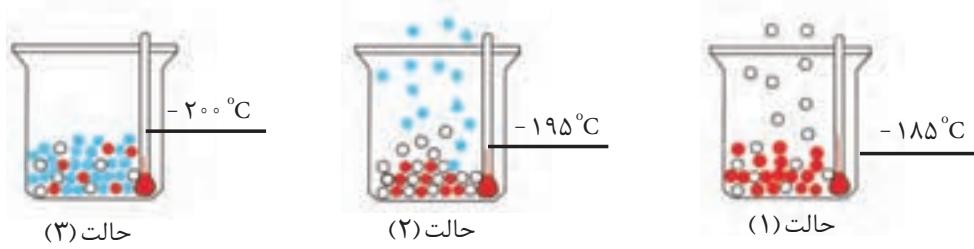


### با هم بیندیشیم

با توجه به جدول زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.  
آ) نمونه‌ای از هوای مایع با دمای  ${}^{\circ}\text{C}$  تهیه کرده‌ایم. اگر این نمونه را وارد برج تقطیر کنیم، ترتیب جداشدن گازها را مشخص کنید.

نقطه جوش ( ${}^{\circ}\text{C}$ )	غاز
-196	نیتروژن
-183	اکسیژن
-186	آرگون
-269	هليوم

ب) دانش‌آموزی جداشدن برخی گازهای از هوای مایع مطابق شکل زیر طراحی کرده است.  
مشخص کنید هر گوی رنگی، نشان‌دهنده کدام گاز است؟ چرا؟



پ) در دمای  ${}^{\circ}\text{C}$ ، اجزای سازنده هوای مایع به کدام شکل وجود دارند؟ چرا؟

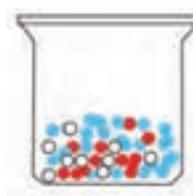
- آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژه آرگون به معنای تبلیل است؛ زیرا واکنش پذیری ناچیزی دارد. این گاز در پژوهشی‌می‌شیار از تقطیر جزء‌به‌جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود.
- آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود.



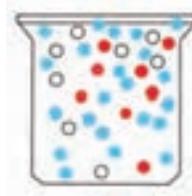
- هنگام ریختن هوای مایع درون یک بالن، مخلوط شروع به جوشیدن می‌کند و بخار می‌شود.

## آیا می دانید

مجموع ذخایر هلیم در جهان  $40$  میلیارد مترمکعب برآورد می شود. بیشتر این ذخایر در امریکا، الجزایر، روسیه، ایران و قطر یافت می شود. سالانه  $175$  میلیون مترمکعب هلیم در جهان تولید می شود. ایران، پس از روسیه، دومین ذخایر گاز طبیعی جهان را دارد. از این رو کشور ما جزو کشورهایی است که از ذخیره هلیم زیادی برخوردار است.



حالت (۲)



حالت (۱)

ت) توضیح دهد چرا تهیه اکسیژن صدرصد خالص در این فرایند دشوار است؟

مقدار گازهای نجیب مانند هلیم، آرگون، کریپتون و زنون در هواکره بسیار کم است. از این رو، به گازهای کمیاب نیز معروف هستند.

## پیوند با صنعت

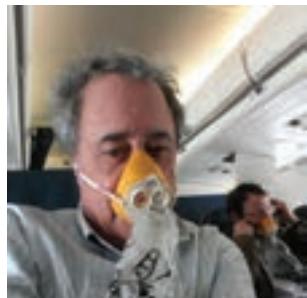
هلیم به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب، بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه است که کاربردهای فراوانی در زندگی دارد (شکل ۵).



شکل ۵- از هلیم، افزون بر پر کردن بالنهای هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی در جوشکاری، کپسول غواصی و مهم‌تر از همه، برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاههای تصویربرداری مانند MRI استفاده می شود.

هلیم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می شود؛ به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این‌رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند.

هلیم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می شود. یافته‌های تجربی نشان می دهد که حدود  $7$  درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیم تشکیل می دهد. البته مقدار هلیم در میدان‌های گازی گوناگون، متفاوت است (شکل ۶).



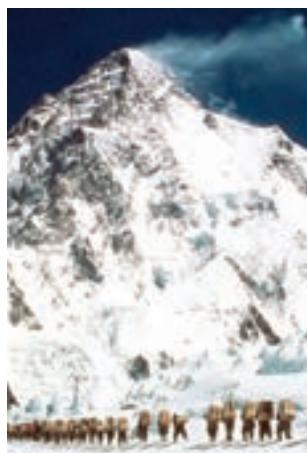
● چرا هواپیماها با خود اتفاقی از گاز اکسیژن حمل می‌کنند؟

شکل ۶- هلیم موجود در گاز طبیعی به همراه سایر فراورده‌های سوختن بدون مصرف وارد هوا کرده می‌شود.

**هلیم را می‌توان افزون بر هوای مایع، از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی نیز به دست آورد. تهیهٔ**

**این گاز از کدام روش مقرر شده است؟ چرا؟**

جداسازی هلیم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفت‌های نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون به جداسازی و تهیهٔ آن موفق نشده‌اند و همچنان، هلیم از دیگر کشورها وارد می‌شود. امید است گسترش دانش علوم‌پایه و فنی و مهندسی سبب تربیت دانش‌آموختگان و متخصصانی شود تا بتوانیم از منابع خدادادی و ثروت‌های ملی، بهرهٔ مناسب ببریم.



## اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر در هواکره

اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهندهٔ هواکره است که زندگی روی زمین، به وجود آن گره خورده است. این عنصر در آب کرده، در ساختار مولکول‌های آب و در سنگ کرده به صورت ترکیب با دیگر عنصرها وجود دارد. همچنین اکسیژن در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها نیز یافت می‌شود. این گاز در هواکره به طور عمدی به شکل مولکول‌های دواتمی وجود دارد؛ هر چند مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هواکره با هم تفاوت دارد.

### خود را بیازمایید

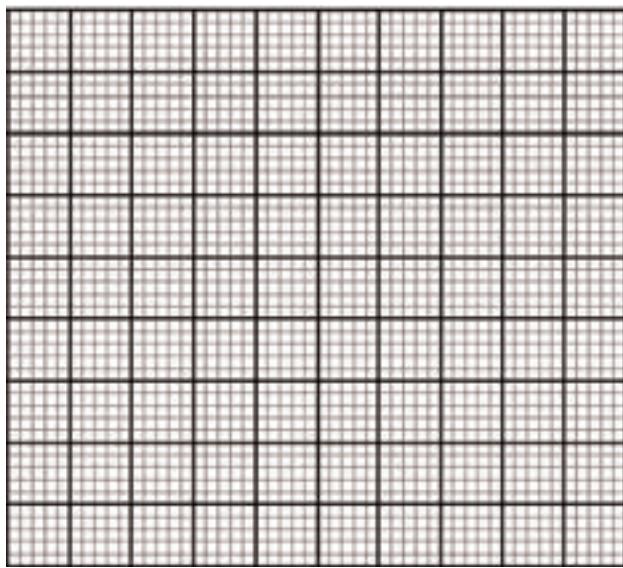
در جدول زیر، فشار گاز اکسیژن هوا در ارتفاع‌های مختلف از سطح زمین داده شده است:

ارتفاع از سطح زمین(km)	فشار گاز اکسیژن ( $\times 10^{-2}$ atm)
۷/۹	۷/۳
۶/۷	۶
۴/۸	۴/۲
۴/۲	۳/۶
۳/۰	۲/۴
۲/۴	۱/۸
۰/۶	۰/۳
۰/۳	۰
۷/۶	۸/۴
۹	۹/۷
۱۱/۴	۱۲/۳
۱۲/۳	۱۳/۲
۱۴/۳	۱۵/۴
۱۵/۴	۱۶/۶
۱۶/۶	۱۹/۴
۱۹/۴	۲۰/۱
۲۰/۱	۲۰/۹



● کوهنوردان به هنگام صعود به ارتفاعات کپسول اکسیژن حمل می‌کنند.

آ) نمودار فشار گاز اکسیژن را بر حسب ارتفاع، روی کاغذ میلی‌متری داده شده رسم کنید.



- ب) با توجه به نمودار، با افزایش ارتفاع در هواکره فشار گاز اکسیژن چه تغییری می‌کند؟
- پ) با استفاده از نمودار، فشار این گاز را در ارتفاع ۲/۵ کیلومتری پیش‌بینی کنید.
- ت) توضیح دهید چرا کوهنوردان هنگام صعود به قله‌های بلند، از کپسول اکسیژن استفاده می‌کنند؟
- ث) با استفاده از یک نرم‌افزار رسم نمودار، این نمودار را رسم و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.



- چراغ پیه‌سوز. در واکنش سوختن چربی، انرژی شیمیایی به انرژی نورانی و گرمایی تبدیل می‌شود.

اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب عنصرها و مواد واکنش می‌دهد؛ از این رو، بخش قابل توجهی از واکنش‌های شیمیایی که روزانه پیرامون ما رخ می‌دهد به دلیل وجود گاز اکسیژن در هوا است؛ برای مثال فساد مواد غذایی، پوسیدن چوب، فرسایش سنگ و خاک، زنگ زدن وسایل آهنی، سوختن سوخت‌ها و ... از جمله این واکنش‌ها است. آزادسازی انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد غذایی مانند چربی‌ها و قندها در سوخت‌وسازی‌اخته‌ای نیز به کمک اکسیژن انجام می‌شود تا بدین ترتیب، انرژی لازم برای فعالیت‌های بدن فراهم شود.

### انرژی + آب + گربن دی اکسید → اکسیژن + چربی‌ها یا قندها

از سوی دیگر، بنزین، گازوئیل و ... در موتور خودرو می‌سوزد تا انرژی لازم برای حرکت خودرو فراهم شود. از سوختن گاز شهری در اجاق گاز، بخاری یا موتورخانه کاشانه‌ها\* (آپارتمان‌ها)، گرمای لازم برای پخت و پز، همچنین گرم کردن خانه‌ها تأمین می‌شود.

سوختن، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد

و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود؛ برای مثال، زغال سنگ در حضور اکسیژن می‌سوزد و افزون بر تولید گازهای  $\text{CO}_2$  و بخار آب، مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند (شکل ۷).

● کربن مونوکسید از کربن دی اکسید  $\text{CO}$  ناپایدارتر است، به طوری که  $\text{CO}$  تولید شده در سوختن ناقص در حضور اکسیژن و در شرایط مناسب دوباره می‌سوزد و به  $\text{CO}_2$  تبدیل می‌شود.

$$2\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{CO}_2\text{(g)}$$


شکل ۷- سوختن زغال سنگ در هوا

## آیا می‌دانید

نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود و گاز کربن دی اکسید و بخار آب تولید می‌گردد. اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فراورده‌ها تولید خواهد شد؛ در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص است (شکل ۸).



(آ)



(ب)

شکل ۸- آرنگ زرد شعله، نشان دهنده سوختن ناقص است (ب) رنگ آبی شعله، نشان می‌دهد که وسیله گاز سوز به درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد.

کربن مونوکسید، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا و



شکل ۹- دستگاه حسگر کربن مونوکسید

قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به طوری که به سرعت در همه فضای اتاق پخش می‌شود. از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانه عصبی را فلچ می‌کند و قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ او می‌شود.

### در میان تارنمایها



شکل ۱۰- سوختن گردآهن. اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می‌سوzenند.

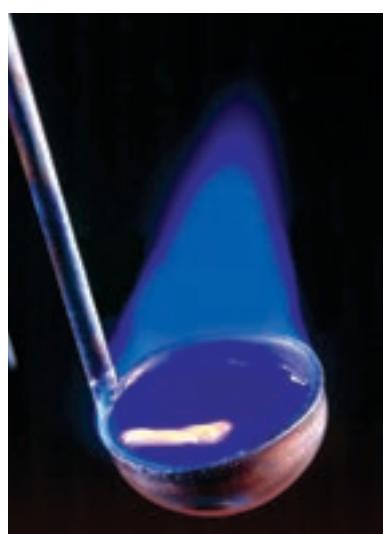
۱- بیشتر مرگ و میرهای ناشی از گاز گرفتگی به دلیل رعایت نکردن اصول ایمنی هنگام استفاده از وسایل گرمایشی است. درباره روش‌های استاندارد انتقال گازهای حاصل از سوختن سوخت‌ها به بیرون از خانه و روش‌های جلوگیری از گاز گرفتگی، اطلاعات جمع‌آوری و به کلاس گزارش کنید.

۲- امروزه در برخی خانه‌ها از دستگاهی برای اعلام نشت گاز کربن مونوکسید استفاده می‌کنند (شکل ۹). با مراجعه به منابع معتبر در اینترنت درباره شیوه کار این دستگاه گزارشی به کلاس ارائه کنید.

واکنش پذیری زیاد اکسیژن سبب می‌شود تا عنصرهای فلزی و نافلزی در شرایط مناسب بسوزنند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).



(آ)



(ب)



(پ)

شکل ۱۱- سوختن (آ) منیزیم، (ب) گوگرد، (پ) سدیم

## خود را بیازمایید

یکی از کاربردهای آرگون ایجاد محیط بی اثر هنگام جوشکاری است. به نظر شما این روش بر استحکام و طول عمر فلز جوشکاری شده چه تأثیری خواهد داشت؟ توضیح دهید.

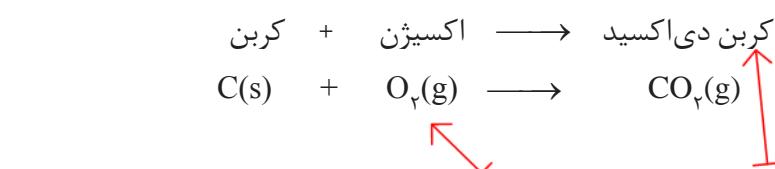


- تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزاد سازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد.



## وکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم

در هر تغییر شیمیایی مانند سوختن مواد، فساد مواد غذایی و... از یک یا چند مادهٔ شیمیایی، مادهٔ (مواد) تازه‌ای تولید می‌شود. هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آنها را با یک معادله نشان می‌دهند. در این معادله، واکنش دهنده‌ها در سمت چپ و فراورده‌ها در سمت راست نوشته می‌شوند؛ برای مثال، سوختن کربن را به صورت زیر نمایش می‌دهند:

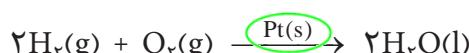


معادلهٔ نخست، نوشتاری و معادلهٔ دوم، نمادی نامیده می‌شود. معادلهٔ نمادی، افزون بر

نمایش فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آنها و اطلاعاتی

دربارهٔ شرایط واکنش نیز ارائه کند؛ برای نمونه، معادلهٔ شیمیایی زیر بیان می‌کند که این

واکنش در حضور کاتالیزگر پلاتین انجام می‌شود:



یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همهٔ آنها از قانون پایستگی

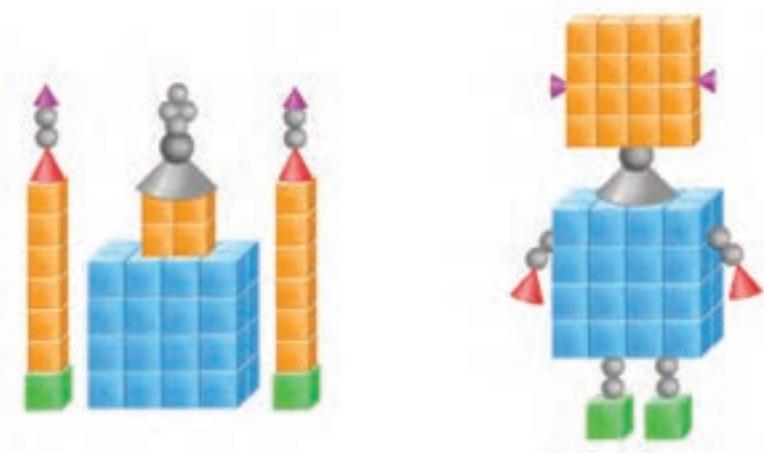
- هنگامی که به شکر گرمای داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

- نمادهای به کاررفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی

معنا	نماد
جامد	(s)
مایع	(l)
گاز	(g)
محلول آبی	(aq)

- در معادلهٔ واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار، حالت گاز دارد.

۱- دو دانش آموز با استفاده از قطعه های پلاستیکی، دو دست سازه به شکل های زیر درست کرده اند. درباره جرم این دو دست سازه گفت و گو کنید و شرط برابری جرم آنها را بنویسید.



● معنای برخی عبارت های ایام نمادهای مورد استفاده در معادله های شیمیایی

معنا	نماد
تولید می کند یا می دهد.	→
واکنش دهنده ها براثر گرم شدن واکنش می دهند.	Δ →
واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می شود.	۲۰ atm →
واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجه سلسیوس انجام می شود.	۱۲۰۰ °C →
برای انجام شدن واکنش، از فلز پالادیم (Pd) به عنوان کاتالیزگر استفاده می شود.	Pd(s) →

۲- جای خالی را پر کنید.



۳- میخ آهنی در هوای مرطوب زنگ می زند. با توجه به جرمی که ترازووها نشان می دهند، قانون پایستگی جرم را در این واکنش توضیح دهید.



۴- درباره عبارت زیر در کلاس گفت و گو کنید.

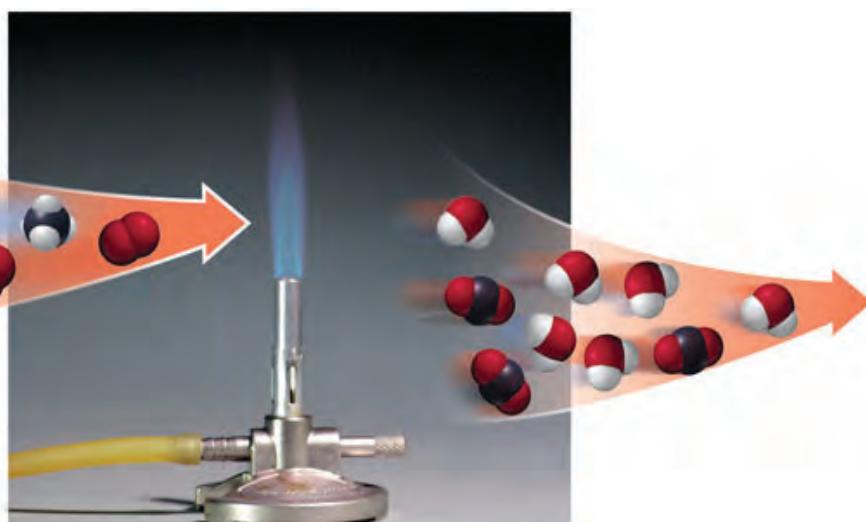
«جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است.»

## موازنی کردن معادله واکنش‌های شیمیایی

در واکنش‌های شیمیایی، اتمی از بین نمی‌رود و به وجود هم نمی‌آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم‌های واکنش‌دهنده‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند و فراورده‌ها را به وجود می‌آورند. این ویژگی نشان می‌دهد که جرم مواد، پیش از واکنش برابر با جرم مواد، پس از واکنش است؛ به دیگر سخن، جرم مواد شرکت‌کننده در یک واکنش شیمیایی، ثابت است.

مطابق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است،

(شکل ۱۲).



شکل ۱۲- سوختن متان. برابری شمار هر یک اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن در واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها

برای این واکنش می‌توان معادله شیمیایی به صورت زیر نوشت:



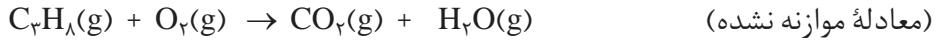
در معادله‌های شیمیایی موازن‌شده،  
نیازی به نوشتن ضریب ۱ نیست.

در این معادله، تعداد اتم‌های کربن در واکنش‌دهنده‌ها (متان) برابر با ۱ و در فراورده‌ها (کربن دی‌اکسید) نیز با ۱ برابر است؛ اما تعداد اتم‌های هیدروژن و اکسیژن در دو سوی معادله، برابر نیست. حال برای اینکه تعداد اتم‌های این دو عنصر نیز در دو سوی معادله، برابر شود، باید به  $\text{O}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  ضریب ۲ داده شود؛ در این صورت، معادله موازن شده به دست می‌آید.

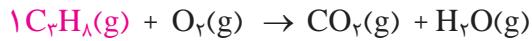


با توجه به معادله موازنۀ شده می‌توان نتیجه گرفت که برای موازنۀ کردن هر معادله شیمیایی، باید به هر یک از واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ضریبی نسبت داد تا تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

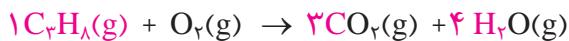
براساس یکی از ساده‌ترین روش‌های موازنۀ (روش وارسی) اغلب به ترکیبی ضریب ۱ می‌دهند که دارای بیشترین تعداد اتم است؛ سپس با توجه به تعداد اتم‌های این ترکیب، ضرایبی را به دیگر مواد می‌دهند تا تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود. برای نمونه، معادلهٔ نمادی سوختن کامل پروپان به صورت زیر است:



برای موازنۀ، به  $\text{C}_3\text{H}_8$  ضریب ۱ بدهید.



اینک تعداد اتم‌های کربن و هیدروژن در سمت چپ مشخص شده است. حال اگر به  $\text{H}_2\text{O}$  ضریب ۴ و به  $\text{CO}_2$  ضریب ۳ بدهید، تعداد اتم‌های C و H در دو طرف برابر می‌شود.

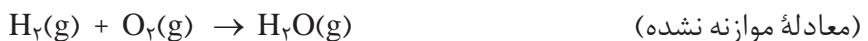


در پایان، چون تعداد اتم‌های اکسیژن در سمت راست، تعیین شده و برابر با ۱۰ اتم است، اگر به اکسیژن در سمت چپ، ضریب ۵ بدهید، تعداد اتم‌های همهٔ عنصرها در دو سوی معادله برابر می‌شوند.

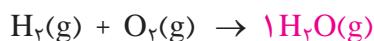


همان‌طور که مشاهده کردید، هنگام موازنۀ کردن معادلهٔ شیمیایی، باید زیروندها را در فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها تغییر داد. همچنین توجه به این نکته ضروری است که هریک از ضریب‌ها در معادلهٔ موازنۀ شده، باید کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشد.

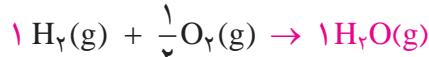
برای نمونه به روش موازنۀ معادلهٔ سوختن گاز هیدروژن دقت کنید.



در اینجا برای موازنۀ  $\text{H}_2\text{O}$ ، ضریب ۱ می‌دهیم.



حال تعداد اتم‌های H و O در سمت راست معادله مشخص شده است. اگر به  $\text{H}_2$  ضریب ۱ و به  $\text{O}_2$  ضریب  $\frac{1}{2}$  بدهیم، تعداد اتم‌های هر دو عنصر در دو سوی معادله برابر می‌شود.



در پایان برای ازین بردن ضریب کسری اکسیژن، همهٔ ضریب‌ها را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم؛

در نتیجه:



## خود را بیازمایید

معادله واکنش‌های زیر را موازن کنید:



## ترکیب اکسیژن با فلزها و نافلزها

اغلب فلزها در طبیعت، به شکل ترکیب یافت می‌شوند که بخش قابل توجهی از آنها به شکل

اکسید است؛ برای مثال، فلز آلومینیم به صورت ترکیب بوکسیت ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  به همراه ناخالصی)

و فلز آهن به صورت هماتیت ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  به همراه ناخالصی) در طبیعت وجود دارد (شکل ۱۳).



(آ)



(ب)

شکل ۱۳- آ) سنگ معدن آلومینیم، ب) سنگ معدن آهن



● زنگ زدن و سایل آهنی و فولادی،  
سالانه هزینه‌های هنگفتی را به  
اقتصاد کشورها تحمیل می‌کند.

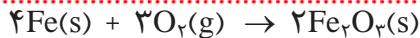
فلزها کاربردهای بسیار گسترده‌ای در زندگی روزانه دارند که با برخی از آنها در درس علوم هفتم آشنا شدید. برای استفاده از فلزها، نخست آنها را با صرف انرژی زیاد و طی فرایند طولانی از سنگ معدن استخراج می‌کنند؛ سپس آنها را برای تولید مواد، ابزار، وسایل و دستگاه‌های گوناگون به کار می‌برند. نکته مهم این است که وقتی این وسایل و دستگاه‌های فلزی در معرض هوا قرار می‌گیرند، دچار تغییر شیمیایی شده و دوباره با اکسیژن هواترکیب می‌شوند. برای مثال زنگ زدن آهن، واکنش شیمیایی معروفی است که بارها آن را در بخش‌های گوناگون زندگی مشاهده کرده‌اید. زنگ زدن آهن، یک واکنش اکسایش است که در آن، آهن با اکسیژن در هوای

مرطوب واکنش داده و زنگ آهن قهوه‌ای رنگ تشکیل می‌دهد (شکل ۱۴). این زنگار، متخلخل

است و سبب می‌شود تا بخار آب و اکسیژن به لایه‌های زیرین نفوذ کند و باقیمانده فلز را مورد حمله

قرار دهد. بدین ترتیب، اکسایش آهن تا آنجا پیش می‌رود که همهٔ فلز به زنگار تبدیل می‌شود؛

ماده‌ای که استحکام لازم را ندارد و در اثر ضربه، خرد می‌شود و فرو می‌ریزد.



● به واکنش آرام مواد با اکسیژن که با تولید انرژی همراه است، واکنش اکسایش می‌گویند.



شکل ۱۴- به ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر اکسایش، خوردگی گفته می‌شود.

رفتار همهٔ فلزها در برابر اکسیژن یکسان نیست؛ برای مثال، با اینکه فلز آلومینیم نیز با اکسیژن هوا واکنش می‌دهد و به آلومینیم اکسید تبدیل می‌شود، اما در برابر خوردگی مقاوم است، به گونه‌ای که پرخلاف آهن، لایه‌های درونی فلز اکسایش نمی‌یابد؛ به همین دلیل، گاهی در ساختمان‌سازی از در و پنجره‌های آلومینیمی به جای آهنی استفاده می‌شود.

● وجود یون‌های  $\text{Fe}^{2+}$  در آب و تبدیل آن به یون‌های  $\text{Fe}^{3+}$ ، سبب می‌شود هنگام چکه کردن شیرهای منزل پس از مدتی رسوب قهقهه‌ای که همان زنگ آهن است به وجود آید. برای خلاصی از این پدیده که چهره‌زشتی ایجاد می‌کند، می‌توان پنبه‌آغشته به آبلیمویا سرکه را چند بار روی آن کشید.

### خود را بیازمایید

۱- شکل زیر، از راست به چپ واکنش سه فلز آلومینیم، روی و آهن را در شرایط یکسان با محلولی از یک اسید نشان می‌دهد.



