



- ● ● «اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ فَتُثِيرُ سَحَاباً فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَ...» آیه ۴۸، سوره روم
- ● ● خداوند همان کسی است که باها را می فرستد تا ابرها را به حرکت درآورد سپس آنها را در پهنه آسمان آن گونه که بخواهد می گستراند و ...

● زمین در فضا همانند گویی فیروزه ای درون هاله ای از گازها با شکوه فراوان در چرخش است؛ هاله ای که سرشار از هوای پاک است؛ گرمای خورشید را در خود نگه می دارد؛ ساکنان زمین را از پرتوهای خطرناک کیهانی محافظت و آب را در سرتاسر سیاره ما توزیع می کند. بدین ترتیب زمین با چرخش خود، زندگی را دوام می بخشد. 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 می کند تا با بررسی خواص، رفتار و برهم کنش گازهای این پوشش آبی رنگ، راه های تداوم زندگی سالم را بیابیم؛ باشد که رد پای سنگین روی این سیاره زیبا برجای نگذاریم.

## آیا می دانید

جرم کل هواکره در حدود  $5/3 \times 10^{18}$  تن  
و نزدیک به  $1/1000000$  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  $50^\circ$  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<sup>۱</sup> توزیع شوند.



● اگر زمین را به سیب تشبیه کنیم، ضخامت هواکره نسبت به زمین به نازکی پوست سیب 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 فرآورده‌هایی تولید می‌کنند که دلخواه و مطلوب ساکنان سیاره خاکی نیست.

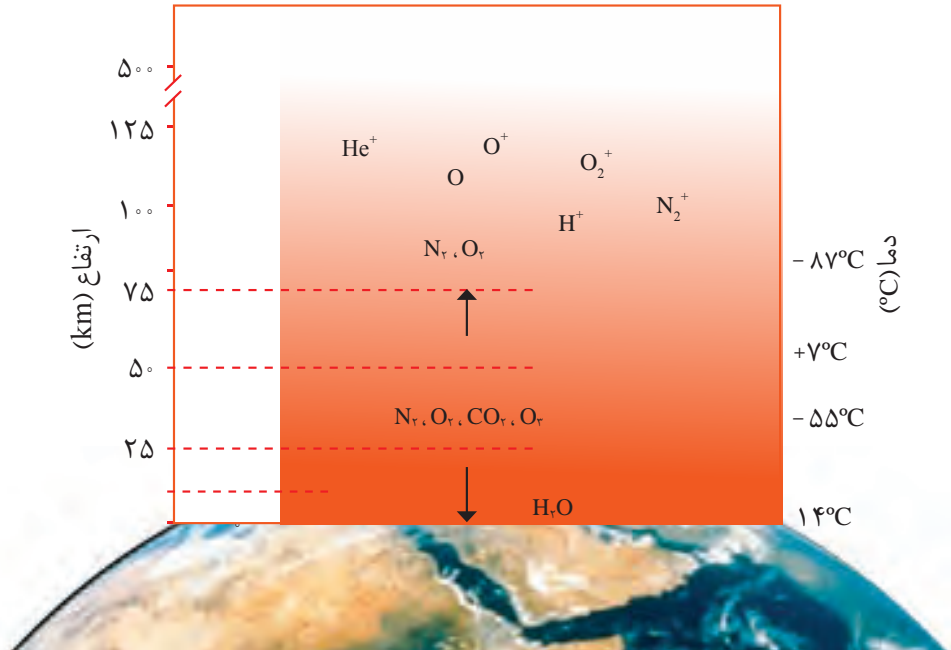
اینک این پرسش‌ها مطرح می‌شود که مواد اصلی پیرامون زمین چیست؟ تا کجاها یافت می‌شود؟ گازها به عنوان بخش عمده این مواد چه رفتارهایی دارند؟ چه واکنش‌هایی میان گازهای هوا رخ می‌دهد؟ این واکنش‌ها بر زندگی ساکنان این سیاره خاکی چه اثری می‌گذارد؟ رفتار انسان‌ها تا چه اندازه بر هواکره و ویژگی‌های آن تأثیر دارد؟ 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.

## آیا می دانید

آب و هوا نتیجهٔ برهم کنش میان زمین، هواکره، آب و خورشید است. تغییر آب و هوا تا فاصلهٔ ۱۰-۱۲ کیلومتری از سطح زمین (لایهٔ تروپوسفر) رخ می دهد.



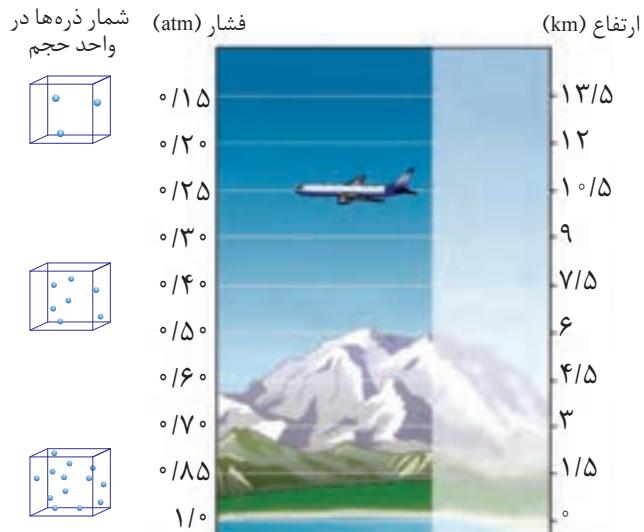
۱- در شکل زیر، تغییر دما و برخی اجزای سازندهٔ هواکره برحسب ارتفاع از سطح زمین نشان داده شده است. با توجه به آن:



● فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول های آن با دیوارهٔ ظرف است. هواکره نیز به دلیل داشتن گازهای گوناگون فشار دارد. این فشار در همهٔ جهت ها بر بدن ما و به میزان یکسان وارد می شود.

آ) آیا روند تغییر دما در هواکره را می توان دلیلی بر لایه ای بودن آن دانست؟ توضیح دهید.  
ب) آیا به جز اتم و مولکول، ذره های دیگری هم در این لایه ها هست؟ علت ایجاد آنها را توضیح دهید.

۲- دما و فشار هواکره، از جمله عوامل مهم در تعیین ویژگی های آن است. با توجه به شکل زیر مشخص کنید با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا چه تغییری می کند؟ توضیح دهید.



## پیوند با ریاضی

تغییر آب و هوای زمین در لایه تروپوسفر<sup>۱</sup> 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  $55^{\circ}\text{C}$  - ( $218$  کلوین) می‌رسد. اگر میانگین دما در سطح زمین در حدود  $14^{\circ}\text{C}$  ( $287$  کلوین) در نظر گرفته شود: (آ) ارتفاع تقریبی لایه تروپوسفر را حساب کنید. (ب) رابطه‌ای برای تبدیل دما، بر حسب درجه سلسیوس به دما بر حسب کلوین پیدا کنید.

## هوا معجونی ارزشمند

شاید تجربه کرده باشید که گاهی مغز گردو، بادام، آفتابگردان و ... بو و مزه کهنگی می‌دهد که دلیل این ویژگی، ماندن آنها در هوای آزاد به مدت طولانی است. امروزه در صنعت با بسته‌بندی 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)

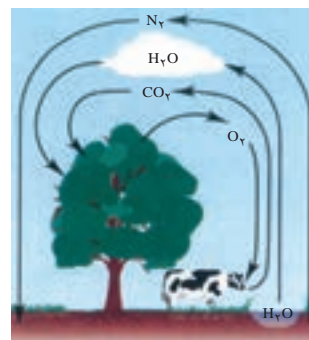


(پ)

**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.

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 تهیه 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،



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

<sup>۱</sup> Troposphere Layer



● بررسی‌های دانشمندان برای هوای به دام افتاده درون بلورهای یخ در یخچال‌های قطبی و نیز سنگ‌های آتشفشانی نشان می‌دهد که از ۲۰۰ میلیون سال پیش تاکنون، نسبت گازهای سازنده هواکره تقریباً ثابت مانده است.

## آیا می‌دانید

انبیق، وسیله ساده‌ای است که جابربن حیان برای تقطیر مواد طراحی کرد. این ظرف برای گرم کردن مخلوط‌ها و نیز جمع‌آوری و هدایت بخارهای حاصل به کار می‌رفت.



هواکره رقیق و رقیق‌تر می‌شود. در جدول ۱، درصد حجمی گازهای تشکیل دهنده هوای 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 ساعت دیگر تغییر می‌کند.

جدول ۱- نام و درصد حجمی گازهای سازنده هوای پاک و خشک

نام گاز	درصد گاز در هوا
نیتروژن	۷۸/۰ ۷۹
اکسیژن	۲۰/۹۵۲
آرگون	۰/۹۲۸
کربن دی اکسید	۰/۰۳۸۵
نئون	۰/۰۰۱۸
هلیوم	۰/۰۰۰۵
کریپتون	۰/۰۰۰۱
زنون و دیگر گازها	ناچیز

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



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

در این فرایند، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود؛ سپس با استفاده از فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا  $0^{\circ}\text{C}$  (صفر درجهٔ 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  $20^{\circ}\text{C}$  -، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن **هوای مایع**<sup>۱</sup> می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند.



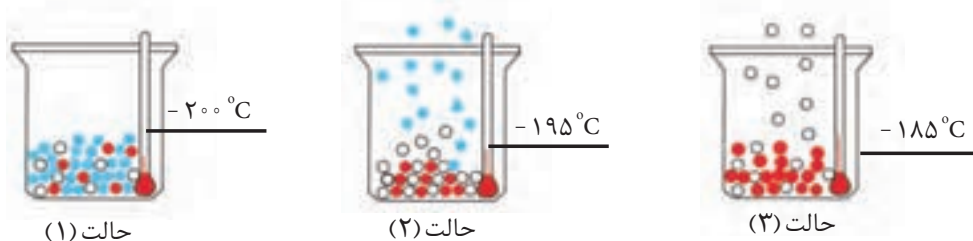
● **آرگون** گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژهٔ آرگون به معنای تنبل است؛ زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. این گاز در پتروشیمی شیراز از تقطیر جزء به جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود. آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود.

## با هم بیندیشیم

با توجه به جدول روبه‌رو به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:  
 (آ) نمونه‌ای از هوای مایع با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  - تهیه شده است، اگر این نمونه تقطیر شود، ترتیب جداسازی گازها را مشخص کنید.

نقطهٔ جوش ( $^{\circ}\text{C}$ )	گاز
-196	نیتروژن
-183	اکسیژن
-186	آرگون
-269	هلیوم

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



(پ) در دمای  $8^{\circ}\text{C}$  -، اجزای سازندهٔ هوای مایع به کدام شکل وجود دارند؟ چرا؟



(ت) توضیح دهید چرا تهیهٔ اکسیژن صددرصد خالص در این فرایند دشوار است؟

## آیا می‌دانید

هنگام ریختن هوای مایع درون یک بالن، مخلوط شروع به جوشیدن می‌کند.



● مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند.

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



شکل ۵- از هلیوم، 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<sup>۱</sup> استفاده می‌شود.

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

هلیوم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود.



یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می‌دهد. البته مقدار هلیوم در میدان‌های گازی گوناگون، متفاوت است (شکل ۶).

## آیا می‌دانید

مجموع ذخایر هلیوم در جهان ۴۰ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود. بیشتر این ذخایر در امریکا، الجزایر، روسیه، ایران و قطر یافت می‌شود. سالانه ۱۷۵ میلیون مترمکعب هلیوم در جهان تولید می‌شود. ایران، پس از روسیه، دومین ذخایر گاز طبیعی جهان را دارد. از این رو کشور ما جزو کشورهایی است که از ذخیره هلیوم زیادی برخوردار است.

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

هلیوم را می‌توان افزون بر هوای مایع، از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی نیز به دست آورد. تهیه این گاز از کدام روش مقرون به صرفه‌تر است؟ چرا؟

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

## اکسیژن، گازی واکنش پذیر در هواکره

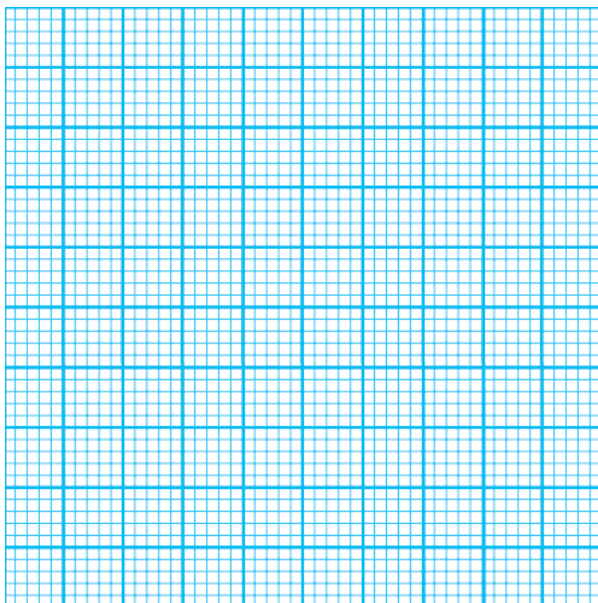
اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل دهنده هواکره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است. به طوری که بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مانند فرسایش سنگ و صخره، زنگ‌زدن، فساد مواد غذایی و... که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. این عنصر در آب کره، در ساختار مولکول‌های آب و در زیست کره در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود. در هواکره نیز این گاز به طور عمده به شکل مولکول‌های دو اتمی 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)												
۰	۰.۳	۰.۶	۱.۸	۲.۴	۳.۰	۳.۶	۴.۲	۴.۸	۶	۶.۷	۷.۳	۷.۹
فشار گاز اکسیژن ( $\times 10^{-2} \text{atm}$ )												
۲۰.۹	۲۰.۱	۱۹.۴	۱۶.۶	۱۵.۴	۱۴.۳	۱۳.۲	۱۲.۳	۱۱.۴	۹.۷	۹	۸.۴	۷.۶

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



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



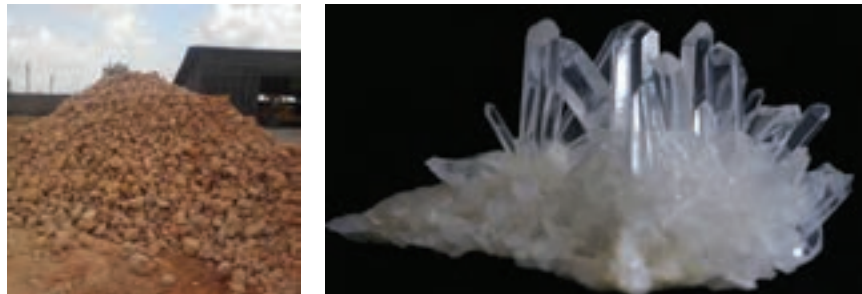
● کوهنوردان به هنگام صعود به ارتفاعات کپسول اکسیژن حمل می‌کنند.

- (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) 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.



## ترکیب اکسیژن با فلزها و نافلزها

اکسیژن در سنگ کره به شکل اکسیدهای گوناگون نیز یافت می‌شود. برای نمونه فلز آلومینیم به شکل بوکسیت ( $Al_2O_3$  به همراه ناخالصی) و سیلیسیم به شکل سیلیس ( $SiO_2$ ) در طبیعت وجود دارد (شکل ۷).



(آ)

(ب)

شکل ۷-آ) سنگ معدن آلومینیم و ب) سیلیس

شاید تصور کنید که فلزها تنها یک نوع اکسید در طبیعت دارند، جالب است بدانید که افزون بر فلزهایی مانند طلا و پلاتین که به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند، فلزهایی نیز وجود دارند که با بیش از یک نوع اکسید در طبیعت شناخته شده‌اند. آهن نمونه‌ای از آنهاست. این فلز در ترکیب با اکسیژن دو نوع اکسید با فرمول‌های شیمیایی  $FeO$ ،  $Fe_2O_3$  تولید می‌کند (شکل ۸). آیا می‌دانید این ترکیب‌ها را چگونه باید نام‌گذاری کرد؟



شکل ۸- سنگ معدن حاوی  $FeO$  و  $Fe_2O_3$

### با هم بیندیشیم

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

نام	فرمول	نام	فرمول
آهن (III) اکسید	$Fe_2O_3$	سدیم اکسید	$Na_2O$
مس (I) اکسید	$Cu_2O$	منیزیم اکسید	$MgO$
مس (II) اکسید	$CuO$	آهن (II) اکسید	$FeO$

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.

نام ترکیب	آلومینیم فلوئورید	پتاسیم سولفید	آهن (III) فلوئورید	فرمول شیمیایی
				$\text{Cu}_7\text{S}$
				$\text{MgBr}_7$
				$\text{CaO}$

۳- هرگاه بدانید که اتم عنصر کروم در ترکیب‌های خود اغلب به شکل کاتیون  $\text{Cr}^{2+}$  یا  $\text{Cr}^{3+}$

یافت می‌شود، فرمول و نام شیمیایی اکسیدها و کلریدهای آن را بنویسید.

واکنش عنصرها با اکسیژن، تنها به فلزها محدود نمی‌شود بلکه نافلزها نیز با آن واکنش می‌دهند و به اکسید نافلزها تبدیل می‌شوند. در واقع اکسیدهای نافلزی، دسته دیگری از ترکیب‌های شیمیایی هستند که از واکنش نافلزها با اکسیژن تولید می‌شوند. ترکیب‌هایی مانند  $\text{CO}_2$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{SO}_3$  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، شیمی دان‌ها برای بیان شمار هر یک از اتم‌ها، پیشوندهای معرفی شده در جدول روبه‌رو را به کار می‌برند. برای نمونه، به فرمول و نام شیمیایی ترکیب زیر توجه کنید:



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

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

## خود را بیازمایید



SO<sub>3</sub>



CO<sub>2</sub>



CO

● 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 می شود.

● در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می شود (به جز اتم هیدروژن)، اتم مرکزی است و اتم های دیگر با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به آن متصل می شوند.

● هرگاه اتم عنصرهای گروه ۱۷، اتم کناری باشند، تنها یک پیوند اشتراکی تشکیل می دهند.

نام ترکیب ها در ستون نخست و فرمول شیمیایی ترکیب ها در ستون دوم را بنویسید.

NO <sub>2</sub> (آ)	(ج) دی نیتروژن تری اکسید
CO (ب)	(چ) کربن دی سولفید
SO <sub>2</sub> (پ)	(ح) گوگرد تری اکسید
PCl <sub>3</sub> (ت)	(خ) کربن تترا کلرید
SiBr <sub>4</sub> (ث)	(د) نیتروژن تری فلئوئورید

## با هم بیندیشیم

در آرایش الکترون - نقطه ای (ساختار لوویس)، الکترون های لایه ظرفیت اتم ها طوری کنار آنها چیده می شوند که همه اتم های سازنده ترکیب از قاعده هشت تایی پیروی کنند. اینک با توجه به آرایش الکترون - نقطه ای کربن دی اکسید و بررسی موارد زیر، روشی برای رسم ساختار لوویس مولکول ها بیابید.



۱- شمار کل الکترون های لایه ظرفیت اتم های سازنده را حساب کنید. برای این کار، شمار الکترون های لایه ظرفیت اتم های سازنده را با هم جمع کنید.

۲- ساختارهای ممکن که در آنها، اتم های کربن و اکسیژن با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به هم متصل شده اند به صورت زیر است:



۳- الکترون های ناپیوندی روی اتم ها را با جفت نقطه نشان دهید، به طوری که پیرامون هر اتم در مجموع، هشت الکترون (پیوندی + ناپیوندی) وجود داشته باشد.

۴- از میان ساختارهایی که رسم کرده اید، آنکه ویژگی های زیر را دارد، ساختار لوویس درست ترکیب را نشان می دهد:

● مجموع الکترون های پیوندی و ناپیوندی در مولکول، برابر با مجموع الکترون های لایه ظرفیت اتم های سازنده آن باشد.

● همهٔ اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده باشند ( اتم هیدروژن همواره یک پیوند تشکیل می‌دهد، از این رو تنها با دو الکترون پایدار می‌شود).

**راهنمایی:** در رسم ساختار لوویس، هنگامی که اتم‌های یکسانی به اتم مرکزی متصل‌اند، نمایش پیوند دو گانه بر پیوند سه گانه مقدم است.

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

SO <sub>2</sub> (آ)	CO (ب)	PCl <sub>3</sub> (پ)
HCN (ت)	CH <sub>2</sub> O (ث)	CS <sub>2</sub> (ج)

● بررسی ساختار لوویس گونه‌هایی که از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند و گونه‌هایی که بیش از یک اتم مرکزی دارند، جزو هدف‌های این کتاب نیست. بنابراین طرح پرسش از این موارد، در ارزشیابی پایانی ممنوع است.



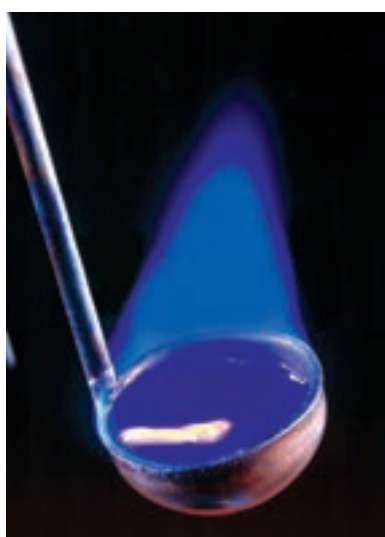
شکل ۹- سوختن گرد آهن. اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می‌سوزند.

