

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

شیمی (۱) ، شیمی در مسیر توسعه پایدار

رشته‌های علوم تجربی – ریاضی و فیزیک

پایه دهم

دوره دوم متوسطه

۱۳۹۵



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

شیمی (۱)، شیمی در مسیر توسعه پایدار - پایه دهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۰۲۱۰

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، نعمت‌الله ارشدی، سیف‌الله جلیلی، راضیه بنکدار سخی، معصومه شاه‌محمدی اردبیلی، منصور مختاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)  
حسن حذرخانی، معصومه شاه‌محمدی اردبیلی، علیرضا عابدین (اعضای گروه تألیف) - نعمت‌الله ارشدی (پیشنویس فصل ۱)، راضیه بنکدار سخی، سیف‌الله جلیلی (پیشنویس فصل ۲)، حسین زمانی سیفی‌کار، منصور مختاری، دوست محمد سمیعی، فرشاد صیرفی‌زاده، فیروزه منتظری، محمدامین نظامی (اعضای گروه مشورتی) - حسن حذرخانی (ویراستار علمی) - محمد دانشگر (ویراستار ادبی)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

لیدا نیک‌روش (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - مهدیه صفایی‌نیا (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) - مریم کیوان (طراح جلد) - مریم دهقان‌زاده، فاطمه باقری مهر، کبری اجابتی، زهرا رشیدی مقدم، فرشته ارجمند، احمد رضا امینی، ناهید خیام‌باشی (امور آماده‌سازی)  
تهران - خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹  
وبگاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)، تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ اول ۱۳۹۵

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

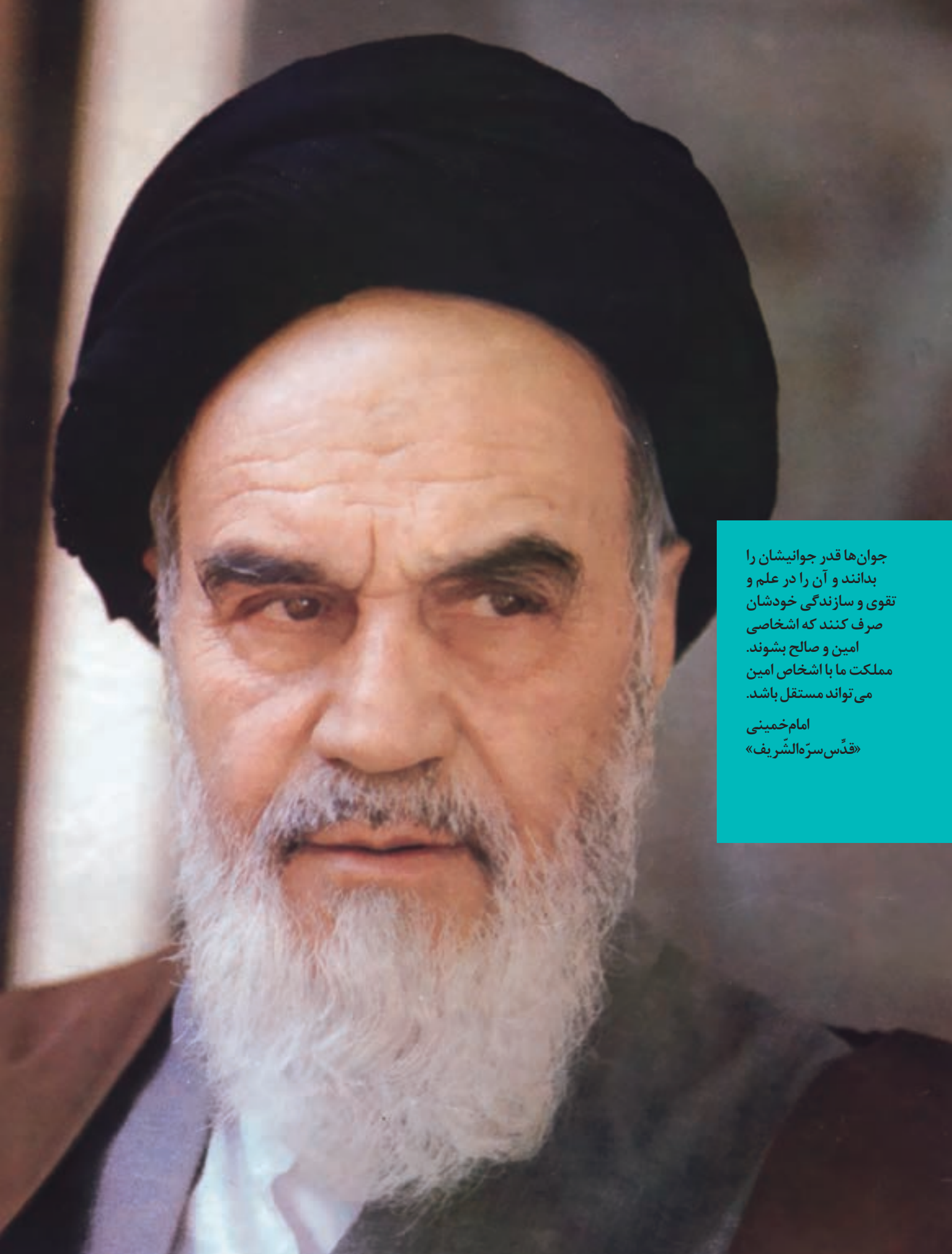
ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۵۳۱-۹

ISBN: 978-964-05-2531-9



جوان‌ها قدر جوانیشان را  
بدانند و آن را در علم و  
تقوی و سازندگی خودشان  
صرف کنند که اشخاصی  
امین و صالح بشوند.  
مملکت ما با اشخاص امین  
می‌تواند مستقل باشد.

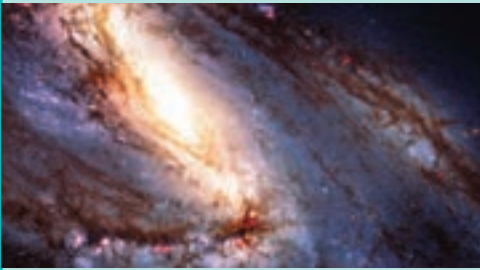
امام خمینی  
«قدّس سرّه الشّریف»

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

# ..... فهرست .....

مقدمه

فصل اول: کیهان زادگاه الفبای هستی ..... ۱



فصل دوم: ردپای گازها در زندگی ..... ۴۵



فصل سوم: آب، آهنگ زندگی ..... ۹۱



واژه‌نامه ..... ۱۳۵

منابع ..... ۱۴۰

## .... مقدمه ....

- علوم تجربی یکی از حوزه‌های یادگیری برنامه‌درسی ملی است که رسالت اصلی آن تربیت افرادی توانمند با ویژگی‌های زیر است:
- مسئولیت‌پذیر، نوع دوست، جمع‌گرا و جهان‌اندیش باشند.
  - ضمن بهره‌برداری از منابع طبیعی، آنها را امانت الهی بدانند و این منابع را برای نسل‌های آینده حفظ کنند.
  - از آموخته‌های خود در زندگی فردی و اجتماعی بهره‌گیرند تا زندگی سالم و با نشاطی برای خود و جامعه فراهم کنند.
  - اخلاق مدار باشند و در همه حال خداوند را ناظر و حاضر بر اعمال خود بدانند.
- بر اساس این برنامه، دانش‌آموزان دوره‌دوم متوسطه باید به این شایستگی‌ها برسند:
- با درک ماهیت، روش و فرایند علوم تجربی، این علوم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده) به کار گیرند و محدودیت‌ها و توانمندی‌های این علوم را در حل مسائل گزارش کنند.
  - با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، بتوانند اندیشه‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیتهای علمی ارائه دهند و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت کنند.

علوم تجربی حاصل تلاش انسان برای درک دنیای اطراف، روابط علت و معلولی بین اجزای مادی جهان هستی و در واقع به مثابه کشف بخشی از فعل خداوند است که با ظهور شواهد و دلایل جدید تغییر می کند. قلمرو علوم تجربی، سامانه‌ای به بزرگی جهان هستی است که خود از سامانه‌های خرد و کلان و گوناگونی تشکیل شده است. هر سامانه از اجزایی ساخته شده است که:

- ساختار و عملکرد ویژه‌ای دارند.
- با هم در ارتباط‌اند و بر یکدیگر اثر می‌گذارند.
- برای حفظ پایداری تغییر می‌کنند.

از این رو برنامه‌درسی نیز به گونه‌ای طراحی و تدوین شده است که مفاهیم اساسی مرتبط با این اندیشه‌های کلیدی را آموزش دهد. درس شیمی یکی از درس‌های این حوزه یادگیری است که به بررسی ساختار، رفتار و تغییر مواد می‌پردازد. این درس در دوره دوم متوسطه برای رشته‌های علوم تجربی و ریاضی و فیزیک به‌طور مشترک به‌میزان سه ساعت در پایه دهم، سه ساعت در پایه یازدهم و چهار ساعت در پایه دوازدهم ارائه می‌شود. شایان گفتن است درسی با عنوان «آزمایشگاه علوم» نیز برای رشته‌های علوم تجربی و ریاضی و فیزیک در نظر گرفته شده است که در پایه دهم دو ساعت و در پایه یازدهم یک ساعت خواهد بود.

کتابی که پیش روی شماست، نخستین کتاب شیمی در دوره دوم متوسطه است که با تلاش و کوشش مشتاقانه و دلسوزانه جمعی از استادان، کارشناسان و دبیران، تدوین و تألیف شده است. رسالت اصلی محتوا در این کتاب تربیت

افرادی است که با کسب سواد علمی شیمی مبتنی بر اصول توسعه پایدار، بتوانند زندگی خود را در همه سطح‌ها بهبود بخشند. بر همین اساس، رویکرد سازمان‌دهی محتوا در این درس، زمینه محور، ارتباط با زندگی و توسعه پایدار و رویکرد آموزشی محتوا، یادگیری فعال و کشف مفهوم است. گفتنی است انتخاب رویکرد زمینه محور، سبب شده است تا از ارائه منسجم و متمرکز محتوا در یک پایه پرهیز شود. برای نمونه مبحث استوکیومتری و ساختار لوویس در هر سه پایه آموزش داده خواهد شد. ملاک انتخاب و گستره محتوا در این موارد، ارتباط آن موضوع با زندگی است.

برای تحقق رویکردهای انتخاب شده، در تدوین و تألیف محتوا از عنوان‌های گوناگونی استفاده شده که هر عنوان و نقش آن در فرایند آموزش به شرح زیر است:

● **با هم بیندیشیم:** در این بخش‌ها، دانش‌آموزان در یک فعالیت گروهی و مشارکت فعال و مؤثر، با بهره‌گیری از مهارت‌های ذهنی، درباره یک یا چند مفهوم می‌اندیشند، گفت و گوی علمی می‌کنند و آن را بررسی، تجزیه و تحلیل می‌کنند و پس از کشف مفهوم، آن را توسعه و تعمیم می‌دهند یا تثبیت می‌کنند.

● **کاوش کنید:** در این محتوا، دانش‌آموزان با انجام فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی، مفهوم علمی قصد شده را کشف و مهارت‌های فرایندی را کسب و تقویت می‌کنند.

● **پیوند با زندگی:** هر چند رویکرد کلی محتوا ارتباط با زندگی و زمینه محور است؛ اما به منظور نشان دادن جایگاه دانش شیمی در زندگی، مواردی



از زندگی روزانه که با مفهوم و موضوع درسی ارتباط دارد، طرح و درباره آن توضیحات مناسبی ارائه شده است.

● **پیوند با صنعت:** هدف از این عنوان، معرفی پیشرفت‌ها و دستاوردهای صنعتی جهان و نقش شیمی در گردشگری‌ها به ویژه توانمندی‌های صنعتی و بومی کشور ایران است.

● **پیوند با ریاضی:** محتوای ارائه شده در این عنوان از یک سو ارتباط بین حوزه‌های گوناگون علوم را معنادار می‌کند و از سوی دیگر به دانش‌آموزان می‌آموزد که چگونه می‌توان مفاهیم و داده‌های شیمیایی را به کمک روابط ریاضی فرمول‌بندی کرد. این موضوع سبب خواهد شد تا اثربخشی محتوا افزایش یابد، به گونه‌ای که بتوان پیش‌بینی‌های درستی را در موقعیت‌های جدید انجام داد.

● **آیا می‌دانید:** این عنوان شامل اطلاعات و موضوعات گوناگونی مانند تاریخ علم، داده‌های عددی، یافته‌های علمی و فناوری، فرهنگ و تمدن ایرانی – اسلامی، نقش دانشمندان مسلمان در گسترش علم و .. است که به منظور افزایش آگاهی فراگیران تألیف شده است.

● **خود را بیازمایید:** این بخش تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌هایی هستند که بر اساس پیش‌دانسته‌ها و آموخته‌های دانش‌آموزان از مفاهیم و موضوعات مرتبط با کتاب دهم طراحی شده‌اند. هدف از این بخش‌ها، تثبیت، تعمیق، یادآوری و آماده‌سازی زمینه‌های لازم برای فرایند یادگیری است.

● **ما می‌توانیم:** هدف این عنوان تقویت هویت ملی، فرهنگی، علمی و فناوری، اقتصادی و... است. از این رو نمونه‌هایی از توانمندی دانشمندان،

پژوهشگران و صنعتگران که نقش بسزایی در توسعه کشورمان داشته‌اند، بررسی می‌شود تا به نسل‌های جوان این‌باور را منتقل کند که ما می‌توانیم گام‌های مؤثر و سازنده در جهت استقلال و پیشرفت کشورمان در همه سطح‌ها برداریم.

یکی دیگر از ویژگی‌های کتاب شیمی دهم، تصویر محور بودن آن است. مؤلفان تلاش کرده‌اند تا حد امکان از تصویرها، نمودارها و شکل‌های گوناگونی استفاده کنند تا افزون بر ایجاد جذابیت و شادابی، یادگیری محتوا آسان‌تر و ماندگاری آن را بیشتر کنند. همچنین برای آشنایی شما همکاران گرامی با نمونه پرسش‌های ارزشیابی و مرور یافته‌های دانش‌آموزان، در پایان هر فصل تعدادی پرسش با عنوان «تمرین‌های دوره‌ای» طراحی و تألیف شده است. گفتنی است که یادگیری همه محتوای کتاب و تدریس آن ضروری است، اما ارزشیابی از «آیا می‌دانید» مجاز نیست. در عین حال باید نکات اشاره شده در حاشیه کتاب در خصوص حدود محتوا و ارزشیابی مورد توجه قرار گیرد.

گروه شیمی واحد توسعه، تحقیق و آموزش علوم دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری، امیدوار است که آموزش این کتاب گامی در جهت تحقق اهداف برنامه درسی، تربیت شهروندان مسئول و آگاه و بهبود سطح زندگی با رعایت معیارهای توسعه پایدار باشد. لذا، این گروه مشتاقانه منتظر همچنین پیشنهادها، انتقادهای سازنده شما همکاران گرامی و صاحب‌نظران آموزشی است.

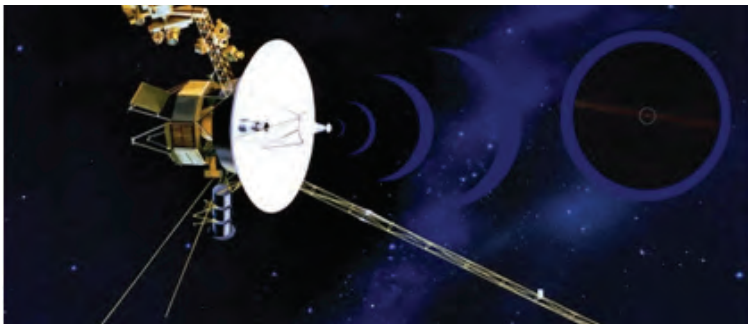
**گروه شیمی دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری**



●●● «هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ» آیه ۴، سوره حدید ●●●  
او کسی است که آسمان‌ها و زمین را در شش روز آفرید.

● شاید شما هم یکی از شیفتگان آسمان پرستاره شبانگاهی باشید؛ سقفی زیبا و آکنده از اسرار و پرسش‌های بی‌شماری که از گذشته تاکنون ذهن کنجکاو انسان‌های هوشمند را مجذوب خویش ساخته است. در این فضای بی‌کران، ستارگان پرفروغ با نوری که می‌تاباند، پیوسته با ما سخن می‌گویند و پیام آگاه‌باش می‌فرستند؛ پیامی که از گذشته‌های دور، روایت می‌کند؛ از اینکه جهان هستی چگونه پدید آمده است؟ ذره‌های سازنده جهان هستی طی چه فرایندی و چگونه به وجود آمده‌اند؟ پرسش‌هایی که یافتن پاسخ آنها بسیار دشوار است. زمین در برابر عظمت آفرینش همانند آزمایشگاه بسیار کوچکی است که دانشمندان با آزمایش‌های گوناگون در آن، در تلاش برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها هستند. شیمی‌دان‌ها با مطالعه خواص و رفتار ماده، همچنین برهم‌کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند.

انسان همواره با پرسش‌هایی از این دست که «هستی چگونه پدید آمده است؟ جهان کنونی چگونه شکل گرفته است؟ پدیده‌های طبیعی چرا و چگونه رخ می‌دهند؟» روبه‌رو بوده و پیوسته تلاش کرده است برای این پرسش‌ها، پاسخ‌هایی قانع‌کننده بیابد. مسلماً پاسخ به اولین پرسش - که پرسشی بسیار بزرگ و بنیادی است - در قلمرو علم تجربی نمی‌گنجد و آدمی تنها با مراجعه به چارچوب اعتقادی و بینش خویش و در پرتو آموزه‌های وحیانی می‌تواند به پاسخی جامع دست یابد. اما پس از عبور از این قلمرو، علم تجربی تلاشی گسترده را برای یافتن پاسخ پرسش‌های دوم و سوم انجام داده است. این تلاش‌ها سبب شد تا دانش ما دربارهٔ جهان مادی افزایش یابد. امروزه ما دربارهٔ کیهان و منشأ آن اطلاعاتی داریم که نیاکان مان حتی نمی‌توانستند آنها را تصور کنند؛ برای نمونه ما به فضا می‌رویم؛ با عنصرهای موجود در نقاط گوناگون کیهان آشنا شده‌ایم؛ در پی یافتن زندگی در دیگر سیاره‌ها هستیم و مسافرت به مریخ را طراحی می‌کنیم. آشکار است که با گذشت زمان، انسان به پیشرفت‌هایی دست خواهد یافت که امروزه در ذهن ما نمی‌گنجد. تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضاپیما به نام **وویجر ۱ و ۲** در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیشتر سامانهٔ خورشیدی است (شکل ۱).



**شکل ۱-** عکس کرهٔ زمین از فاصلهٔ تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری؛ آخرین تصویری که وویجر ۱ پیش از خروج از سامانهٔ خورشیدی از زادگاه خود گرفت.

دو فضاپیما مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامهٔ فیزیکی و شیمیایی آنها را تهیه کنند و بفرستند. این شناسنامه‌ها می‌تواند حاوی اطلاعاتی مانند نوع عنصرهای سازنده، ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آنها و ترکیب درصد این مواد باشد.

### عنصرها چگونه پدید آمدند؟

یکی از پرسش‌های مهمی که شیمی دان‌ها در پی یافتن پاسخ آن هستند، چگونگی پیدایش عنصرهاست. جالب است بدانید که مطالعهٔ کیهان به ویژه سامانهٔ خورشیدی برای پاسخ به این پرسش، کمک شایانی می‌کند؛ برای نمونه با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازندهٔ برخی سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی و مقایسهٔ آن با عنصرهای سازندهٔ خورشید می‌توان به درک بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.

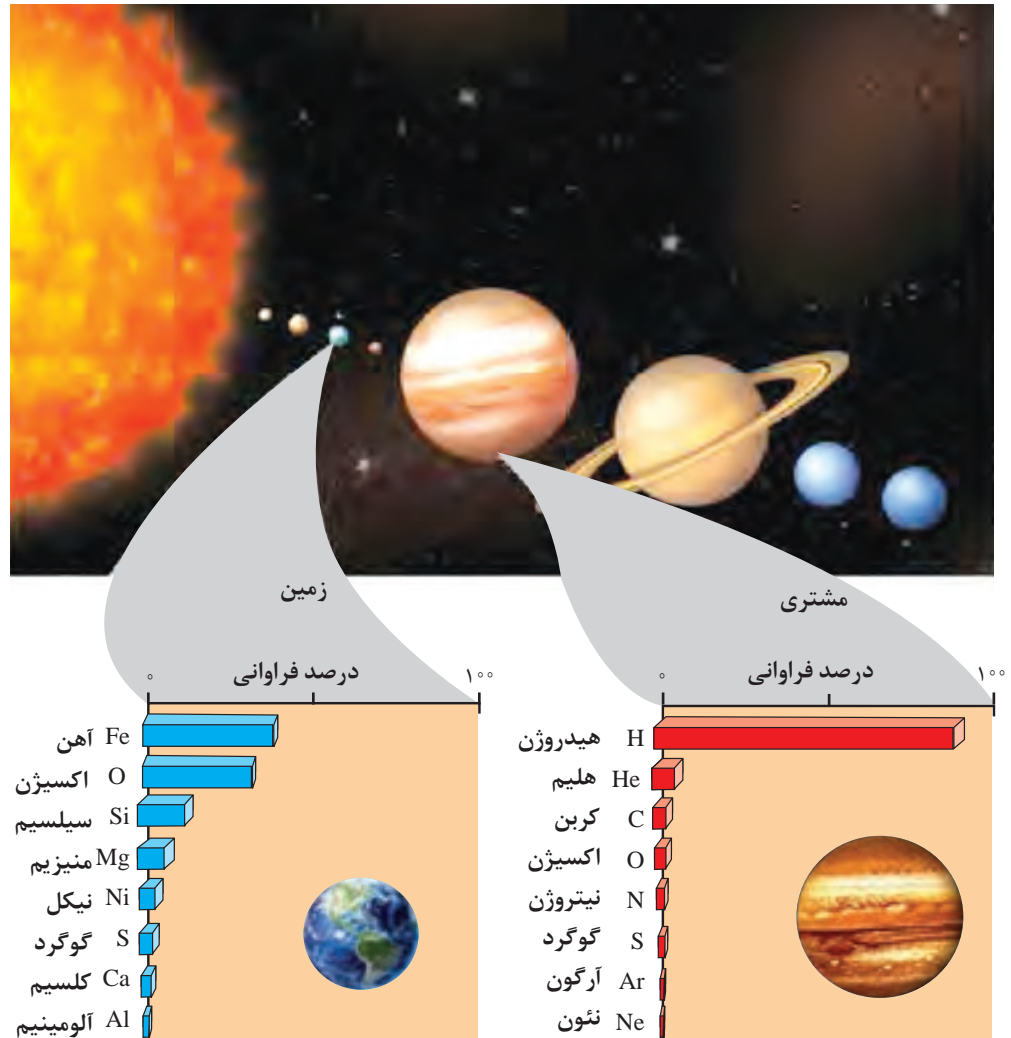
● شواهد تاریخی که از سنگ‌نبشته‌ها و نقاشی‌های دیوار غارها به دست آمده است نشان می‌دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهدهٔ ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی در آسمان بوده است.

## آیا می‌دانید

دانشمندان مسلمان علاقه زیاد به آسمان شب و مطالعه ستاره‌ها داشتند. عبدالرحمن صوفی یکی از ستاره‌شناسان ایرانی است که برای اولین بار گزارشی درباره کهکشان «آندرومیا» ارائه داده است. این کهکشان نزدیک‌ترین همسایه به سامانه خورشیدی است. او همچنین درباره موقعیت ستاره‌ها، اندازه و رنگ آنها در صورت‌های فلکی اطلاعات معتبری ارائه داده است.

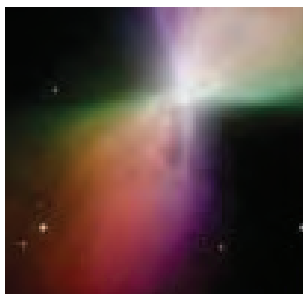
## خود را بیازمایید

شکل زیر عنصرهای سازنده دو سیاره مشتری و زمین را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



## آیا می‌دانید

سحابی بوم رنگ، سردترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای  $272^{\circ}\text{C}$  - است که حدود  $5000$  سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فلکی سنترال روس (قنطورس) واقع شده است.