آ) کدام فلز واکنش پذیرتر است؟ چرا؟

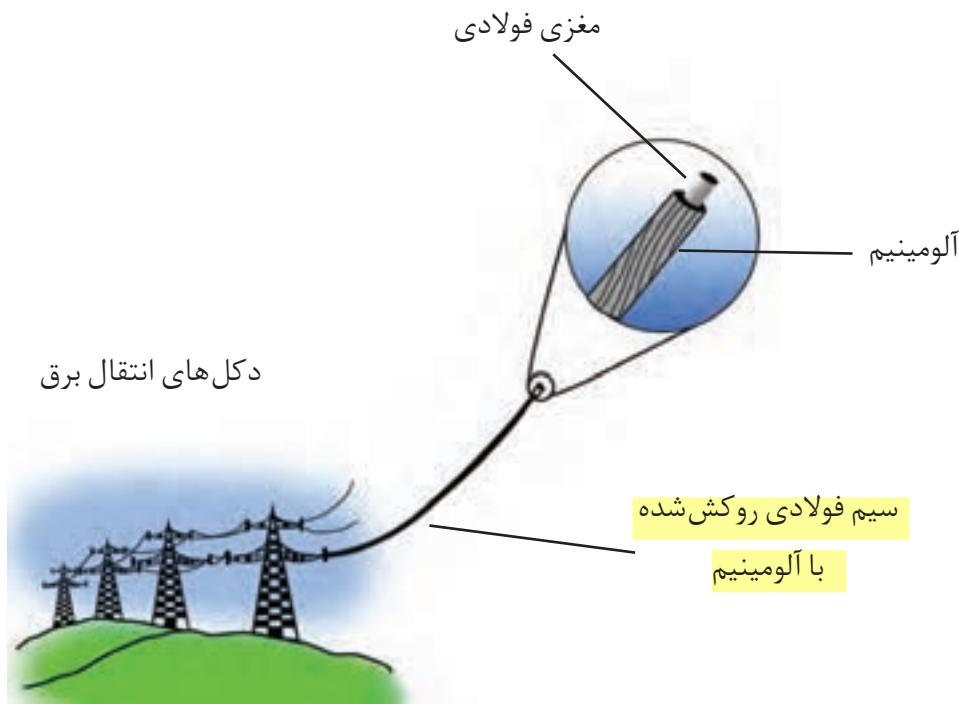
ب) پیش‌بینی کنید در شرایط یکسان، تیغه آلومینیمی زودتر اکسایش می‌یابد یا تیغه آهنی؟  
چرا؟

۲- آلومینیم اکسید، جامدی با ساختاری متراکم و پایدار است که محکم به سطح فلز

می‌چسبد. بر این اساس توضیح دهید چرا وسایل آلومینیمی در برابر خوردگی مقاوم‌اند؟

۳- سیم‌های انتقال برق با ولتاژ بالا (فشار قوی) افرون بر داشتن رسانایی الکتریکی زیاد، باید ضخیم و مقاوم باشند. در برخی از کشورها این سیم‌ها را از فولاد و آلومینیم درست می‌کنند، به طوری که رشتۀ درونی آنها از فولاد و روکش آنها از آلومینیم است.

- در درس علوم آموختید که هرچه ضخامت سیم کمتر باشد، مقاومت آن در برابر جریان الکتریکی بیشتر است.



آ) چرا روکش این سیم‌ها را از آلومینیم می‌سازند؟  
ب) با توجه به فاصله زیاد میان دکل‌های برق، چرا همه سیم‌ها را از فولاد نمی‌سازند؟  
(راهنمایی: چگالی آهن و آلومینیم به ترتیب برابر با  $7/8$  و  $2/7$  گرم بر سانتی‌متر مکعب است).

برخی از فلزها مانند آهن، در واکنش با اکسیژن، دو نوع اکسید تولید می‌کنند. در واقع آهن با اکسیژن ترکیب و نخست به  $\text{FeO}$  تبدیل می‌شود؛ سپس این ترکیب با اکسیژن محیط به  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  اکسایش می‌یابد. این ترکیب‌ها را چگونه باید نام‌گذاری کرد؟

در جدول زیر، نام و فرمول شیمیایی برخی اکسیدهای فلزی داده شده است.



آهن (III) کلرید

نام	فرمول	نام	فرمول
سدیم اکسید	$\text{Na}_2\text{O}$	آهن (III) اکسید	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
منیزیم اکسید	$\text{MgO}$	مس (I) اکسید	$\text{Cu}_2\text{O}$
آهن (II) اکسید	$\text{FeO}$	مس (II) اکسید	$\text{CuO}$



آهن (II) کلرید

۱- با بررسی داده‌های جدول:

آ) کدام فلزها، بیش از یک نوع اکسید تشکیل داده‌اند؟

ب) نماد کاتیون را در اکسیدهای آهن و مس مشخص کنید.

پ) چه رابطه‌ای بین نام ترکیب، با بار الکتریکی این کاتیون‌ها وجود دارد؟

ت) شیوه نام‌گذاری ترکیب‌های یونی را، که در آنها کاتیون، بارهای الکتریکی متفاوتی دارد

توضیح دهید.

۲- جدول زیر را کامل کنید.



$\text{CuCl}_2$

نام ترکیب	آلومینیم فلوئورید	پتاسیم سولفید	آهن (III) یدید		
$\text{CaO}$					
فرمول شیمیایی			$\text{MgBr}_2$	$\text{Cu}_2\text{S}$	



$\text{CuCl}$

۳- هرگاه بدانیم که اتم عنصر کروم در ترکیب‌های خود اغلب به صورت کاتیون  $\text{Cr}^{3+}$  یا  $\text{Cr}^{2+}$  یافت می‌شود، فرمول و نام شیمیایی اکسیدهای و کلریدهای آن را بنویسید.

واکنش عنصرها با اکسیژن، تنها به فلزها محدود نمی‌شود بلکه، نافلزها نیز با آن واکنش می‌دهد و به اکسید نافلزها تبدیل می‌شود. در واقع اکسیدهای نافلزی، دسته‌هایی از ترکیب‌های شیمیایی هستند که از واکنش نافلزها با اکسیژن تولید می‌شوند. ترکیب‌هایی

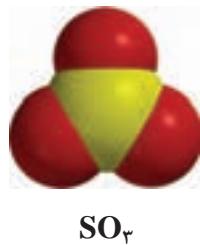
مانند  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_2$ , نمونه‌هایی از اکسیدهای نافلزی هستند. با توجه به اینکه هر زیروند در فرمول شیمیایی، نمایانگر شمار اتم‌های آن عنصر در ترکیب است، شیمی‌دان‌ها برای بیان تعداد هر یک از اتم‌ها، پیشوندهای معرفی شده در جدول را به کار می‌برند. برای نمونه، به فرمول و نام شیمیایی ترکیب زیر توجه کنید:



## دی نیتروژن تترا اکسید

پیشوند	تعداد
مونو	۱
دی	۲
تری	۳
تترا	۴
پنتا	۵
هگزا	۶

نام این ترکیب، الگویی برای نام‌گذاری این نوع ترکیب‌ها است. بدین ترتیب که نخست، تعداد و نام عنصری گفته می‌شود که در سمت چپ فرمول شیمیایی نوشته شده است. سپس تعداد و نام عنصر دوم با پسوند «ید» بیان می‌شود.



## خود را بیازمایید

۱- نام ترکیب‌های داده شده را بنویسید.

ب)  $\text{N}_2\text{O}_3$

(آ)  $\text{NO}_2$

ت)  $\text{CS}_2$

پ)  $\text{CO}$

ج)  $\text{SO}_2$

ث)  $\text{SO}_3$

ح)  $\text{CCl}_4$

چ)  $\text{PCl}_3$

د)  $\text{NF}_3$

خ)  $\text{SiBr}_4$



## با هم بیندیشیم

در آرایش الکترون- نقطه‌ای (ساختار لوویس)، الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها طوری کنار آنها چیده می‌شوند که همه اتم‌های ترکیب از قاعده هشت‌تایی پیروی کنند. اینک با توجه به آرایش الکترون- نقطه‌ای کربن دی اکسید و بررسی موارد زیر، روشی برای رسم ساختار لوویس مولکول‌ها بیابید.



۱- شمار کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده را حساب کنید. برای این کار، تعداد

• مدل فضا پرکن چند مولکول

- اگر در فرمول مولکولی یک ترکیب، تنها یک اتم از عنصر سمت چپ وجود داشته باشد، از به کار بردن پیشوند مونو پیش از نام این عنصر چشم پوشی می‌شود.

۲- ساختارهای ممکن که در آنها، اتم‌های کربن و اکسیژن با یک، دو یا سه پیوند به هم متصل

شده‌اند به صورت زیر است:



۳- الکترون‌های ناپیوندی روی اتم‌ها را با جفت نقطه نشان دهید، به طوری که پیرامون هر

اتم در مجموع، هشت الکtron (پیوندی + ناپیوندی) وجود داشته باشد.

۴- از میان آرایش‌هایی که رسم کرده‌اید، آنکه ویژگی‌های زیر را دارد، آرایش لوویس درست‌تر کیب

رانشان می‌دهد:

• مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در مولکول، برابر با مجموع الکترون‌های لایه

ظرفیت اتم‌های سازنده آن باشد.

• هرگاه اتم هالوژن، اتم کناری باشد، تنها یک پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد.

• بررسی ساختار لوویس گونه‌هایی که از قاعده هشت تایی پیروی نمی‌کنند و گونه‌هایی که بیش از یک اتم مرکزی دارند، جزء‌هدف‌های این کتاب نبوده است. بنابراین طرح پرسش از این موارد، در ارزشیابی پایانی مجاز نیست.

• همه اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده باشند (اتم‌های هیدروژن همواره یک پیوند تشکیل می‌دهند، از این‌رو تنها با دو الکترون پایدار می‌شوند).

راهنمایی: در رسم ساختار لوویس، نمایش پیوند دوگانه بر پیوند سه‌گانه مقدم است.

اکنون با روشی که آموخته‌اید، ساختار لوویس هر یک از مولکول‌های زیر را رسم کنید.



## خواص اکسیدهای فلزی و نافلزی

اکسیدهای فلزی و نافلزی، کاربردهای فراوانی در زندگی دارند. برای نمونه، برخی کشاورزان

کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک

می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس

گیاه تغییر کند. از کلسیم اکسید همچنین برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده

می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- افزودن آهک به زمین‌های کشاورزی و دریاچه‌های اسیدی

در درس علوم نهم آموختید که مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این جانداران با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید در آب از بین می‌روند (شکل ۱۶).



• اثر هیدرولریک اسید بر روی برگ گیاه

شکل ۱۶- با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید در هوایکره، بخش زیادی از آن در آب دریاها و اقیانوس‌ها حل می‌شود. به این ترتیب خاصیت اسیدی آب افزایش می‌یابد و زندگی آبزیان به خطر می‌افتد.

## کاوش کنید

۱- درون یک بشر تا نیمه آب بریزید؛ سپس مقداری آهک به آن بیفزایید و مخلوط را خوب هم بزنید.

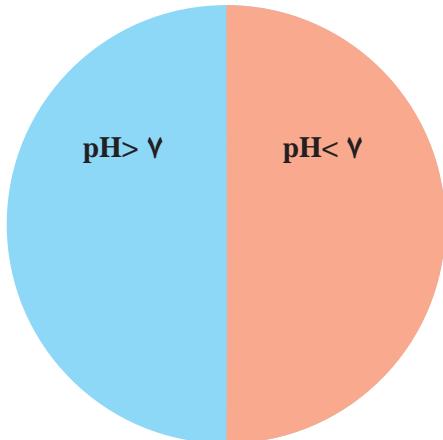
۲- یک تکه کاغذ pH بردارید و آن را به محلول آب آهک آغشته کنید. چه مشاهده می‌کنید؟

۳- یک بطری آب گازدار بردارید و یک تکه کاغذ pH را به آن آغشته کنید. چه مشاهده می‌کنید؟

۴- از این آزمایش‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

۵- پیش‌بینی کنید با حل شدن هر یک از مواد زیر در آب، محلول به دست آمده چه خاصیتی

دارد؟ هر ماده را درون دایره و در جای مناسب بنویسید.



MgO (آ)  
SO<sub>۲</sub> (ب)  
CO<sub>۲</sub> (پ)  
Na<sub>۲</sub>O (ت)

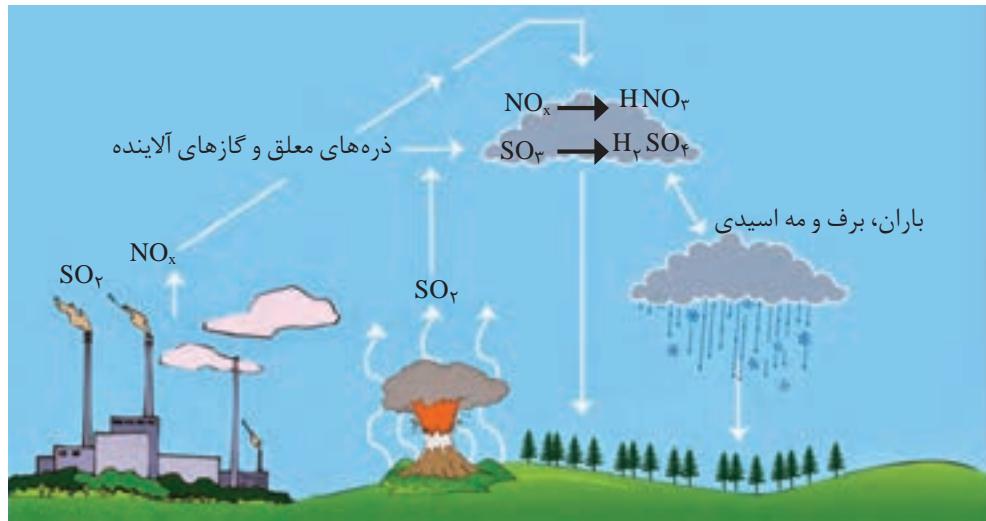
۶- از گچ و سیمان به مقدار زیادی در ساختمان‌سازی استفاده می‌شود. شاید شما هم دقت کرده باشید هنگام ساختمان‌سازی در محل تهیه بتون یا در جایی که مقداری سیمان یا گچ بر جای می‌ماند تا مدت‌ها گیاهی رشد نمی‌کند. آیا می‌توان این موضوع را به خاصیت اسیدی یا بازی گچ و سیمان مرتبط دانست؟ درستی پاسخ خود را با استفاده از کاغذ pH بررسی کنید.