## اکسیدها در فراورده‌های سوختن

دریافتید که اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب عنصرها و مواد واکنش می‌دهد؛ به طوری که شیمی‌دان‌ها از این ویژگی برای تهیه بسیاری از مواد بهره می‌گیرند، برای نمونه در صنعت برای تهیه سولفوریک اسید، نخست گوگرد را در واکنش با اکسیژن به SO<sub>2</sub> تبدیل می‌کنند. واکنشی که به سوختن گوگرد معروف است. جالب است بدانید که برخی عنصرهای فلزی و نافلزی دیگر نیز می‌توانند با اکسیژن بسوزند و به اکسیدهای فلزی و نافلزی تبدیل شوند. شکل‌های ۹ و ۱۰ نمونه‌هایی از این واکنش‌ها را نشان می‌دهند.



(آ)



(ب)



(پ)

شکل ۱۰- سوختن (آ) منیزیم، (ب) گوگرد و (پ) سدیم

اینک می‌توان گفت **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. افزون بر برخی عنصرها؛ دیگر مواد از جمله سوخت‌های فسیلی نیز در شرایط مناسب می‌سوزند.

برای نمونه، زغال سنگ در حضور اکسیژن می‌سوزد و افزون بر تولید گازهای  $SO_2$ ،  $CO_2$  و بخار آب، مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند (شکل ۱۱).

نور و گرما + کربن دی‌اکسید + گوگرد دی‌اکسید + بخار آب → اکسیژن + زغال سنگ



شکل ۱۱- سوختن زغال سنگ در هوا

نوع فرآورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل<sup>۱</sup> انجام می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد. اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فرآورده‌ها تولید خواهد شد؛ در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص<sup>۲</sup> است (شکل ۱۲).

## آیا می‌دانید

بر اساس گزارش‌های رسمی کشور، سالانه در حدود ۱۰۰۰ نفر بر اثر گاز گرفتگی، جان خود را از دست می‌دهند. از این رو، ضروری است همه شهروندان درباره راه‌های جلوگیری از گاز گرفتگی در مکان‌های گوناگون، اطلاعات کافی مناسب و کارآمد داشته باشند.



(آ)



(ب)

شکل ۱۲- (آ) رنگ زرد شعله، نشان دهنده سوختن ناقص است و (ب) رنگ آبی شعله، نشان می‌دهد که وسیله گازسوز به درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد.

کربن مونوکسید<sup>۳</sup>، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا و 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  $20^\circ$  برابر اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانه عصبی را فلج می‌کند به طوری که قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود.

## در میان تارنماها

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 در کلاس گزارش کنید.

۲- امروزه در برخی خانه‌ها از دستگاهی برای اعلام نشت گاز کربن مونوکسید استفاده می‌کنند (شکل ۱۳). با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره شیوه کار این دستگاه گزارشی تهیه و در کلاس ارائه کنید.



شکل ۱۳- نوعی دستگاه حسگر کربن مونوکسید

## خود را بیازمایید

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



● استفاده از آرگون در جوشکاری

## رفتار اکسیدهای فلزی و نافلزی

اکسیدهای فلزی و نافلزی، به دلیل تنوع رفتار، 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. همچنین از کلسیم اکسید برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- افزودن آهک به زمین‌های کشاورزی و دریاچه‌های اسیدی



● اثر هیدروکلریک اسید بر روی برگ گیاه

در درس علوم آموختید که مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این جانداران با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید محلول در آب از بین می‌روند زیرا خاصیت اسیدی آب افزایش می‌یابد (شکل ۱۵).



(آ)

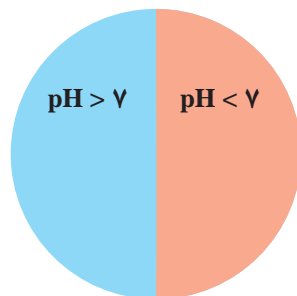
(ب)

شکل ۱۵- (آ) مرجان‌های سالم و (ب) اثر  $\text{CO}_2$  بر مرجان‌ها

## کاوش کنید

دربارهٔ «رفتار شیمیایی اکسیدهای فلزی و نافلزی» کاوش کنید.

- ۱- درون بشری تا نیمه آب بریزید؛ مقداری آهک به آن بیفزایید و مخلوط را خوب به هم بزنید.
- ۲- یک تکه کاغذ pH بردارید و آن را به محلول آب آهک آغشته نمایید. چه مشاهده می‌کنید؟
- ۳- یک بطری محتوی آب گازدار بردارید و کاغذ pH را به آن آغشته نمایید. چه رنگی می‌شود؟
- ۴- از این آزمایش‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.
- ۵- پیش بینی 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.



(آ)  $\text{MgO}$

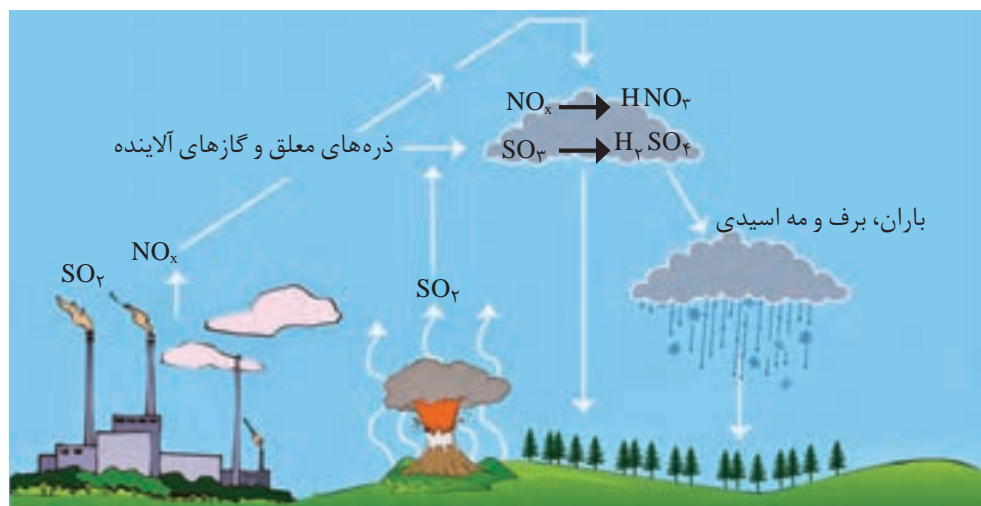
(ب)  $\text{SO}_2$

(پ)  $\text{CO}_2$

(ت)  $\text{Na}_2\text{O}$

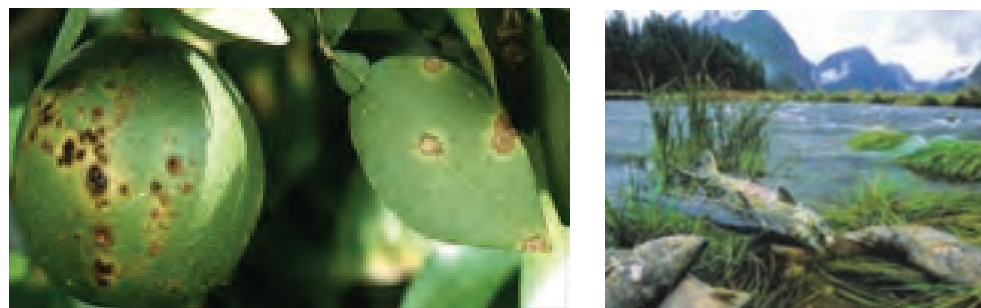
به‌طور کلی، اکسیدهای فلزی را اکسیدهای بازی<sup>۱</sup> و اکسیدهای نافلزی را اکسیدهای اسیدی<sup>۲</sup> می‌نامند؛ زیرا از واکنش اغلب آنها با آب به ترتیب باز و اسید تولید می‌شود.

زندگی و ادامه آن روی زمین، به بارش های آسمانی وابسته است. باران از جمله این نعمت ها است؛ نعمتی که هنگام بارش، افزون بر ایجاد پاکی و نشاط به طبیعت جان دوباره می بخشد. به دلیل آلودگی های ناشی از صنایع و فناوری های ساخته بشر، گاهی همین باران مشکل ساز می شود. باران به دلیل  $CO_2$  حل شده در آن، اندکی اسیدی است و pH کمتر از ۷ دارد. در شیمی هواکره، اصطلاح رایجی با عنوان «آنچه به بالا می رود، سرانجام باید پایین بیاید» وجود دارد. این اصطلاح بیان می کند آلاینده هایی که از سوختن سوخت های فسیلی وارد هواکره می شوند و بالا می روند، سرانجام باید به زمین برگردند. این آلاینده ها به طور عمده شامل اکسیدهای اسیدی  $SO_2$  و  $NO_2$  هستند که هنگام بارش در آب حل می شوند. بارشی که خاصیت اسیدی چشمگیری دارد و به زمین فرو می ریزد؛ در این حالت می گوئیم **باران اسیدی**<sup>۱</sup> باریده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- روند تولید باران اسیدی

باران اسیدی آثار جبران ناپذیری بر جنگل ها، باغ های میوه و زندگی آبزیان دارد؛ زیرا تغییر میزان خاصیت اسیدی آب به بافت های جانداران آسیب می زند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- برخی از آثار باران اسیدی. تغییر pH آب در زندگی جانداران آثار جبران ناپذیری بر جای می گذارد.

● آثار زینبار باران اسیدی بر روی پوست، دستگاه تنفس و چشم ها به سرعت قابل تشخیص است. گاهی خاصیت اسیدی باران باعث خشکی و ترک خوردگی پوست بدن می شود.



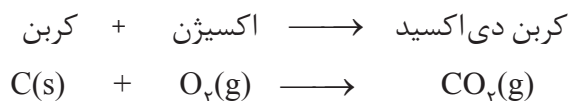
## واکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم

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

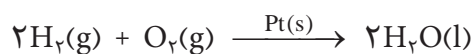


● هنگامی که به شکر گرما داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

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



معادله نخست، نوشتاری<sup>۱</sup> و معادله دوم، نمادی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. معادله نمادی، افزون بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آنها و اطلاعاتی درباره شرایط واکنش نیز ارائه کند؛ برای نمونه، معادله شیمیایی زیر بیان می‌کند که این واکنش در حضور کاتالیزگر پلاتین انجام می‌شود:



یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همه آنها از **قانون پایستگی جرم**<sup>۳</sup> پیروی می‌کنند.