(آ) فراوان‌ترین عنصر در هر سیاره، کدام است؟

(ب) عنصرهای مشترک در دو سیاره را نام ببرید.

(پ) در کدام سیاره، عنصر فلزی وجود ندارد؟

(ت) پیش‌بینی کنید سیاره مشتری بیشتر از جنس گاز است یا سنگ؟ چرا؟

(ث) آیا به جز عنصرهای نشان داده شده در شکل، عنصرهای دیگری در زمین یافت می‌شود؟

چند نمونه نام ببرید.

دریافتید که نوع و میزان فراوانی عنصرها در دو سیاره زمین و مشتری متفاوت است در حالی که عنصرهای مشترکی نیز در این دو سیاره هست. یافته‌هایی از این دست نشان می‌دهد که عنصرها به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده است. این یافته‌ها باعث شد تا دانشمندان بتوانند چگونگی پیدایش عنصرها را توضیح دهند به طوری که برخی از آنها بر این باورند که سر آغاز کیهان با انفجاری مهیب (مهبانگ) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. در آن شرایط پس از پدید آمدن ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، نوترون و پروتون، عنصرهای هیدروژن و هلیم پایه عرصه جهان گذاشتند. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیم تولید شده، متراکم شد و مجموعه‌های گازی به نام **سحابی** ایجاد کرد. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شد.



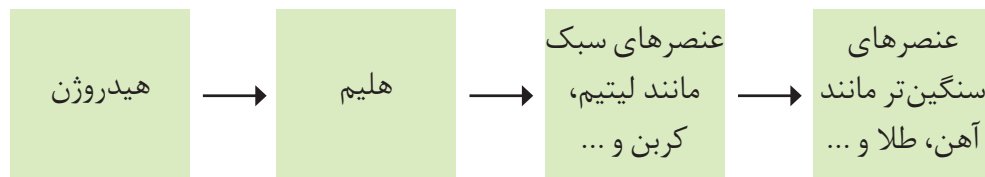
**ستاره‌ها** متولد می‌شوند؛ رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شود.

درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا و ویژه، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد؛ واکنش‌هایی که در آنها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آید. جالب است بدانید که دما و اندازه هر ستاره تعیین می‌کند که چه عنصرهایی باید در آن ستاره ساخته شود. هرچه دمای ستاره بیشتر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین‌تر فراهم می‌شود. چنین ستارگانی پس از چندین میلیون سال نورافشانی و گرمابخشی، پایداری خود را از دست داده، در انفجاری مهیب متلاشی شده‌اند و اتم‌های سنگین درون آنها در سرتاسر گیتی پراکنده شده است. به همین دلیل باید ستارگان را کارخانه تولید عنصرها دانست (شکل ۲).

● **سحابی عقاب** یکی از مکان‌های زایش ستاره‌هاست. این تصویر به وسیله تلسکوپ هابل گرفته شده است.

## آیا می‌دانید

خورشید نزدیک‌ترین ستاره به ما است که دمای سطح آن به حدود  $6000^{\circ}\text{C}$  و دمای درون آن به حدود  $10000000^{\circ}\text{C}$  می‌رسد. انرژی گرمایی و نورانی خیره‌کننده آن، حاصل از واکنش‌های هسته‌ای است که در آن هیدروژن به هلیم تبدیل می‌شود به طوری که در هر ثانیه پنج میلیون تن از جرم خورشید کاسته می‌شود. بر این اساس برآورد می‌شود که خورشید تا پنج میلیارد سال دیگر می‌تواند نورافشانی کند.



شکل ۲- روند تشکیل عنصرها

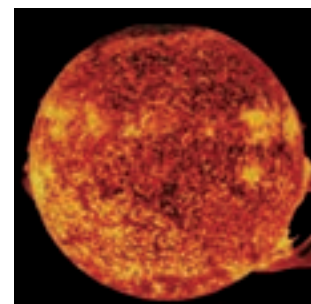
## پیوند با ریاضی

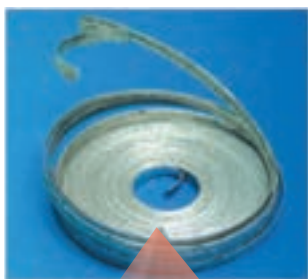
دریافتید که درون ستاره‌ها به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای، انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. اینشتین رابطه زیر را برای محاسبه انرژی تولید شده در این واکنش‌ها ارائه کرد:

$$E = mc^2$$

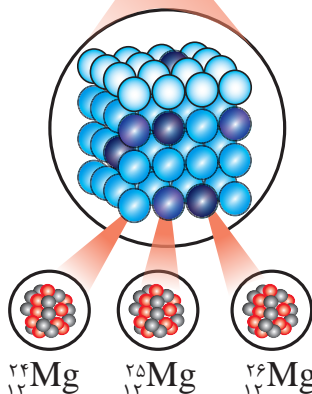
در این رابطه،  $m$  جرم ماده بر حسب کیلوگرم،  $c$  سرعت نور ( $3 \times 10^8$  متر بر ثانیه) و  $E$  انرژی آزاد شده را بر حسب ژول نشان می‌دهد ( $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$ ).

(آ تجربه نشان داده است که در تبدیل هیدروژن به هلیم،  $0.7\%$  گرم ماده به انرژی





تبدیل می‌شود. حساب کنید در این واکنش هسته‌ای چند کیلوژول انرژی تولید می‌شود؟  
 ب) برای درک بزرگی میزان این انرژی، حساب کنید این مقدار انرژی چند گرم آهن را  
 ذوب خواهد کرد؟ (برای ذوب شدن یک گرم آهن، ۲۴۷ ژول انرژی نیاز است).



شکل ۳- ایزوتوپ‌های منیزیم در یک نمونه طبیعی از آن.

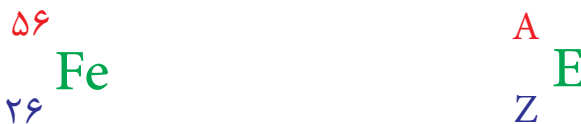
● نماد E، حرف نخست واژه Element به معنای عنصر است.

## آیا همه اتم‌های یک عنصر پایدارند؟

بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب در یک نمونه طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند. برای مثال بررسی یک نمونه منیزیم نشان می‌دهد که همه اتم‌های منیزیم در این نمونه یکسان نیست، بلکه مخلوطی از سه هم‌مکان\* (ایزوتوپ) هستند (شکل ۳).

### خود را بیازمایید

۱- در علوم سال هشتم آموختید که هر عنصر را با نماد ویژه‌ای نشان می‌دهند. در این نماد، تعداد ذره‌های زیراتمی را نیز می‌توان مشخص کرد. هرگاه بدانید که اتمی از آهن ۲۶ پروتون و ۳۰ نوترون دارد، با توجه به شکل زیر مشخص کنید که A و Z هر کدام، چه کمیتی را نشان می‌دهد؟



نماد شیمیایی اتم آهن

نماد همگانی اتم‌ها

۲- با توجه به نماد ایزوتوپ‌های منیزیم (شکل ۳)، جدول زیر را کامل کنید.

تعداد نوترون	تعداد الکترون	Z	A	ویژگی نماد ایزوتوپ

ایزوتوپ‌های یک عنصر دارای Z یکسان اما A متفاوت هستند. خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است؛ از این رو اتم‌های منیزیم همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند و در جدول دوره ای عناصر تنها یک مکان را اشغال می‌کنند؛ این در حالی است که همین ایزوتوپ‌ها در برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم، مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

۱- داده‌های جدول زیر را به دقت بررسی کنید؛ سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

نماد ایزوتوپ	$^1_1\text{H}$	$^2_1\text{H}$	$^3_1\text{H}$	$^4_1\text{H}$	$^5_1\text{H}$	$^6_1\text{H}$	$^7_1\text{H}$
ویژگی ایزوتوپ							
نیم عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$1.4 \times 10^{-22}$ ثانیه	$9.1 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2.9 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2.3 \times 10^{-23}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)

ایزوتوپ کربن  $^{14}\text{C}$  خاصیت پرتوزایی دارد و با استفاده از آن سن اشیای قدیمی و عتیقه‌ها را تخمین می‌زنند؛ برای نمونه پژوهشگران می‌پنداشتند که کشور مصر مهد صنعت فرش‌بافی بوده است؛ اما با پیدا شدن فرشی به نام پازیریک (Pazyryk) در کوه‌های سبیری و تعیین قدمت آن با استفاده از  $^{14}\text{C}$  مشخص شد که این فرش به ۲۵۰۰ سال پیش تعلق دارد و مهد آن ایران بوده است.



آ) چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی میان این ایزوتوپ‌ها وجود دارد؟

ب) یک نمونه طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از چند ایزوتوپ است؟

پ) نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. کدام ایزوتوپ

هیدروژن از همه ناپایدارتر است؟

ت) هسته ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. این

ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرنرژی، مقدار زیادی انرژی

نیز آزاد می‌کنند. انتظار دارید چند ایزوتوپ هیدروژن پرتوزا باشد؟

ث) اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آنها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد،

ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند. چند ایزوتوپ هیدروژن دارای این ویژگی است؟

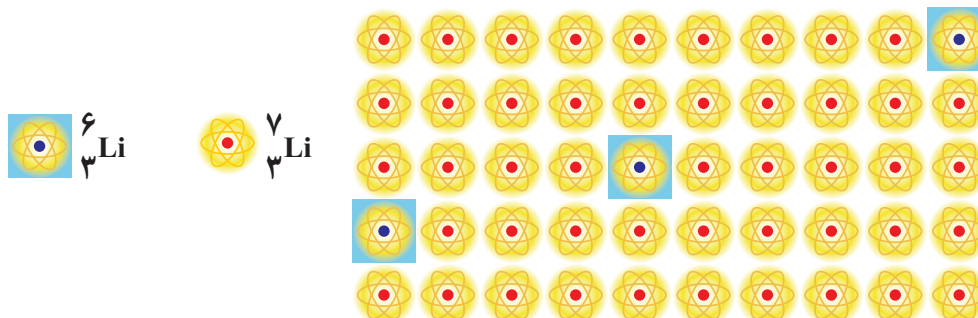
ج) اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های

هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟

چ) درصد فراوانی هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهنده چیست؟ توضیح دهید.

۲- شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با

توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.





## تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

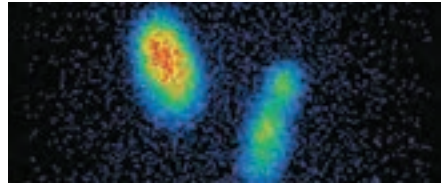
از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. شیمی‌دان‌ها همواره با یافتن کاربردهای منحصر به فرد هر عنصر، انگیزه کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم ( $^{99}\text{Tc}$ ) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه\* (راکتور) هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد (شکل ۴).



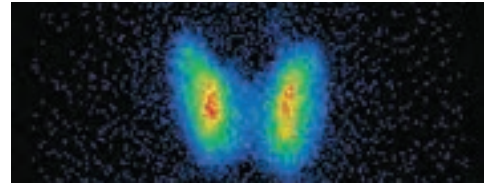
● نمونه‌ای از یک مولد رادیوایزوتوپ مس



(ا)



(پ)



(ب)

شکل ۴- (آ) غده پروانه‌ای شکل تیروئید در بدن انسان (ب) تصویر غده تیروئید سالم

(پ) تصویر غده تیروئید ناسالم

● از تکنسیم ( $^{99}\text{Tc}$ ) برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود زیرا یون یدید با یونی که حاوی  $^{99}\text{Tc}$  است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

همه  $^{99}\text{Tc}$  موجود در جهان باید به‌طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. از آنجا که زمان ماندگاری آن کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد، بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می‌کنند.

## ما می‌توانیم

رادیوایزوتوپ‌ها اگرچه بسیار خطرناک هستند، اما پیشرفت دانش و فناوری، بشر را موفق به مهار و بهره‌گیری از آنها کرده است، به طوری که از آنها در پزشکی، کشاورزی و سوخت در نیروگاه‌های اتمی استفاده می‌شود. اورانیم شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود (شکل ۵).



شکل ۵- یکی از کاربردهای مواد پرتوزا، استفاده از آنها در تولید انرژی الکتریکی است.

● کیمیاگری (تبدیل عنصرهای دیگر به طلا) آرزوی دیرینه بشر بوده است. با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، انسان می‌تواند طلا تولید کند اما هزینه تولید آن به اندازه‌ای زیاد است که صرفه اقتصادی ندارد.

این ایزوتوپ،  $^{235}\text{U}$  بوده که فراوانی آن در مخلوط طبیعی از ۷٪ درصد کمتر است. دانشمندان هسته‌ای ایران با تلاش بسیار موفق شدند مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش دهند. به این فرایند، غنی‌سازی ایزوتوپی گفته می‌شود. فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است. با این کامیابی ستودنی، نام ایران در فهرست ده‌گانه کشورهای هسته‌ای جهان ثبت شد. با گسترش این صنعت می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور را تأمین نمود (شکل ۶).



شکل ۶- برخی رادیو ایزوتوپ‌های تولید شده در ایران

● اتم  $^{59}\text{Fe}$  یک رادیو ایزوتوپ است که برای تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود زیرا یون‌های آن در ساختار هموگلوبین وجود دارند.



پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ از این رو دفع آنها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

● به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان دار می گویند.



● دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد. از این رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می شوند، سیگاری هستند.

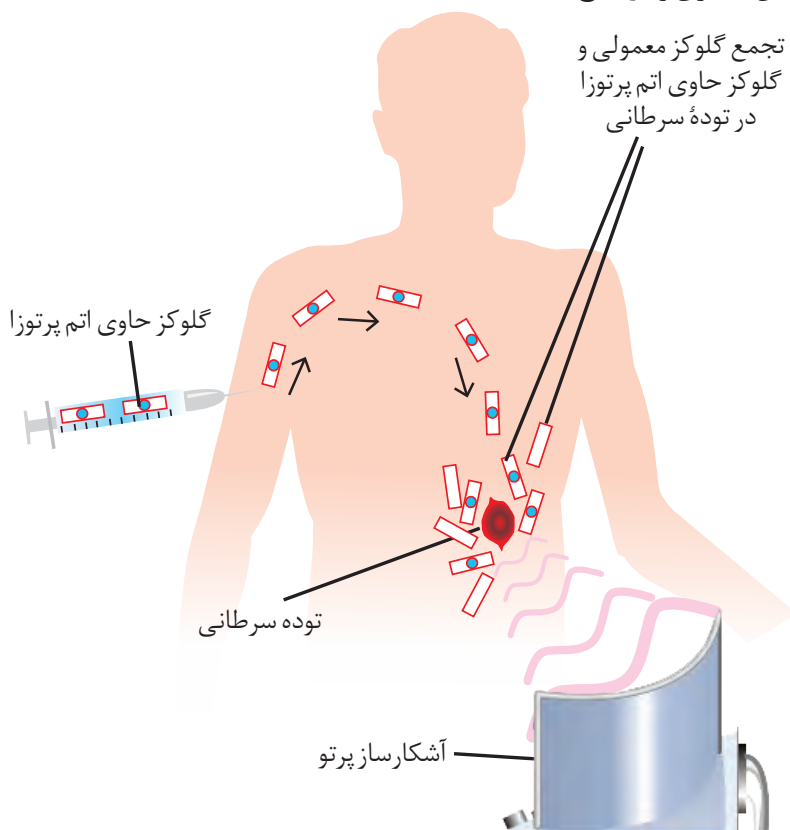
## آیا می دانید

پژوهش ها نشان می دهد که مقادیر بسیار کمی از مواد پرتوزا در همه جا یافت می شود.

البته میزان پرتوهای تابش شده بسیار اندک است و به طور معمول بر سلامت ما اثری نمی گذارد. یکی از فراوان ترین مواد پرتوزا که در زندگی ما یافت می شود، گاز رادون است. رادون، گازی بی رنگ، بی بو، بی مزه و سنگین ترین گاز نجیب موجود در طبیعت است. این گاز پیوسته در لایه های زیرین زمین در واکنش های هسته ای تولید می شود و به دلیل دما و فشار زیاد در آن لایه ها به منافذ و ترک های موجود در سنگ های سازنده پوسته زمین نفوذ می کند.

## با هم ببیندیشیم

توده های سرطانی، یاخته هایی هستند که رشد غیرعادی و سریع دارند. شکل زیر اساس استفاده از رادیوایزوتوپ ها را برای تشخیص توده سرطانی نشان می دهد. با بررسی آن، فرایند تشخیص بیماری را توضیح دهید.



## طبقه بندی عناصرها

طبقه بندی کردن یکی از مهارت های پایه در یادگیری مفاهیم علمی است که بررسی و تحلیل را آسان تر می کند. در واقع با استفاده از طبقه بندی، یافته ها و داده ها را به شیوه مناسبی سازماندهی می کنند تا بتوان سریع تر و آسان تر به اطلاعات دسترسی یافت. در علوم سال نهم با اساس طبقه بندی عناصرها، مواد و جانداران آشنا شدید. شیمی دان ها نیز ۱۱۸ عنصر شناخته شده را براساس یک معیار و ملاک در جدولی با چیدمانی ویژه کنار هم قرار داده اند (شکل ۷). این جدول به آنها کمک می کند تا اطلاعات ارزشمندی از ویژگی های عناصرها را به دست آورند و براساس آن، رفتار عناصرهای گوناگون را پیش بینی کنند.

# جدول دوره‌ای عناصرها

			۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
			۵ B بور ۱۰,۸۰	۶ C کربن ۱۲,۰۱	۷ N نیتروژن ۱۴,۰۱	۸ O اکسیژن ۱۶,۰۰	۹ F فلوئور ۱۹,۰۰	۱۰ Ne نئون ۲۰,۱۸
			۱۳ Al آلومینیم ۲۶,۹۸	۱۴ Si سیلیسیم ۲۸,۰۹	۱۵ P فسفر ۳۰,۹۷	۱۶ S گوگرد ۳۲,۰۷	۱۷ Cl کلر ۳۵,۴۵	۱۸ Ar آرگون ۳۹,۹۵
۱۰	۱۱	۱۲	۳۱ Ga گالیم ۶۹,۷۲	۳۲ Ge ژرمانیم ۷۲,۶۴	۳۳ As آرسینک ۷۴,۹۲	۳۴ Se سلنیم ۷۸,۹۶	۳۵ Br برم ۷۹,۹۰	۳۶ Kr کریپتون ۸۳,۸۰
۲۸ Ni نیکل ۵۸,۶۹	۲۹ Cu مس ۶۳,۵۵	۳۰ Zn روی ۶۵,۳۹	۴۹ In ایندیم ۱۱۴,۸۰	۵۰ Sn قلع ۱۱۸,۷۰	۵۱ Sb آنتیموان ۱۲۱,۸۰	۵۲ Te تلوریم ۱۲۷,۶۰	۵۳ I ید ۱۲۶,۹۰	۵۴ Xe زنون ۱۳۱,۳۰
۷۸ Pt پلاتین ۱۹۵,۱	۷۹ Au طلا ۱۹۷,۰۰	۸۰ Hg جیوه ۲۰۰,۶۰	۸۱ Tl تالیم ۲۰۴,۳۰	۸۲ Pb سرب ۲۰۷,۲۰	۸۳ Bi بیسموت ۲۰۹,۰۰	۸۴ Po پولونیم [۲۰۹]	۸۵ At استاتین [۲۱۰]	۸۶ Rn رادون [۲۲۲]
۱۱۰ Ds دارمشتاتیم [۲۸۱]	۱۱۱ Rg روننگیم [۲۸۰]	۱۱۲ Cn کوپسیم [۲۷۷]	۱۱۳ Nh نیهونیم [۲۸۴]	۱۱۴ Fl فلرویم [۲۸۹]	۱۱۵ Mc مسکوویم [۲۸۸]	۱۱۶ Lv لایوموریم [۲۹۳]	۱۱۷ Ts تنسینه [۲۹۶]	۱۱۸ Og اوگانسون [۲۹۴]

۶۳ Eu اوروپیم ۱۵۲,۰۰	۶۴ Gd گادولینیم ۱۵۷,۳۰	۶۵ Tb تربیم ۱۵۸,۹۰	۶۶ Dy دیسپروزیم ۱۶۲,۵۰	۶۷ Ho هولیمیم ۱۶۴,۹۰	۶۸ Er اربیم ۱۶۷,۳۰	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸,۹۰	۷۰ Yb ایتربیم ۱۷۳,۰۰
۹۵ Am امرسیم [۲۴۳]	۹۶ Cm کوریم [۲۴۷]	۹۷ Bk برکلیم [۲۴۷]	۹۸ Cf کالیفرنیم [۲۵۱]	۹۹ Es اینشتینیم [۲۵۲]	۱۰۰ Fm فرمیم [۲۵۷]	۱۰۱ Md مندلیم [۲۵۸]	۱۰۲ No نوبلیم [۲۵۹]

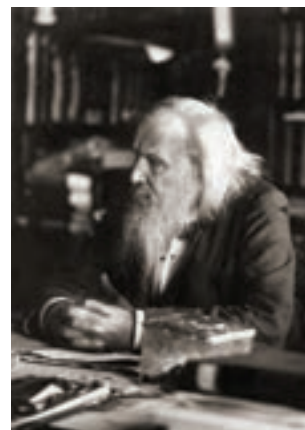
شکل ۷- جدول دوره‌ای عناصرها. در این جدول هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده است. در هر نماد، حرف اول نام لاتین عنصر به صورت بزرگ نوشته می‌شود؛ برای نمونه نماد سه عنصر آلومینیم، آرگون و طلا به ترتیب Al و Ar، Au است که همگی با حرف A آغاز می‌شود.

عدد اتمی — ۱  
 نام — هیدروژن  
 نماد شیمیایی — H  
 جرم اتمی میانگین — ۱/۰۰۸

۱	۱ H هیدروژن ۱,۰۰۸	۲							
۲	۳ Li لیتیم ۶,۹۴	۴ Be بریلیم ۹,۰۱							
۳	۱۱ Na سدیم ۲۲,۹۹	۱۲ Mg منیزیم ۲۴,۳۱							
۴	۱۹ K پتاسیم ۳۹,۱۰	۲۰ Ca کلسیم ۴۰,۰۸	۲۱ Sc اسکاندیم ۴۴,۹۶	۲۲ Ti تیتانیوم ۴۷,۸۷	۲۳ V وانادیم ۵۰,۹۴	۲۴ Cr کروم ۵۲,۰۰	۲۵ Mn منگنز ۵۴,۹۴	۲۶ Fe آهن ۵۵,۸۵	۲۷ Co کبالت ۵۸,۹۳
۵	۳۷ Rb روبیدیم ۸۵,۴۷	۳۸ Sr استرانسیم ۸۷,۶۲	۳۹ Y ایتریوم ۸۸,۹۱	۴۰ Zr زیرکونیم ۹۱,۲۲	۴۱ Nb نیوبیم ۹۲,۹۱	۴۲ Mo مولیبدن ۹۵,۹۴	۴۳ Tc تکنسیم -	۴۴ Ru روتنیم ۱۰۱,۱	۴۵ Rh رودیوم ۱۰۲,۹۰
۶	۵۵ Cs سزیم ۱۳۲,۹	۵۶ Ba باریم ۱۳۷,۳	۷۱ Lu لوتسیم ۱۷۵,۰۰	۷۲ Hf هافنیم ۱۷۸,۵	۷۳ Ta تانتالیم ۱۸۰,۹۰	۷۴ W تنگستن ۱۸۳,۸۰	۷۵ Re رنیم ۱۸۶,۲۰	۷۶ Os اسمیم ۱۹۰,۲۰	۷۷ Ir ایریدیوم ۱۹۲,۲۰
۷	۸۷ Fr فرانسیم [۲۲۳]	۸۸ Ra رادیوم [۲۲۶]	۱۰۳ Lr لاورانسیم [۲۶۲]	۱۰۴ Rf رادرفوردیم [۲۶۷]	۱۰۵ Db دابنیوم [۲۶۸]	۱۰۶ Sg سیبورگیم [۲۷۱]	۱۰۷ Bh بوریم [۲۷۲]	۱۰۸ Hs هاسیم [۲۷۷]	۱۰۹ Mt ماینتریوم [۲۷۶]

۵۷ La لانتانیم ۱۳۸,۹۰	۵۸ Ce سریوم ۱۴۰,۱۰	۵۹ Pr پراسئودیمیم ۱۴۰,۹۰	۶۰ Nd نئودیمیم ۱۴۴,۲۰	۶۱ Pm پرومتیم [۱۴۵]	۶۲ Sm ساماریوم ۱۵۰,۴۰
۸۹ Ac اکتینیم [۲۲۷]	۹۰ Th توریم ۲۳۲,۰۰	۹۱ Pa پروتاکتینیم ۲۳۱,۰۰	۹۲ U اورانیم ۲۳۸,۰۰	۹۳ Np نپتونیم [۲۳۷]	۹۴ Pu پولوتونیم [۲۴۴]

در جدول دوره‌ای (تناوبی) امروزی، عنصرها براساس افزایش عدد اتمی سازماندهی شده‌اند، به طوری که جدول دوره‌ای عنصرها از عنصر هیدروژن با عدد اتمی یک ( $Z=1$ ) آغاز و به عنصر شماره ۱۱۸ ختم می‌شود. این جدول، ۷ دوره و ۱۸ گروه دارد. هر ردیف افقی جدول، که نشان دهندهٔ چیدمان عنصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد؛ در حالی که هر ستون، شامل عنصرها با خواص شیمیایی مشابه است و گروه نامیده می‌شود. بدیهی است خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت است.