به طور کلی، اکسیدهای فلزی را اکسیدهای بازی و اکسیدهای نافلزی را اکسیدهای اسیدی می‌نامند؛ زیرا از واکنش آنها با آب به ترتیب باز و اسید تولید می‌شود.

## 〇 پیوند با زندگی

حیات و ادامه آن روی زمین، به بارش‌های آسمانی وابسته است. باران از جمله این نعمت‌ها است؛ نعمتی که هنگام بارش، افزون بر ایجاد پاکی و نشاط به طبیعت جان دوباره می‌بخشد. به دلیل آلودگی‌های ناشی از صنایع و فناوری‌های ساخته بشر، گاهی همین باران مشکل ساز می‌شود. باران به دلیل وجود کربن دی اکسید (CO<sub>۲</sub>) محلول در آن، اندکی اسیدی و دارای pH کمتر از ۷ است.

در شیمی هواکره، اصطلاح رایجی با عنوان «آنچه بالا می‌رود، باید پایین بیاید» وجود دارد. این اصطلاح بیان می‌کند آلاینده‌هایی که از سوختن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شوند و بالا می‌روند، سرانجام باید به زمین برگردند. این آلاینده‌ها به طور عمده شامل اکسیدهای اسیدی NO<sub>۲</sub> و SO<sub>۲</sub> هستند که هنگام بارش در آب حل می‌شوند. بارشی که خاصیت اسیدی چشمگیری دارد و به زمین فرو می‌ریزد؛ در این حالت می‌گوییم باران اسیدی باریده است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- روند تولید باران اسیدی

**باران اسیدی آثار جبران ناپذیری بر جنگل‌ها، باغ‌های میوه و زندگی آبزیان دارد؛ زیرا تغییر**

**میزان خاصیت اسیدی آب به بافت‌های جانداران آسیب می‌زند. آثار زیانیار باران اسیدی بر روی پوست، دستگاه تنفس و چشم‌ها به سرعت قابل تشخیص است. گاهی خاصیت اسیدی باران**

**باعث خشکی و ترک خورده‌گی پوست بدن می‌شود (شکل ۱۸).**



شکل ۱۸- برخی از آثار باران اسیدی. تغییر pH آب در زندگی جانداران آثار جبران ناپذیری بر جای می‌گذارد.

## چه بر سر هوا کره می‌آوریم؟

دانشمندان با استفاده از بالون‌های هوشناسی، ماهواره‌ها، کشتی‌های اقیانوس‌پیما و گوییچه‌های شناور در دریاها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را در سرتاسر نقاط آن رصد می‌کنند. شواهد نشان می‌دهند که در طول سده‌گذشته میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است. این افزایش سبب شده تا شرایط آب و هوایی در نقاط گوناگون

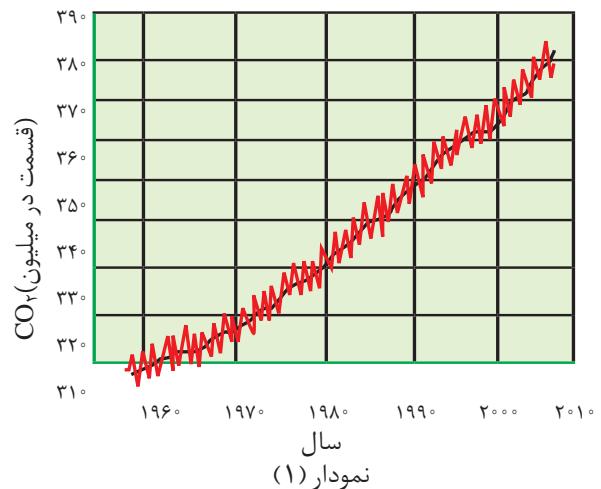
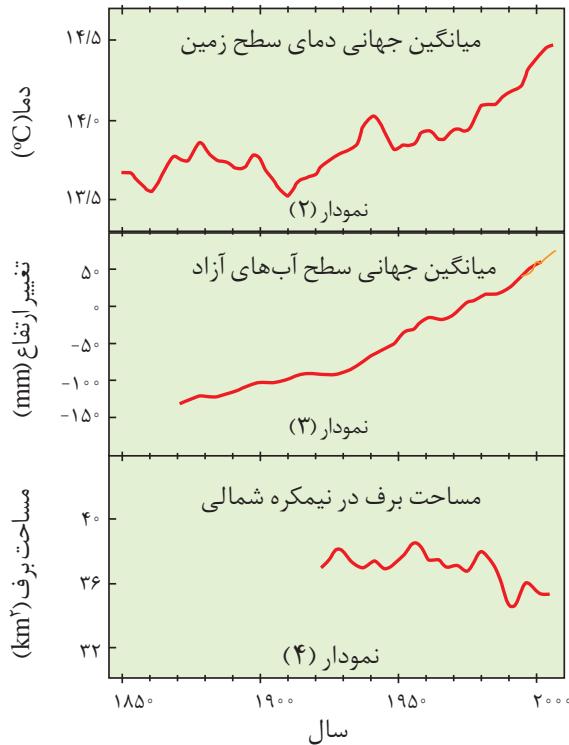
زمین تغییر کند. اکنون این پرسش پیش می‌آید که چه عواملی سبب ایجاد این تغییر می‌شود؛

آیا گازهای موجود در هوا کرده می‌توانند در آن نقش داشته باشند؟ آیا رفتار و سبک زندگی انسان‌ها سبب این تغییرها شده است یا پدیده‌های طبیعی عامل آن هستند؟

## با هم بیندیشیم

دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند  
دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ بین  
۱/۸ تا ۴ درجه سلسیوس افزایش  
خواهد یافت.

آمارها نشان می‌دهند که سالانه میلیاردها تن کربن دی‌اکسید به هوا کرده وارد می‌شود به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هوا کرده به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. نمودارهای زیر تغییر مقدار میانگین کربن دی‌اکسید در هوا کرده، میزان بالا آمدن سطح آب دریاهای، تغییر میانگین دمای کره زمین و میانگین مساحت برف در نیمکره شمالی را نشان می‌دهند.



آ) با بررسی نمودارها توضیح دهید بین نمودار (۱) با نمودارهای (۲)، (۳) و (۴) چه ارتباطی وجود دارد؟

ب) شواهد نشان می‌دهند که فصل بهار در نیمکره شمالی زمین، نسبت به ۵ سال گذشته

در حدود یک هفته زودتر آغاز می‌شود. علت را توضیح دهید.

● شما نیز درباره آثار گرم شدن کره زمین در شهر یا منطقه محل سکونت خود با بزرگ‌ترها گفت و گو و اطلاعاتی در این باره جمع آوری و به کلاس گزارش کنید.

در درس علوم نهم آموختید که کربن دی اکسید مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است که نقش بسیار تعیین کننده‌ای در آب و هوای کره زمین دارد. اینک دانستن اینکه ما چه سهمی در میزان تولید این گاز در هواکره داریم، ضروری به نظر می‌رسد.

در سده گذشته با تحول صنعتی، ماشین‌آلات سنگین طراحی و ساخته شد. صنایع بزرگ پدید آمدند و فراورده‌های کشاورزی، دارویی، غذایی، نساجی، پتروشیمیایی و ... به صورت انبوه و در مقیاس صنعتی تولید شدند. با این تحولات، نیاز به انرژی الکتریکی برای چرخاندن چرخ‌های اقتصادی، انرژی مورد نیاز حرکت وسایل حمل و نقل و ... به میزان چشمگیری افزایش یافت. همه این فعالیت‌ها سبب شد تا میزان مصرف بی‌حساب سوخت‌های فسیلی افزایش یابد و حجم انبوهی از کربن دی اکسید وارد هواکره شود (شکل ۱۹).



- در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی انواع آلاینده‌ها وارد هواکره می‌شود.



(آ)



(ب)

شکل ۱۹-آ) آتش‌سوزی در سکوهای نفتی و ب) سوزاندن سوخت فسیلی در هواپیماها، حجم انبوهی کربن دی اکسید تولید می‌کنند.

- کربن دی اکسیدی که وارد هواکره شده، در آن جایه‌جا می‌شود و می‌تواند هوای شهرهای دیگر را آلوده کند. بنابراین هر رفتار ما بر زندگی همه مردمان جهان اثرخواهد گذاشت.



- هوای آلوده بوی بدی دارد و چهره شهر را زشت می‌کند. این هوا باعث سوزش چشم، سردرد، تهوع و به وجود آمدن انواع بیماری‌های تنفسی مانند سرطان ریه می‌شود. وظیفه ما در برابر کاهش و از بین بردن این آلودگی‌ها چیست؟

سبک زندگی انسان، نوع وسایلی که در زندگی استفاده می‌کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می‌دهد، روی هواکره تأثیر می‌گذارد؛ برای مثال، نوع وسیله نقلیه‌ای که برای رفتن به مدرسه، محل کار، سفر و ... استفاده می‌کنیم، غذایی که می‌خوریم، وسایل گرمایشی و حتی مدت زمانی که موهای خود را با سشووار خشک می‌کنیم به دلیل مصرف انرژی الکتریکی، مقداری کربن دی اکسید وارد هواکره می‌کند و در صدگازهای هواکره را تغییر می‌دهد. در واقع سبک زندگی می‌تواند بیانگر میزان اثرگذاری هر یک از انسان‌ها روی کره زمین و هواکره باشد. ردپا اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند. یکی از این ردپاها، ردپای کربن دی اکسید است. برای اینکه مقدار کربن دی اکسید در هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی کربن دی اکسید به وسیله گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود. حال هر چه مقدار کربن دی اکسید وارد شده به طبیعت زیادتر باشد، ردپای ایجاد شده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود؛ زیرا زمان لازم برای تعديل این اثر به وسیله پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است.



در جدول زیر روش به دست آوردن مقدار کربن دی اکسید وارد شده به هواکره بر حسب برق مصرفی نشان داده شده است. در این جدول فرض شده است که برق خانگی شما را می‌توان به روش‌های گوناگون تهیه کرد. (y میزان برق مصرفی خانه شما را نشان می‌دهد که از روی قبض برق می‌توانید آن را مشخص کنید).

- ردپای کربن دی اکسید نشان می‌دهد در تولید یک محصول یا بر اثر انجام یک فعالیت چه مقدار از این گاز تولید وارد هوایکره می‌شود.

- شکستن شاخه درختان مانند شکستن بال فرشتگان است.  
پیامبر گرامی اسلام(ص)



- یک درخت تنومند سالانه در حدود ۵ کیلوگرم کربن دی اکسید مصرف می‌کند.

- حفظ و توسعه مزارع، باغها و پوشش‌های گیاهی به کاهش ردپای کربن دی اکسید کمک می‌کند و بدینهی است که تخریب باغ و خشکاندن درختان آثار جبران‌ناپذیری به دنبال دارد.

	ستون ۱	ستون ۲	ستون ۳	ستون ۴	ستون ۵	ستون ۶
y	برق مصرفی در یک ماه (کیلووات ساعت)	منبع تولید برق	مقدار کربن دی اکسید تولید شده در یک ماه (کیلوگرم)	مقدار کربن دی اکسید تولید شده در یک سال (کیلوگرم)	مقدار کربن دی اکسید مصرفی یک درخت تنومند با میانگین قطر ۳۴ تا ۲۹ سانتی متر	تعداد درخت لازم برای پاکسازی هوایکره
	زغال سنگ	$\circ/9 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/9 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/9 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/9 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/9 \times y = \dots\dots\dots$
	نفت خام	$\circ/7 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/7 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/7 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/7 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/7 \times y = \dots\dots\dots$
	گاز طبیعی	$\circ/36 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/36 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/36 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/36 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/36 \times y = \dots\dots\dots$
	باد	$\circ/0\ 1 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 1 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 1 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 1 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 1 \times y = \dots\dots\dots$
	گرمای زمین	$\circ/0\ 3 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 3 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 3 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 3 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 3 \times y = \dots\dots\dots$
	انرژی خورشید	$\circ/0\ 5 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 5 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 5 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 5 \times y = \dots\dots\dots$	$\circ/0\ 5 \times y = \dots\dots\dots$

آ) ستون‌های یک، سه و چهار جدول را کامل کنید.

ب) استفاده از کدام منبع برای تولید برق، کربن دی اکسید بیشتری تولید خواهد کرد؟

پ) چرا میزان کربن دی اکسید ایجاد شده از منابع گوناگون انرژی با هم تفاوت دارد؟ توضیح دهید.

ت) طبیعت به کمک گیاهان، کربن دی اکسید را مصرف می‌کند؛ بنابراین یکی از راهکارهای

کاهش ردپای کربن دی اکسید، کاشت و مراقبت از درختان و ایجاد کمربندهای سبز در شهرها، شهرک‌های صنعتی و روستاهای است. اکنون با توجه به داده‌های جدول زیر حساب کنید که چند درخت تنومند نیاز است تا کربن دی اکسید وارد شده به هوایکره در اثر برق مصرفی خانه شما، مصرف و هوای پاکسازی شود.

میانگین قطر درخت (سانتی متر)	$\geq 25$	$29 - 24$	$22 - 28$	$14 - 21$	$8 - 13$	$4 - 7$	$\leq 3$
مقدار کربن دی اکسید مصرفی (کیلوگرم در سال)	۹۲/۷	۵۵/۳	۳۴/۶	۱۹/۱	۹/۴	۴/۴	۱/۰

● پیش‌بینی کنید برای از بین بردن ردپای کربن‌دی اکسید ناشی از سوخت خودروی خانواده شما چند درخت با قطر ۲۸-۲۸ سانتی‌متر لازم است؟ مقدار کربن‌دی اکسید تولید شده به ازای هر یک کیلومتر مسافت طی شده با خودرو را برابر با ۲۵ گرم در نظر بگیرید. (البته یادتان باشد اگر امروز یک نهال بکارید، حداقل ۲۰ سال طول می‌کشد تا به یک درخت تنومند تبدیل شود).