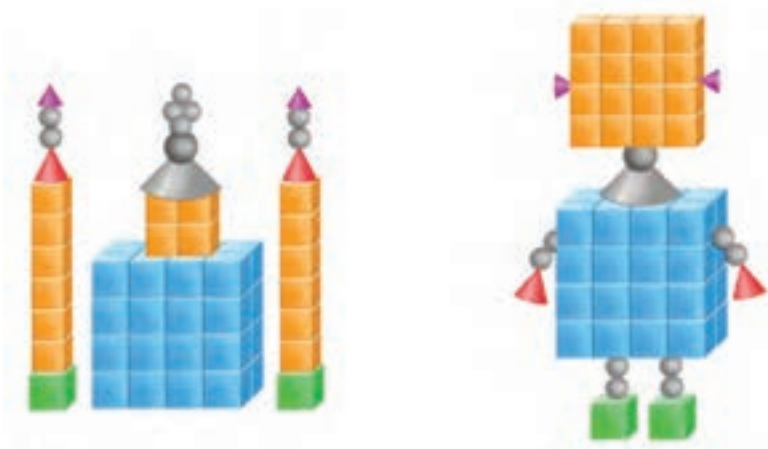
معنا	نماد
جامد	(s)
مایع	(l)
گاز	(g)
محلول آبی	(aq)

● نمادهای به کار رفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی.

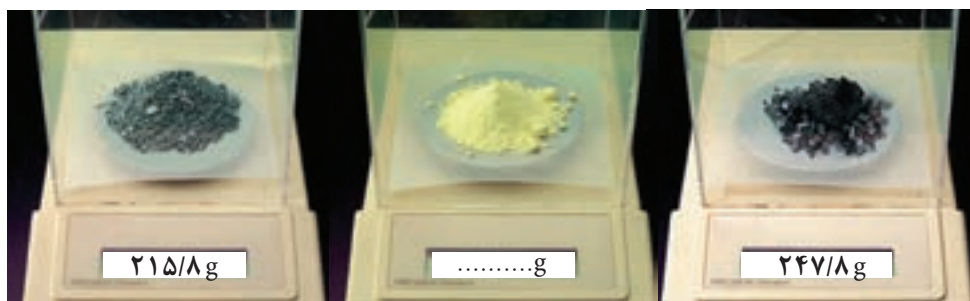
● در معادله واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد.

### با هم ببیندیشیم

۱- دو دانش آموز با استفاده از قطعه‌های پلاستیکی، دو دست سازه به شکل‌های زیر درست کرده‌اند. درباره جرم این دو دست سازه گفت و گو کنید و شرط برابری جرم آنها را بنویسید.



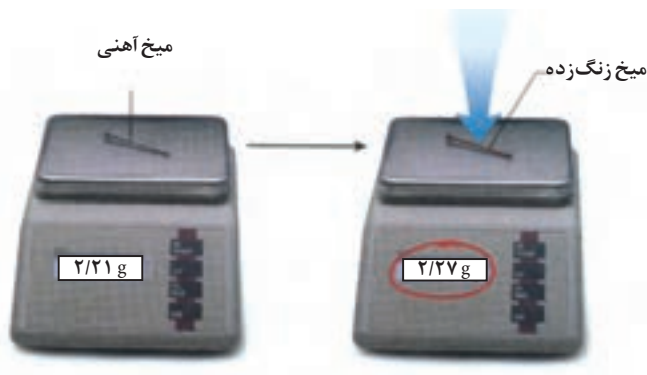
۲- جای خالی را پر کنید.



معنا	نماد
تولید می کند یا می دهد.	$\longrightarrow$
واکنش دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می دهند.	$\xrightarrow{\Delta}$
واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می شود.	$\xrightarrow{20 \text{ atm}}$
واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس انجام می شود.	$\xrightarrow{1200^\circ \text{C}}$
برای انجام شدن واکنش، از فلز پالادیم (Pd) به عنوان کاتالیزگر استفاده می شود.	$\xrightarrow{\text{Pd(s)}}$

● معنای برخی نمادها در معادله‌های شیمیایی

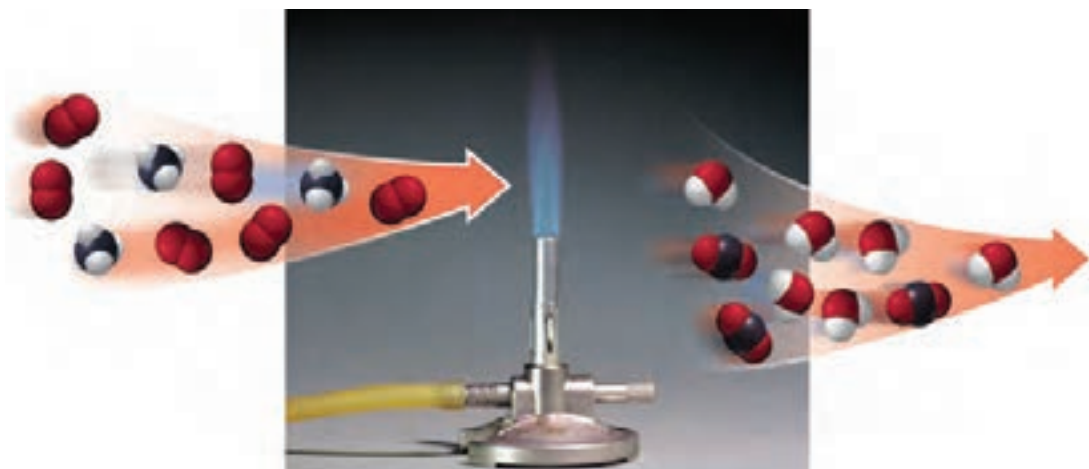
۳- میخ آهنی در هوای مرطوب زنگ می زند. با توجه به جرمی که ترازوها نشان می دهند، قانون پایستگی جرم را در این واکنش توضیح دهید.



۴- دربارهٔ درستی جملهٔ زیر در کلاس گفت و گو کنید.  
«جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است.»

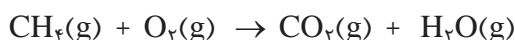
### موازنه کردن معادلهٔ واکنش‌های شیمیایی

در واکنش‌های شیمیایی، اتمی از بین نمی‌رود و به وجود هم نمی‌آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم‌های واکنش دهنده‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند و فرآورده‌ها 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 شرکت کننده در یک واکنش شیمیایی، ثابت است. مطابق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است، (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- سوختن متان. برابری شمار اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن در واکنش دهنده‌ها با فرآورده‌ها

برای این واکنش می‌توان معادلهٔ نمادی به صورت زیر نوشت:



در این معادله، شمار اتم‌های کربن در واکنش دهنده‌ها (متان) برابر با ۱ و در فرآورده‌ها (کربن دی‌اکسید) نیز با ۱ برابر است؛ اما شمار اتم‌های هیدروژن و اکسیژن در دو سوی معادله، برابر نیست. حال برای اینکه شمار 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، معادلهٔ موازنه شده به دست می‌آید.



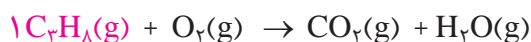
با توجه به معادلهٔ موازنه شده می‌توان نتیجه گرفت که برای موازنه کردن هر معادلهٔ نمادی، باید برای هر یک از واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها ضریبی قرارداد تا شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

بر اساس یکی از ساده‌ترین روش‌های موازنه (روش واریاسی<sup>۱</sup>) اغلب به ترکیبی که دارای بیشترین شمار اتم است؛ ضریب ۱ می‌دهند سپس با توجه به شمار اتم‌های این ترکیب، ضریبی را به دیگر مواد می‌دهند تا شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

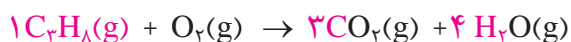
برای نمونه، معادلهٔ نمادی سوختن کامل پروپان به صورت زیر است:



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



اینک شمار 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، شمار اتم‌های C و H در دو طرف برابر می‌شود.



● در معادله‌های شیمیایی موازنه شده، نیازی به نوشتن ضریب ۱ نیست.

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

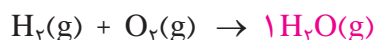


همان‌طور که مشاهده کردید، هنگام موازنه کردن، نباید زیوندها را در فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها تغییر داد. همچنین توجه به این نکته ضروری است که هر یک از ضریب‌ها در معادله موازنه شده، باید کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشد.

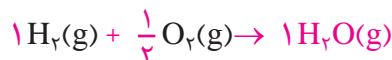
برای نمونه به روش موازنه معادله واکنش سوختن گاز هیدروژن دقت کنید.



در اینجا برای موازنه به  $H_2O$ ، ضریب ۱ می‌دهیم.



حال شمار اتم‌های H و O در سمت راست معادله مشخص شده است. اگر به  $H_2$  ضریب ۱ و به  $O_2$  ضریب  $\frac{1}{2}$  بدهیم، شمار اتم‌های هر دو عنصر در دو سوی معادله برابر می‌شود.



در پایان برای از بین بردن ضریب کسری اکسیژن، همهٔ ضریب‌ها را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم.

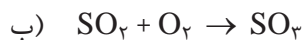


● معادله شیمیایی موازنه شده، به دو صورت خوانده می‌شود؛ برای نمونه:

- ۱- دو مول گاز هیدروژن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مول بخار آب تولید می‌کند.
- ۲- دو مولکول هیدروژن با یک مولکول اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مولکول آب تولید می‌کند.

## خود را بیازمایید

معادله واکنش‌های زیر را موازنه کنید:

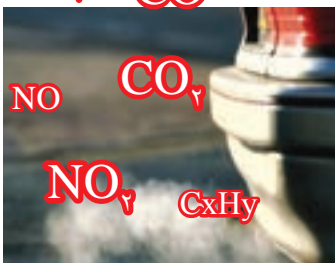


## چه بر سر هواکره می‌آوریم؟

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.

CO CO<sub>2</sub>

SO<sub>2</sub> CO



● در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، انواع آلاینده‌ها وارد هواکره می‌شود.

همه این فعالیت‌ها سبب شد تا میزان مصرف بی‌حساب سوخت‌های فسیلی افزایش یابد و حجم انبوهی از کربن‌دی‌اکسید وارد هواکره شود (شکل ۱۹).



(آ)



(ب)

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

● کربن‌دی‌اکسیدی که وارد هواکره شده، در آن جا به جا می‌شود و می‌تواند هوای شهرهای دیگر را نیز آلوده کند. بنابراین هر رفتار ما بر زندگی همه مردمان جهان اثر خواهد گذاشت.

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 سشوار خشک می‌کنیم به دلیل مصرف انرژی الکتریکی، مقداری کربن‌دی‌اکسید وارد هواکره می‌کند و درصد گازهای هواکره را تغییر می‌دهد. در واقع سبک زندگی می‌تواند بیانگر میزان اثرگذاری هر یک از انسان‌ها بر کره زمین و هواکره باشد. **ردپا** اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند. یکی از این ردپاها، ردپای کربن‌دی‌اکسید است. برای اینکه مقدار کربن‌دی‌اکسید در هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی کربن‌دی‌اکسید به وسیله گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود. حال هر چه مقدار کربن‌دی‌اکسید وارد شده به طبیعت زیاده‌تر باشد، ردپای ایجاد شده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود؛ زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیله پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است.