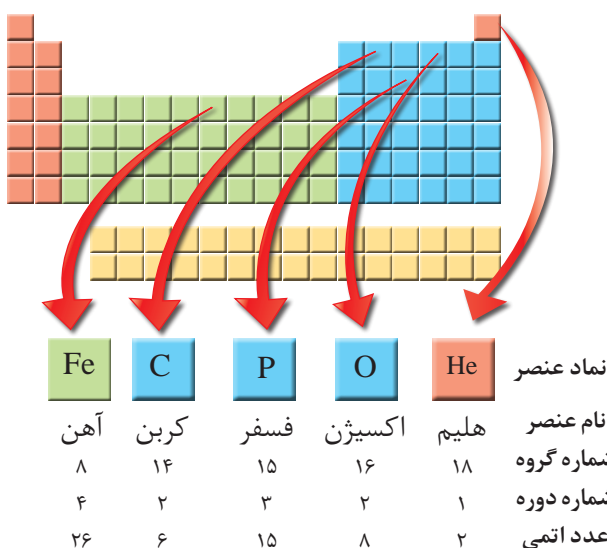


• بزرگ‌ترین پیشرفت در زمینهٔ دسته‌بندی عنصرها با کارهای مندلیف (۱۸۳۴-۱۹۰۷ میلادی) به دست آمد. مندلیف یک معلم شیمی اهل روسیه بود که به وجود روند تناوبی میان عنصرها مشابه با شیوه‌ای که امروز می‌شناسیم، پی‌برد.

هر خانه از جدول به یک عنصر معین تعلق دارد و حاوی برخی اطلاعات شیمیایی آن عنصر است. برای نمونه خانهٔ شمارهٔ هفت به عنصر نیتروژن تعلق دارد که اطلاعات آن به صورت زیر است:

عدد اتمی	۷
نماد شیمیایی	N
نام	نیتروژن
جرم اتمی میانگین	۱۴/۰۱

نمادها، داده‌های عددی و خلاصه‌نویسی‌ها در جدول دوره‌ای، اطلاعات مفیدی دربارهٔ عنصرها ارائه می‌کند. با استفاده از این نشانه‌ها و فراگیری مهارت استفاده از جدول می‌توان اطلاعاتی مانند شمارهٔ گروه، دوره، شمار ذره‌های زیراتمی و... را برای یک عنصر به دست آورد (شکل ۸).



• با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به طور مشابه تکرار می‌شود؛ از این رو چنین جدولی را جدول دوره‌ای (تناوبی) عنصرها نامیده‌اند.

شکل ۸- ارائهٔ اطلاعات برخی عنصرها با استفاده از جدول دوره‌ای و داده‌های آن

## در میان تارنماها

● آیا تاکنون به اطلاعات داده شده در بلیت قطار، هواپیما، اتوبوس یا تابلوی نمایش زمان حرکت آنها دقت کرده‌اید؟ در هر یک از آنها، برخی از نمادها، خلاصه‌نویسی‌ها، واژه‌های مخفف و مجموعه‌ای از شناسه‌ها به کار رفته است. اگر با این نشانه‌ها آشنا نباشید، برای یافتن اطلاعات مفید سردرگم خواهید شد.

با مراجعه به منابع علمی معتبر مانند وبگاه «انجمن شیمی ایران» و وبگاه «آیوپاک» دربارهٔ دسته‌بندی عنصرها به روش‌های دیگر، اطلاعاتی جمع‌آوری و نتایج خود را به کلاس گزارش کنید.

## خود را بیازمایید

۱- با استفاده از جدول دوره‌ای، موقعیت عنصرهای آلومینیم ( $_{13}\text{Al}$ )، کلسیم ( $_{20}\text{Ca}$ )، منگنز ( $_{25}\text{Mn}$ ) و سلنیم ( $_{34}\text{Se}$ ) را تعیین کنید.

۲- هلیوم ( $_{2}\text{He}$ )، عنصری است که تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارد. پیش‌بینی کنید کدام یک از عنصرهای زیر، رفتاری مشابه با آن دارد؟ چرا؟

آ)  $_{18}\text{Ar}$       ب)  $_{6}\text{C}$       پ)  $_{16}\text{S}$

۳- اتم فلئور ( $_{9}\text{F}$ ) در ترکیب با فلزها به یون فلئورید ( $\text{F}^-$ ) تبدیل می‌شود. اتم کدام یک از عنصرهای زیر، می‌تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون فلئورید تشکیل دهد؟ چرا؟

آ)  $_{37}\text{Rb}$       ب)  $_{35}\text{Br}$       پ)  $_{15}\text{P}$

۴- از اتم آلومینیم ( $_{13}\text{Al}$ )، یون پایدار  $\text{Al}^{3+}$  شناخته شده است. پیش‌بینی کنید اتم کدام یک از عنصرهای زیر می‌تواند به کاتیونی مشابه  $\text{Al}^{3+}$  در ترکیب‌ها تبدیل شود؟

آ)  $_{19}\text{K}$       ب)  $_{31}\text{Ga}$       پ)  $_{7}\text{N}$



● آیوپاک (IUPAC)، اتحادیهٔ بین‌المللی شیمی محض و کاربردی است که یکاها، نمادها، قراردادهای قواعد فرمول‌نویسی و نام‌گذاری و... را ارائه می‌کند. جدول دوره‌ای عنصرها نیز به تأیید آیوپاک رسیده است.

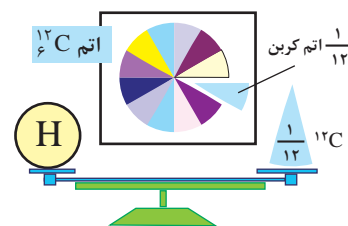
## جرم اتمی عنصرها

می‌دانید که جرم اجسام گوناگون را بسته به اندازه و نوع آنها با ترازوهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌کنند (شکل ۹).



شکل ۹- جرم یک کامیون را با باسکول و یکای تن، جرم هندوانه را با ترازوی معمولی و یکای کیلوگرم و جرم طلا را با ترازوهای دقیق تر و یکای گرم می‌سنجند.

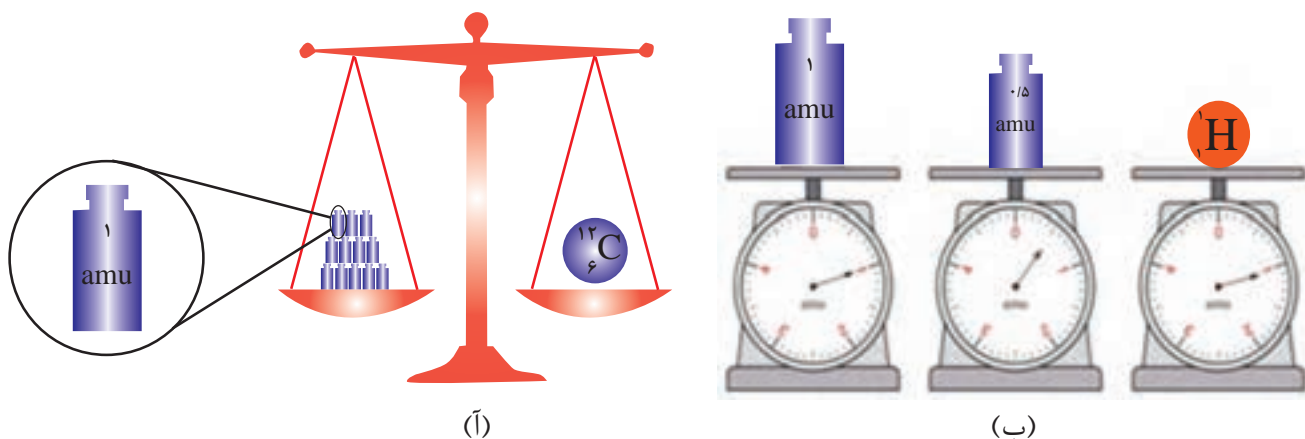
با این توصیف، ترازوهایی که برای اندازه‌گیری جرم مواد گوناگون به کار می‌رود، دقت اندازه‌گیری متفاوتی دارد؛ برای نمونه، دقت باسکول‌های تنی تا یک‌دهم تن و دقت ترازوی زرگری تا یک‌صدم گرم است. با استفاده از باسکول چند تنی نمی‌توان جرم یک هندوانه را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا جرم هندوانه از دقت اندازه‌گیری این ترازو کمتر است. آیا می‌توان جرم یک دانۀ برنج را با ترازوی معمولی اندازه‌گیری کرد؟



● الگویی دیگر برای نمایش amu

دانشمندان برای اینکه بتوانند خواص فیزیکی و شیمیایی هر ماده را در محیطی مانند بدن انسان، محیط‌زیست، محیط آزمایش و... بررسی و اثر آن را گزارش کنند، باید بدانند که چه جرمی از اتم‌ها یا مولکول‌های آن ماده وارد محیط شده است؛ از این‌رو آنها همواره در پی یافتن **سنجه‌ای مناسب** و در دسترس برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها بوده‌اند.

اتم‌ها بسیار ریزند به طوری که نمی‌توان آنها را به طور مستقیم مشاهده و جرم آنها را اندازه‌گیری کرد؛ به همین دلیل دانشمندان مقیاس جرم نسبی را برای تعیین جرم اتم‌ها به کار می‌برند. مطابق این مقیاس، جرم اتم‌ها را با وزنه‌ای می‌سنجند که جرم آن  $\frac{1}{12}$  جرم ایزوتوپ کربن-۱۲ است (شکل ۱۰). به این وزنه، **یکای جرم اتمی (amu)** می‌گویند.



**شکل ۱۰-۱ (آ)** اگر جرم یک ایزوتوپ کربن-۱۲ را برابر با عدد ۱۲ در نظر بگیریم، سپس این عدد را به ۱۲ بخش یکسان تقسیم کنیم، هر بخش را ۱ amu می‌نامند؛ به این ترتیب مقیاسی به دست می‌آید که به کمک آن می‌توان جرم همه اتم‌ها را اندازه‌گیری کرد. (ب) اگر در این ترازوی فرضی به جای ایزوتوپ کربن-۱۲، ایزوتوپ  $^1\text{H}$  قرار گیرد، جرم  $^1\text{H}$  به دست می‌آید.

با تعریف amu، شیمی‌دان‌ها موفق شدند جرم اتمی دیگر عناصرها و همچنین جرم ذره‌های زیراتمی را اندازه‌گیری کنند. در این مقیاس جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu بوده در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود  $\frac{1}{1836}$  amu است (جدول ۱).

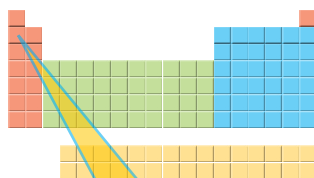


● الکترون، پروتون و نوترون را ذره‌های زیراتمی یا بنیادی می‌نامند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی

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

\* در این نماد، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کند.

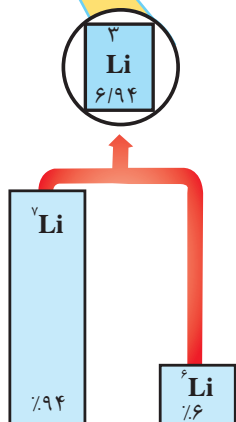


با این توصیف جرم اتم  ${}^7\text{Li}$  را می‌توان  $7\text{amu}$  در نظر گرفت. اکنون با مراجعه به جدول، جرم اتمی لیتیم را مشخص کنید. آیا تفاوتی مشاهده می‌کنید؟ به نظر شما علت این تفاوت چیست؟

### با هم بیندیشیم

۱- با توجه به شکل به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ جدول زیر را کامل کنید.



نماد ایزوتوپ	درصد فراوانی در طبیعت	عدد جرمی (A)	جرم اتمی میانگین

ب) جرم اتمی میانگین هر عنصر همان جرم نشان داده شده در جدول دوره‌ای عناصر است.

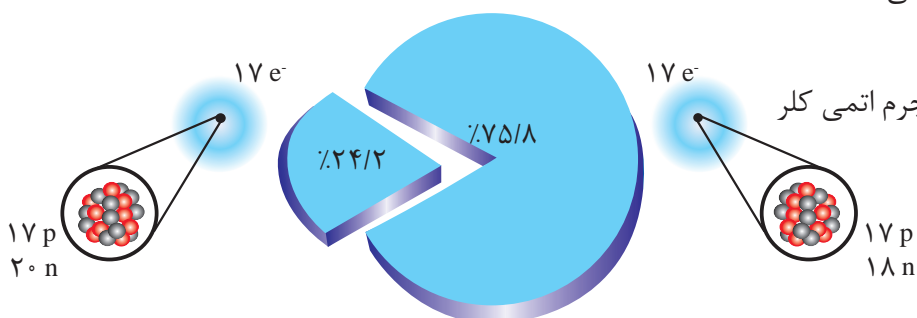
رابطه‌ای بین جرم اتمی میانگین، درصد فراوانی و جرم اتمی ایزوتوپ‌ها بنویسید.

۲- شکل روبه‌رو ایزوتوپ‌های کلر را نشان می‌دهد.

آ) جرم اتمی میانگین کلر را حساب کنید.

ب) جرم اتمی میانگین به دست آمده را با جرم اتمی کلر

در جدول دوره‌ای مقایسه کنید.



## شمارش ذره‌ها از روی جرم آنها

اگر بخواهید تعداد دانه‌های خاکشیر یا برنج موجود در یک نمونه کوچک از آنها را بشمارید، به نظر شما این تلاش چقدر وقت می‌گیرد؟ پس از شمارش دانه‌ها تا چه اندازه به نتیجه شمارش خود اطمینان دارید؟ برای اینکه بتوانید تعداد دانه‌های برنج یا خاکشیر در یک کیسه از این مواد را بشمارید (شکل ۱۱) چه راهکاری پیشنهاد می‌کنید؟



- اگر جرم هر مهره  $4/29$  گرم باشد، برآورد کنید در این ظرف چند مهره وجود دارد؟ (جرم ظرف برابر با  $45/03$  گرم است).



شکل ۱۱- شمارش تک‌تک دانه‌های خاکشیر، برنج و موادی که اندازه دانه‌های آنها بسیار ریز است، کاری دشوار، وقت‌گیر و اغلب انجام نشدنی است.

### با هم بیندیشیم

(آ) جدول زیر را کامل کنید.

جرم ۱ عدد (گرم)	جرم ۵۰ عدد (گرم)	جرم ۱۰۰۰ عدد (گرم)	ماده
.....	.....	۴۵۰۰	کاغذ آ
.....	.....	۵۶	عدس
.....	.....	۲۲	برنج
.....	.....	۲	خاکشیر



- برآورد کنید در یک کیسه  $40$  کیلویی برنج تقریباً چند دانه برنج وجود دارد؟

(ب) به نظر شما جرم یک عدد از کدام ماده را می‌توان با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری کرد؟ چرا؟  
 (پ) روشی برای اندازه‌گیری جرم یک دانه خاکشیر ارائه کنید.  
 (ت) آیا جرم هر یک از دانه‌های برنج موجود در نمونه با جرم به دست آمده در ستون چهارم جدول برابر است؟ توضیح دهید.

اتم‌ها به طور باور نکردنی ریز هستند به طوری که نمی‌توان با هیچ دستگاهی و شمارش تک تک آنها، شمار آنها را به دست آورد؛ اما دریافتید که از روی جرم مواد می‌توان شمار ذره‌های سازنده را شمارش کرد. اینک حدس بزنید که چگونه می‌توان شمار اتم‌های موجود در یک نمونه عنصر را شمارش کرد؟

## پیوند با ریاضی

### آیا می‌دانید

برخی فضاپیماها با خود طیف‌سنج جرمی حمل می‌کنند و از آن برای شناسایی عنصرها در نقاط گوناگون فضا بهره می‌گیرند.

۱- دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام **طیف‌سنج جرمی**، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کنند. اگر بدانید که جرم یک اتم هیدروژن برابر با  $1.66 \times 10^{-24} \text{ g} = 1 \text{ amu}$  است، حساب کنید در نمونه یک گرمی از عنصر هیدروژن، چند اتم هیدروژن وجود دارد؟

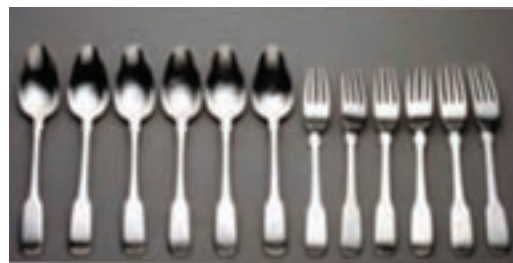
۲- به عدد به دست آمده در پرسش ۱، **عدد آووگادرو** می‌گویند و آن را با  $N_A$  نشان می‌دهند. اکنون مشخص کنید اگر به تعداد  $N_A$  اتم هیدروژن در یک نمونه موجود باشد، جرم آن چند گرم است؟

### آیا می‌دانید

هر قرص مداد، ۱۴۴ عدد مداد است.



در زندگی روزانه نیز برای بیان شمارش از یکاهای گوناگونی استفاده می‌شود (شکل ۱۲).



### آیا می‌دانید

هر کهکشان در جهان هستی در حدود  $400$  میلیارد ستاره در خود دارد! همچنین تعداد کهکشان‌های جهان هستی حدود  $130$  میلیارد برآورد می‌شود، در این صورت در جهان هستی حدود  $8\%$  مول ستاره وجود دارد (چرا؟).

**شکل ۱۲-** استفاده از شانه، دست و قُراض به ترتیب برای شمارش تخم مرغ، فاشق و چنگال و مداد، محاسبه را آسان‌تر می‌کند.

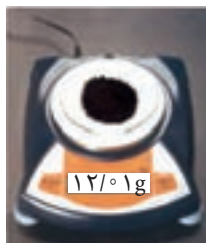
نقش  $N_A$  در شیمی مانند نقش شانه در شمارش تعداد تخم مرغ‌هاست با این تفاوت چشمگیر که عدد آووگادرو، عدد بسیار بزرگی است. شیمی‌دان‌ها به  $6.02 \times 10^{23}$  از هر

ذره، یک مول از آن ذره می‌گویند به طوری که جرم یک مول ذره بر حسب گرم، جرم مولی آن نامیده می‌شود (شکل ۱۳).



$$= 6.02 \times 10^{23} \text{ atom Fe}$$

$$1 \text{ mol Fe} = 55.85 \text{ g Fe}$$



$$= 6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}$$

$$1 \text{ mol C} = 12.01 \text{ g C}$$

شکل ۱۳- جرم و شمار اتم‌های یک مول آهن و کربن

با استفاده از هم‌ارزی میان کمیت‌ها می‌توان آنها را به یکدیگر تبدیل کرد به طوری که برای هر هم‌ارزی می‌توان دو عامل (کسر) تبدیل نوشت. در این عامل‌ها، صورت و مخرج هر یک شامل عددی همراه با یکا است؛ برای نمونه از هم‌ارزی  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$  می‌توان این دو عامل

$$\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}$$

و

$$\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$

تبدیل را نوشت:

از این عامل‌ها می‌توان در تبدیل متر به سانتی‌متر و برعکس استفاده کرد؛ برای نمونه به

تبدیل  $15^\circ \text{C}$  متر به سانتی‌متر توجه کنید:

$$? \text{ cm} = 15^\circ \text{C} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 1500 \text{ cm}$$

به همین ترتیب برای  $1 \text{ mol C} = 12.01 \text{ g C}$ ، می‌توان دو عامل تبدیل به صورت زیر

نوشت:

$$\frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}}$$

و

$$\frac{12.01 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}}$$

بنابراین برای تبدیل جرم  $6^\circ \text{C}$  گرم کربن به مول‌های آن می‌توان نوشت:

$$? \text{ mol C} = 6^\circ \text{C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}} \approx 0.5 \text{ mol C}$$

گرم، رایج‌ترین یکای اندازه‌گیری جرم در آزمایشگاه شناخته می‌شود؛ این در حالی است که یکای جرم اتمی، یکای بسیار کوچکی برای جرم به شمار می‌آید و کار با آن در آزمایشگاه در عمل ناممکن است.



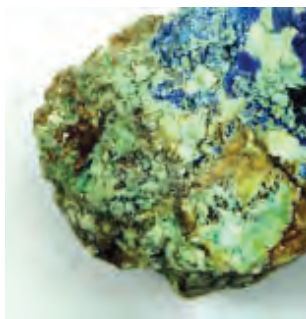
• آمدئو آووگادرو (۱۸۵۶-۱۷۷۶ میلادی)

شیمی‌دان پرآوازه ایتالیایی که به افتخار او شمار ذره‌های موجود در یک مول ماده، عدد آووگادرو نام‌گذاری شده است.



• اگر  $6.02 \times 10^{23}$  دانه برف در سطح ایران ببارد، لایه‌ای از برف به ارتفاع قله دنا ( $4500 \text{ m}$ ) = همه کشور را می‌پوشاند.

فلز مس گاهی در طبیعت به حالت آزاد یافت می شود. این عنصر اغلب به شکل ترکیب های گوناگون وجود دارد. حدود هفت هزار سال پیش، انسان توانست با گرم کردن سنگ معدن مس همراه با زغال سنگ، فلز مس را به صورت مذاب استخراج کند.