● کاوش کنید «آیا تعداد درختان محله، روستا یا شهر شما برای پاکسازی هوا کره از وجود کربن‌دی اکسید وارد شده به آن از طریق برق مصرفی سالانه اداره‌ها، خانه‌های مسکونی و... کافی هستند؟»

● با مراجعه به اینترنت و منابع علمی معتبر درباره مزايا و معایب تولید برق با استفاده از منابع گوناگون، اطلاعات جمع‌آوری کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. در گزارش خود راهکاری (هایی) برای کاهش تولید کربن‌دی اکسید ارائه کنید.

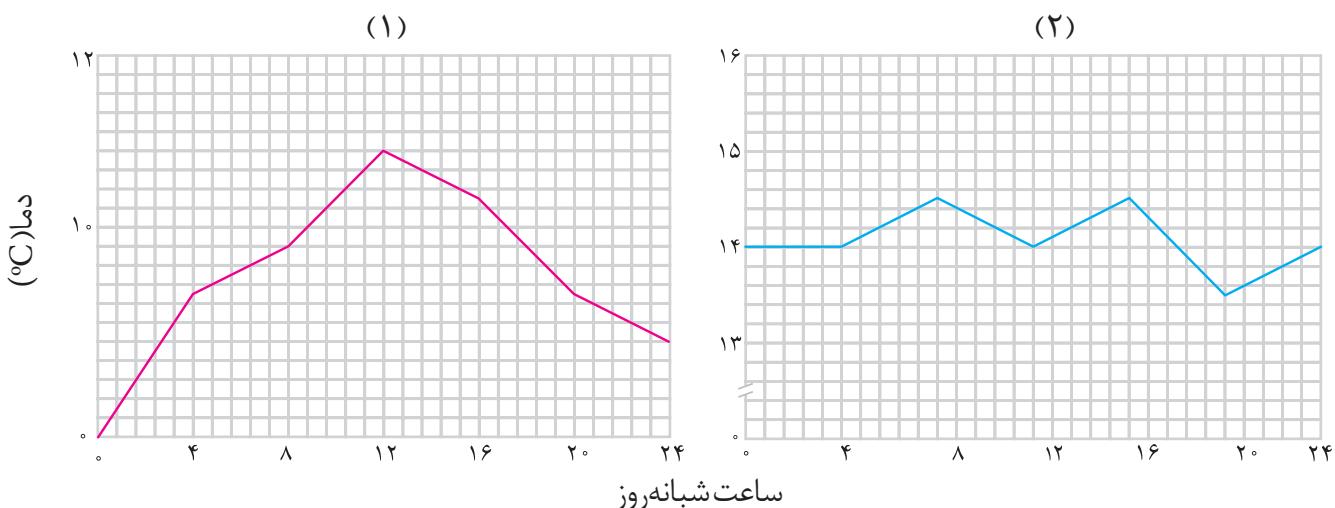


### اثر گلخانه‌ای

آیا می‌دانید گلخانه و کشت گلخانه‌ای چیست؟ گلخانه برای چه منظوری و چگونه ساخته می‌شود؟ گلخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور تا دور آنها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آنها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند. در گلخانه‌ها در تمام فصول سال به ویژه در زمستان، فراورده‌های کشاورزی مانند

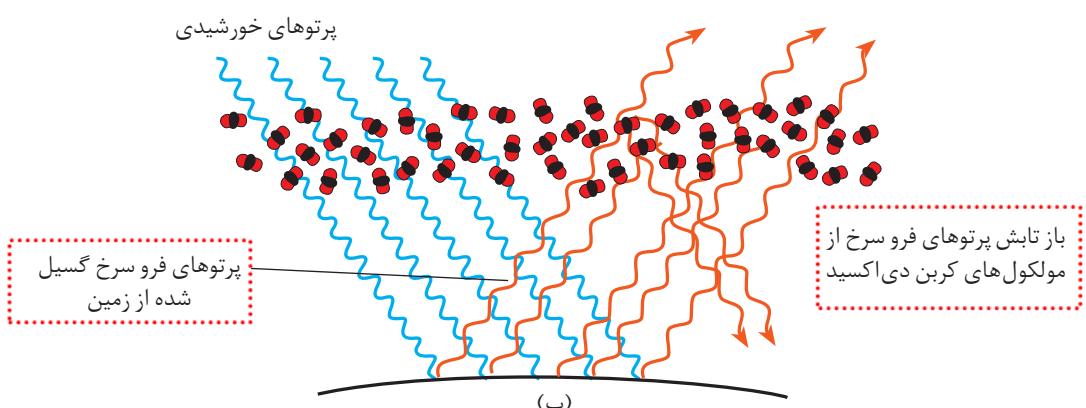
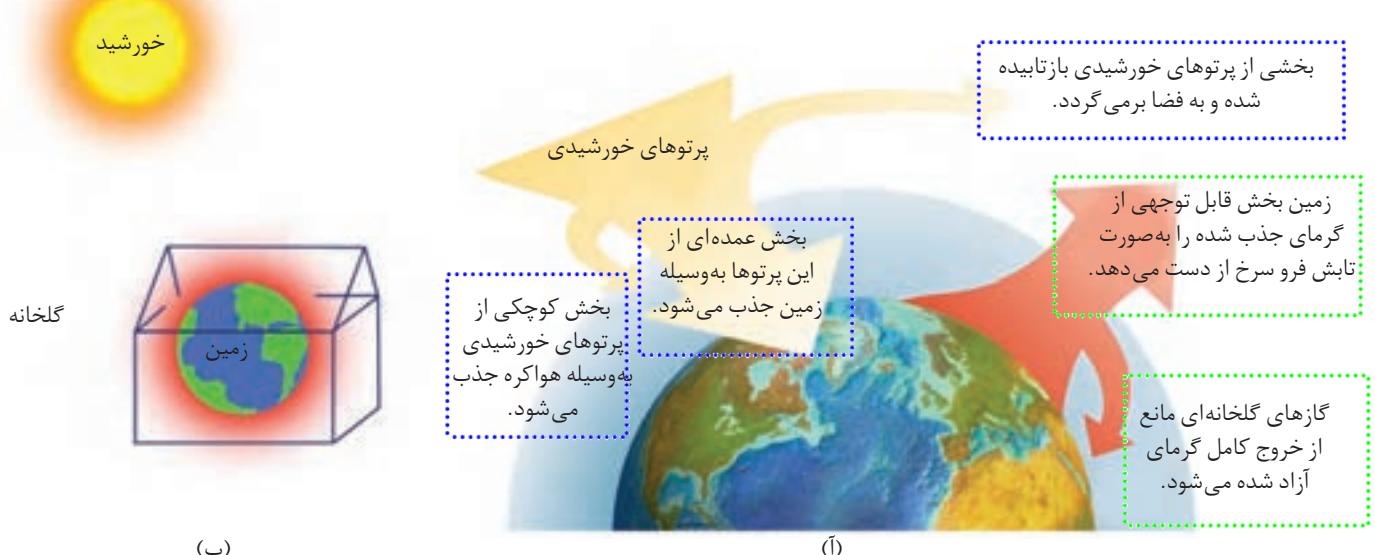
قارچ، خیار، گوجه فرنگی، توت فرنگی و... کشت می‌شود (نمودار ۱).

● گلخانه، گیاه‌یامیوه را از آسیب‌های ناشی از تغییر دما و آفت‌ها حفظ می‌کند. آیا می‌دانید نقش لایه پلاستیکی در گرم نگه داشتن گلخانه چیست؟



نمودار ۱- تغییر دمای یک گلخانه را در یک روز زمستانی نشان می‌دهد. کدام منحنی مربوط به درون و کدامیک به بیرون گلخانه مربوط است؟ چرا؟

نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و تنها بخشی از آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آنها بلندتر است (شکل ۲۱). اکنون می‌توانید توضیح دهید چگونه لایهٔ پلاستیکی سبب گرم شدن گلخانه می‌شود. همان‌طور که دریافتید کرهٔ زمین با لایه‌ای از گازها به نام هواکره احاطه شده است. این لایه برای زمین همانند لایهٔ پلاستیکی برای گلخانه است و سبب گرم شدن کرهٔ زمین می‌شود، به‌طوری که اگر این لایه وجود نداشت میانگین دمای کرهٔ زمین به  $18^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌یافتد. با این توصیف پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هواکره بر می‌گردند، اما برخی گازهای موجود در هواکره مانند  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و ... مانع از خروج آنها می‌شوند و بدین‌ترتیب زمین را گرم‌تر می‌کنند. هرچه مقدار این گازها در هواکره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر خواهد رفت.



شکل ۲۱- رفتار زمین در برابر پرتوهای خورشیدی، آ) نمایی از گرمای جذب و بازتاب شده به‌وسیله زمین، ب) مقایسهٔ هواکرهٔ زمین و لایهٔ محافظ گلخانه، پ) عملکرد مولکول‌های  $\text{CO}_2$  در برابر تابش خورشیدی

## شیمی سبز، راهی محافظت از هوا کره

شیمی سبز شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمیدان‌ها در جستجوی فرایندها و فراورده‌هایی هستند که به کمک آنها بتوان کیفیت زندگی را با بهره‌گیری از منابع طبیعی افزایش داد و هم‌زمان از طبیعت محافظت کرد. در این راستا بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که ردپاهای سنگینی روی کره زمین بر جای می‌گذارند، کاهش داد یا متوقف کرد.

### تولید سوخت سبز

سوخت سبز، سوختی است که در ساختار خود افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به دست می‌آید. این مواد زیست تخریب پذیرند، از این رو به وسیله جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شوند.

اتanol و روغن‌های گیاهی نمونه‌هایی از این نوع سوخت‌ها هستند.



مزارع سویا در کشور استرالیا که برای تولید سوخت سبز زیر کشت می‌روند.

# شیمی

### آیا می‌دانید

شرکت‌های بزرگ خودروسازی در دنیا با بهره‌گیری از دانش علوم پایه و مهندسی، کربن‌دی‌اکسید تولید شده از خودروها را به ازای طی یک کیلومتر از ۱۶۵ گرم به ۱۳۰ گرم کاهش داده‌اند. آنها در تلاش‌اند تا این مقدار را به ۱۰۵ گرم کاهش دهند. امید است متخصصان کشور ما نیز با تکیه بر دانش و فناوری بتوانند به موفقیت‌های خوبی در این زمینه دست یابند.

### تبديل $\text{CO}_2$ به مواد معدنی

برای این منظور کربن‌دی‌اکسید تولید شده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی را با منیزیم اکسید یا کلسیم اکسید واکنش می‌دهند.

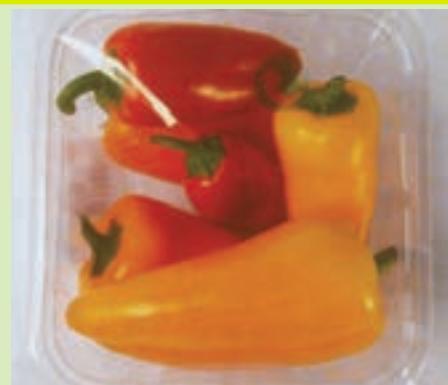


## تولید پلاستیک‌های سبز

پلاستیک‌های سبز (زیست تخریب پذیر)، پلیمرهایی هستند که بر پایه مواد گیاهی مانند

نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آنها اکسیژن نیز وجود دارد. این پلاستیک

در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند.



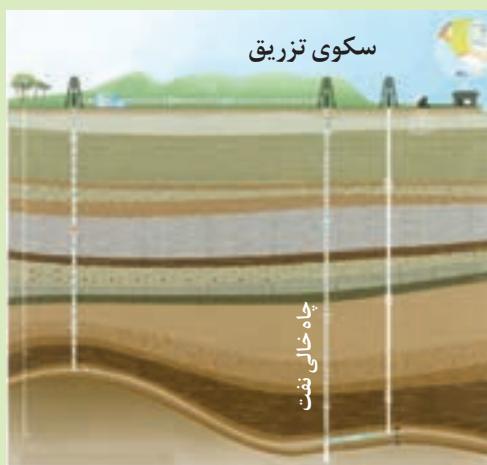
## دفن کردن کربن دی اکسید

کربن دی اکسید را می‌توان به جای رها کردن در هوای کره در مکان‌های عمیق و امن

در زیر زمین ذخیره و نگهداری کرد. سنگ‌های متخلخل در زیر زمین، میدان‌های

قدیمی گاز و چاه‌های قدیمی نفت که خالی از این مواد هستند، جاهای مناسبی برای

دفن این گاز هستند.