● 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؟

### با هم بیندیشیم

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

ستون ۱	ستون ۲	ستون ۳	ستون ۴	ستون ۵
برق مصرفی در ماه (کیلو وات ساعت)	منبع تولید برق	مقدار کربن دی اکسید تولید شده در ماه (کیلوگرم)	مقدار کربن دی اکسید تولید شده در سال (کیلوگرم)	شمار درخت لازم برای پاک سازی هواکره
y	زغال سنگ	$0.9 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	نفت خام	$0.7 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	گاز طبیعی	$0.36 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	باد	$0.1 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	گرمای زمین	$0.3 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	انرژی خورشید	$0.5 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$



● ردپای کربن دی اکسید نشان می دهد در تولید یک محصول یا بر اثر انجام یک فعالیت چه مقدار از این گاز تولید و وارد هواکره می شود.

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



● یک درخت تنومند سالانه در حدود ۵۰ کیلوگرم کربن دی اکسید مصرف می کند.

● حفظ و توسعه مزارع، باغها و پوشش های گیاهی به کاهش ردپای کربن دی اکسید کمک می کند و بدیهی است که تخریب باغ و خشکاندن درختان آثار جبران ناپذیری به دنبال دارد.

(آ) ستون های 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 تولید شده از منابع گوناگون انرژی با هم تفاوت دارد؟ توضیح دهید.

(ت) طبیعت به کمک گیاهان، کربن دی اکسید را مصرف می کند؛ بنابراین یکی از راهکارهای کاهش ردپای کربن دی اکسید، کاشت و مراقبت از درختان و ایجاد کمربندهای سبز در شهرها، شهرک های صنعتی و روستاها است. اکنون با توجه به داده های جدول زیر حساب کنید که چند درخت تنومند نیاز است تا کربن دی اکسید وارد شده به هواکره در اثر برق مصرفی خانه شما، مصرف و هوا پاک سازی شود.

اندازه قطر درخت (سانتی متر)	$\leq 3$	۴-۷	۸-۱۳	۱۴-۲۱	۲۲-۲۸	۲۹-۳۴	$\geq 35$
مقدار کربن دی اکسید مصرفی (کیلوگرم در سال)	۱/۰	۴/۴	۹/۴	۱۹/۱	۳۴/۶	۵۵/۳	۹۲/۷

## پروژه

● پیش بینی کنید برای از بین بردن ردپای کربن دی اکسید ناشی از سوخت خودروی خانواده شما چند درخت با قطر ۲۲ تا ۲۸ سانتی متر لازم است؟ مقدار کربن دی 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 می کشد تا به یک درخت تنومند تبدیل شود.)

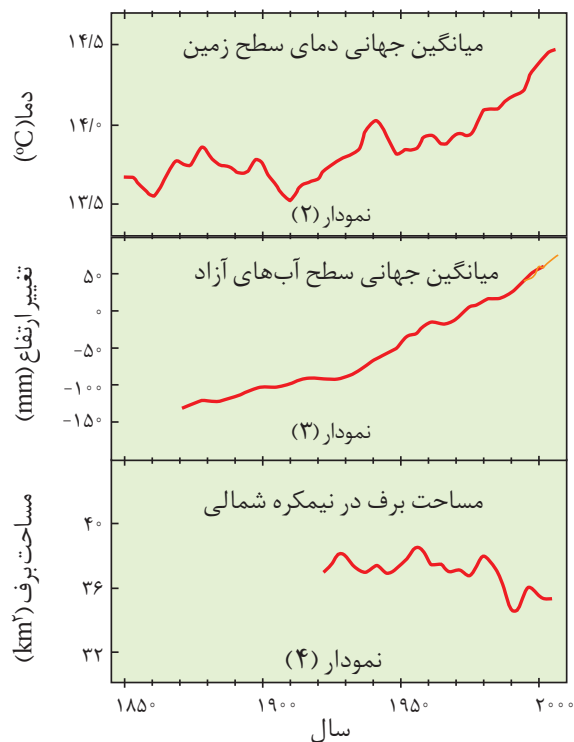
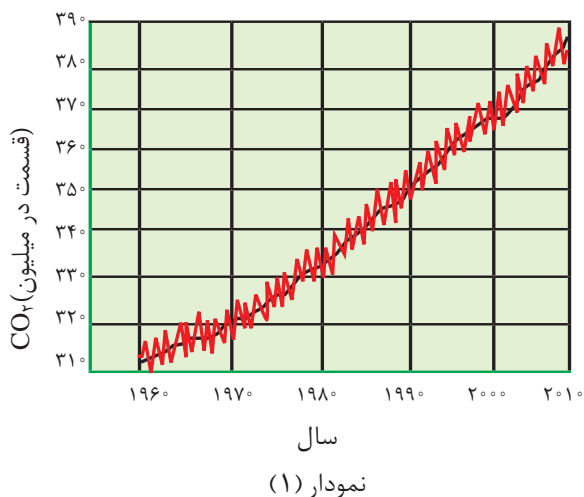
## آیا می دانید

بوپه‌ها تجهیزات شناوری هستند که به منظور تشخیص مسیرهای ایمن دریایی، تعیین دمای آب، سرعت و جهت وزش باد و ... در مسیرهای آبی قرار داده می‌شوند. آنها داده‌های ثبت شده را از طریق ارتباطات ماهواره‌ای به مراکز هواشناسی ارسال می‌کنند.



## آیا می دانید

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



آ) 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 ۵۰ سال گذشته در حدود یک هفته زودتر آغاز می‌شود. علت را توضیح دهید.

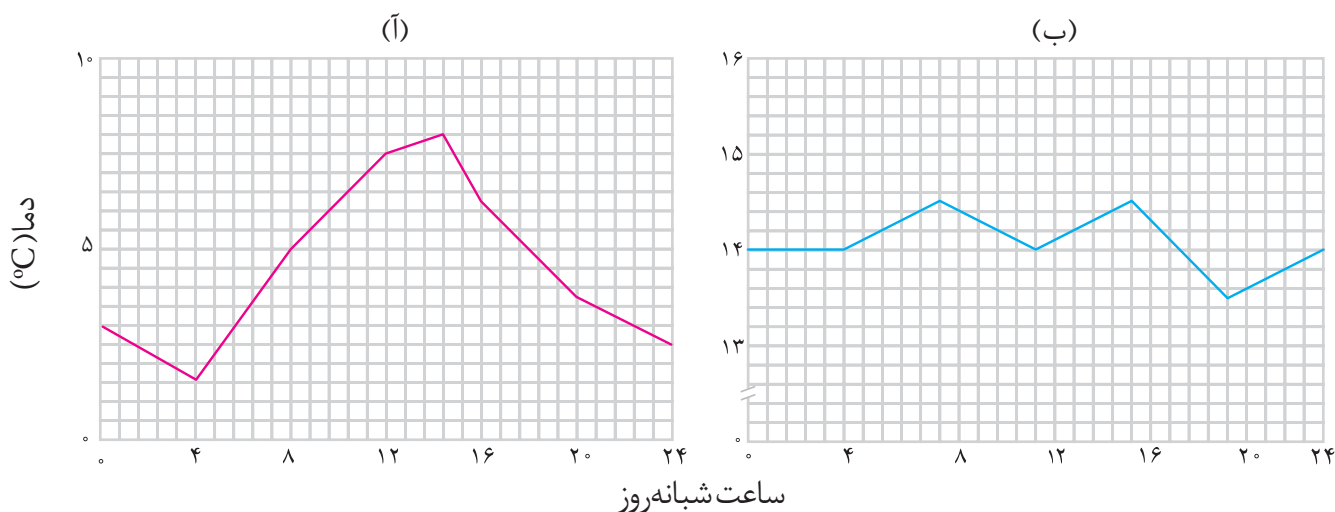
● شما نیز درباره آثار گرم شدن کره زمین در شهر یا منطقه محل سکونت خود با بزرگ‌ترها گفت‌وگو و اطلاعاتی در این باره جمع‌آوری و به کلاس گزارش کنید.



## اثر گلخانه‌ای<sup>۱</sup>

آیا می‌دانید گلخانه و کشت گلخانه‌ای چیست؟ گلخانه برای چه هدفی 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 چهار فصل سال به‌ویژه در زمستان، فراورده‌های کشاورزی مانند قارچ، خیار، گوجه فرنگی، توت‌فرنگی و... کشت می‌شود (نمودار ۱).

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



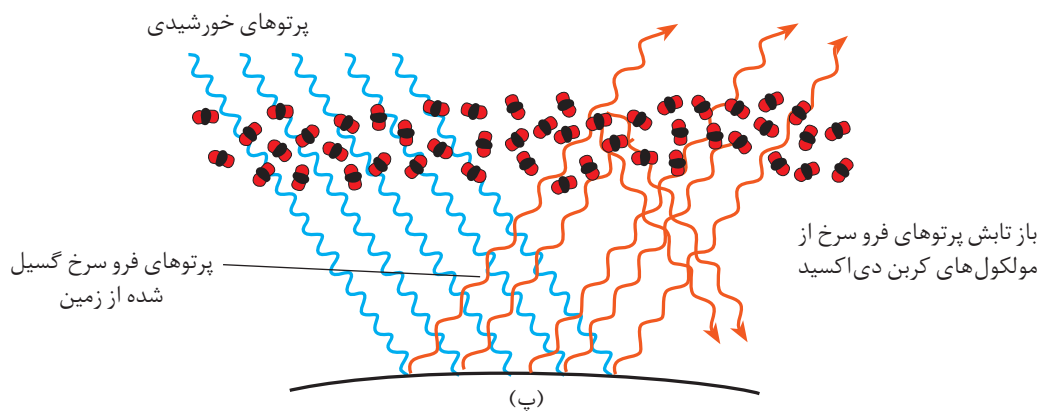
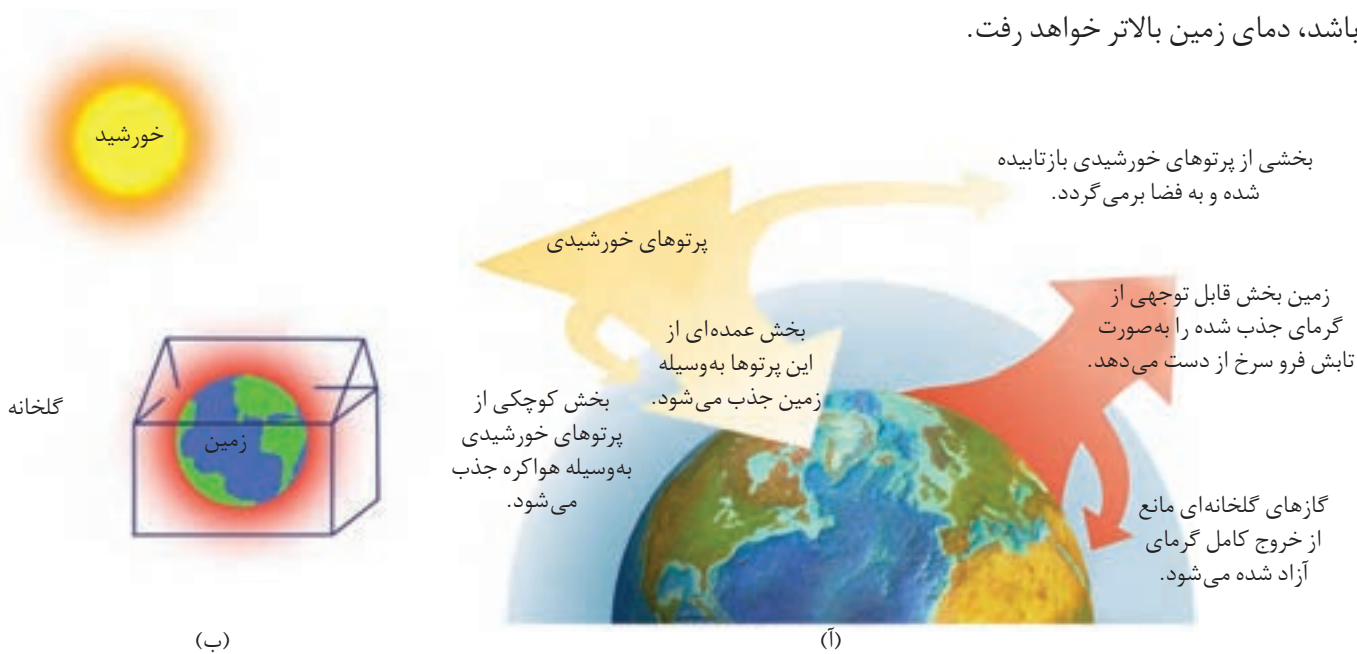
**نمودار ۱- تغییر دمای یک گلخانه را در یک روز زمستانی نشان می‌دهد. کدام منحنی مربوط به درون و کدام یک به بیرون گلخانه مربوط است؟ چرا؟**