۱- با استفاده از  $1 \text{ mol Al} = 27 \text{ g Al}$  و  $1 \text{ mol S} = 32 \text{ g S}$  و عامل های تبدیل مناسب حساب

کنید:

(آ) ۵ مول آلومینیم چند گرم جرم دارد؟

(ب) ۸٪ گرم گوگرد چند مول گوگرد است؟

۲- دانش آموزی برای تعیین تعداد اتم های موجود در  $1/2$  مول فلز روی، محاسبه زیر را به درستی انجام داده است. هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

$$? \text{ atom Zn} = \frac{1}{2} \text{ mol Zn} \times \frac{\dots \text{ atom Zn}}{\dots \text{ mol Zn}} = 1/2 \times 1 \times 10^{23} \text{ atom Zn}$$

۳- حساب کنید  $10^2 \times 1/3 \times 9$  اتم مس، چند مول و چند گرم مس است؟

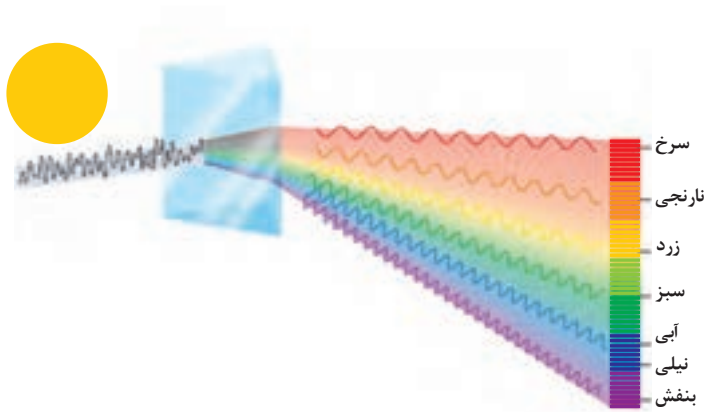
## نور، کلید شناخت جهان

آیا تاکنون با خود اندیشیده اید، چگونه می توان به اجزای سازنده خورشید و ستاره ها پی برد؟ چگونه می توان دمای خورشید را اندازه گیری کرد؟ آیا با دماسنج های معمولی می توان دمای خورشید را اندازه گیری کرد؟

به دلیل اینکه خورشید و دیگر اجرام آسمانی از ما بسیار دور هستند، ویژگی های آنها را نمی توان به طور مستقیم اندازه گیری کرد. همچنین دمای اجسام بسیار داغ را نمی توان با ابزاری مانند دماسنج تعیین کرد؛ زیرا دماسنج در این دماها ذوب می شود؛ با این توصیف چگونه می توان دمای خورشید، اجزای سازنده آن و دمای شعله های بسیار داغ را تعیین کرد و اطلاعات ارزشمندی از آنها به دست آورد؟

نور، امکان یافتن پاسخ این پرسش ها را فراهم می آورد. نوری که از ستاره یا سیاره ای به ما می رسد، نشان می دهد که آن ستاره یا سیاره از چه ساخته شده و دمای آن چقدر است؟ دانشمندان با دستگاهی به نام طیف سنج می توانند از پرتوهای گسیل شده از مواد گوناگون، اطلاعات ارزشمندی درباره آنها به دست آورند. اینکه نور چیست؟ چگونه تولید می شود؟ حامل چه اطلاعاتی است؟ پرسش های مهمی است که در ادامه، پاسخ آنها را خواهید یافت. نور خورشید، اگرچه سفید به نظر می رسد اما با عبور از قطره های آب موجود در هوا، که پس از بارش هنوز در هوا پراکنده است، تجزیه می شود و گستره ای پیوسته از رنگ ها را ایجاد می کند. این گستره رنگی، شامل بی نهایت طول موج از رنگ های گوناگون است (شکل ۱۴).

● نور کلیدی است که با استفاده از آن می توان رازهای آفرینش را رمزگشایی کرد و شاید بتوان گفت که نور، کلید قفل صندوقچه رازهای جهان است.



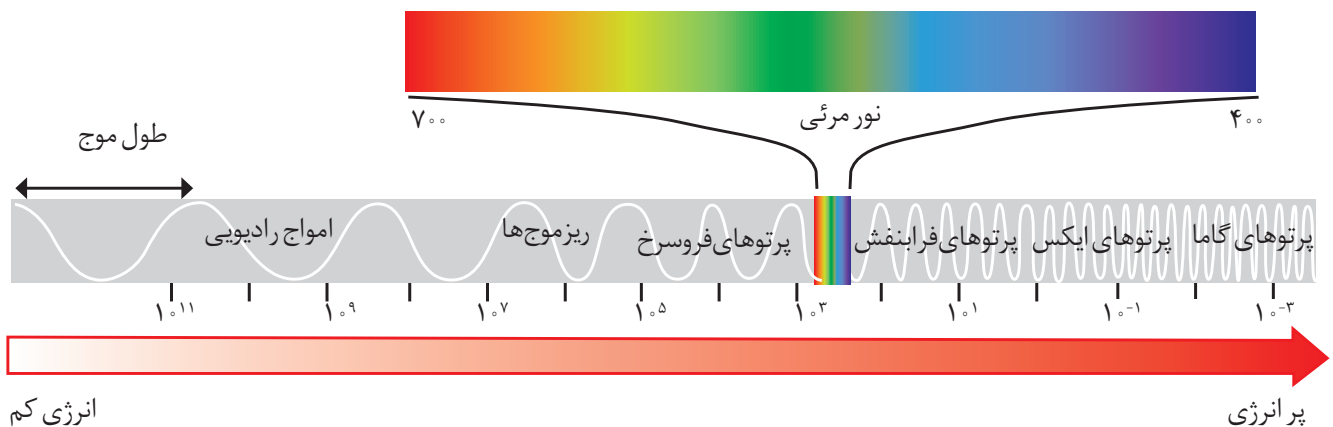
(آ)



(ب)

شکل ۱۴- آ) نور خورشید هنگام عبور از منشور تجزیه می‌شود. ب) رنگین کمان، گستره‌ای از رنگ‌های سرخ تا بنفش را در برمی‌گیرد.

چشم ما تنها می‌تواند گستره محدودی از نور را ببیند. به این گستره، که رنگ‌های سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش را در برمی‌گیرد، **گستره مرئی** می‌گویند (شکل ۱۵). بررسی‌ها نشان می‌دهد که نور خورشید شامل گستره بسیار بزرگ‌تری از این پرتوهاست. پرتوهایی که از نوع پرتوهای الکترومغناطیسی است و با خود انرژی حمل می‌کند به طوری که هر چه طول موج آن کوتاه‌تر باشد، انرژی بیشتری با خود حمل می‌کند؛ برای نمونه انرژی نور آبی از نور سرخ بیشتر است (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نور مرئی تنها بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی است. یکی از ویژگی‌های موج، **طول موج** است که آن را با  $\lambda$  نشان می‌دهند. با توجه به شکل آن را تعریف کنید.

## خود را بیازمایید

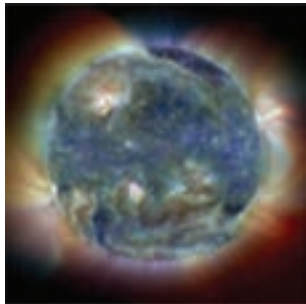
مشاهده کردید که پرتوهای گوناگون، طول موج‌های متفاوتی دارند. با توجه به این موضوع به نظر شما هریک از دماهای داده شده به کدام شکل مربوط است؟ چرا؟

آ)  $175^{\circ}\text{C}$       ب)  $275^{\circ}\text{C}$       پ)  $800^{\circ}\text{C}$



## آیا می‌دانید

در صورت فلکی شکارچی (Orion)، ستارهٔ سمت چپ و بالا به رنگ سرخ و دمای سطح آن کمتر از دمای سطح خورشید است، اما ستارهٔ سمت راست و پایین به رنگ آبی و دمای سطح آن از دمای سطح خورشید بیشتر است.



تصویری از خورشید که با استفاده از دوربین‌های حساس به پرتوهای فرابنفش گرفته شده است.

## آیا می‌دانید

امروزه برای اندازه‌گیری دمای اجسام داغ می‌توان از دماسنج‌هایی استفاده کرد که بدون تماس با جسم، دمای آن را مشخص می‌کند. یکی از این دماسنج‌ها، **دماسنج فرورسرخ** نام دارد. این دماسنج با جذب پرتوهای فرورسرخ نشر شده از جسم داغ، دمای آنها را نشان می‌دهد.



## کاووش کنید

دربارهٔ اینکه «آیا دیگر پرتوهای الکترومغناطیس را می‌توان مشاهده کرد؟» مراحل زیر را انجام دهید:

۱- یک کنترل تلویزیون را که باتری آن سالم است، بردارید و از یکی از دوستان خود بخواهید که کلید روشن و خاموش آن را فشار دهد. شما هم به چشمی کنترل نگاه کنید. چه چیزی مشاهده می‌کنید؟

۲- قسمت ۱ را تکرار کنید؛ اما این بار با دوربین یک موبایل به چشمی کنترل نگاه کنید. چه مشاهده می‌کنید؟ آن را توصیف کنید.



۳- آزمایش را با فشردن دیگر دکمه‌ها تکرار و مشاهده‌های خود را یادداشت نمایید. چه تفاوتی مشاهده می‌کنید؟ توضیح دهید.

۴- از این مشاهده‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

## نشر نور و طیف نشری

آتش‌بازی با مواد شیمیایی، نورهای رنگی زیبا، چشم‌نواز و شادی بخشی در آسمان ایجاد می‌کند که از آن در جشن‌های ملی و رویدادهای جهانی مانند بازی‌های المپیک استفاده می‌شود (شکل ۱۶).



• نور زرد لامپ‌هایی که شب‌هنگام، آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازد، به دلیل وجود بخار سدیم در آنهاست.

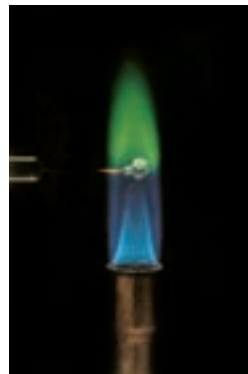


• از لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ فام استفاده می‌شود.



شکل ۱۶- هر یک از این جرقه‌های زیبا، ناشی از وجود یک ماده شیمیایی معین در مواد آتش‌زاست. کدام جزء از یک ترکیب شیمیایی، این رنگ‌ها را ایجاد می‌کند؟ تجربه نشان می‌دهد که بسیاری از نمک‌ها شعله رنگی دارند، به طوری که اگر مقداری از محلول نمک را با افشانه روی شعله بپاشیم، رنگ شعله تغییر می‌کند؛ برای نمونه رنگ شعله فلز سدیم و ترکیب‌های گوناگون آن مشابه و زردرنگ، در حالی که رنگ شعله فلز مس و ترکیب‌های گوناگون آن مشابه و سبزرنگ است (جدول ۲).

جدول ۲- رنگ شعله برخی فلزها و نمک‌های آنها



• شعله ترکیب‌های سدیم، لیتیم و مس هر یک رنگ منحصر به فردی دارد و رنگ نشر شده از هر یک، فقط باریکه بسیار کوتاهی از گستره طیف مرئی را دربرمی‌گیرد.

سرخ	زرد	سبز
لیتیم نیترات	سدیم نیترات	مس (II) نیترات
لیتیم کلرید	سدیم کلرید	مس (II) کلرید
لیتیم سولفات	سدیم سولفات	مس (II) سولفات
فلز لیتیم	فلز سدیم	فلز مس



● کاربرد طیف‌های نشری خطی از برخی جنبه‌ها مانند کاربرد خط **نماد (بارکد)** روی جعبه یا بسته مواد غذایی و بسیاری کالاهاست. هر نوع کالا، خط نماد ویژه خود را دارد. با خواندن آن به وسیله دستگاه لیزری ویژه‌ای که به رایانه متصل است، نوع و قیمت کالا به سرعت روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود.



مطابق جدول، رنگ شعله فلز لیتیم و همه ترکیب‌های آن به رنگ سرخ است؛ از این رو می‌توان نتیجه گرفت که رنگ سرخ ایجاد شده در یک شعله می‌تواند، نشان دهنده وجود عنصر لیتیم در آن باشد. در واقع از روی تغییر رنگ شعله می‌توان به وجود عنصر فلزی در آن پی برد.

شیمی دان‌ها به فرایندی که در آن یک ماده شیمیایی با جذب انرژی از خود، پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد، **نشر** می‌گویند. اگر نور نشر شده از یک ترکیب لیتیم‌دار در شعله را از یک منشور عبور دهیم، الگویی مانند شکل زیر به دست می‌آید که به آن **طیف نشری خطی لیتیم** می‌گویند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- طیف نشری خطی لیتیم

از آنجا که طیف نشری خطی لیتیم در گستره مرئی، تنها شامل چهار خط یا طول موج رنگی است به آن طیف خطی می‌گویند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر فلز، طیف نشری خطی ویژه خود را دارد و مانند اثر انگشت ما، می‌توان از آن طیف برای شناسایی فلز استفاده کرد.

## آیا می‌دانید

در سال ۱۸۶۸ میلادی ستاره‌شناسان در بررسی طیف نشری، هنگام خورشیدگرفتگی متوجه یک سری خطوط نشری شدند که با هیچ عنصر تا آن زمان همخوانی نداشت. این خطوط کشف عنصر جدیدی را نوید می‌داد. عنصری که **هلیوم** نام گرفت (واژه یونانی هلیوس به معنای خورشید است). در سال ۱۸۹۴ میلادی، ویلیام رامسی شیمی‌دان اسکاتلندی پس از جداسازی  $N_2$  و  $O_2$  از هوا توانست از باقیمانده هوا، آرگون را به عنوان نخستین گاز نجیب کشف کند. یک سال بعد رامسی گاز واکنش‌ناپذیری را درون نمونه‌های معدنی اورانیم‌دار یافت که همان خطوط طیفی را نشان می‌داد که در خورشیدگرفتگی سال ۱۸۶۸ مشاهده شده بود. به این ترتیب هلیوم نیز در زمین کشف شد و ویژگی‌های آن مورد مطالعه قرار گرفت.

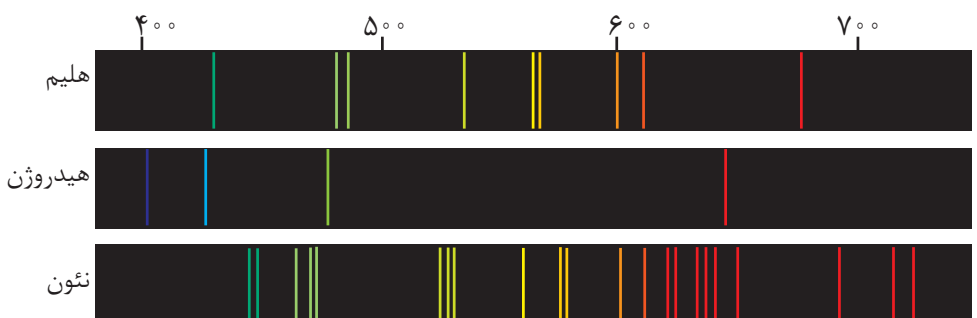
## خود را بیازمایید

طیف نشری خطی زیر از یک عنصر تهیه شده است.



با بررسی طیف‌های نشان داده شده در زیر مشخص کنید که طیف نشری بالا به کدام عنصر

تعلق دارد؟ چرا؟

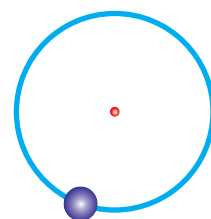


## آیا می دانید

• نیلز بور (۱۹۶۲-۱۸۸۵ میلادی) فیزیک‌دان دانمارکی در سال ۱۹۲۲ جایزه نوبل در فیزیک را از آن خود کرد.



وی با در نظر گرفتن اینکه الکترون در اتم هیدروژن انرژی معینی دارد، مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. وی موفق شد با این مدل، طیف نشری هیدروژن را به خوبی توضیح دهد. مدل اتمی وی اگرچه عمر زیادی نداشت ولی گام بسیار مهمی برای بهبود نگرش دانشمندان نسبت به ساختار اتم بود.

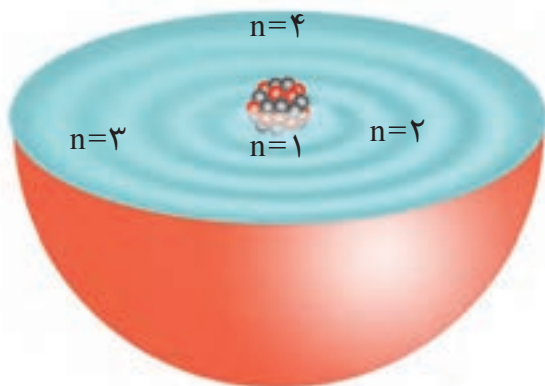


اتم هیدروژن

## کشف ساختار اتم

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

دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عناصر و نیز چگونگی نشر نور از اتم‌ها، ساختاری لایه‌ای برای اتم ارائه کردند (شکل ۱۸). در این مدل، اتم را کره‌ای در نظر می‌گیرند که هسته در فضایی بسیار کوچک و در مرکز آن جای دارد و الکترون‌ها در فضایی بسیار بزرگ‌تر و در لایه‌هایی پیرامون هسته توزیع می‌شوند. این لایه‌ها را از هسته به سمت بیرون شماره‌گذاری می‌کنند و شماره هر لایه را با  $n$  نمایش می‌دهند.  $n$ ، عدد کوانتومی اصلی نامیده می‌شود که برای لایه اول  $n=1$ ، برای لایه دوم  $n=2$ ، ... و برای لایه هفتم  $n=7$  است.



شکل ۱۸- ساختار لایه‌ای اتم

در ساختار لایه‌ای اتم، مطابق شکل ۱۸، هر بخش پرنگ، مهم‌ترین بخش از یک لایه الکترونی را نشان می‌دهد. بخشی که الکترون‌های آن لایه، بیشتر وقت خود را در آن فاصله از هسته سپری می‌کنند به این معنا که الکترون در هر لایه‌ای که باشد در همه نقاط پیرامون هسته حضور می‌یابد اما در محدوده یاد شده احتمال حضور بیشتری دارد.

نکته مهم و جالب توجه در این مدل، **کوانتومی بودن دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون** از یک لایه به لایه دیگر است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند. برای درک بهتر مفهوم کوانتومی بودن انرژی، تصور کنید برای رسیدن به بالای یک بلندی دو راه وجود دارد، (شکل ۱۹).



● خرمن گندم از دور به صورت توده‌ای یکپارچه، زرد رنگ و زیباست؛ اما دیدن آن از نزدیک دانه‌های جدا از هم را نشان می‌دهد. پیوستگی توده ماده در نگاه ماکروسکوپی و کوانتومی بودن آن در نگاه میکروسکوپی در این مثال روشن است. انرژی نیز همانند ماده در نگاه ماکروسکوپی، پیوسته اما در نگاه میکروسکوپی، گسسته یا کوانتومی است.



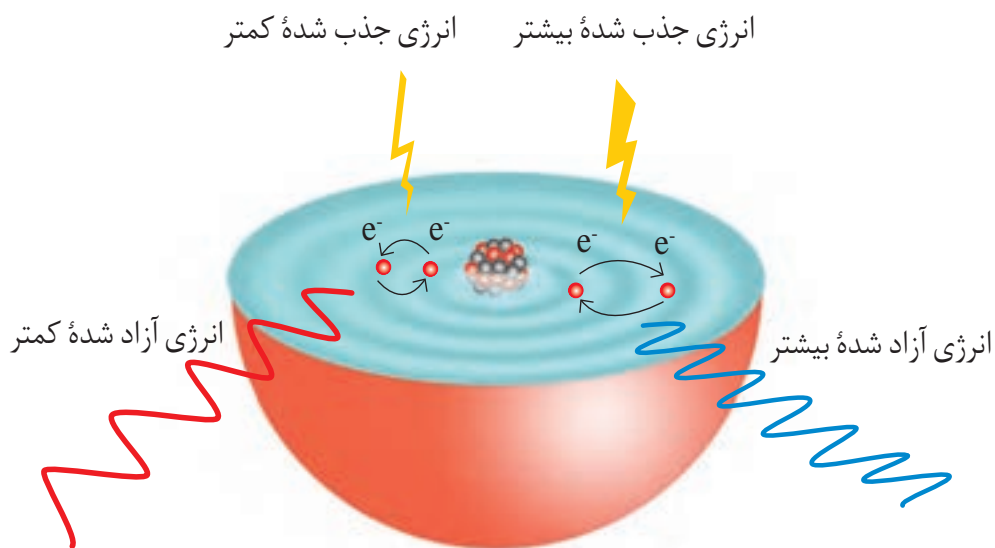
(آ)

(ب)

شکل ۱۹- مقایسه مصرف انرژی به صورت (آ) کوانتومی و (ب) پیوسته

در راه اول می‌توان از پلکان بالا رفت. بدیهی است که برای بالا رفتن از پلکان، باید پا روی هر پله گذاشت و با صرف انرژی از یک پله به پله بالایی رفت. توجه کنید که هرگز نمی‌توان جایی میان دو پله ایستاد. همچنین برای بالا رفتن از هر پله باید انرژی **معین و کافی** صرف کرد تا بدن را از آن پله به پله بعدی بالا بکشد؛ زیرا اگر انرژی به کار رفته کمتر از این مقدار انرژی باشد، دیگر نمی‌توان به پله بالاتر رسید (شکل ۱۹-آ). در راه دوم برای رسیدن به بالای این سربالایی، باید از یک مسیر هموار بالا رفت. در این راه، دیگر مشکل راه اول وجود ندارد، زیرا در هر لحظه و به هر اندازه می‌توان بالا رفت؛ هر جایی که ممکن است، ایستاد و به هر مقدار دلخواهی انرژی صرف کرد (شکل ۱۹-ب)؛ با این توصیف در میان این دو راه، هنگام بالا رفتن از پلکان محدودیت آشکاری وجود دارد.

الکترون‌ها در اتم نیز برای گرفتن یا از دست دادن انرژی هنگام انتقال بین لایه‌ها با محدودیت مشابهی همانند بالا رفتن از پلکان روبه‌رو هستند؛ برای نمونه، هنگامی که به اتم‌های گازی یک عنصر با تابش نور یا گرم کردن، انرژی داده می‌شود، الکترون‌ها با جذب انرژی معین از لایه‌ای به لایه بالاتر انتقال می‌یابند. از سوی دیگر هر چه مقدار انرژی جذب شده بیشتر باشد، الکترون‌ها به لایه‌های بالاتری انتقال می‌یابند (شکل ۲۰).

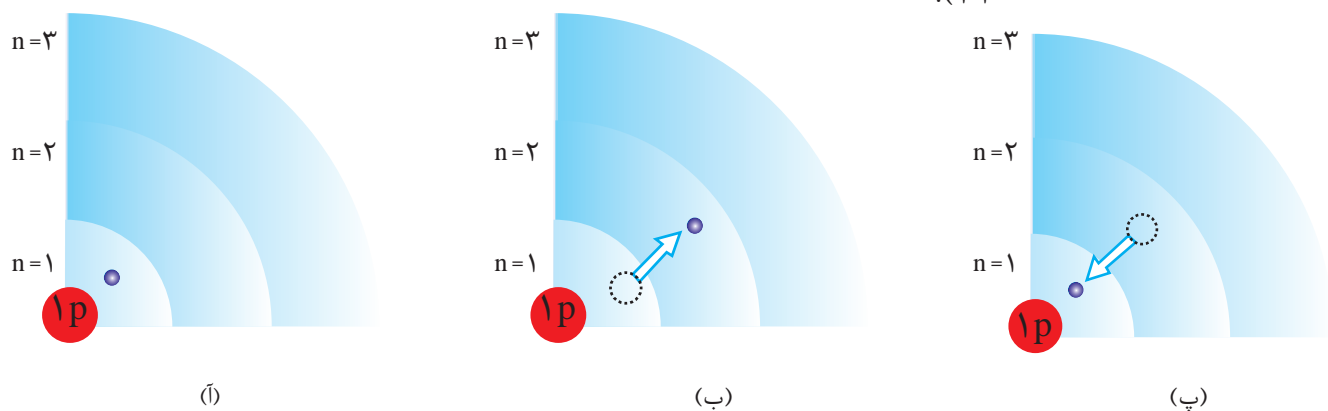


شکل ۲۰- در نتیجه جابه‌جایی الکترون بین لایه‌ها، انرژی با طول موج معین جذب یا نشر می‌شود.

هیچ کس نمی‌تواند جایی میان پله‌های این نردبان بایستد، همان‌گونه که الکترون‌ها میان دو لایه، انرژی معین و تعریف شده‌ای ندارند. این شیوه نردبانی دریافت یا از دست‌دادن انرژی را شیوه کوانتومی می‌نامند.

با این توصیف انرژی دادوستد شده هنگام انتقال الکترون‌ها در اتم، کوانتومی است که انرژی در پیمانه‌های معینی، جذب یا نشر می‌شود؛ به همین دلیل، چنین ساختاری را برای اتم، **مدل کوانتومی اتم** نامیده‌اند. براساس این مدل، الکترون‌ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است به طوری که گفته می‌شود اتم در **حالت پایه** قرار دارد. در این ساختار، انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته فزونی می‌یابد. حال اگر به اتم‌ها در حالت پایه انرژی داده شود، الکترون‌های آنها با جذب انرژی به لایه‌های بالاتر انتقال می‌یابد. به اتم‌ها در چنین حالتی، **اتم‌های برانگیخته** می‌گویند (شکل

۲۱).