راه‌های پیشنهادی گوناگون محافظت از هوای کره. هر یک از راه‌های پیشنهادی  
چه مزایا، معایب و مشکلاتی دارند؟

سبز

تولید خودرو  
و سوخت با  
کیفیت بسیار خوب

## در میان تارنماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر مانند تارنماهی انجمن شیمی ایران و دیگر کشورها درباره ۱۲ اصل شیمی سبز، اطلاعاتی جمع آوری و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

## با هم بیندیشیم

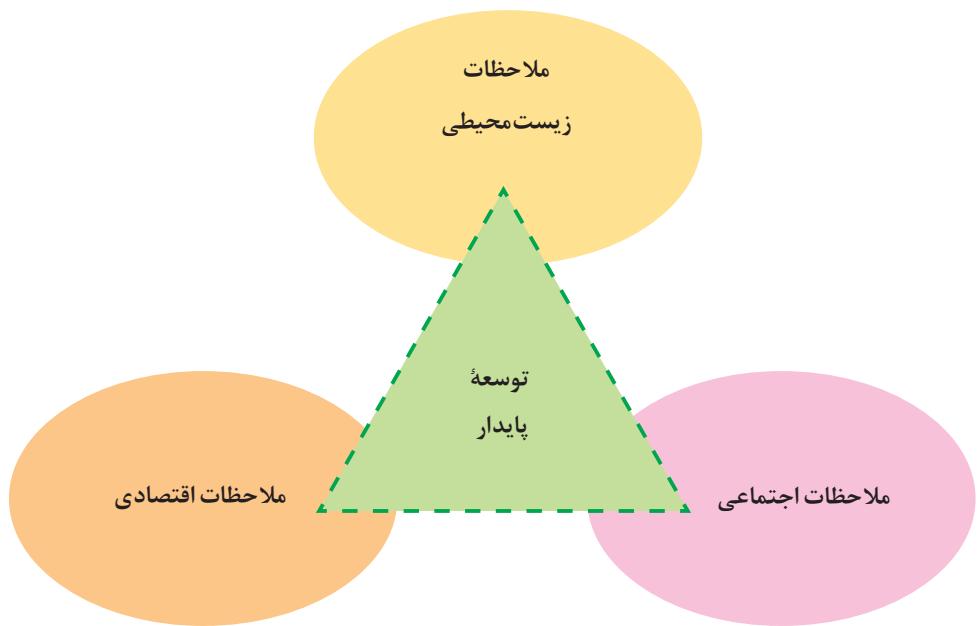
هیدروژن فراوان ترین عنصر در جهان است که به صورت ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. این گاز مانند سوخت‌های فسیلی می‌تواند با اکسیژن بسوزد و نور و گرما تولید کند. با توجه به جدول زیر:

نام سوخت	بنزین	زغال سنگ	هیدروژن	گاز طبیعی
گرمای آزاد شده به ازای یک گرم کیلوژول	۴۸	۳۰	۱۴۳	۵۴
فراورده‌های سوختن	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
قیمت (ریال به ازای یک گرم)	۱۴	۴	۲۸۰۰	۵

- آ) استفاده از کدام سوخت آلاینده‌های کمتری ایجاد می‌کند؟  
ب) تولید، حمل و نقل و نگهداری هیدروژن بسیار پرهزینه است. آیا تولید این گاز صرفهٔ اقتصادی دارد؟

پ) کارخانه قیمت تمام شده یک کالا را با حساب کردن کل هزینه‌های تولید و با در نظر گرفتن سود آن شرکت مشخص می‌کند. در این حالت برای حساب کردن قیمت تمام شده، فقط ملاحظات اقتصادی در نظر گرفته شده است؛ اما هر کالایی به اقتصاد کشور هزینه‌هایی را تحمیل می‌کند که به قیمت تمام شده، اضافه نشده است. برای مثال فرض کنید، شرکتی یک مادهٔ خوراکی تولید کرده است. اگر این شرکت در تولید این ماده، استانداردهای لازم را رعایت نکند (بسته‌بندی مناسب به کار نگیرد، موارد بهداشتی را رعایت نکند و ...) مصرف این مادهٔ خوراکی به سلامت شهروندان و محیط زیست آسیب خواهد زد. در این حالت قیمت تمام شده این کالا برای کشور بسیار بیشتر از قیمتی است که روی آن ثبت شده است؛ بنابراین، توسعهٔ پایدار بیان می‌کند هر گاه در مجموع، شرکتها و کارخانه‌ها، کالاهایی را تولید کنند که قیمت تمام شده تولید کالا برای کشور کاهش یابد، این توسعه سبب رشد واقعی کشور می‌شود و در دراز مدت سبب حفظ یا کاهش مصرف منابع طبیعی می‌گردد.

● توسعهٔ پایدار یعنی اینکه در تولید هر فراورده، همه هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آن در نظر گرفته شود.



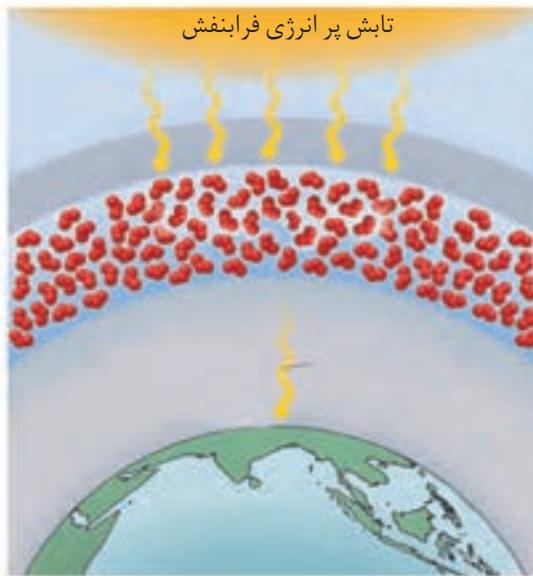
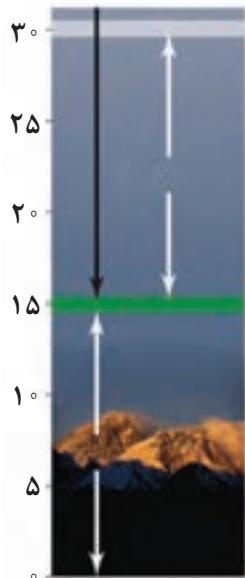
با این توصیف:

- توضیح دهید چرا برخی از کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی می‌کنند؟
  - چرا برخی از کشورها در پی تولید پلاستیک‌های زیست تخریب پذیرند در حالی که قیمت تمام شدهٔ تولید پلاستیک‌ها با پایهٔ نفتی در کارخانه بسیار کم است؟
  - توضیح دهید چرا طراحان و متخصصان در شرکت‌های بزرگ تولید خودرو و هوایپیما، هزینه‌های هنگفتی صرف می‌کنند تا موتورهایی با انتشار کمترین مقدار  $\text{CO}_2$  بسازند؟
- .....

## اوزون، دگر شکلی از اکسیژن در هواکره

بررسی‌ها نشان می‌دهد که عنصر اکسیژن به شکل دیگری نیز در هواکره یافت می‌شود که به اوزون شهرت دارد. اوزون، گازی با مولکول‌های سه اتمی در لایه‌های بالایی هواکره (استراتوسفر) مانند پوششی کرده زمین را احاطه کرده، هر چند که مقدار آن در هواکره ناقیز است (شکل ۲۲).

ارتفاع (km)



دگر شکل ° (آلوتروب) به شکل های گوناگون مولکولی یا بلوری یک عنصر گفته می شود.

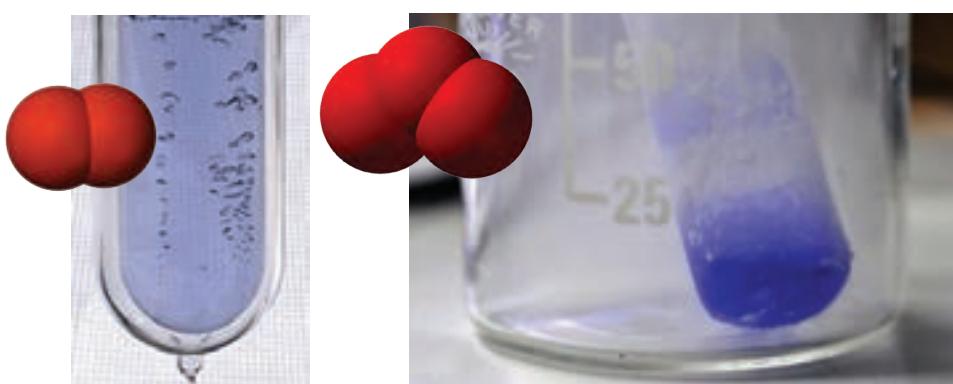
شکل ۲۲- مولکول های اوزون مانع ورود بخش عمده ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می شود  
تا موجودات زنده از آثار زیانبار این تابش در امان بمانند.

### خود را بیازمایید

با توجه به دگر شکل های اکسیژن به پرسش های زیر پاسخ دهید.

آ) آرایش الکترون - نقطه ای هر یک را رسم کنید.

ب) با توجه به شکل و جدول زیر خواص فیزیکی آنها را مقایسه کنید.



اصطلاح لایه اوزون به منطقه مشخصی از استراتوسفر می گویند که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد.

نام دگر شکل	فرمول شیمیایی	جرم مولی	نقطه جوش (°C)
اکسیژن	O <sub>2</sub>	32	-183
اووزون	O <sub>3</sub>	48	-112



پ) در صنعت از گاز اوزون برای گندздایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود. آیا از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که اوزون از اکسیژن واکنش پذیرتر است؟ چرا؟

ت) توضیح دهد آیا اختلاف رفتار این دو ماده را می‌توان به این موضوع نسبت داد که:

### «ساختار هر ماده، تعیین کننده خواص و رفتار آن است.»

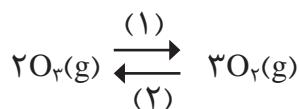
- در باتری‌های قابل شارژ، واکنش‌های شیمیایی برگشت‌پذیر رخ می‌دهد.

همان‌طور که دیدید در مولکول اوزون سه پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی که تابش پر انرژی فرابنفش به این مولکول می‌رسد، پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن می‌شکند و مولکول اوزون به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌شود.

ذره‌های تولید شده می‌توانند دوباره در واکنش با یکدیگر، مولکول اوزون را تولید کنند، اما در این واکنش، مقداری انرژی به صورت تابش فروسرخ آزاد می‌شود. با تکرار پیوسته این دو واکنش، لایه اوزون بخش قابل توجهی از تابش فرابنفش را جذب می‌کند و تابش‌های کم انرژی‌تر فروسرخ را به زمین گسیل می‌دارد.

### با هم بیندیشیم

مجموعه واکنش‌های لایه اوزون را می‌توان با معادله زیر نمایش داد:



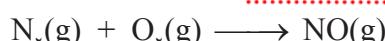
- (آ) شیمی‌دان‌ها به واکنش در جهت (۱)، واکنش رفت و به واکنش در جهت (۲)، واکنش برگشت می‌گویند. اگر در لایه اوزون تنها واکنش (۱) یا (۲) انجام شود، چه فاجعه‌ای رخ می‌دهد؟ توضیح دهد.
- (ب) واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن برگشت‌پذیر است. با این توصیف، واکنش برگشت‌پذیر و برگشت ناپذیر را تعریف و چند مثال از آنها را در زندگی بیان کنید.
- (پ) با توجه به برگشت‌پذیری واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن، نقش محافظتی و ثابت‌ماندن مقدار اوزون را در لایه استراتوسفر توضیح دهد.

جالب است بدانید که اوزون در لایه تروپوسفر نیز یافت می‌شود. از آنجا که اوزون از اکسیژن واکنش پذیرتر است، این ماده، آلینده‌ای سمی و خطرناک به شمار می‌آید به طوری که وجود

● شیمی دان هواکره، متخصصی است که ترکیب شیمیابی هواکره را می‌شناسند؛ همچنین از برهم کنش گارها، مایع‌ها و جامد‌های موجود در هواکره با سطح زمین و موجودات زنده‌ای که روی آن زندگی می‌کنند، آگاه است.

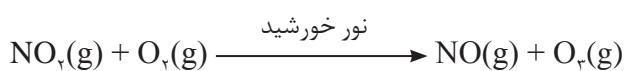
آن در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است. اکنون این پرسش مطرح است که اوزون تروپوسفری از کجا می‌آید؟

گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازندهٔ هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. اما تنها هنگام رعد و برق این دو گاز در هوای ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند (شکل ۲۳).



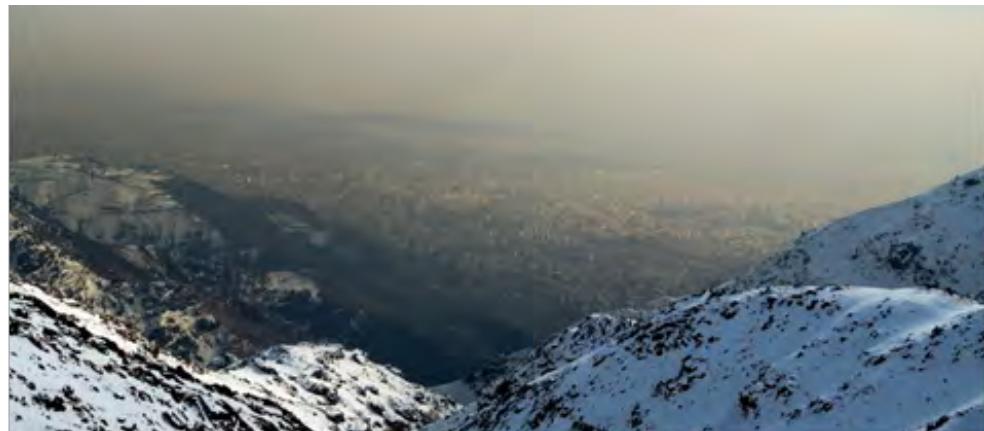
شکل ۲۳- در ناحیه‌ای که رعد و برق ایجاد شده است، دما به اندازه‌ای بالاست که باعث تشکیل اکسیدهای نیتروژن می‌شود.

از سوی دیگر در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. در واقع این گازها از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. از آنجا که گاز نیتروژن دی‌اکسید به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده کلانشهرها اغلب به رنگ قهوه‌ای روش دیده می‌شود (شکل ۲۴). در این هوای آلوده و در حضور نور خورشید، واکنش زیر رخ می‌دهد و مقداری گاز اوزون تولید می‌گردد. این اوزون، همان اوزون تروپوسفری است.





● بوی گل رز و محمدی ناشی از انتشار مولکول‌های گازی از آن است.



شکل ۲۴- نمایی از هوای آلوده شهر تهران

برای شناخت بهتر هواکره و یافتن راه حل‌های مناسب برای محافظت از آن باید رفتار و ویژگی‌های ذره‌های سازنده هوا کره و واکنش میان آنها را به خوبی مطالعه کرد.

## آیا می‌دانید

ابن سینا افزاون بر فعالیت‌های پزشکی، بر روی استخراج عطر گل محمدی و گل رز که بوی دلپذیری دارد کار می‌کرد. فعالیت‌های این دانشمند سبب شد تا فرایند استخراج عطرهای گیاهی از گل‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرد.