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 ۲۰). اکنون می‌توانید توضیح دهید چگونه لایه پلاستیکی سبب گرم شدن گلخانه می‌شود. همان‌طور که دریافتید کره زمین با لایه‌ای از گازها به نام هواکره احاطه شده است.



این لایه برای زمین همانند لایه پلاستیکی برای گلخانه است و سبب گرم شدن کره زمین می شود، به طوری که اگر این لایه وجود نداشت میانگین دمای کره زمین به  $-18^{\circ}\text{C}$  کاهش می یافت.

با این توصیف پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج های بلندتر به هوا کره برمی گردند، اما برخی گازهای موجود در هوا کره مانند  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  ... مانع از خروج آنها می شوند و بدین ترتیب زمین را گرم تر می کنند. هرچه مقدار این گازها در هوا کره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر خواهد رفت.



شکل ۲- رفتار زمین در برابر پرتوهای خورشیدی، (آ) نمایی از گرمای جذب و بازتاب شده به وسیله زمین، (ب) مقایسه هوا کره زمین و لایه محافظ گلخانه و (پ) عملکرد مولکول های  $\text{CO}_2$  در برابر تابش خورشیدی

## شیمی سبز، راهی برای محافظت از هوا کره

شیمی سبز شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمی دان‌ها در جستجوی فرایندها و فرآورده‌هایی 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 برجای 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 ذره بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شوند.

اتانول 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.

### تبدیل CO<sub>2</sub> به مواد معدنی

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



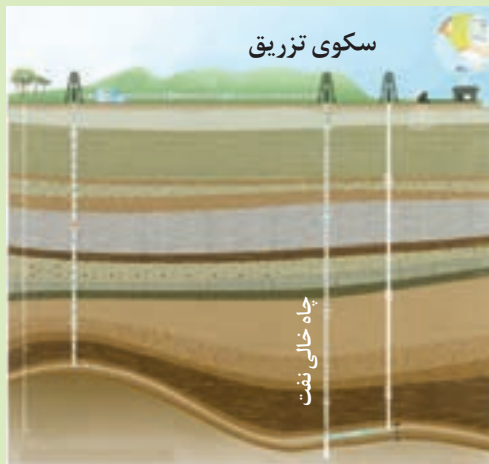
## تولید پلاستیک‌های سبز

پلاستیک‌های سبز (زیست تخریب پذیر)، پلیمرهایی هستند که بر پایهٔ مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آنها اکسیژن نیز وجود دارد. این پلاستیک در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند.



## دفن کردن کربن دی‌اکسید

کربن دی‌اکسید را می‌توان به جای رها کردن در هوا 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 هوا کره. هر یک از راه‌های پیشنهادی چه مزایا، معایب و مشکلاتی دارند؟

# سبز

تولید خودرو  
و سوخت با  
کیفیت بسیار خوب

شیمی سبز مجموعه‌ای از اصول و روش‌ها با هدف کاهش استفاده و تولید مواد خطرناک در واکنش‌های شیمیایی است. در واقع، این شاخه از علم شیمی هماهنگ با اهداف سه‌گانه محیط‌زیست پایدار، اقتصاد پایدار و جامعه پایدار است.

اقتصاد اتمی یکی از اصول دوازده‌گانه شیمی سبز است که با توجه به قانون پایستگی جرم، به دنبال کاهش پسماندهای ناشی از واکنش‌های شیمیایی است؛ پسماندهایی که منجر به افزایش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود. برای مثال، ایوبروفن یک داروی ضد درد است که سال‌هاست در یک فرایند شش مرحله‌ای و با بازده کمتر از ۴۰ درصد تولید می‌شود. به تازگی شیمی دانان سبز، روشی سه‌مرحله‌ای برای تولید این دارو پیشنهاد داده‌اند که نه تنها سبب کاهش مصرف مواد اولیه شده، بلکه بازده واکنش را به ۹۹ درصد رسانده است. در این روش، تمام پسماندهای تولید شده یا بازیافت می‌شوند یا به‌عنوان فرآورده‌های جانبی سودمند به فروش می‌رسند. بنابراین، آموزش شیمی سبز می‌تواند دانش و آگاهی مورد نیاز برای دستیابی به جهانی پایدار را فراهم کند.



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

### با هم بیندیشیم

۱- هیدروژن فراوان‌ترین عنصر در جهان است که به شکل 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 (کیلوژول بر گرم)	۴۸	۳۰	۱۴۳	۵۴
فرآورده‌های 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

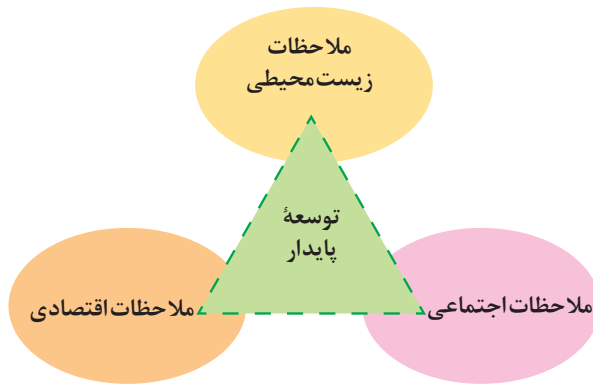
آ) استفاده از کدام سوخت آلاینده‌های کمتری ایجاد می‌کند؟

ب) تولید، حمل و نقل و نگهداری هیدروژن بسیار پرهزینه است. آیا تولید این گاز صرفه اقتصادی دارد؟

۲- 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 ماده 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 ماده 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، توسعه پایدار بیان می‌کند هرگاه در مجموع، شرکت‌ها و کارخانه‌ها، کالاهایی را تولید کنند که قیمت تمام شده تولید کالا برای کشور کاهش یابد، این توسعه سبب رشد واقعی کشور می‌شود و در دراز مدت سبب حفظ یا کاهش مصرف منابع طبیعی می‌گردد.

با این توصیف:

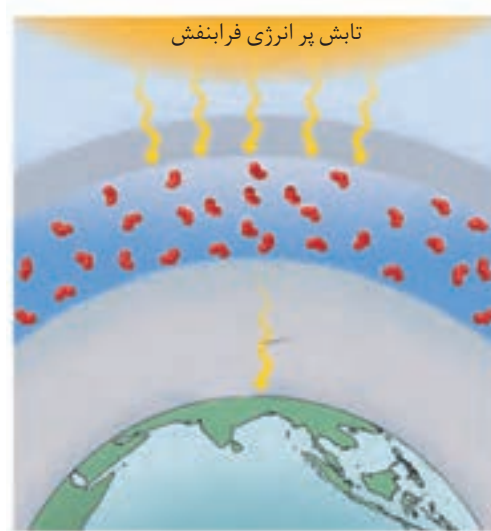
- آ) توضیح دهید چرا برخی از کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی می‌کنند؟
- ب) چرا برخی از کشورها در پی تولید پلاستیک‌های زیست‌تخریب پذیرند در حالی که قیمت تمام شده تولید پلاستیک‌ها با پایه نفتی در کارخانه کم است؟
- پ) توضیح دهید چرا طراحان و متخصصان در شرکت‌های بزرگ تولید خودرو و هواپیما، هزینه‌های هنگفتی صرف می‌کنند تا موتورهایی با انتشار کمترین مقدار  $CO_2$  بسازند؟



● توسعه پایدار<sup>۱</sup> یعنی اینکه در تولید هر فرآورده، همه هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آن در نظر گرفته شود.

## 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 کره زمین را احاطه کرده، هر چند که مقدار آن در هواکره ناچیز است (شکل ۲۱).

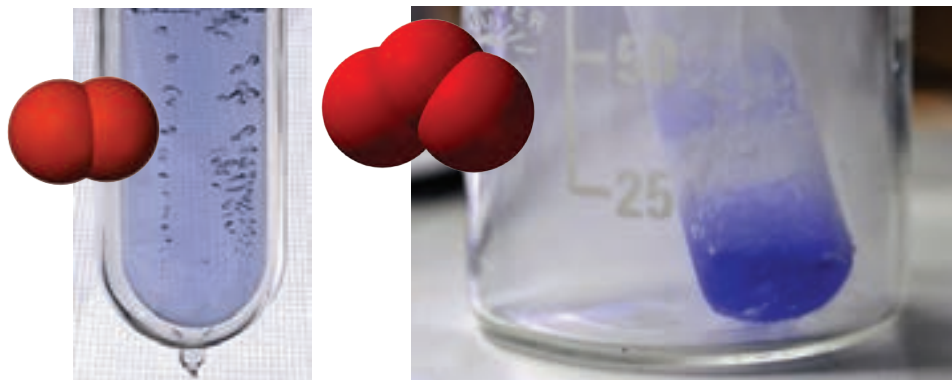


● اصطلاح لایه اوزون<sup>۲</sup> به منطقه مشخصی از استراتوسفر می‌گویند که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد.