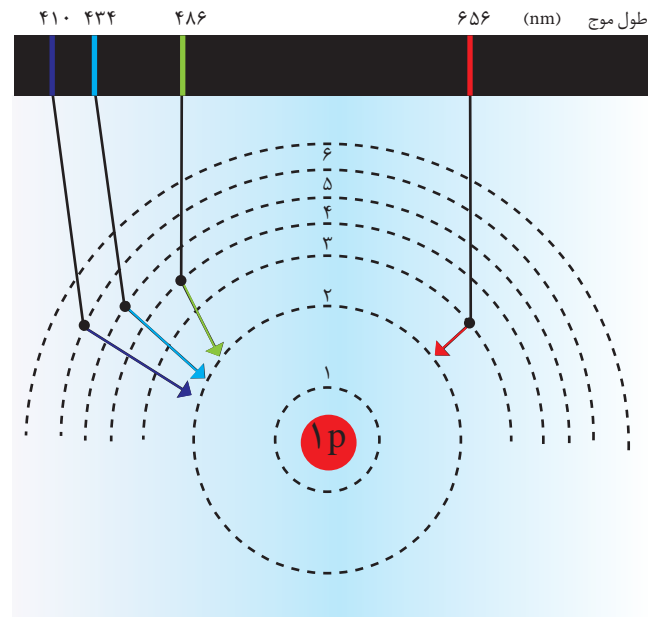
شکل ۲۱-آ) الکترون در حالت پایه اتم هیدروژن، ب) الکترون در حالت برانگیخته از اتم هیدروژن

پ) بازگشت الکترون به حالت پایه

اتم‌های برانگیخته پرنرژی‌تر، و ناپایدارند؛ از این‌رو تمایل دارند دوباره با از دست دادن انرژی به حالت پایدارتر و در نهایت به حالت پایه برگردند. از آنجاکه برای الکترون، نشر نور، مناسب‌ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترون‌ها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند.

اینک می‌توان گفت هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون‌ها را از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر نشان می‌دهد. از آنجاکه انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم ویژه همان اتم و به عدد اتمی آن وابسته است، انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آنها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است؛ بنابراین انتظار می‌رود هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فردی ایجاد کند (شکل ۲۲).

● هنگامی که بسته‌ای به عنوان هدیه دریافت کنید با تکان دادن آن تلاش می‌کنید از محتویات آن آگاه شوید. شیمی‌دان‌ها نیز با دادن انرژی به اتم، آن را تکان می‌دهند تا از درون آن خبردار شوند! با این تفاوت که به جای شنیدن صدا، پرتوهای گسیل شده از اتم را دریافت و مشاهده می‌کنند.



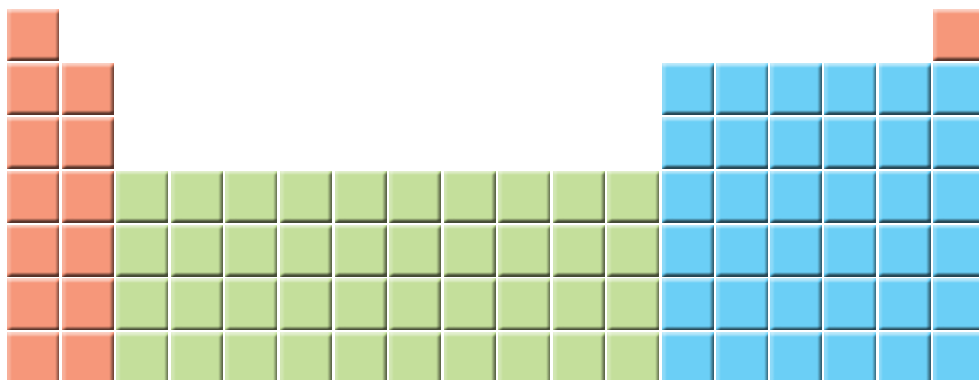
شکل ۲۲- چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن

با تعیین دقیق طول موج نوارهای یادشده می‌توان تصویر دقیقی از انرژی لایه‌های الکترونی و در واقع آرایش الکترونی اتم یافت.

## توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیر لایه‌ها

عنصرها در جدول دوره‌ای بر مبنای عدد اتمی یا تعداد الکترون‌های اتم خود، چیده شده‌اند. به طوری که اتم هیدروژن با یک الکترون و اتم هلیم با دو الکترون به ترتیب اولین و دومین عنصر جدول است. این روند تا عنصر ۱۱۸ جدول دوره‌ای ادامه می‌یابد و اتم هر عنصر نسبت به اتم عنصر پیش از خود، یک الکترون بیشتر دارد.

از سوی دیگر اتم، ساختار لایه‌ای دارد و الکترون‌ها در لایه‌های پیرامون هسته با نظم ویژه‌ای حضور دارند به گونه‌ای که در عنصرهای ردیف اول، لایه الکترونی اول و در عنصرهای دوره دوم، لایه دوم از الکترون پر می‌شود. آیا به نظر شما میان تعداد عنصرهای موجود در هر دوره و گنجایش لایه‌های الکترونی رابطه‌ای هست؟



همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌کنید در دوره اول فقط ۲ عنصر هیدروژن و هلیم وجود دارد که اتم هر کدام تنها دارای یک لایه الکترونی است ( $n=1$ ). این لایه، نزدیک‌ترین لایه به هسته است و تنها می‌تواند ۲ الکترون را در خود جای دهد. از آنجا که لایه اول حداکثر ۲ الکترون گنجایش دارد، شاید بتوان گفت به همین دلیل در دوره اول فقط ۲ عنصر وجود دارد؛ اما اتم عنصرهای دوره دوم، دارای دو لایه الکترونی است ( $n=2$ ). در اتم این عنصرها، هر دو لایه دارای الکترون بوده به طوری که لایه اول پر شده و لایه دوم در حال پر شدن است؛ با این توصیف لایه دوم حداکثر با ۸ الکترون پر می‌شود (چرا؟). آیا می‌توان بین چیدمان ۸ عنصر دوره دوم در جدول و شیوه پر شدن لایه دوم در اتم آنها ارتباطی یافت؟ آیا لایه الکترونی دوم، لایه‌ای یکپارچه است یا از چند بخش تشکیل شده است؟

## با هم بیندیشیم

۱- یک دانشجوی رشته شیمی، جدول دوره‌ای را به دقت بررسی و عنصرهای هر دوره را شمارش کرد. او میان تعداد عنصرهای یک دوره و شیوه پر شدن لایه‌های الکترونی در اتم عنصرها، ارتباطی کشف کرد. او نخست عنصرها را در چهار دسته قرار داد و هر یک را با رنگی مشخص کرد؛ سپس فرض نمود که هر لایه، خود از بخش‌های کوچک‌تری تشکیل شده است

● برای رمزگشایی از آنچه خدا آفریده است، دانشمندان علوم تجربی، مفاهیم علمی را کشف و روابط بین آنها را فرمول‌بندی می‌کنند تا از آنها بهره‌گیرند. گاهی از روی روابط و فرمول‌های ریاضی، برخی مفاهیم جدید را پیش‌بینی می‌کنند.

به طوری که میان تعداد عنصرها در هر دسته رنگی (مطابق جدول صفحه قبل) با گنجایش الکترونی هر یک از این بخش‌های کوچک‌تر، رابطه‌ای منطقی برقرار است.

آ) در هر دسته از عنصرهای نشان داده شده با رنگ‌های نارنجی، سبز، آبی و زرد به ترتیب چند عنصر وجود دارد؟

ب) لایه دوم از چند بخش تشکیل شده است؟ گنجایش هر یک از این بخش‌ها چند الکترون است؟

پ) او هر یک از این بخش‌ها را یک زیرلایه نامید؛ با این توصیف در اتم چند نوع زیرلایه وجود دارد و هر یک چند الکترون گنجایش دارد؟

۲- او گنجایش الکترونی زیرلایه‌ها را به عنوان چهار جمله نخست یک دنباله به صورت زیر در نظر گرفت:

$$۲, ۶, ۱۰, ۱۴, \dots$$

آ) جمله عمومی  $(a_l)$  این دنباله را به دست آورید. ( $l \geq 0$ )

ب) مقدار مجاز  $l$  را برای هر زیر لایه تعیین و جدول زیر را کامل کنید.

زیر لایه	۲ الکترونی	۶ الکترونی	۱۰ الکترونی	۱۴ الکترونی
مقدار مجاز $l$				

● نماد هر زیرلایه معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود؛ به دیگر سخن هر زیرلایه را می‌توان با نماد  $nl$  نمایش داد؛ برای نمونه در زیر لایه  $2p$ ،  $n=2$  و  $l=1$  است.

پ) در مدل کوانتومی اتم به هر نوع زیرلایه یک عدد کوانتومی نسبت می‌دهند. این عدد کوانتومی با نماد  $l$  نشان داده شده و عدد کوانتومی فرعی نامیده می‌شود. مقادیر معین و مجاز آن به صورت زیر است:

$$l = 0, 1, \dots, n-1$$

با این توصیف، جدول زیر را کامل کنید.

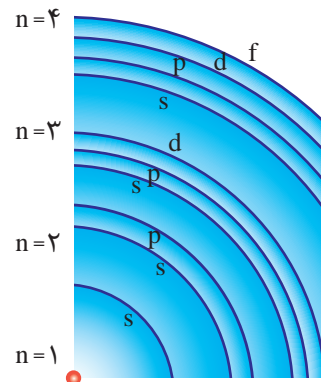
نماد زیر لایه	s	p	d	f
حداکثر گنجایش زیر لایه				۱۴
مقدار مجاز $l$	۰			

ت) پیش‌بینی کنید زیرلایه پنجم یک اتم، ظرفیت پذیرش حداکثر چند الکترون را خواهد داشت؟

اتم را می‌توان کره‌ای در نظر گرفت که هسته بسیار کوچک و سنگینی در مرکز آن جای دارد و محل تمرکز پروتون‌ها و نوترون‌هاست. پیرامون هسته، الکترون‌ها در لایه‌های الکترونی حضور دارند. هر لایه، خود از زیرلایه‌های متفاوتی تشکیل شده است به گونه‌ای که لایه اول دارای یک زیرلایه از نوع s با گنجایش ۲ الکترون، لایه دوم دارای دو زیرلایه از نوع s و p با گنجایش ۲ و ۶ الکترون، لایه سوم دارای سه زیرلایه از نوع s، p و d با گنجایش ۲، ۶ و ۱۰ الکترون است (جدول ۳).

جدول ۳- مقدار n و l برای زیرلایه‌ها در سه لایه الکترونی نخست

عدد کوانتومی اصلی	تعداد زیرلایه	عدد کوانتومی فرعی	نماد زیرلایه
n = ۱	۱	l = ۰	۱s
n = ۲	۲	l = ۰	۲s
		l = ۱	۲p
n = ۳	۳	l = ۰	۳s
		l = ۱	۳p
		l = ۲	۳d



● زیرلایه‌های موجود در چهار لایه الکترونی

## آرایش الکترونی اتم

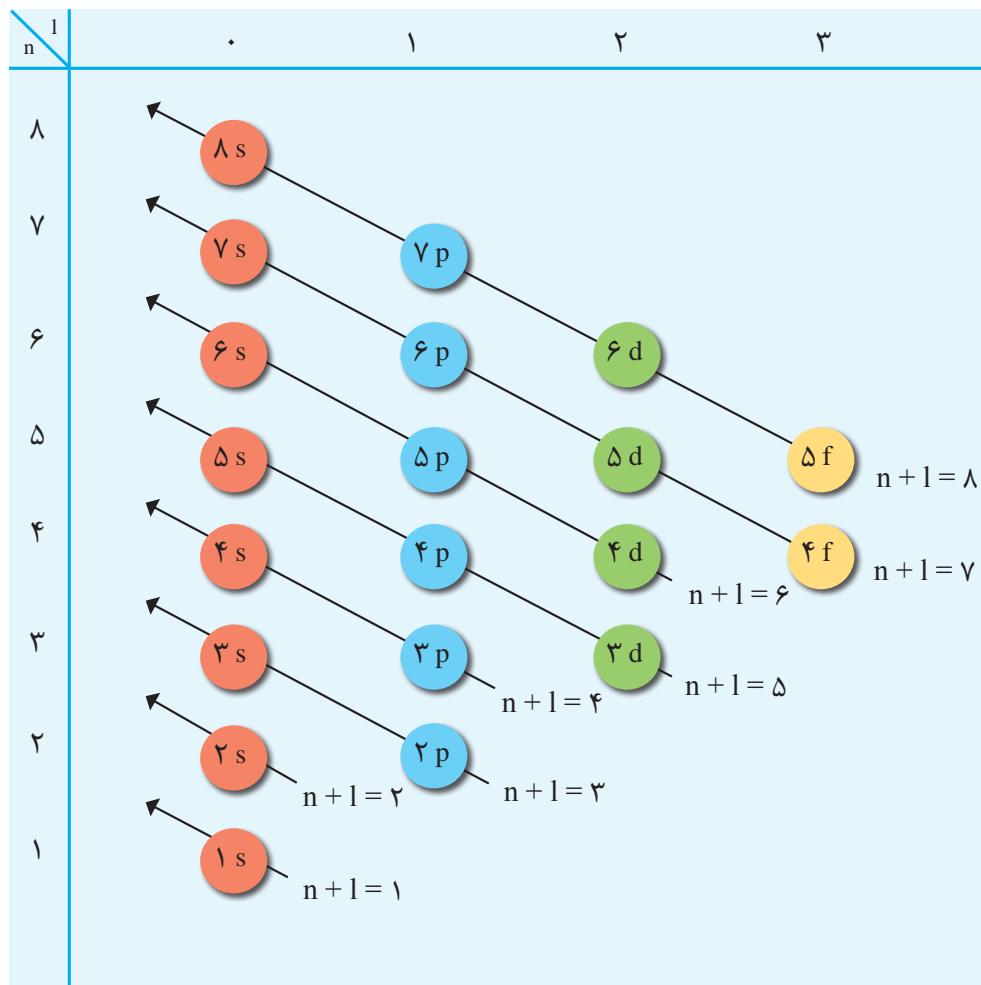
رفتار و ویژگی‌های هر اتم را می‌توان از روی آرایش الکترونی آن توضیح داد؛ بنابراین یافتن آرایش درست الکترون‌ها در هر اتم از اهمیت بسیاری برخوردار است. مطابق مدل کوانتومی برای به دست آوردن آرایش الکترونی اتم‌ها باید الکترون‌های اتم هر عنصر در زیرلایه‌ها با نظم و ترتیب معینی توزیع شود.

هنگام پر شدن اتم از الکترون، نخست زیرلایه ۱s و سپس زیرلایه‌های ۲s و ۲p از الکترون پر می‌شود؛ با این توصیف باید در اتم عنصرهای دوره سوم زیرلایه‌های ۳s، ۳p و ۳d پر شود. از این رو انتظار می‌رود که این دوره شامل ۱۸ عنصر باشد؛ اما دوره سوم دارای ۸ عنصر است. در واقع در این اتم‌ها تنها دو زیرلایه ۳s و ۳p در حال پر شدن است و زیرلایه ۳d در دوره بعد شروع به پر شدن می‌کند. این روند نشان می‌دهد که پر شدن زیرلایه‌ها تنها به عدد کوانتومی اصلی (n) وابسته نیست بلکه از یک قاعده کلی به نام **قاعده آفبا** پیروی می‌کند.

قاعده آفبا ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها را در اتم‌های گوناگون نشان می‌دهد. مطابق این قاعده، هنگام افزودن الکترون به زیرلایه‌ها، نخست زیرلایه‌های نزدیک‌تر به هسته پر می‌شود که دارای انرژی کمتری است و سپس زیرلایه‌های بالاتر پر خواهد شد (شکل ۲۳).

● aufbau واژه‌ای آلمانی به معنای ساختن یا افزایش گام به گام است.

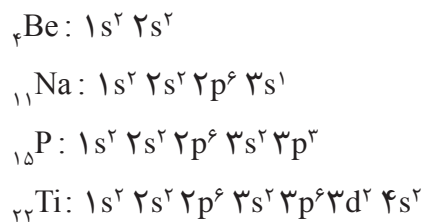




● انرژی زیرلایه‌ها به  $n$  و  $n+1$  وابسته است به طوری که اگر  $n+1$  برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با  $n$  بزرگ‌تر، انرژی بیشتری دارد.

شکل ۲۳- قاعده آفبا، ترتیب پر شدن زیرلایه‌های الکترونی در اتم را نشان می‌دهد. انرژی هر زیرلایه به  $n+1$  وابسته است.

بر این اساس، آرایش الکترونی اتم بریلیم ( $Z=4$ )، اتم سدیم ( $Z=11$ )، اتم فسفر ( $Z=15$ ) و اتم تیتانیم ( $Z=22$ ) به صورت زیر خواهد بود:



## خود را بیازمایید

۱- آرایش الکترونی اتم‌های داده شده را در جدول زیر بنویسید.

آرایش الکترونی	نماد شیمیایی عنصر
	${}_{8}\text{O}$
	${}_{18}\text{Ar}$
	${}_{20}\text{Ca}$
	${}_{33}\text{As}$
	${}_{34}\text{Se}$

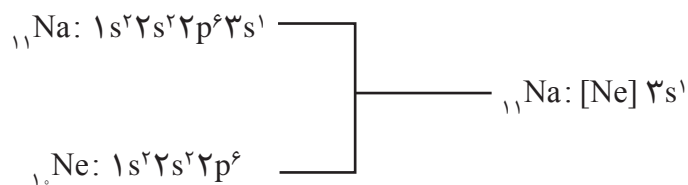
● گفتنی است که قاعده آفا آرایش الکترونی اتم اغلب عنصرها را پیش‌بینی می‌کند؛ اما برای اتم برخی عنصرهای جدول نارسایی دارد. امروزه به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی چنین اتم‌هایی را با دقت تعیین می‌کنند.

۲- داده‌های طیف‌سنجی نشان می‌دهد که آرایش الکترونی برخی اتم‌ها از قاعده آفا پیروی نمی‌کند؛ برای نمونه هر یک از اتم‌های کروم و مس در بیرونی‌ترین زیر لایه خود تنها یک الکترون دارد. آرایش الکترونی این دو اتم را رسم کنید.

آرایش الکترونی اتم‌ها را به شیوه دیگری نیز می‌توان نوشت که **آرایش الکترونی فشرده** خوانده می‌شود؛ برای نمونه آرایش الکترونی فشرده برای اتم سدیم به صورت زیر خواهد بود:

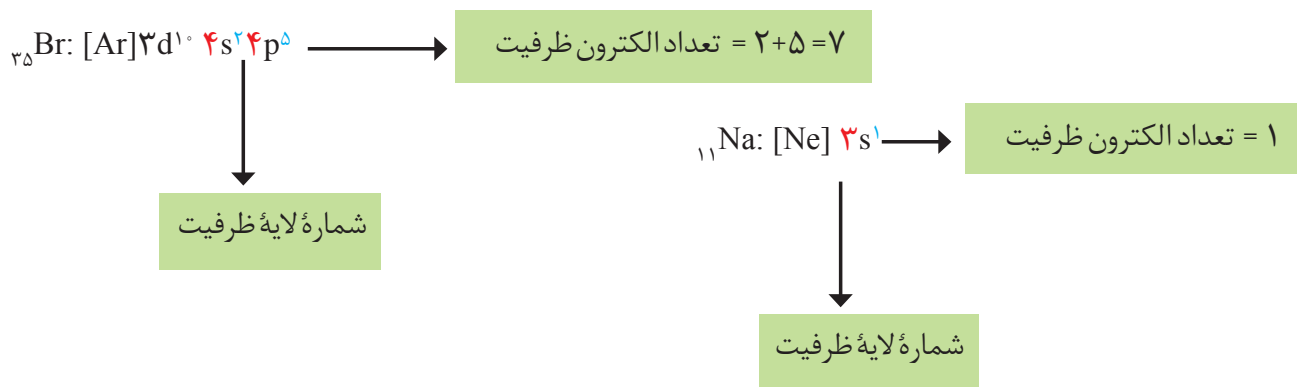


همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این آرایش الکترونی از نماد گاز نجیب استفاده شده است. برای دستیابی به آرایش فشرده، نخست آرایش اتم موردنظر به صورت گسترده نوشته می‌شود؛ سپس بخشی از آرایش الکترونی، که همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب است با عبارت **[نماد شیمیایی گاز نجیب]** جایگزین می‌شود.



اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون‌ها در بیرونی‌ترین لایه به نام لایه ظرفیت اتم است. لایه ظرفیت یک اتم، لایه‌ای است که الکترون‌های آن، رفتار شیمیایی

اتم را تعیین می کند. به الکترون های این لایه، الکترون های ظرفیت اتم می گویند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- آرایش الکترونی و تعیین الکترون های ظرفیت در اتم سدیم و برم

### خود را بیازمایید

آ با مراجعه به جدول دوره ای عنصرها، جدول زیر را کامل کنید.

نماد عنصر	${}_{35}\text{Br}$	${}_{27}\text{Co}$	${}_{20}\text{Ca}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{10}\text{Ne}$	${}_{8}\text{O}$	${}_{3}\text{Li}$
شماره گروه							
شماره دوره							

● در عنصرهای دسته d از دوره چهارم، لایه ظرفیت شامل زیرلایه های ۴s و ۳d است.

ب) جدول زیر را کامل کنید.

نماد عنصر	آرایش الکترونی فشرده	شماره لایه ظرفیت	تعداد الکترون های ظرفیت
${}_{3}\text{Li}$			
${}_{8}\text{O}$			
${}_{10}\text{Ne}$			
${}_{14}\text{Si}$			
${}_{20}\text{Ca}$	$[\text{Ar}] 4s^2$	$n=4$	۲
${}_{27}\text{Co}$			
${}_{35}\text{Br}$			

● فقط رسم آرایش الکترونی ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای جزو اهداف این کتاب است. بنابراین ارزشیابی برای عنصرهای فراتر از عدد اتمی ۳۶ مجاز نیست.

پ) از روی آرایش الکترونی اتم هر عنصر می‌توان موقعیت آن را در جدول تعیین کرد، برای این منظور:

● شماره لایه ظرفیت را با شماره دوره این عنصرها مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

● شماره گروه کدام عنصرها با تعداد الکترون‌های ظرفیت آنها برابر است؟

● شماره گروه کدام عنصرها با تعداد الکترون‌های ظرفیت آنها برابر نیست؟ در این حالت

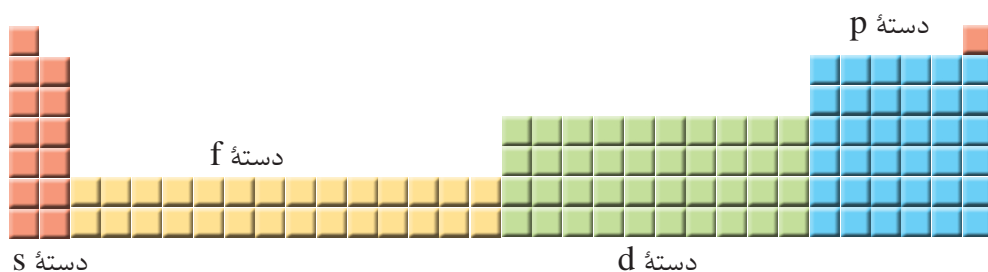
بین شماره گروه و تعداد الکترون‌های ظرفیت چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

● برای عنصرهای دسته d، شماره دوره و گروه را چگونه می‌توان از روی آرایش الکترونی

به دست آورد؟ توضیح دهید.

۲- موقعیت عنصرهای کربن (C)، آلومینیم (Al)، آهن (Fe) و روی (Zn) را در جدول دوره‌ای عنصرها تعیین کنید.

۳- عنصرهای جدول دوره‌ای را می‌توان در چهار دسته به صورت زیر جای داد:



اساس این دسته‌بندی را توضیح دهید.

## ساختار اتم و رفتار آن

از مدت‌ها پیش شیمی‌دان‌ها پی بردند که گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک‌اتمی یافت می‌شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند، از این رو پایدارند. به نظر شما آیا بین ساختار الکترونی این اتم‌ها، پایداری و واکنش‌ناپذیری آنها رابطه‌ای هست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش به آرایش الکترونی چهار گاز نجیب توجه کنید:



در لایه ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیم که در تنها لایه الکترونی

خود، دو الکترون دارد)؛ با این توصیف می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد به طوری که اگر لایه ظرفیت اتمی، هشت تایی باشد، آن اتم واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایه ظرفیت اتمی هشت تایی نباشد، آن اتم واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام الکترون - نقطه‌ای ارائه کرد که در آن الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود؛ برای نمونه، آرایش الکترون - نقطه‌ای سدیم به صورت  $\text{Na}$  است.