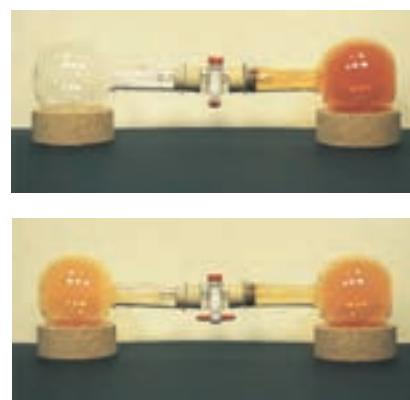
پخش شدن بوی نان تازه، گلاب و دود اسفند در فضای خانه، نشان می‌دهد که مولکول‌های یک ماده گازی در هوا منتشر شده و به یاخته‌های بویایی ما رسیده است. گاز برخلاف جامد و مایع، شکل و حجم معینی ندارد، بلکه به شکل ظرف محتوی آن درمی‌آید و همه فضای ظرف را اشغال می‌کند. از این‌رو، حجم یک نمونه گاز با حجم ظرف محتوی آن برابر است (شکل ۲۵).



(آ)



(ب)



(پ)

شکل ۲۵- آ) شکل و حجم یک ماده جامد به شکل ظرف بستگی ندارد. ب) مایع‌ها به شکل ظرف محتوی آنها درمی‌آیند. پ) به محض باز کردن شیر در لوله رابط بین دو ظرف، گاز در هر دو محفظه پخش می‌شود.

در درس علوم هفتم دیدید که گاز برخلاف جامد و مایع تراکم‌پذیر است. به طوری که اگر به

یک نمونه گاز موجود در سرنگی یا سیلندری با پیستون روان، فشار وارد کنیم، گاز فشرده‌تر و حجم آن کمتر می‌شود (شکل ۲۶).

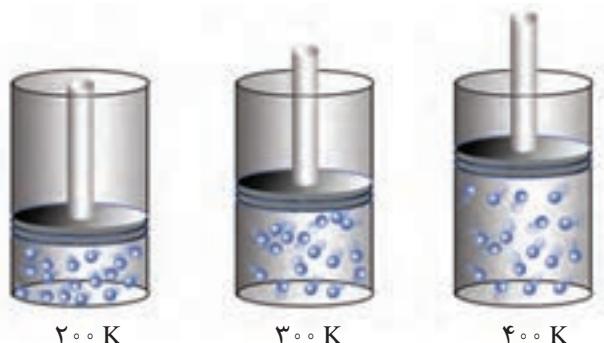


- برای توصیف یک نمونه گاز افزون بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال  $\frac{1}{2}$  مول گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق مثالی از یک نمونه گاز است.

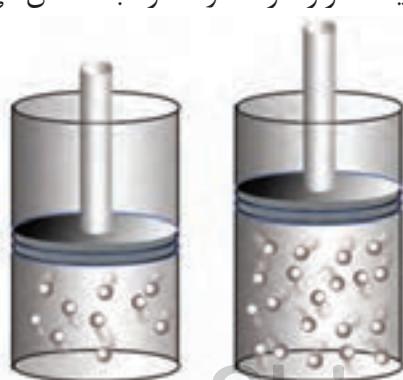
شکل ۲۶- گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود، اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.

### با هم بیندیشیم

۱- شکل زیر یک نمونه گاز را درون سیلندری با پیستونی متحرک در دماهای گوناگون نشان می‌دهد.



آ) با افزایش دما، حجم گاز چه تغییری می‌کند؟ چرا؟  
ب) بین حجم یک نمونه گاز و دمای آن در فشار ثابت چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.  
۲- شکل زیر دو نمونه از یک گاز را در دما و فشار ثابت نشان می‌دهد. تفاوت حجم این دو را توضیح دهید.



- قرار دادن بادکنک‌های پر شده از هوا درون نیتروژن مایع سبب می‌شود که حجم آنها به شدت کاهش یابد؛ چرا؟

دریافتید که حجم یک نمونه گاز به مقدار، دما و فشار آن وابسته است. بنابراین، با تغییر هریک از این کمیت‌ها، حجم گاز تغییر می‌کند. برای یافتن رابطه بین حجم و مقدار یک نمونه گاز باید دما و فشار ثابت باشد. براساس قرارداد، شیمی‌دان‌ها دمای صفر درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر را به عنوان شرایط استاندارد (STP) در نظر گرفته‌اند. در جدول ۲، حجم چند نمونه گاز در این شرایط نشان داده شده است.

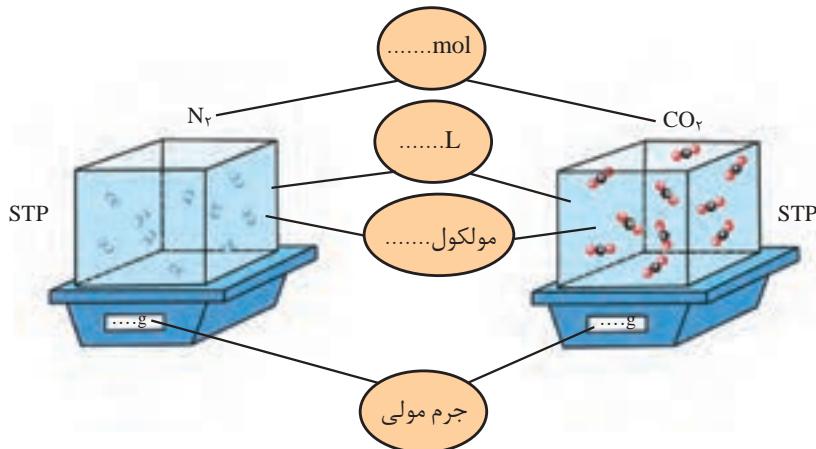
جدول ۲- برخی ویژگی‌های چند نمونه گاز در STP

مثال	۱	۲	۳	۴	۵
گاز	H <sub>۲</sub>	Ne	CO <sub>۲</sub>	O <sub>۲</sub>	He
ظرف محتوی گاز					
(mol)	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۵۰	۱/۰
(L)	۵/۶	۵/۶	۱۱/۲	۱۱/۲	۲۲/۴
(g)	۰/۵۰	۵/۰	۲۲/۰	۱۶/۰	۴/۰

مطابق داده‌های جدول در این شرایط با افزایش شمار مول‌های هر گاز، حجم آن افزایش می‌یابد. از این‌رو، حجم یک نمونه گاز با شمار مول‌های آن رابطه‌ای مستقیم دارد. طبق این رابطه حجم یک مول گاز در STP برابر با  $22/4$  لیتر است؛ به دیگر سخن، حجم مولی گازها در STP برابر با  $22/4$  لیتر است.

## خود را بیازمایید

۱- در شکل زیر جاهای خالی را پر کنید (هر ذره را هم ارز با  $1/10$  مول در نظر بگیرید.  
 $(N = 14/0, C = 12/0, O = 16/00 \text{ g mol}^{-1})$



۲- هر فرد بالغ به طور میانگین ۱۲ بار در دقیقه نفس می کشد و هر بار  $5/0$  لیتر هوا به ریهایش وارد می شود.

آ) در یک شبانه روز چند لیتر هوا و چند لیتر اکسیژن وارد شش ها می شود؟

ب) چند مول اکسیژن در یک شبانه روز وارد شش ها می شود؟ (شرط را STP فرض کنید).

## آیا می دانید

جابربن حیان بنیان گذار علم شیمی است. او در سال  $10^{\circ}$  هجری شمسی (۷۲۱ میلادی) در شهر طوس از توابع خراسان دیده به جهان گشود.

پدر جابر داروسازی مشهور بود، از این رو، وی به داروسازی و کیمی‌گرگی علاقه‌مند شد. جابر برای فراگیری قرآن و بهره‌بردن از محضر پرفسور امام جعفر صادق (ع) به کوفه مهاجرت کرد. سفری که بی‌تر دیده موجب شکوفایی استعدادهای وی شد.

جابر همواره بر اجرای نظام مند فعالیت‌های تجربی و آزمایشگاهی تأکید داشت. او انواع ابزار آزمایشگاهی را طراحی و فرایندهای اساسی مانند تقطیر و تبلور را پایه‌گذاری کرد. از او رساله و کتاب‌های گوناگونی مانند «رنگ‌ها»، «کتاب جامع خواص شیمیایی»، «جرمه‌ها و اندازه‌گیری‌ها» و «ترکیب شیمیایی» به جای مانده است. این کتاب‌ها سال‌ها پس از جابر به عنوان منابع معتبر علمی در اروپا بررسی و ترجمه شد. بسیاری از دانشمندان بر این باورند که محتوای کتاب‌های جابر اثر ژرفی بر دیدگاه کیمی‌گران اروپایی داشت و بعداً سبب تحولات شگرفی در دانش شیمی شد.

## از هر گاز چقدر؟

واکنش گازها در صنعت، اهمیت و کاربردهای بسیاری دارد به طوری که هریک از فرایندهای تهییه سولفوریک اسید و نیتریک اسید شامل چندین واکنش گازی متوالی است. یکی از این واکنش‌ها، تبدیل گاز گوگرد دی اکسید به گوگرد تری اکسید است.



در معادله موازن شده این واکنش، دو مول گاز گوگرد دی اکسید با یک مول گاز اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مول گاز گوگرد تری اکسید تولید می‌شود؛ با این توصیف می‌توان گفت نسبت مولی اکسیژن مصرف شده به گوگرد تری اکسید تولید شده،  $1$  به  $2$  است؛ به دیگر

سخن نسبت‌های کمی زیر برقرار است:

$$\frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol SO}_3} \quad \text{و} \quad \frac{2 \text{ mol SO}_3}{1 \text{ mol O}_2}$$

به هریک از این نسبت‌ها یک عامل (کسر) تبدیل می‌گویند که می‌توان با استفاده از آنها شمار مول‌های یک شرکت کننده در واکنش را از شمار مول‌های دیگری به دست آورد.

## نمونهٔ حل شده

### آیا می‌دانید

سالانه مردم سراسر جهان حدود ۵۰ میلیارد قرص آسپرین برای کاهش تب، التهاب و تپش‌های قلبی مصرف می‌کنند. این قرص‌ها با بهره‌گیری از استوکیومتری واکنش در شرکت‌های دارویی تولید می‌شود.

برای تولید ۸ مول گاز گوگرد تری اکسید به چند مول گاز اکسیژن نیاز است؟

پاسخ:

$$? \text{ mol O}_2 = 8 \text{ mol SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol SO}_4} = 4 \text{ mol O}_2$$

به بخشی از دانش شیمی که به ارتباط کمی میان مواد شرکت‌کننده (واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) در هر واکنش می‌پردازد، استوکیومتری واکنش می‌گویند. دانشی که کمک می‌کند تا شیمی‌دان‌ها و مهندسان در آزمایشگاه و صنعت با بهره‌گیری از آن، مشخص کنند که برای تولید مقدار معینی از یک فراورده به چه مقدار از هر واکنش‌دهنده نیاز است.

### با هم بیندیشیم

معادله واکنش اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن به صورت زیر است:



- آ) بدن انسان در هر شب‌انه روز به طور میانگین  $\frac{2}{5}$  مول گلوکز مصرف می‌کند. برای مصرف این مقدار گلوکز به چند مول اکسیژن نیاز است؟
- ب) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند لیتر اکسیژن در STP است؟
- راهنمایی: برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1 \text{ mol O}_2}{22/4 \text{ LO}_2} \quad \text{و} \quad \frac{22/4 \text{ LO}_2}{1 \text{ mol O}_2}$$

- پ) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند گرم اکسیژن است؟
- راهنمایی: برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \quad \text{و} \quad \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2}$$

- ت) دانش‌آموزی برای یافتن جرم آب تولید شده از اکسایش  $\frac{2}{5}$  مول گلوکز از عامل‌های تبدیل در روند زیر استفاده کرده است. هر یک از جاهای خالی را با کمیت مناسب پر کنید.

$$? \text{ g H}_2\text{O} = \frac{2/5 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{\text{.....H}_2\text{O}} \times \frac{\text{.....H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 270 \text{ g H}_2\text{O}$$

- ث) گاز حاصل از اکسایش کامل این مقدار گلوکز در STP چند لیتر حجم دارد؟

به هر یک از ضرایب مواد شرکت‌کننده در یک معادله موازن شده، ضرایب استوکیومتری می‌گویند.

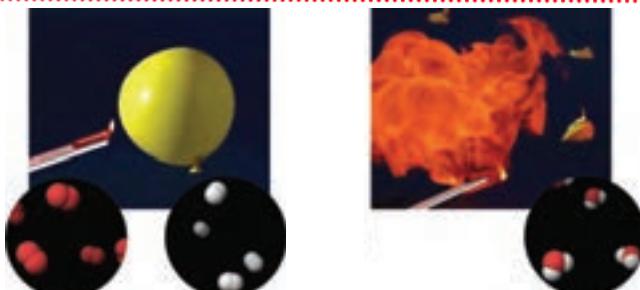
## تولید آمونیاک، کاربردی از واکنش گازها در صنعت

گاز نیتروژن فراوان ترین جزء سازنده هوا کره بوده که در مقایسه با اکسیزن از نظر شیمیابی

غیرفعال و واکنش ناپذیر است؛ برای نمونه مخلوطی از گازهای اکسیژن و هیدروژن در حضور

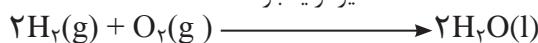
کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، منفجر می شود و آب تولید می کند (شکل ۲۷) اما

در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی رخ نمی دهد.

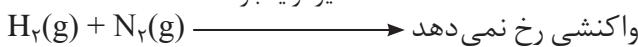


شکل ۲۷- سوختن گاز هیدروژن

کاتالیزگر یا جرقه



کاتالیزگر یا جرقه



از این رو گاز نیتروژن به جوئی اثر شهرت بافت و در محیط هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد

تغییر شیمیایی است به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می کند.