شکل ۲۱- مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود 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) ساختار لوویس هر یک را رسم کنید.  
 ب) با توجه به شکل و جدول زیر خواص فیزیکی آنها را مقایسه کنید.



نقطه جوش (°C)	جرم مولی	فرمول شیمیایی	نام دگر شکل
-۱۸۳	۳۲	O <sub>۲</sub>	اکسیژن
-۱۱۲	۴۸	O <sub>۳</sub>	اوزون

پ) در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره بینی درون آب استفاده می شود. آیا از این موضوع می توان نتیجه گرفت که اوزون از اکسیژن واکنش پذیرتر است؟ چرا؟

ت) توضیح دهید آیا تفاوت رفتار این دو ماده را می توان به این موضوع نسبت داد که:

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

همان طور که دیدید در مولکول اوزون سه پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی که تابش پراثری فرابنفش به این مولکول می رسد، پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم های اکسیژن می شکند و مولکول اوزون به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می شود.  
 ذره های تولید شده می توانند دوباره در واکنش با یکدیگر، مولکول اوزون را تولید کنند اما در این واکنش، مقداری انرژی به شکل تابش فرورسرخ آزاد می شود.

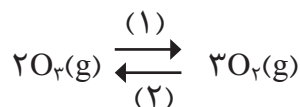
با تکرار پیوسته این دو واکنش، لایه اوزون بخش قابل توجهی از تابش فرابنفش را جذب می کند و تابش های کم انرژی تر فروسرخ را به زمین گسیل می دارد.



● در باتری های قابل شارژ، واکنش های شیمیایی برگشت پذیر رخ می دهد.

## با هم ببیندیشیم

مجموعه واکنش های لایه اوزون را می توان با معادله زیر نمایش داد:



آ) شیمی دان ها به واکنش در جهت (۱)، واکنش رفت<sup>۱</sup> و به واکنش در جهت (۲)، واکنش برگشت<sup>۲</sup> می گویند. اگر در لایه اوزون تنها واکنش (۱) یا (۲) انجام شود، چه فاجعه ای رخ می دهد؟ توضیح دهید.

ب) واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن برگشت پذیر است. با این توصیف، واکنش برگشت پذیر<sup>۳</sup> و برگشت ناپذیر<sup>۴</sup> را تعریف و چند مثال از آنها در زندگی بیان کنید.

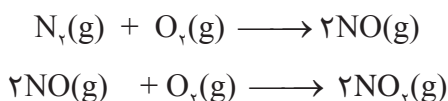
پ) با توجه به برگشت پذیری واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن، نقش محافظتی و ثابت ماندن مقدار اوزون را در لایه استراتوسفر توضیح دهید.

## آیا می دانید

شیمی دان هواکره، متخصصی است که ترکیب شیمیایی هواکره را می شناسند؛ همچنین از بهم کنش گازها، مایع ها و جامدهای موجود در هواکره با سطح زمین و موجودات زنده ای که روی آن زندگی می کنند، آگاه است.

جالب است بدانید که اوزون در لایه تروپوسفر نیز یافت می شود. از آنجا که اوزون از اکسیژن واکنش پذیرتر است، این ماده، آلاینده ای سمی و خطرناک به شمار می آید به طوری که وجود آن در هوایی که تنفس می کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه ها می شود. 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 می آید؟

گاز نیتروژن به عنوان اصلی ترین جزء سازنده هواکره، واکنش پذیری بسیار کمی دارد و به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی دهد. تنها هنگام رعد و برق این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می شوند (شکل ۲۲).

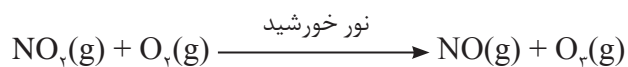


۱\_ Forward Reaction  
۳\_ Reversible Reaction

۲\_ Reverse Reaction  
۴\_ Irreversible Reaction



**شکل ۲۲-** جایی که رعد و برق ایجاد شده، دما به اندازه‌ای بالاست که اکسیدهای نیتروژن تشکیل می‌شوند. 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 دی اکسید به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده کلانشهرها اغلب به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود (شکل ۲۳). 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.



**شکل ۲۳-** 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.



## رفتار گازها



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

پخش شدن بوی نان تازه، گلاب و دود اسپند در فضای خانه، نشان می‌دهد که مولکول‌های یک ماده گازی در هوا منتشر شده و به یاخته‌های بویایی ما رسیده است. ماده به حالت گاز شکل و حجم معینی ندارد، بلکه به شکل ظرف محتوی آن درمی‌آید و همه فضای ظرف را اشغال می‌کند. از این رو، حجم یک نمونه گاز با حجم ظرف محتوی آن برابر است (شکل ۲۴).



(آ)



(ب)



(پ)

## آیا می‌دانید

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

شکل ۲۴- آ) شکل و حجم یک ماده جامد به شکل ظرف بستگی ندارد، ب) مایع‌ها به شکل ظرف محتوی آنها درمی‌آیند و پ) به محض باز کردن شیر در لوله رابط بین دو ظرف، گاز در هر دو محفظه پخش می‌شود.



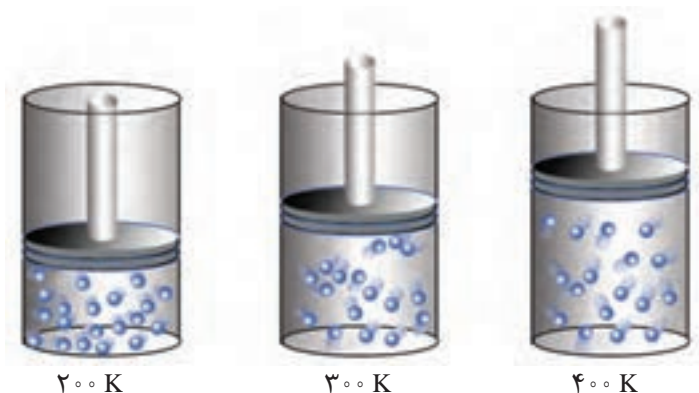
در درس علوم دریافتید که گاز برخلاف جامد و مایع تراکم‌پذیر است. به طوری که اگر به یک نمونه گاز درون سرنگ یا سیلندری با پیستون روان، فشار وارد کنیم، گاز فشرده‌تر و حجم آن کمتر می‌شود (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.

## با هم ببیندیشیم

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.



● برای توصیف یک نمونه گاز افزون بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال  $0/2^\circ$  مول گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق مثالی از یک نمونه گاز است.



● 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 درجهٔ سلسیوس و فشار یک اتمسفر را به عنوان **شرایط استاندارد (STP)**<sup>۱</sup> در نظر گرفته‌اند. در جدول ۲، حجم چند نمونه گاز در این شرایط نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> Standard Temperature and Pressure

جدول ۲- برخی ویژگی‌های چند نمونه گاز در STP

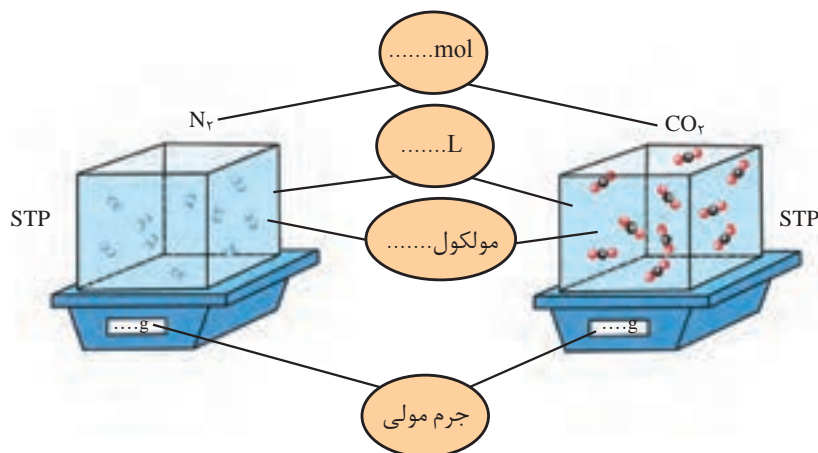
شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵
گاز	H <sub>۲</sub>	Ne	CO <sub>۲</sub>	O <sub>۲</sub>	He
ظرف محتوی گاز					
مول (mol)	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۵۰	۱/۰
حجم (L)	۵/۶	۵/۶	۱۱/۲	۱۱/۲	۲۲/۴
جرم (g)	۰/۵۰	۵/۰	۲۲/۰	۱۶/۰	۴/۰

● در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است. این بیان نخستین بار در سال ۱۸۱۱ توسط آووگادرو ارائه و بعدها به قانون آووگادرو<sup>۱</sup> مشهور شد.

مطابق داده‌های جدول در این شرایط با افزایش شمار مول‌های هر گاز، حجم آن افزایش می‌یابد. از این‌رو حجم یک مول نمونه گاز با شمار مول‌های آن رابطه‌ای مستقیم دارد. طبق این رابطه حجم یک مول گاز در STP برابر با ۲۲/۴ لیتر است؛ به دیگر سخن، حجم مولی گازها در STP برابر با ۲۲/۴ لیتر است.

### خود را بیازمایید

۱- هر ذره را هم‌ارز با ۱/۰ مول در نظر بگیرید و در شکل زیر جاهای خالی را پر کنید.  
 (N = ۱۴/۰۱, C = ۱۲/۰۱, O = ۱۶/۰۰ g mol<sup>-۱</sup>)



۱- Avogadro's Law

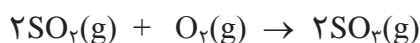
جابرین حیان بنیان گذار علم شیمی است. او در سال ۱۰۰ هجری شمسی (۷۲۱ میلادی) در شهر طوس از توابع خراسان دیده به جهان گشود. پدر جابر داروسازی مشهور بود، از این رو، وی به داروسازی و کیمیاگری علاقه مند شد. جابر برای فراگیری قرآن و بهره بردن از محضر پرفیض امام جعفر صادق (ع) به کوفه مهاجرت کرد. سفری که بی تردید موجب شکوفایی استعدادهای وی شد. جابر همواره بر اجرای نظام مند فعالیت های تجربی و آزمایشگاهی تأکید داشت. او انواع ابزار آزمایشگاهی راطراحی و فرایندهای اساسی مانند تقطیر و تبلور را پایه گذاری کرد. از او رساله و کتاب های گوناگونی مانند «رنگ ها»، «کتاب جامع خواص شیمیایی»، «جرم ها و اندازه گیری ها» و «ترکیب شیمیایی» به جای مانده است. این کتاب ها سال ها پس از جابر به عنوان منابع معتبر علمی در اروپا بررسی و ترجمه شد. بسیاری از دانشمندان بر این باورند که محتوای کتاب های جابر اثر ژرفی بر دیدگاه کیمیاگران اروپایی داشت و بعدها سبب تحولات شگرفی در دانش شیمی شد.