برای رسم آرایش الکترون - نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت برای مثال از سمت راست نماد شیمیایی عنصر آغاز کرد و نقطه‌های بعدی را در زیر، سمت چپ و بالای آن قرار داد. الکترون پنجم و پس از آن را باید طوری پیرامون نماد شیمیایی عنصر قرار داد که هر نقطه به صورت جفت نقطه درآید؛ برای نمونه آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های کربن، فسفر و آرگون به صورت زیر است:



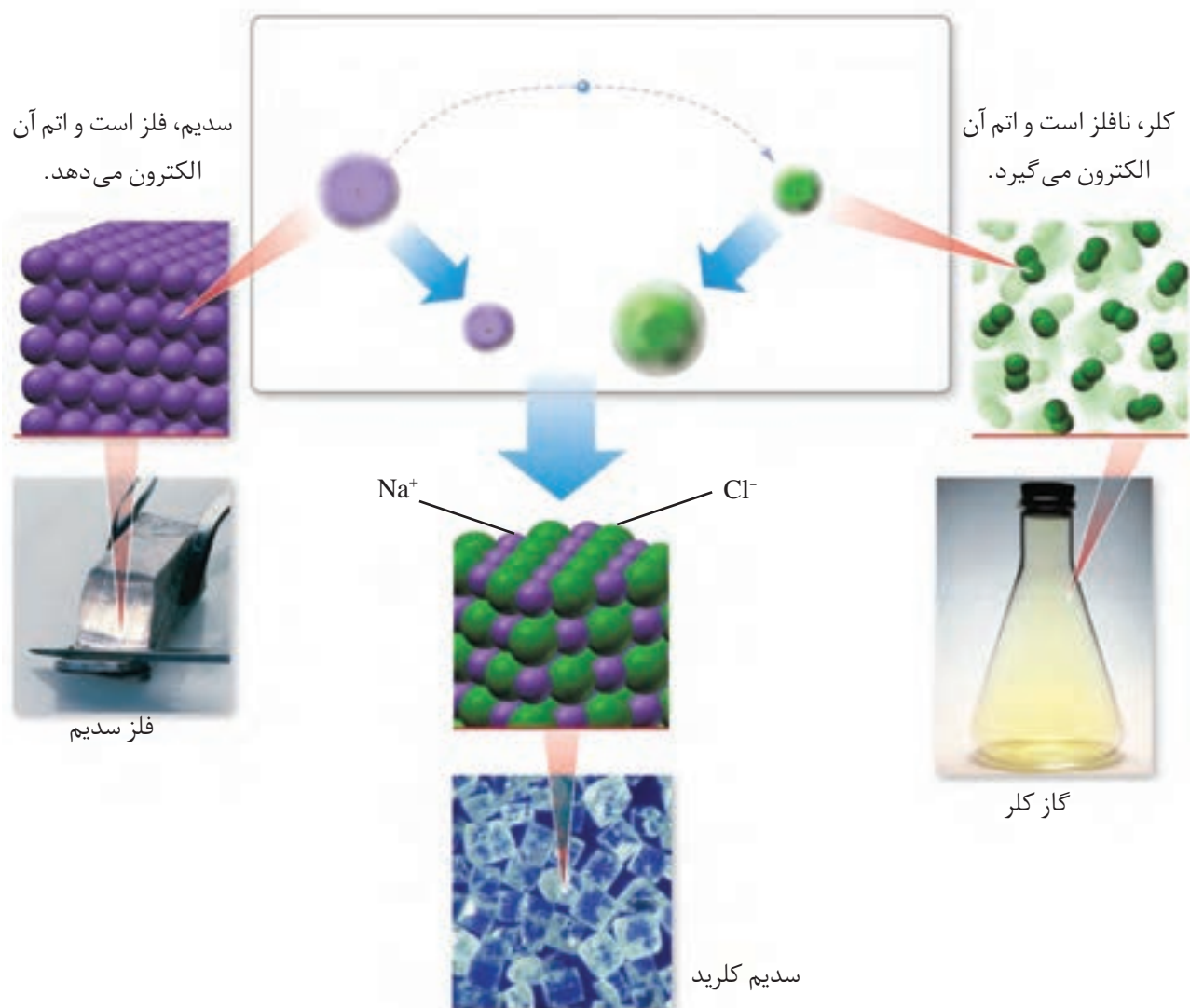
### خود را بیازمایید

(آ) جدول زیر را کامل کنید.

عنصر	${}^3\text{Li}$	${}^4\text{Be}$	${}^5\text{B}$	${}^6\text{C}$	${}^7\text{N}$	${}^8\text{O}$	${}^9\text{F}$	${}^{10}\text{Ne}$
آرایش الکترونی فشرده								
تعداد الکترون‌های ظرفیت								
آرایش الکترون - نقطه‌ای								
عنصر	${}^{11}\text{Na}$	${}^{12}\text{Mg}$	${}^{13}\text{Al}$	${}^{14}\text{Si}$	${}^{15}\text{P}$	${}^{16}\text{S}$	${}^{17}\text{Cl}$	${}^{18}\text{Ar}$
آرایش الکترونی فشرده								
تعداد الکترون‌های ظرفیت								
آرایش الکترون - نقطه‌ای	Na.							

(ب) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم عنصرهای یک گروه چه شباهتی دارد؟ توضیح دهید.  
 (پ) بین شماره گروه و آرایش الکترون - نقطه‌ای چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

رفتار شیمیایی هر اتم به تعداد الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان هشت تایی شدن لایه ظرفیت و دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای میزان واکنش‌پذیری آنها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند و پایدارتر شوند. در علوم سال نهم دیدید که هرگاه اتم‌های سدیم و کلر کنار یکدیگر قرار گیرند، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون به یون سدیم و اتم کلر با گرفتن یک الکترون به یون کلرید تبدیل و در این واکنش سدیم کلرید (نمک خوراکی) تولید می‌شود (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- واکنش اتم‌های سدیم با کلر، دادوستد الکترون و تشکیل سدیم کلرید

شکل نشان می‌دهد که اتم‌های سدیم با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود (نئون) و اتم‌های کلر با گرفتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم‌دوره خود (آرگون) می‌رسند.

## آیا می دانید

گیلبرت نیوتن لوویس  
(۱۸۷۵-۱۹۴۶)

لوویس یکی از پیشتاژان دانش شیمی و بنیان گذار نظریه تشکیل پیوند شیمیایی و نظریه الکترونی اسید- باز بود. او واژه فوتون را برای ذره‌های سازنده نور پیشنهاد کرد.



این شیمی فیزیک‌دان امریکایی ۳۵ بار نامزد دریافت جایزه نوبل شد اما هیچ‌گاه این جایزه را دریافت نکرد. این ناکامی هیچ‌چیز از ارزشمندی، ماندگاری و تأثیرگذاری کارهای علمی لوویس کم نمی‌کند.

## با هم ببیندیشیم

۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:

۱							۱۸	
H·							He:	
۲							۱۳	
Li·	Be·							۱۴
			B·	C·	N·	O·	F·	Ne:
۱۵							۱۶	
Na·	Mg·							۱۷
			Al·	Si·	P·	S·	Cl·	Ar:

آ) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های داده شده را با آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم گازهای نجیب، مقایسه و پیش‌بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش‌های شیمیایی چه رفتاری خواهد داشت؟

ب) بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب این اتم‌ها در طبیعت به صورت یون در ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. جدول زیر یون‌های شناخته شده از این اتم‌ها را نشان می‌دهد. اکنون با توجه به آن، درستی پیش‌بینی‌های خود را بررسی کنید.

۱							۱۸	
							He	
۲							۱۳	
Li <sup>+</sup>								۱۴
				N <sup>۳-</sup>	O <sup>۲-</sup>	F <sup>-</sup>	Ne	
۱۵							۱۶	
Na <sup>+</sup>	Mg <sup>۲+</sup>							۱۷
			Al <sup>۳+</sup>		P <sup>۳-</sup>	S <sup>۲-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ar
۱۸							۱۹	
K <sup>+</sup>	Ca <sup>۲+</sup>							۲۰
						Br <sup>-</sup>	Kr	

۲- در هر مورد با خط‌زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.

آ) اگر تعداد الکترون‌های ظرفیت اتمی کمتری یا برابر با سه باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که تعدادی از الکترون‌های ظرفیت خود را از دست بدهد و به کاتیون تبدیل شود. همه آنیون

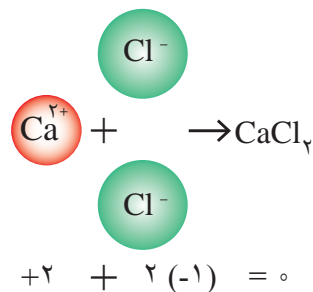
ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با گرفتن از دست دادن الکترون به کاتیون/آنیون تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب پیش از خود را دارند.

پ) اتم عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با به دست آوردن الکترون به کاتیون/آنیون هایی تبدیل می‌شود که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود را دارد.

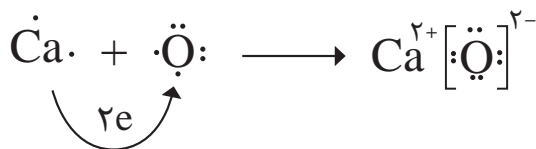
۳- پیش بینی کنید اتم عنصرهایی که به ترتیب در خانه‌های شماره ۷ و ۱۲ جدول دوره‌ای جای دارد، در شرایط مناسب به چه یون‌هایی تبدیل می‌شود؟

### تبدیل اتم‌ها به یون‌ها

اتم اکسیژن برای رسیدن به آرایش گاز نجیب پس از خود باید دو الکترون بگیرد در حالی که اتم کلسیم باید دو الکترون ظرفیت خود را از دست بدهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود برسد؛ به دیگر سخن هرگاه این دو اتم در شرایط مناسب در کنار هم قرار گیرند با هم واکنش می‌دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{O}^{2-}$  تبدیل می‌شوند. میان یون‌های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می‌شود؛ نیروی جاذبه‌ای که پیوند یونی نامیده می‌شود. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید نام دارد که آن را با فرمول شیمیایی  $\text{CaO}$  نشان می‌دهند. این فرمول شیمیایی نشان می‌دهد که کلسیم و اکسیژن دو عنصر سازنده این ترکیب اند و نسبت یون‌های سازنده آن ۱ به ۱ است. ترکیب‌هایی از این دست که ذره‌های سازنده آنها یون است، ترکیب یونی نام دارند.



● فرمول شیمیایی کلسیم کلرید





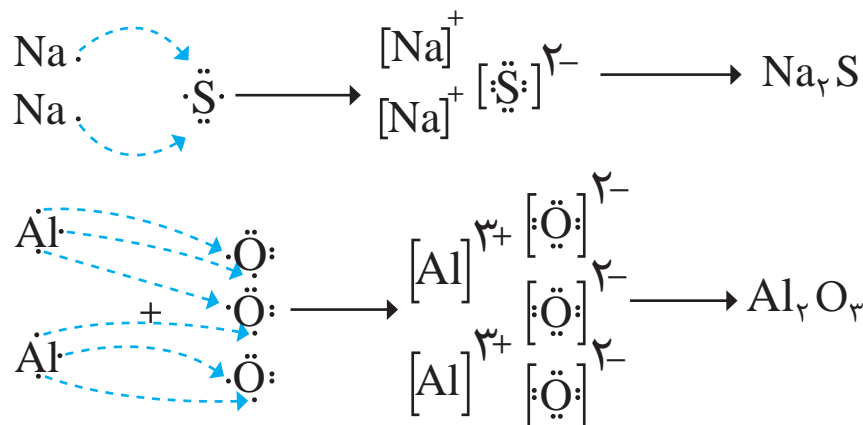
## با هم ببیندیشیم

● **یون تک اتمی**، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است؛ برای مثال یون های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  تک اتمی هستند.

● ترکیب های یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده اند، **ترکیب یونی دوتایی** نامیده می شود.

● ترکیب یونی شامل تعداد بسیار زیادی یون با آرایش منظم است که در ساختار آنها مولکولی وجود ندارد؛ از این رو در متون علمی برای آنها واژه مولکول را به کار نمی برند.

هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون ها با مجموع بار الکتریکی آنیون ها برابر است. از این ویژگی می توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب های یونی دوتایی بهره برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.



۱- روشی برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب های یونی دوتایی ارائه کنید.

۲- فرمول شیمیایی هر یک از ترکیب های زیر را بنویسید.

- (آ) کلسیم کلرید  
(ب) پتاسیم نیتريد  
(پ) منیزیم سولفید  
(ت) آلومینیم برمید

● از دست دادن یا گرفتن الکترون نشانه ای از رفتار شیمیایی اتم است.

۳- با توجه به داده های جدول زیر، شیوه نام گذاری ترکیب های یونی دوتایی را مشخص و جدول صفحه بعد را کامل کنید.

نام و نماد شیمیایی آنیون		نام و نماد شیمیایی کاتیون	
$\text{Br}^-$	یون برمید	$\text{Li}^+$	یون لیتیم
$\text{I}^-$	یون یدید	$\text{K}^+$	یون پتاسیم
$\text{N}^{3-}$	یون نیتريد	$\text{Mg}^{2+}$	یون منیزیم
$\text{S}^{2-}$	یون سولفید	$\text{Ca}^{2+}$	یون کلسیم
$\text{F}^-$	یون فلوئورید	$\text{Al}^{3+}$	یون آلومینیم

فرمول شیمیایی	نماد یون‌های سازنده	نام ترکیب یونی
MgO	$O^{2-}, Mg^{2+}$	
$CaCl_2$	$Cl^-, Ca^{2+}$	
$K_2O$	$K^+, O^{2-}$	
$Na_3P$	$Na^+, P^{3-}$	سدیم فسفید
LiBr	$Li^+, Br^-$	

## تبدیل اتم‌ها به مولکول‌ها

آیا همه اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در علوم سال نهم آموختید که بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و ذره‌های سازنده آنها مولکول‌ها هستند. حال این پرسش مطرح است که رفتار کدام اتم‌ها سبب تشکیل مولکول‌ها خواهد شد؟ آیا در تشکیل مولکول‌ها نیز رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاکی برای واکنش‌پذیری اتم‌هاست؟

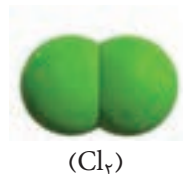
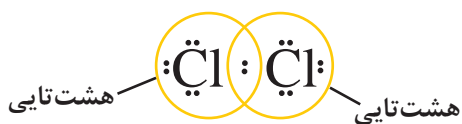
برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر توجه کنید.



گاز کلر، که خاصیت رنگ‌بری و گندزایی دارد از مولکول‌های دو اتمی ( $Cl_2$ ) تشکیل شده است. با توجه به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت زیر نشان داد:



با این توصیف هر اتم کلر، تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون - نقطه‌ای به هر دوی آنها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است.



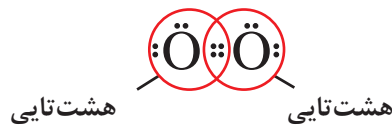
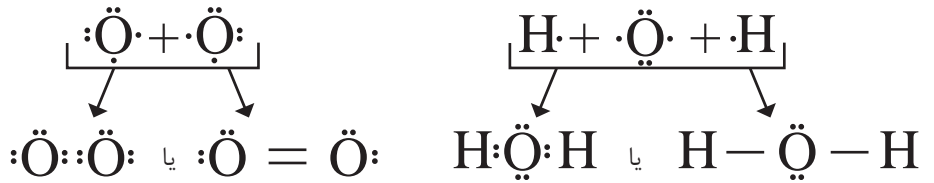
## آیا می‌دانید

اخترشیمی‌دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در نقاط بسیار دوری از کیهان ثابت کنند. طیف‌سنجی، دانشی است که کمک شایانی به این پژوهش‌ها کرده است. تاکنون بیش از  $120^\circ$  مولکول در فضاها بین ستاره‌ای شناخته شده است. این مولکول‌ها دو یا چند اتمی است. بسیاری از مولکول‌های یافت شده در زمین نیز هست؛ اما مولکول‌هایی هم شناخته شده است که در زمین وجود ندارد. مولکول‌های یاد شده بر اثر تابش پرتوهای کیهانی از جمله تابش فرابنفش به یون‌های مثبت تبدیل می‌شود؛ بنابراین افزون بر مولکول‌ها، گونه‌هایی با بارالکتریکی مثبت نیز در فضاها بین ستاره‌ای وجود دارد.

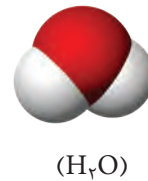
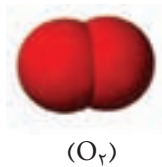
• ترکیب‌های شیمیایی که در ساختار خود مولکول دارند، ترکیب‌های مولکولی نامیده می‌شوند.

جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول  $\text{Cl}_2$ ، نشان‌دهندهٔ یک پیوند اشتراکی\* (کووالانسی) است؛ پیوندی که باعث اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است؛ به دیگر سخن اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌تواند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازد (شکل ۲۶).

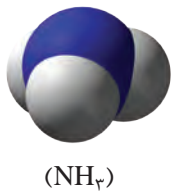
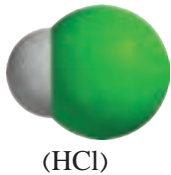
• به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم‌های هر عنصر را نشان می‌دهد، فرمول مولکولی می‌گویند.



• جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده آن برابر است. برای مثال، جرم مولی آب،  $\text{H}_2\text{O}$ ، برابر با  $16 + 2 = 18$  است.



شکل ۲۶- چگونگی تشکیل مولکول دواتمی اکسیژن و مولکول سه‌اتمی آب



• مدل فضا پرکن برای برخی مولکول‌ها

## خود را بیازمایید

آرایش الکترون - نقطه‌ای را برای هر یک از مولکول‌های زیر رسم کنید.

(آ) هیدروژن کلرید ( $\text{HCl}$ )

(ب) آمونیاک ( $\text{NH}_3$ )

(پ) متان ( $\text{CH}_4$ )

## تمرین‌های دوره‌ای

- ۱- بررسی نمونه‌ای از یک شهاب‌سنگ نشان داد که در این شهاب‌سنگ ایزوتوپ‌های  $^{54}\text{Fe}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{57}\text{Fe}$  وجود دارد.
  - (آ) آرایش الکترونی  $^{56}\text{Fe}$  را رسم کنید.
  - (ب) موقعیت آهن را در جدول دوره‌ای عناصر مشخص کنید.
  - (پ) آهن به کدام دسته از عناصر جدول تعلق دارد؟
  - (ت) آیا آرایش الکترونی ایزوتوپ‌های آهن یکسان است؟ چرا؟
- ۲- با استفاده از آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌ها در هر مورد، روند تشکیل، نام و فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش اتم‌های داده شده را مشخص کنید.

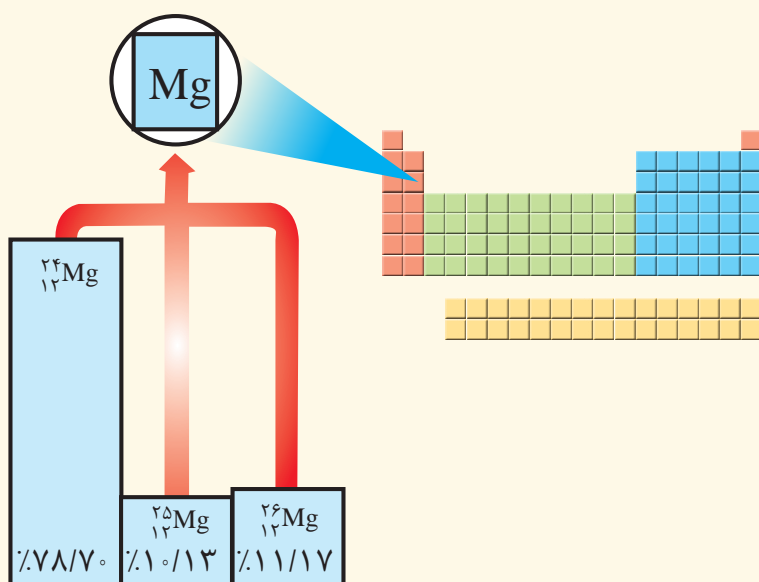
(آ)  $^{19}\text{K}$  با  $^{9}\text{F}$

(ب)  $^{12}\text{Mg}$  با  $^{7}\text{N}$

(پ)  $^{13}\text{Al}$  با  $^{9}\text{F}$

۳- با توجه به شکل:

(آ) جرم اتمی میانگین، منیزیم را به دست آورید.



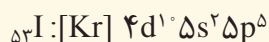
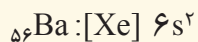
(ب) مفهوم هم‌مکانی را توضیح دهید.

- ۴- هرگاه یک جریان الکتریکی متناوب و  $110^\circ$  ولتی به یک خیار شور اعمال شود، خیار شور مانند شکل زیر شروع به درخشیدن می‌کند. علت ایجاد نور رنگی را توضیح دهید.



- این آزمایش توسط یک شیمی‌دان در شرایط ایمن و درون آزمایشگاه انجام شده است، از انجام چنین آزمایش‌هایی در بیرون از آزمایشگاه در نبود معلم، خودداری شود.

۵- آرایش الکترونی اتم های باریم و ید به شما داده شده است؛ با توجه به آن:



آ) پیش بینی کنید که هر یک از اتم های باریم و ید در شرایط مناسب به چه یون هایی تبدیل می شود؟

ب) فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش باریم با ید را بنویسید.

۶- خورشید روزانه  $10^{22}$  ژول انرژی به سوی زمین گسیل می دارد.

آ) در یک سال، خورشید چند ژول انرژی به سوی زمین گسیل می دارد؟

ب) اگر انرژی تولید شده در خورشید از رابطه  $E = mc^2$  به دست آید، حساب کنید سالانه چند گرم از جرم خورشید کاسته می شود؟

۷- گرافیت دگر شکلی از کربن است. در قرن شانزدهم میلادی قطعه بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری گرافیت، مردم در آن زمان می پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آنکه می دانیم مغز مداد از جنس گرافیت است، اما این ماده همچنان به سرب مداد معروف است. در  $36^\circ\text{C}$  گرم گرافیت خالص، چند مول کربن و چند اتم کربن وجود دارد؟

۱							
۱				۱۵	۱۶	۱۷	
H				۷	۸	۹	
هیدروژن				N	O	F	
				نیتروژن	اکسیژن	فلوئور	
						۱۷	
						Cl	
						۳۵	
						Br	
						۵۳	
						I	
						ید	

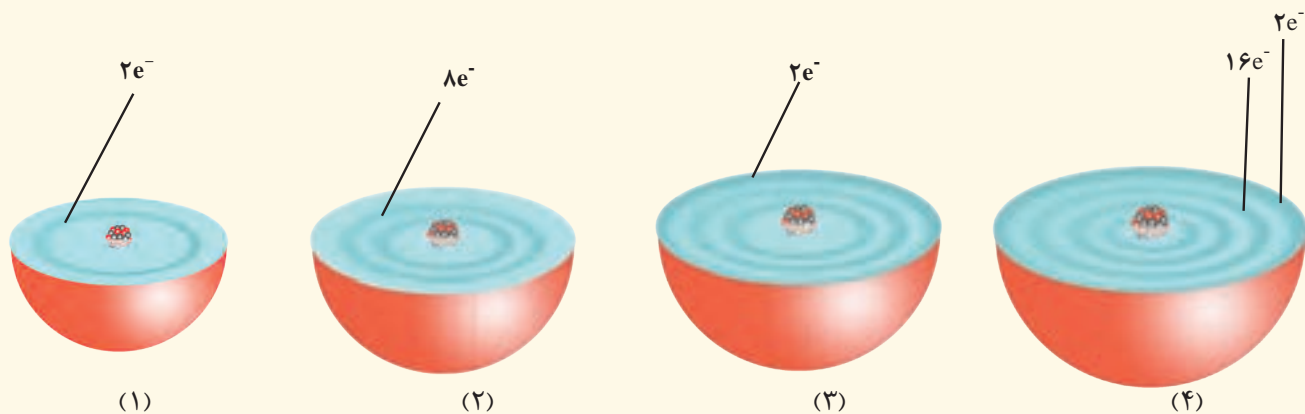
۸- در جدول روبه رو عنصرهایی نشان داده شده

است که در دما و فشار اتاق به شکل مولکول های

دو اتمی وجود دارند. با استفاده از آرایش الکترون -

نقطه ای، ساختار این مولکول ها را رسم کنید.