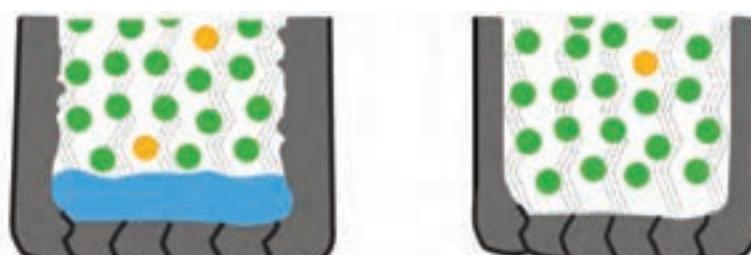


در علوم نهم دیدید که کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن دار را به خاک می افزایند. یکی از این کودها آمونیاک است که به طور مستقیم به خاک تزریق می شود.

### خود را بیازمایید

۱- شاید دیده باشید که برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا از گاز نیتروژن

استفاده می کنند. توضیح دهید استفاده از این گاز به جای هوا چه فایده ای دارد؟



نیتروژن  
اکسیژن  
آب

۲- گاز نیتروژن دارای مولکول های دو اتمی است. ساختار لیوویس مولکول آن را رسم کنید.

هر چند گاز نیتروژن واکنش پذیری ناچیزی دارد، اما امروزه در صنعت، مواد گوناگونی از آن تهیه می کنند که آمونیاک یکی از مهم ترین آنهاست. اکنون این پرسش مطرح است که از نیتروژن با واکنش پذیری ناچیز، چگونه آمونیاک و ترکیب های دیگر را تهیه می کنند. یافتن پاسخ این پرسش به اندازه ای اهمیت داشت که دانشمندی به نام **فریتس هابر** در سال ۱۹۱۸ میلادی به دلیل تهیه آمونیاک از گازهای  $H_2$  و  $N_2$  برنده جایزه نوبل شیمی شد. هابر واکنش زیر را مبنای پژوهش های خود قرار داد:



بزرگ ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود. او در این راستا با دو چالش عمدۀ روبرو شد:

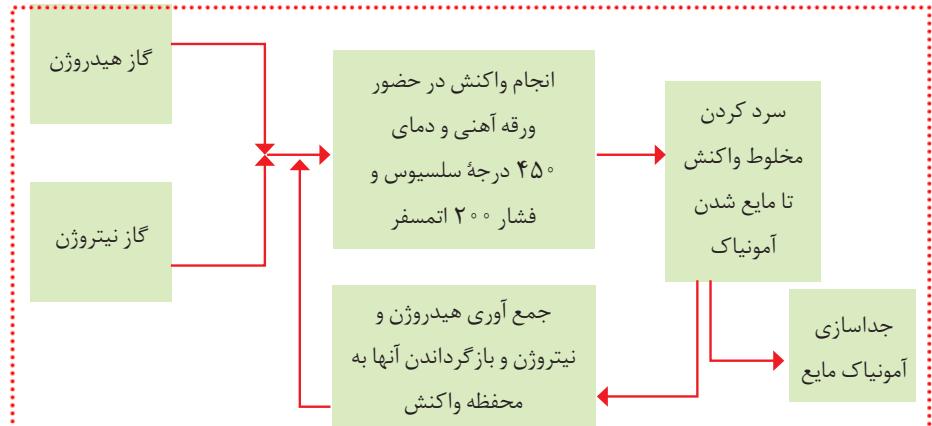
- واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی شد.

هابر واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن را بارها در دماها و فشارهای گوناگون انجام داد تا بتواند شرایط بهینه آن را پیدا کند. سرانجام دریافت که این واکنش در دمای  $45^\circ C$  و فشار  $200\text{ atm}$  با حضور یک کاتالیزگر انجام می شود؛ به طوری که اگر مخلوط این گازها از روی یک **ورقه آهنی** در این دما و فشار عبور داده شود، واکنش انجام و آمونیاک به مقدار قابل

توجهی تولید می شود؛ اما همه واکنش دهنده ها به فراورده تبدیل نمی شود؛ زیرا این واکنش، برگشت پذیر است؛ با این توصیف در ظرف واکنش مخلوطی از سه گاز هیدروژن، نیتروژن و آمونیاک وجود دارد. اکنون هابر با مشکل دیگری روبرو بود:

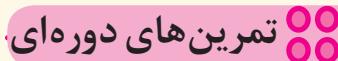
- چگونه می توان فراورده واکنش (آمونیاک) را از مخلوط واکنش جدا کرد.

او با بررسی نقطه جوش این مواد، راه حلی را برای جداسازی آمونیاک پیدا کرد. طرح زیر، راه حل هابر را نشان می دهد.

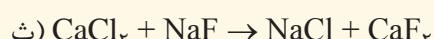
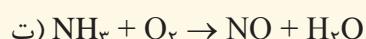
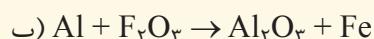
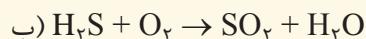
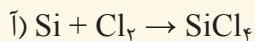


نمودار ۲- نمای تولید آمونیاک در صنعت به روش هابر

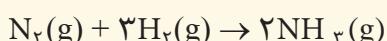
## تمرین‌های دوره‌ای



۱- در هریک از واکنش‌های زیر نام مواد شرکت کننده را بنویسید و آن را موازنه کنید.



۲- معادله موازنه شده واکنش تولید آمونیاک به صورت زیر است:

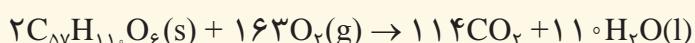


(آ) برای تهیئة  $42/5$  کیلوگرم آمونیاک به چند مول گاز هیدروژن نیاز است؟

(ب) برای تولید  $336^\circ$  لیتر آمونیاک در STP به چند گرم گاز هیدروژن و چند گرم گاز نیتروژن نیاز است؟



۳- شتر جانوری است که می‌تواند چندین روز را بدون نوشیدن آب در هوای گرم بیابان سپری کند. در این شرایط، چربی ذخیره شده در کوهان این جانور مطابق واکنش زیر اکسایش یافته و افروز بر تولید انرژی، آب مورد نیاز جانور را نیز تأمین می‌کند:



جرم آب تولید شده از اکسایش یک کیلوگرم چربی را حساب کنید.

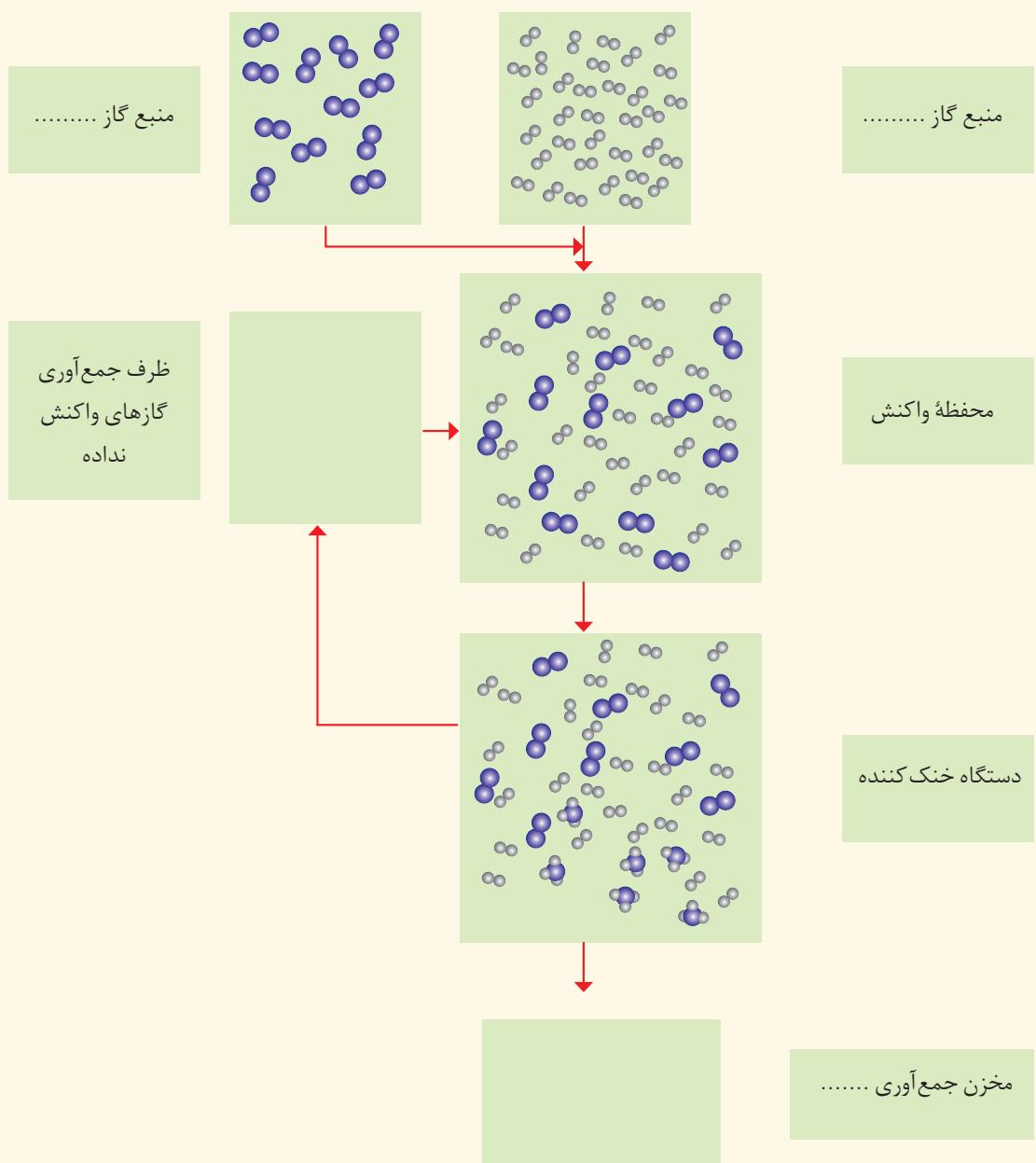
۴- آ) جدول زیر را کامل کنید.

نام گاز	نماد یا فرمول شیمیایی	میزان واکنش پذیری در دما و فشار اتفاق	آرایش الکترون نقطه‌ای	قیمت هر لیتر (ریال)	آلاینده یا غیرآلاینده
آرگون				۱۹۲	
اکسیژن				۳۵	
متان				۳	
کربن دی‌اکسید				۱۳	
نیتروژن				۷۱	

ب) در بسته‌بندی خوراکی استفاده از کدام گاز مناسب‌تر است؟ چرا؟

۵- آ) در نمودار زیر که مربوط به تهیه گاز آمونیاک است، مشخص کنید هر یک از گلوله‌ها نشان دهنده چه اتمی است؟

ب) جاهای خالی را پر و مولکول‌های مورد نظر را در محفظه‌های خالی رسم کنید.



۶- گاز شهری به طور عمده از متان تشکیل شده و در محیطی که اکسیژن کم است به صورت ناقص می‌سوزد و بخار آب، کربن

مونوکسید، نور و گرمای تولید می‌کند.

آ) معادله واکنش سوختن ناقص متان را بنویسید و موازنی کنید.

ب) حجم گاز CO حاصل از سوختن ناقص ۴۸ گرم متان در STP چند لیتر است؟

۷- در برخی کشورها از اتانول ( $C_2H_5OH$ ) به عنوان سوخت سبز به جای سوخت‌های فسیلی (گازوئیل، بنزین و...) استفاده می‌شود.

آ) معادله واکنش سوختن کامل اتانول را بنویسید و موازنé کنید.

ب) استفاده از اتانول به جای سوخت‌های فسیلی چه اثری بر میزان آلاینده‌هایی دارد که به هواکره وارد می‌شود؟ توضیح دهید.

۸- جدول زیر داده‌هایی را درباره خودروهای یک کشور توسعه یافته نشان می‌دهد.

مقدار کربن دی‌اکسید مصرفی (کیلوگرم در سال)	میانگین قطر درخت (سانتی‌متر)	گستره انتشار گاز کربن دی‌اکسید (گرم) به‌ازای طی یک کیلومتر	برچسب آلایندگی خودرو
۱	$\leq 3$	کمتر از $12^\circ$	A
$4/4$	$4\text{--}7$	$12^\circ\text{--}14^\circ$	B
$9/4$	$8\text{--}13$	$14^\circ\text{--}155$	C
$19/1$	$14\text{--}21$	$155\text{--}17^\circ$	D
$34/6$	$22\text{--}28$	$17^\circ\text{--}19^\circ$	E
$55/3$	$29\text{--}34$	$19^\circ\text{--}225$	F
$92/7$	$\geq 35$	بیشتر از $225$	G

آ) نوعی خودرو در این کشور به‌ازای طی یک کیلومتر،  $5^\circ$  گرم گاز کربن دی‌اکسید منتشر می‌کند. برچسب این خودرو را تعیین کنید.

ب) هر خودرو به‌طور میانگین سالانه مسافتی حدود  $18000$  کیلومتر طی می‌کند. حساب کنید سالانه چند کیلوگرم گاز کربن دی‌اکسید بر اثر استفاده از هر خودرو وارد هواکره می‌شود؟

پ) فرض کنید این کشور در راستای توسعه پایدار سالانه دونوع مالیات از مالکان خودرو دریافت می‌کند. مالیات سالانه برابر با  $100$  یورو و مالیات متغیر که به میزان گاز کربن دی‌اکسید تولید شده از خودرو بستگی دارد. اگر خودروهای دارای برچسب A از پرداخت مالیات متغیر معاف باشند، خودرو با برچسب E سالانه چند یورو مالیات می‌پردازد؟ (راهنمایی: هر خودرو به‌ازای تولید هر صد کیلوگرم  $CO_2$  اضافی دو یورو مالیات متغیر می‌پردازد.)