۲- هر فرد بالغ به طور میانگین ۱۲ بار در دقیقه نفس می کشد و هر بار ۵/۰ لیتر هوا به ریه ها 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؟ (شرایط را STP فرض کنید).

### از هر گاز چقدر؟

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



در معادله موازنه شده این واکنش، دو مول گاز گوگرد دی اکسید با یک مول گاز اکسیژن واکنش می دهد و دو مول گاز گوگرد تری اکسید تولید می شود؛ با این توصیف می توان گفت نسبت مولی اکسیژن مصرف شده به گوگرد تری اکسید تولید شده، ۱ به ۲ است؛ به دیگر سخن نسبت های 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 نسبت ها یک عامل (کسر) تبدیل می گویند که می توان با استفاده از آنها شمار مول های هر ماده شرکت کننده در واکنش را از شمار مول های دیگری به دست آورد.

### نمونه حل شده

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

پاسخ:

$$? \text{ mol } O_2 = 8 \text{ mol } SO_3 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } SO_3} = 4 \text{ mol } O_2$$

به بخشی از دانش شیمی که به ارتباط کمی میان مواد شرکت کننده (واکنش دهنده ها و فرآورده ها) در هر واکنش می پردازد، **استوکیومتری** <sup>۱</sup> واکنش می گویند. دانشی که کمک می کند تا شیمی دان ها و مهندسان در آزمایشگاه و صنعت با بهره گیری از آن، مشخص کنند که برای تولید مقدار معینی از یک فرآورده به چه مقدار از هر واکنش دهنده نیاز است.

● به هریک از ضرایب مواد شرکت کننده در یک معادله موازنه شده، ضریب استوکیومتری می گویند.

## با هم ببیندیشیم

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

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



آ) بدن انسان در هر شبانه روز به طور میانگین ۲/۵ مول گلوکز مصرف می‌کند. برای مصرف

این مقدار گلوکز به چند مول اکسیژن نیاز است؟

ب) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند لیتر گاز 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 ۲/۵ مول گلوکز از عامل‌های

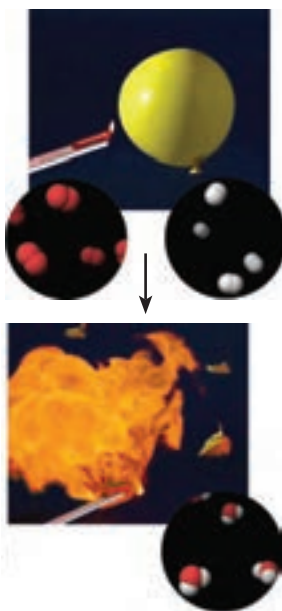
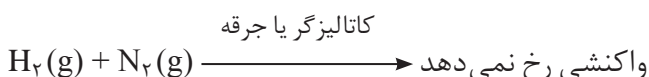
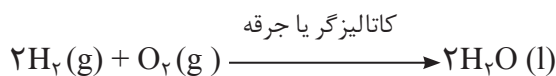
تبدیل در روند زیر استفاده کرده است. هر یک از جاهای خالی را با کمیت مناسب پر کنید.

$$? \text{ g } H_2O = 2/5 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{\dots\dots\dots H_2O}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{\dots\dots\dots H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 270 \text{ g } H_2O$$

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

## تولید آمونیاک، کاربردی از واکنش گازها در صنعت

گاز نیتروژن فراوان‌ترین جزء سازنده هواکره بوده که در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش‌ناپذیر است؛ برای نمونه مخلوطی از گازهای اکسیژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، منفجر می‌شود و آب تولید می‌کند (شکل ۲۶) اما در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی رخ نمی‌دهد.



شکل ۲۶- سوختن گاز هیدروژن

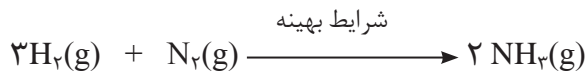
از این رو گاز نیتروژن به جوّ بی‌اثر شهرت یافته و در محیط‌هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد

تغییر شیمیایی است به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می‌کنند.

## خود را بیازمایید

۱- شاید دیده باشید که برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا مطابق شکل روبه‌رو از گاز نیتروژن استفاده می‌کنند. توضیح دهید استفاده از این گاز به جای هوا چه فایده‌ای دارد؟  
 ۲- گاز نیتروژن دارای مولکول‌های دو اتمی است. ساختار لوویس مولکول آن را رسم کنید.

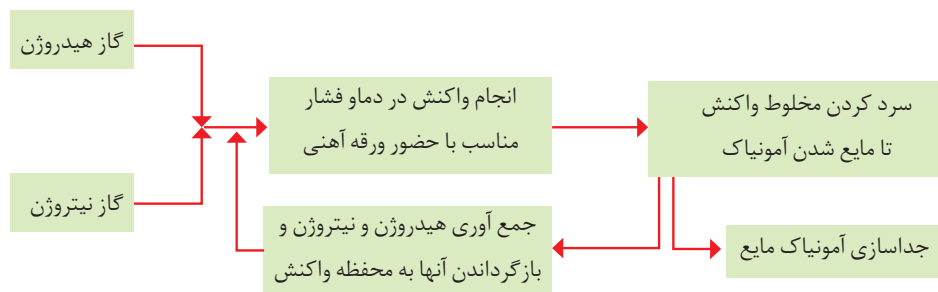
هر چند گاز نیتروژن واکنش‌پذیری ناچیزی دارد، اما امروزه در صنعت، مواد گوناگونی از آن تهیه می‌کنند که آمونیاک یکی از مهم‌ترین آنهاست. اکنون این پرسش مطرح است که از نیتروژن با واکنش‌پذیری ناچیز، چگونه شیمی‌دان‌ها آمونیاک و ترکیب‌های دیگر را تهیه می‌کنند. یافتن پاسخ این پرسش به اندازه‌ای اهمیت داشت که دانشمندی 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 پژوهش‌های خود قرار داد:



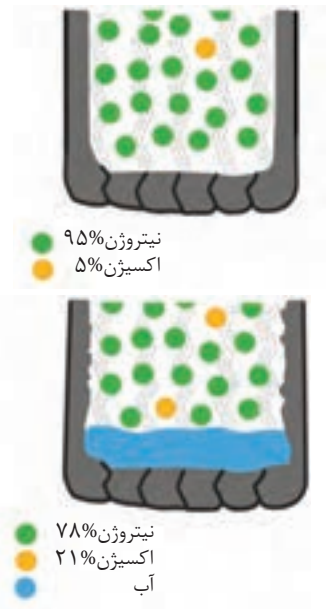
بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود، به طوری که:  
 • واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد.

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 اگر مخلوط این گازها از روی یک ورقه آهنی (کاتالیزگر) در دما و فشار مناسب عبور داده شود با انجام واکنش، مقدار قابل توجهی آمونیاک تولید می‌شود؛ اما همه واکنش‌دهنده‌ها به فرآورده تبدیل نخواهد شد؛ زیرا این واکنش برگشت‌پذیر است؛ با این توصیف در ظرف واکنش مخلوطی از سه گاز هیدروژن، نیتروژن و آمونیاک وجود دارد. اکنون هابر با مشکل دیگری روبه‌رو بود:  
 • چگونه می‌توان فرآورده 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 می‌دهد (نمودار ۲).



نمودار ۲- نمای تولید آمونیاک در صنعت به روش هابر

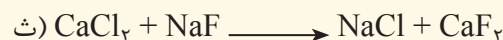
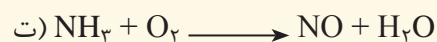
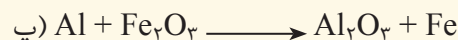
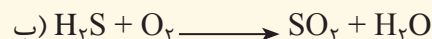
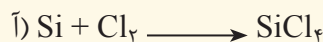


• در درس علوم دیدید که کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار را به خاک می‌افزایند. یکی از این کودها، آمونیاک است که به طور مستقیم به خاک تزریق می‌شود.

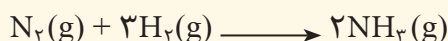
ماده	نقطه جوش (°C)
$H_2$	-۲۵۳
$N_2$	-۱۹۶
$NH_3$	-۳۳

## تمرین‌های دوره‌ای

۱- در هریک از واکنش‌های زیر نخست نام مواد شرکت‌کننده را بنویسید و سپس آن را موازنه کنید.



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

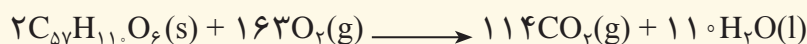


آ) برای تهیه ۴۲/۵ کیلوگرم آمونیاک به چند مول گاز هیدروژن نیاز است؟

ب) برای تولید ۳۳۶۰ 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 افزون 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 واکنش‌پذیری در دما و فشار اتاق	آرایش الکترون - نقطه‌ای	قیمت هر لیتر (ریال)	آلاینده یا غیرآلاینده
آرگون				۱۹۲	
اکسیژن				۳۵	
متان				۳	
کربن دی‌اکسید				۱۳	
نیتروژن				۷۱	

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

۵- گاز شهری به‌طور عمده از متان تشکیل شده و در محیطی که اکسیژن کم است به‌صورت ناقص می‌سوزد و بخار آب، کربن مونوکسید، نور و گرما تولید می‌کند.

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

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

۶- در برخی کشورها از اتانول ( $C_2H_5OH$ ) به‌عنوان سوخت سبز به‌جای سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود.

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

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

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

گستره انتشار گاز کربن دی‌اکسید (گرم) به‌ازای طی یک کیلومتر	برچسب آلاینده‌گی خودرو
کمتر از ۱۲۰	A
۱۲۰-۱۴۰	B
۱۴۰-۱۵۵	C
۱۵۵-۱۷۰	D
۱۷۰-۱۹۰	E
۱۹۰-۲۲۵	F
بیشتر از ۲۲۵	G

آ) نوعی خودرو در این کشور به‌ازای طی یک کیلومتر، ۱۰۵ گرم گاز کربن دی‌اکسید منتشر می‌کند. برچسب این خودرو را تعیین کنید.

ب) هر خودرو به‌طور میانگین سالانه مسافتی حدود ۱۸۰۰۰ کیلومتر طی می‌کند. حساب کنید سالانه چند کیلوگرم گاز کربن دی‌اکسید بر اثر استفاده از هر خودرو وارد هوا کره می‌شود؟

پ) فرض کنید این کشور در راستای توسعه پایدار سالانه دو نوع مالیات از مالکان خودرو دریافت می‌کند. مالیات سالانه برابر با ۱۰۰ 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.)