۹- هر یک از شکل های زیر برشی از اتم یک عنصر را نشان می دهد؛ با توجه به آن:

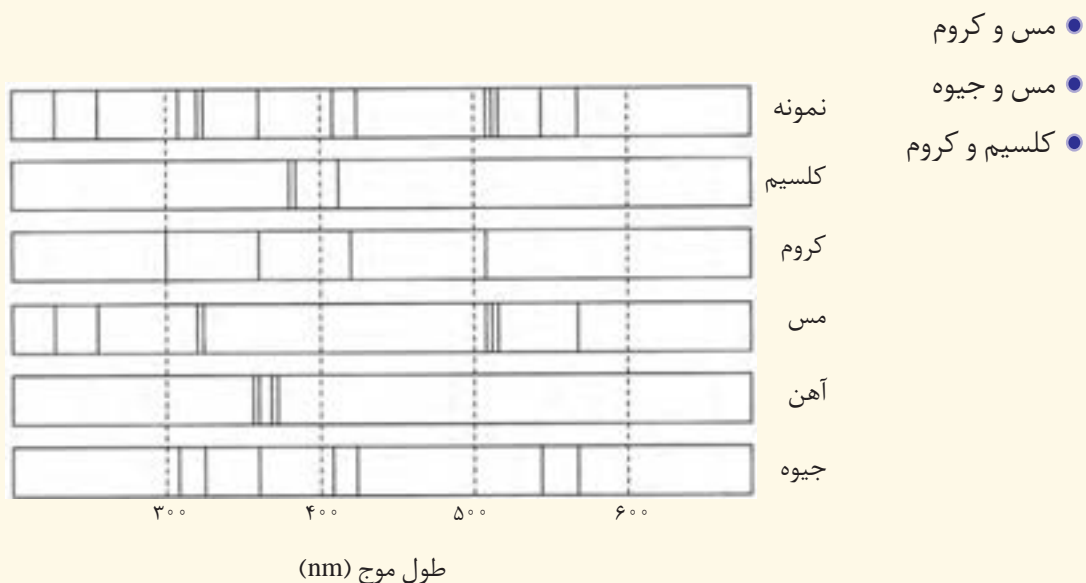


آ) موقعیت هر عنصر را در جدول دوره‌ای تعیین کنید.

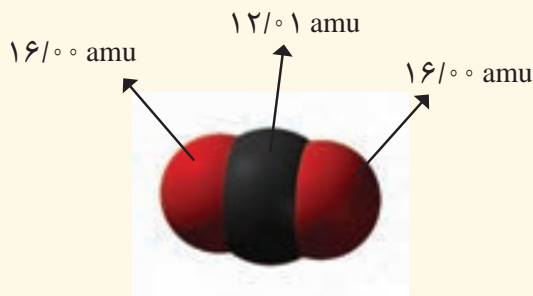
ب) کدام اتم (ها) تمایلی به انجام واکنش و ترکیب شدن ندارد؟ چرا؟

پ) آرایش الکترون - نقطه‌ای (۲) و (۳) را رسم و پیش بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش با فلئور چه رفتاری دارد؟  
ت) در اتم (۴) چند زیر لایه به طور کامل از الکترون‌ها پر شده است؟ توضیح دهید.

۱۰- پژوهشگران در حفاری یک شهر قدیمی، تکه‌ای از یک ظرف سفالی پیدا کردند. آنها برای یافتن نوع عنصرهای فلزی آن به آزمایشگاه شیمی مراجعه کردند و از این نمونه طیف نوری گرفتند. شکل زیر طیف نوری خطی این سفال و چند عنصر فلزی را نشان می‌دهد. با توجه به طیف‌های داده شده مشخص کنید چه فلزهایی در این سفال وجود دارد؟



۱۱- دانش‌آموزی با استفاده از مدل فضاپرکن کربن دی‌اکسید مطابق شکل زیر توانست، جرم یک مولکول از آن را برحسب amu به درستی محاسبه کند.



آ) روش کار او را توضیح دهید.

ب) جرم یک مول از مولکول نشان داده شده چند گرم است؟ چرا؟

پ) جرم مولی کربن دی‌اکسید را با استفاده از داده‌ها در جدول دوره‌ای به دست آورید.

ت) با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای عنصرها، جرم مولی هر یک از ترکیب‌های زیر را برحسب  $\text{g mol}^{-1}$  به دست

آورید.  $\text{Cl}_2$ ،  $\text{HCl}$ ،  $\text{NaCl}$ ،  $\text{CaF}_2$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$



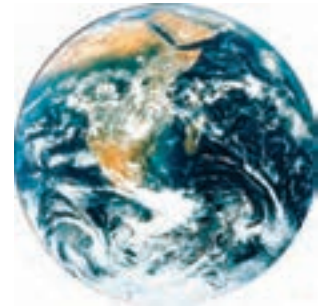
- ● ● «اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ فَتُثِيرُ سَحَاباً فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَ...» آیه ۴۸، سوره روم
- ● ● خداوند همان کسی است که باها را می فرستد تا ابرها را به حرکت درآورد سپس آنها را در پهنه آسمان آن گونه که بخواهد می گستراند و ...

● 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 نزنند.

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 هوا کره در حدود  $۱۰^{۱۵} \times ۵/۳$  تن و نزدیک به  $۱/۰۰۰۰۰۰$  جرم زمین است.



● اگر زمین را به سیب تشبیه کنیم، ضخامت هوا کره نسبت به زمین به نازکی پوست سیب می ماند.

در میان سیاره های سامانه خورشیدی، تنها زمین، اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می کند. این اتمسفر، مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصله  $۵۰۰$  کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است به طوری که می توان گفت ما در کف اقیانوسی از مولکول های گازی زندگی می کنیم. جاذبه زمین این گازها را پیرامون خود نگه می دارد و مانع از خروج آنها از اتمسفر می شود (شکل ۱). از سوی دیگر، انرژی گرمایی مولکول ها سبب می شود تا پیوسته آنها در حال جنبش باشند و در سرتاسر هوا کره توزیع شوند.



**شکل ۱-** لایه فیروزه ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هوا کره است که اغلب هوا نامیده می شود.

اغلب گازها نامرئی هستند به طوری که ما هوا را نمی توانیم ببینیم و به طور معمول وجود آن را در پیرامون خود حس نمی کنیم، مگر روزهایی که باد می وزد یا در مکان هایی که هوا به خوبی در جریان است. میان گازهای هوا، واکنش های شیمیایی گوناگونی رخ می دهد که اغلب آنها برای ساکنان این سیاره سودمند هستند، اما برخی از این واکنش ها مفید نبوده و فرآورده هایی تولید می کنند که دلخواه و مطلوب ساکنان سیاره خاکی نیست.

اینک این پرسش ها مطرح می شود که مواد اصلی پیرامون زمین چیست؟ تا کجاها یافت می شود؟ گازها به عنوان بخش عمده این مواد چه رفتارهایی دارند؟ چه واکنش هایی میان گازهای هوا رخ می دهد؟ و این واکنش ها بر زندگی ساکنان این سیاره خاکی چه اثری می گذارد؟ رفتار انسان ها تا چه اندازه بر هوا کره و ویژگی های آن تأثیر دارد؟ و پرسش های دیگری که ممکن است ذهن شما را به خود مشغول کرده باشد. برای یافتن پاسخ این پرسش ها با ما در این فصل همراه باشید.

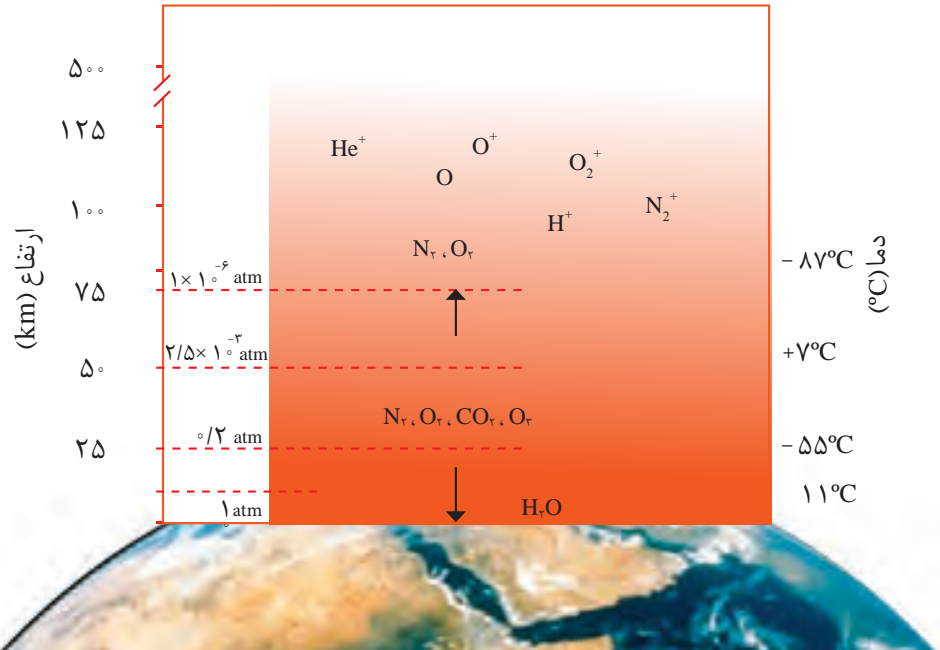


## با هم بیندیشیم



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

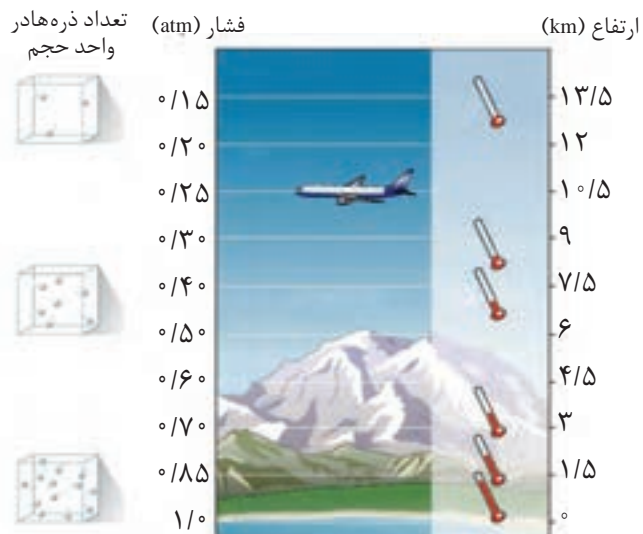
۱- در شکل زیر، تغییر دما و برخی اجزای سازندهٔ هواکره برحسب ارتفاع از سطح زمین نشان داده شده است. با توجه به آن:



● 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 یکسان 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 هواکره، 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.



تغییرات آب و هوای زمین در لایه 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  $55^{\circ}\text{C}$  - ( $218$  کلوین) می‌رسد. اگر میانگین دما در سطح زمین در حدود  $11^{\circ}\text{C}$  ( $284$  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)

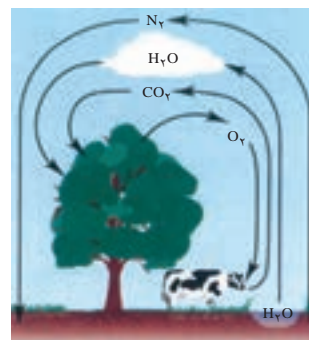


(پ)

**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 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.



هواکره رقیق و رقیق تر می شود. 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 می کند.



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

نام گاز	درصد گاز در هوا
نیتروژن	۷۸/۰۷۹
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



● بررسی‌های دانشمندان در مورد هوای به دام افتاده در 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.

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 هوای مایع تهیه می‌کنند (شکل ۴).



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



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

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 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  $200^{\circ}\text{C}-$ ، 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.

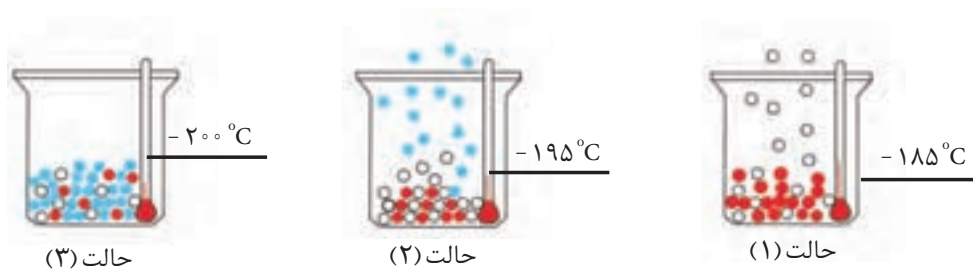


## با هم بیندیشیم

با توجه به جدول زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.  
 (آ) نمونه‌ای از هوای مایع با دمای  $200^{\circ}\text{C}-$  تهیه کرده‌ایم. اگر این نمونه را وارد برج تقطیر کنیم، ترتیب جدا شدن گازها را مشخص کنید.

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

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



● **آرگون** گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژه 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.

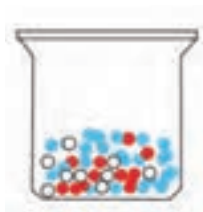


● هنگام ریختن هوای مایع درون یک بالن، مخلوط شروع به جوشیدن می‌کند و بخار می‌شود.

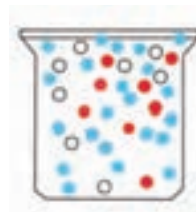
(پ) در دمای  $8^{\circ}\text{C}-$ ، اجزای سازنده هوای مایع به کدام شکل وجود دارند؟ چرا؟

## آیا می دانید

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



حالت (۲)



حالت (۱)

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

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

## پیوند با صنعت

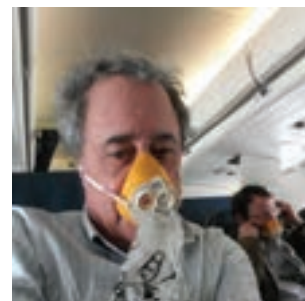
هلیوم به عنوان سبک ترین گاز نجیب، بی رنگ، بی بو و بی مزه است که کاربردهای فراوانی در زندگی دارد (شکل ۵).



شکل ۵- از هلیوم، افزون بر پر کردن بالن های هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی در جوشکاری، کپسول غواصی و مهم تر از همه، برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه های تصویربرداری مانند MRI استفاده می شود.

هلیوم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می شود؛ به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیوم در مقیاس صنعتی مناسب ترند.

هلیوم از واکنش های هسته ای در ژرفای زمین تولید می شود. این گاز پس از نفوذ به لایه های زمین، وارد میدان های گازی می شود. یافته های تجربی نشان می دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می دهد. البته مقدار هلیوم در میدان های گازی گوناگون، متفاوت است (شکل ۶).



● چرا هواپیماها با خود اتاقکی از گاز اکسیژن حمل می کنند؟

**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 به جداسازی و تهیه آن موفق 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.



● کوهنوردان به هنگام صعود به ارتفاعات کپسول اکسیژن حمل می کنند.

## اکسیژن، گازی واکنش پذیر در هوا کره

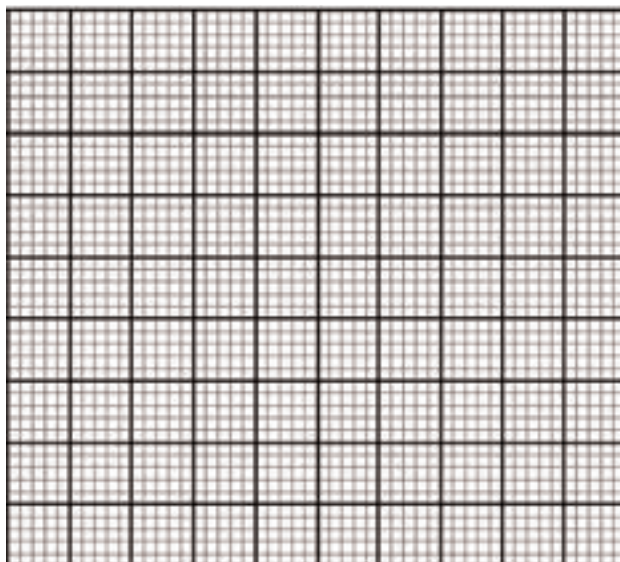
اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل دهنده هوا کره است که زندگی روی زمین، به وجود آن گره خورده است. این عنصر در آب کره، در ساختار مولکول‌های آب و در سنگ کره به صورت ترکیب با دیگر عناصر وجود دارد. همچنین اکسیژن در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها نیز یافت می‌شود. این گاز در هوا کره به طور عمده به شکل مولکول‌های دو اتمی وجود دارد؛ هرچند مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هوا کره با هم تفاوت دارد.

### خود را بیازمایید

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

۰	۰/۳	۰/۶	۱/۱	۲/۴	۳/۰	۳/۶	۴/۲	۴/۸	۶	۶/۷	۷/۳	۷/۹	ارتفاع از سطح زمین (km)
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	فشار گاز اکسیژن (× ۱۰ <sup>-۲</sup> atm)

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



ب) با توجه به نمودار، با افزایش ارتفاع در هواکره فشار گاز اکسیژن چه تغییری می کند؟  
پ) با استفاده از نمودار، فشار این گاز را در ارتفاع  $2/5$  کیلومتری پیش بینی کنید.  
ت) توضیح دهید چرا کوهنوردان هنگام صعود به قله های بلند، از کپسول اکسیژن استفاده می کنند؟

ث) با استفاده از یک نرم افزار رسم نمودار، این نمودار را رسم و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

اکسیژن، گازی واکنش پذیر است و با اغلب عناصرها و مواد واکنش می دهد؛ از این رو، بخش قابل توجهی از واکنش های شیمیایی که روزانه پیرامون ما رخ می دهد به دلیل وجود گاز اکسیژن در هوا است؛ برای مثال فساد مواد غذایی، پوسیدن چوب، فرسایش سنگ و خاک، زنگ زدن وسایل آهنی، سوختن سوخت ها و ... از جمله این واکنش ها است. آزادسازی انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد غذایی مانند چربی ها و قندها در سوخت و ساز یاخته ای نیز به کمک اکسیژن انجام می شود تا بدین ترتیب، انرژی لازم برای فعالیت های بدن فراهم شود.



● چراغ پیه سوز. در واکنش سوختن چربی، انرژی شیمیایی به انرژی نورانی و گرمایی تبدیل می شود.

### انرژی + آب + کربن دی اکسید → اکسیژن + چربی ها یا قندها

از سوی دیگر، بنزین، گازوئیل و ... در موتور خودرو می سوزد تا انرژی لازم برای حرکت خودرو فراهم شود. از سوختن گاز شهری در اجاق گاز، بخاری یا موتورخانه کاشانه ها\* (آپارتمان ها)، گرمای لازم برای پخت و پز، همچنین گرم کردن خانه ها تأمین می شود.

**سوختن**، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می دهد

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  $SO_2$ ،  $CO_2$  و بخار آب، مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند (شکل ۷).

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



شکل ۷- 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 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 است (شکل ۸).



(آ)

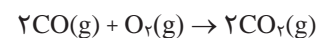


(ب)

شکل ۸- (آ) رنگ زرد شعله، نشان دهنده سوختن ناقص است (ب) رنگ آبی شعله، نشان می‌دهد که وسیله گازسوز 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

● کربن مونوکسید از کربن دی‌اکسید ناپایدارتر است، به طوری که CO تولید شده در سوختن ناقص در حضور اکسیژن و در شرایط مناسب دوباره می‌سوزد و به  $CO_2$  تبدیل می‌شود.



## آیا می‌دانید

براساس 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.





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  $200^\circ$  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 و قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ او 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 گازگرفتگی، 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.

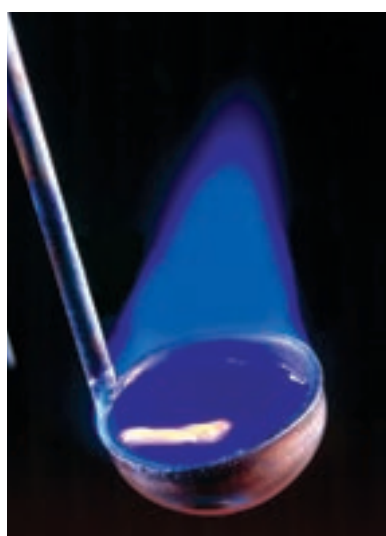


شکل ۱۰- سوختن گرد آهن. اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می‌سوزند.

واکنش‌پذیری زیاد اکسیژن سبب می‌شود تا عنصرهای فلزی و نافلزی در شرایط مناسب بسوزند (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.

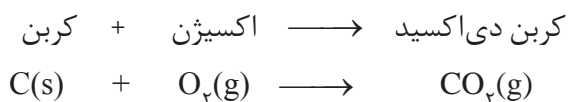


تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزاد سازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد.

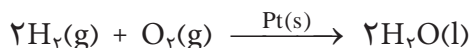


## واکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم

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 و معادله دوم، نمادی 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 پیروی می‌کنند.

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

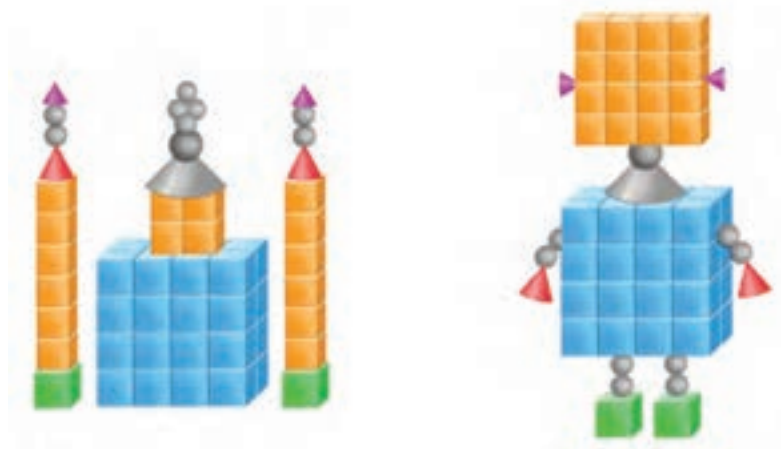
نمادهای به کاررفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی

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

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.

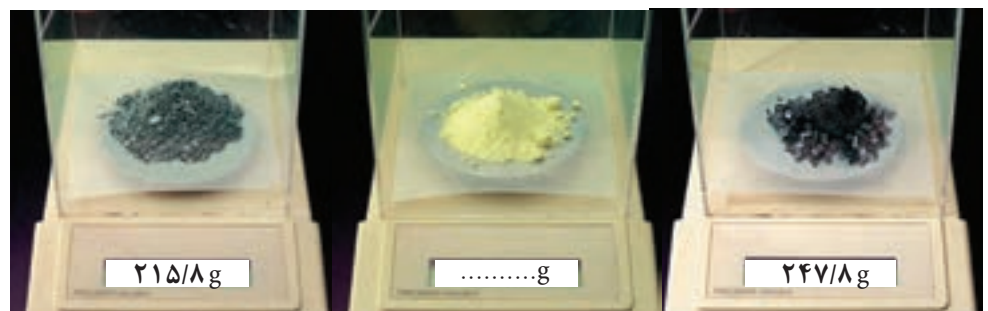


● معنای برخی عبارتها یا نمادهای مورد استفاده در معادله‌های شیمیایی

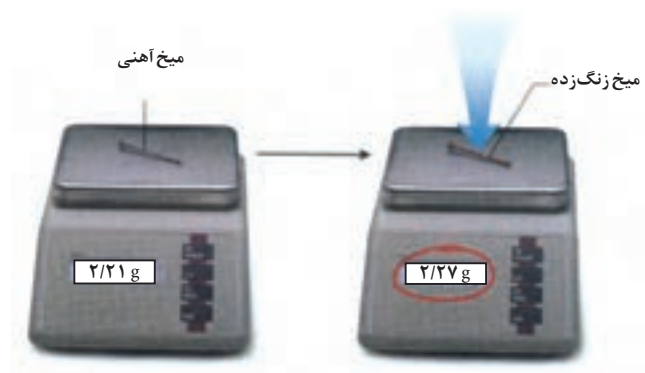
معنا	نماد
تولید می کند یا می دهد.	→
واکنش دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می دهند.	$\xrightarrow{\Delta}$
واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می شود.	$\xrightarrow{20 \text{ atm}}$
واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجه سلسیوس انجام می شود.	$\xrightarrow{1200^\circ \text{C}}$
برای انجام شدن واکنش، از فلز پالادیم (Pd) به عنوان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

۲- جای خالی را پر کنید.

فلز نقره + گوگرد → نقره سولفید



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.

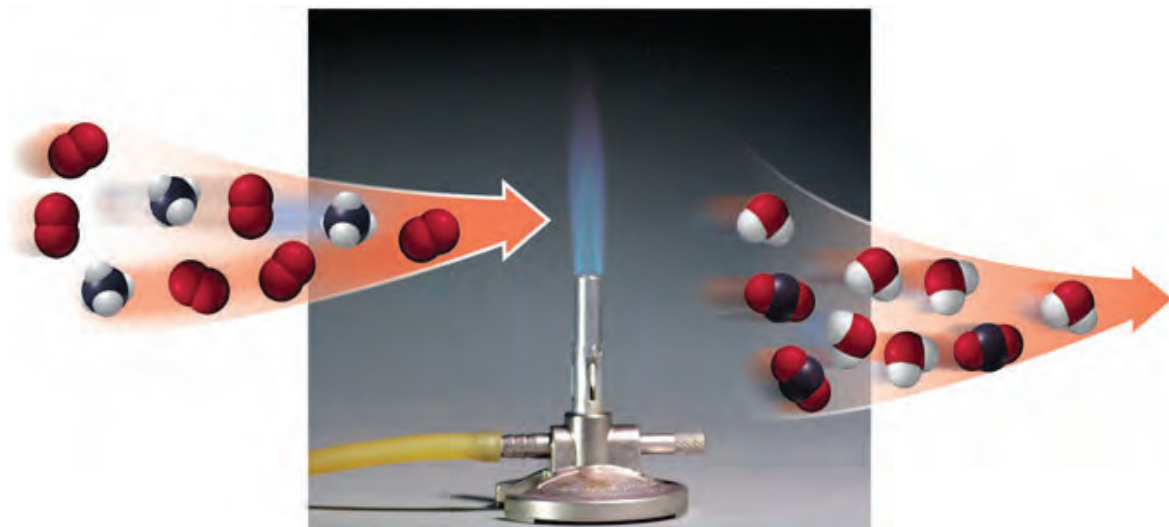


۴- درباره عبارت زیر در کلاس گفت و گو کنید.

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

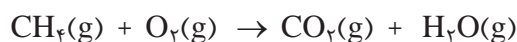
### موازنه کردن معادله واکنش های شیمیایی

در واکنش های شیمیایی، اتمی از بین نمی رود و به وجود هم نمی آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم های واکنش دهنده ها به شیوه های دیگری به هم متصل می شوند و فراورده ها را به وجود می آورند. این ویژگی نشان می دهد 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 اتم های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است، (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- سوختن متان. برابری شمار هر یک از اتم های کربن، هیدروژن و اکسیژن در واکنش دهنده ها با فراورده ها

برای این واکنش می توان معادله شیمیایی به صورت زیر نوشت:



در این معادله، تعداد اتم های کربن در واکنش دهنده ها (متان) برابر با ۱ و در فراورده ها (کربن دی اکسید) نیز با ۱ برابر است؛ اما تعداد اتم های هیدروژن و اکسیژن در دو سوی معادله، برابر نیست. حال برای اینکه تعداد اتم های 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 موازنه شده به دست می آید.



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

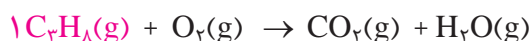
با توجه به معادله موازنه شده می‌توان نتیجه گرفت که برای موازنه کردن هر معادله شیمیایی، باید به هر یک از واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها ضریبی نسبت داد تا تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

براساس یکی از ساده‌ترین روش‌های موازنه (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، معادله نمادی سوختن کامل پروپان به صورت زیر است:

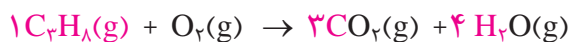


برای موازنه، به  $C_3H_8$  ضریب ۱ بدهید.



اینک تعداد اتم‌های کربن و هیدروژن در سمت چپ مشخص شده است. حال اگر به  $H_2O$

ضریب ۴ و به  $CO_2$  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،

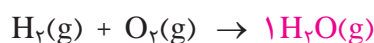
اگر به اکسیژن در سمت چپ، ضریب ۵ بدهید، تعداد اتم‌های همه عناصرها در دو سوی معادله برابر می‌شوند.



همان‌طور که مشاهده کردید، هنگام موازنه کردن معادله شیمیایی، نباید زیروندها 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 سوختن گاز هیدروژن دقت کنید.

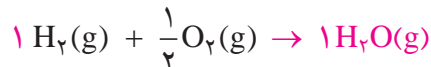


در اینجا برای موازنه به  $H_2O$ ، ضریب ۱ می‌دهیم.



حال تعداد 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، تعداد اتم‌های هر دو عنصر در دو سوی معادله برابر می‌شود.



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

در نتیجه:

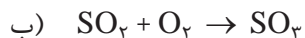


● معادله شیمیایی موازنه شده، به دو صورت خوانده می‌شود؛ برای نمونه:

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.

معادله واکنش‌های زیر را موازنه 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 ( $Al_2O_3$  به همراه ناخالصی) و فلز آهن به صورت هماتیت ( $Fe_2O_3$  به همراه ناخالصی) در طبیعت وجود دارد (شکل ۱۳).



(آ)



(ب)

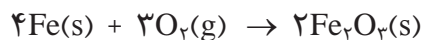
شکل ۱۳- آ) سنگ معدن آلومینیم، ب) سنگ معدن آهن

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 هوا ترکیب می‌شوند. برای مثال زنگ‌زدن آهن، واکنش شیمیایی معروفی است که بارها آن را در بخش‌های گوناگون زندگی مشاهده کرده‌اید. زنگ‌زدن آهن، یک واکنش اکسایش است که در آن، آهن با اکسیژن در هوای مرطوب واکنش داده و **زنگ آهن** قهوه‌ای‌رنگ 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



● زنگ‌زدن وسایل آهنی و فولادی، سالانه هزینه‌های هنگفتی را به اقتصاد کشورها تحمیل می‌کند.

قرار دهد. بدین ترتیب، اکسایش آهن تا آنجا پیش می‌رود که همه فلز به زنگار تبدیل می‌شود؛ ماده‌ای که استحکام لازم را ندارد و در اثر ضربه، خرد می‌شود و فرو می‌ریزد.

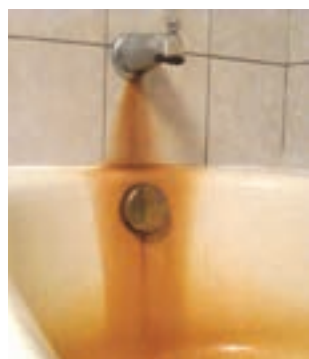


● به واکنش آرام مواد با اکسیژن که با تولید انرژی همراه است، واکنش اکسایش می‌گویند.



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

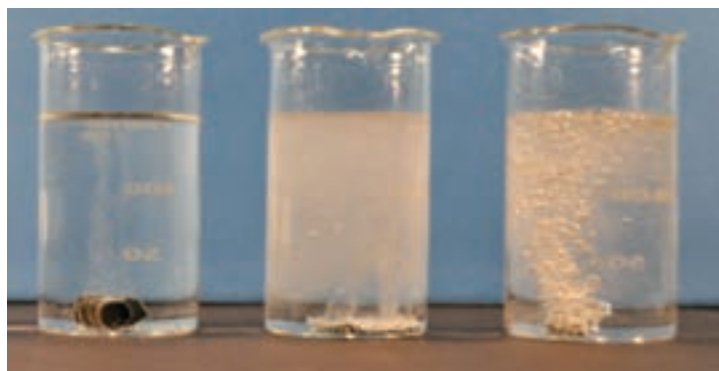
رفتار همه فلزها در برابر اکسیژن یکسان نیست؛ برای مثال، با اینکه فلز آلومینیم نیز با اکسیژن هوا واکنش می‌دهد و به آلومینیم اکسید تبدیل می‌شود، اما در برابر خوردگی مقاوم است، به گونه‌ای که برخلاف آهن، لایه‌های درونی فلز اکسایش نمی‌یابد؛ به همین دلیل، گاهی در ساختمان‌سازی از در و پنجره‌های آلومینیمی به 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 قهوه‌ای که همان زنگ آهن است به وجود آید. برای خلاصی از این پدیده که چهره زشتی ایجاد می‌کند، می‌توان پنبه آغشته به آلبیمویا 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.



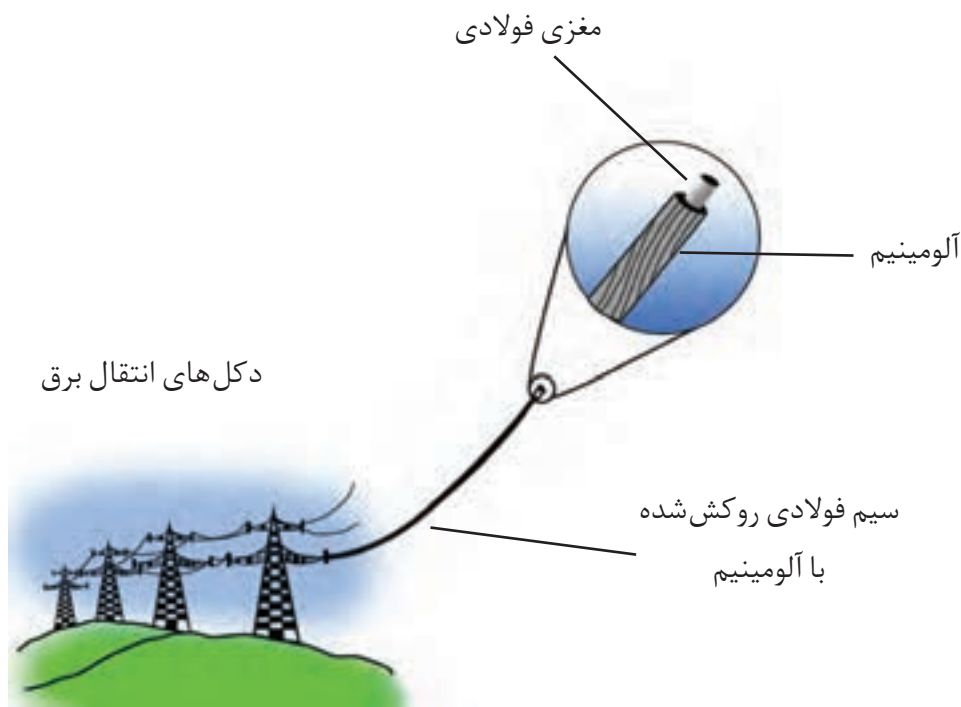
آ) کدام فلز واکنش‌پذیرتر است؟ چرا؟

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

۲- آلومینیوم اکسید، جامدی با ساختاری متراکم و پایدار است که محکم به سطح فلز می‌چسبد. بر این اساس توضیح دهید چرا وسایل آلومینیومی در برابر خوردگی مقاوم‌اند؟

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

● در درس علوم آموختید که هر چه ضخامت سیم کمتر باشد، مقاومت آن در برابر جریان الکتریکی بیشتر است.



آ) چرا روکش این سیم‌ها را از آلومینیوم می‌سازند؟

ب) با توجه به فاصله زیاد میان دکل‌های برق، چرا همه سیم‌ها را از فولاد نمی‌سازند؟ (راهنمایی: چگالی آهن و آلومینیوم 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  $FeO$  تبدیل می‌شود؛ سپس این ترکیب با اکسیژن محیط به  $Fe_2O_3$  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

فرمول	نام	فرمول	نام
Na <sub>2</sub> O	سدیم اکسید	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	آهن (III) اکسید
MgO	منیزیم اکسید	Cu <sub>2</sub> O	مس (I) اکسید
FeO	آهن (II) اکسید	CuO	مس (II) اکسید

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.



CuCl<sub>2</sub>

نام ترکیب	آلومینیم فلوئورید	پتاسیم سولفید	آهن (III) یدید	فرمول شیمیایی
				Cu <sub>2</sub> S
				MgBr <sub>2</sub>
				CaO



CuCl

۳- هرگاه بدانیم که اتم عنصر کروم در ترکیب‌های خود اغلب به صورت کاتیون Cr<sup>2+</sup> یا Cr<sup>3+</sup>

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

می‌دهد و به اکسید نافلزها تبدیل می‌شود. در واقع اکسیدهای نافلزی، دسته دیگری از

ترکیب‌های شیمیایی هستند که از واکنش نافلزها با اکسیژن تولید می‌شوند. ترکیب‌هایی

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

مانند  $CO_2$ ،  $SO_2$ ،  $SO_3$  و  $NO_2$ ، 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 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:



نام این ترکیب، الگویی برای نام گذاری 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.



$SO_3$



$CO_2$



$CO$

### خود را بیازمایید

۱- نام ترکیب‌های داده شده را بنویسید.

$NO_2$ (آ)	$N_2O_3$ (ب)
$CO$ (پ)	$CS_2$ (ت)
$SO_2$ (ث)	$SO_3$ (ج)
$PCl_3$ (چ)	$CCl_4$ (ح)
$SiBr_4$ (خ)	$NF_3$ (د)

### 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 دی‌اکسید 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 الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده را با هم جمع کنید.

● 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 چشم‌پوشی 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 الکترون (پیوندی + ناپیوندی) وجود داشته باشد.

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

● مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در مولکول، برابر با مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده آن باشد.

● همه اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده باشند (اتم‌های هیدروژن همواره یک پیوند تشکیل می‌دهند، از این رو 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 کلسیم‌اکسید (آهک) را به عنوان اکسیدفلزی 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 کلسیم‌اکسید همچنین برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱۵).

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

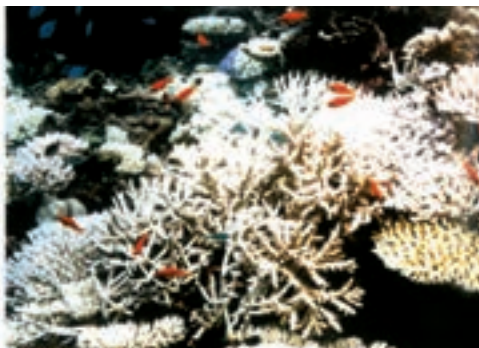
● هرگاه اتم هالوژن، اتم کناری باشد، تنها یک پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد.

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



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).



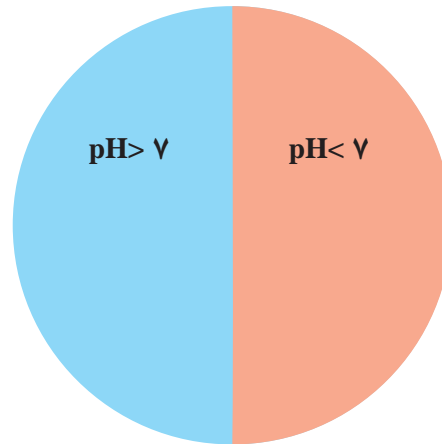
شکل ۱۶- با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید در هواکره، بخش زیادی از آن در آب دریاها و اقیانوس‌ها حل می‌شود. به این ترتیب خاصیت اسیدی آب افزایش می‌یابد و زندگی آبزیان به خطر می‌افتد.

● اثر هیدروکلریک اسید بر روی برگ گیاه

## 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- 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) MgO
- ب) SO<sub>2</sub>
- پ) CO<sub>2</sub>
- ت) Na<sub>2</sub>O

۶- از گچ و سیمان به مقدار زیادی در ساختمان سازی استفاده می‌شود. شاید شما هم دقت کرده باشید هنگام ساختمان سازی در محل تهیه بتن یا در جایی که مقداری سیمان یا گچ برجای 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.

## 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 دی‌اکسید (CO<sub>2</sub>) محلول در آن، اندکی اسیدی و دارای pH کمتر از ۷ است.

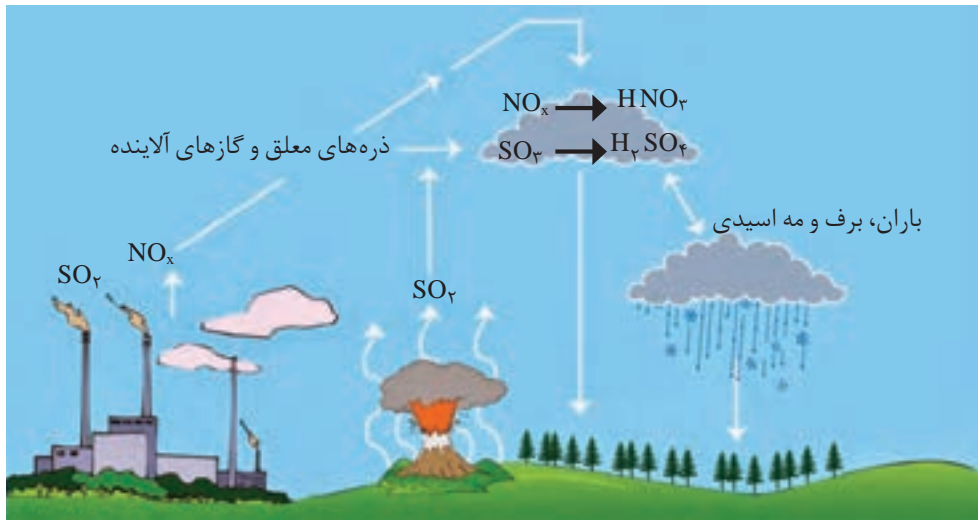
در شیمی هواکره، اصطلاح رایجی با عنوان «آنچه بالا می‌رود، باید پایین بیاید» وجود دارد. این اصطلاح بیان می‌کند آلاینده‌هایی که از سوختن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شوند و بالا می‌روند، سرانجام باید به زمین برگردند. این آلاینده‌ها به‌طور عمده شامل اکسیدهای اسیدی NO<sub>2</sub> و SO<sub>2</sub> هستند که 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).



● گستره pH محلول‌های آبی در دامای اتاق

## آیا می دانید

بویه‌ها 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.



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 زیانبار باران اسیدی بر روی پوست، دستگاه تنفس و چشم‌ها به سرعت قابل تشخیص است. گاهی خاصیت اسیدی باران باعث خشکی و ترک خوردگی پوست بدن می‌شود (شکل ۱۸).



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

## چه بر سر هوا کره می‌آوریم؟

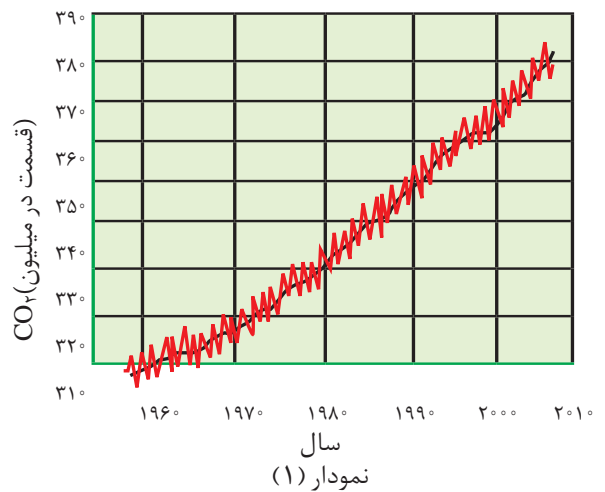
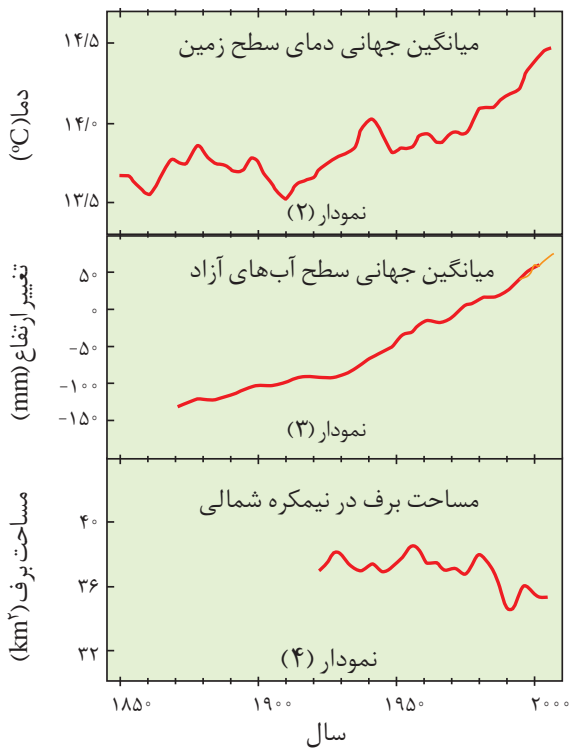
دانشمندان با استفاده از بالون‌های هواشناسی، ماهواره‌ها، کشتی‌های اقیانوس‌پیما و گویچه‌های شناور در دریاها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را در سرتاسر نقاط آن رصد می‌کنند. شواهد نشان می‌دهند که در طول سده گذشته میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است. این افزایش سبب شده تا شرایط آب 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 هواکره 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 هواکره وارد می‌شود به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هواکره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. نمودارهای زیر تغییر مقدار میانگین کربن دی‌اکسید در هواکره، میزان بالا آمدن سطح آب دریاها، 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 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.

CO

CO<sub>2</sub>

SO<sub>2</sub>

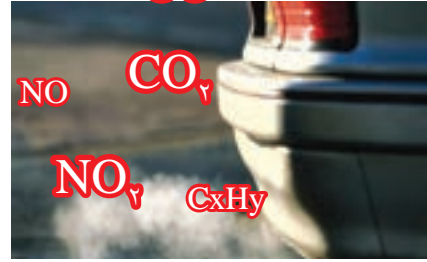
CO

NO

CO<sub>2</sub>

NO<sub>2</sub>

C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>



در درس علوم نهم آموختید که کربن دی اکسید مهم ترین گاز گلخانه ای است که نقش بسیار تعیین کننده ای در آب و هوای کره زمین دارد. اینک دانستن اینکه ما چه سهمی در میزان تولید این گاز در هوا کره داریم، ضروری به نظر می رسد.

در سده گذشته با تحول صنعتی، ماشین آلات سنگین طراحی و ساخته شد. صنایع بزرگ پدید آمدند و فراورده های کشاورزی، دارویی، غذایی، نساجی، پتروشیمیایی و ... به صورت انبوه و در مقیاس صنعتی تولید شدند. با این تحولات، نیاز به انرژی الکتریکی برای چرخاندن چرخ های اقتصادی، انرژی مورد نیاز حرکت وسایل حمل و نقل و ... به میزان چشمگیری افزایش یافت. همه این فعالیت ها سبب شد تا میزان مصرف بی حساب سوخت های فسیلی افزایش یابد و حجم انبوهی از کربن دی اکسید وارد هوا کره شود (شکل ۱۹).

● در اثر سوزاندن سوخت های فسیلی انواع آلاینده ها وارد هوا کره می شود.



(آ)



(ب)

شکل ۱۹- آ) آتش سوزی در سکوهای نفتی و ب) سوزاندن سوخت فسیلی در هواپیماها، حجم انبوهی کربن دی اکسید تولید می کنند.

● کربن دی اکسیدی که وارد هوا کره شده، در آن جا به جا می شود و می تواند هوای شهرهای دیگر را آلوده کند. بنابراین هر رفتار ما بر زندگی همه مردمان جهان اثر خواهد گذاشت.

سبک زندگی انسان، نوع وسایلی که در زندگی استفاده می کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می دهد، روی هوا کره تأثیر می گذارد؛ برای مثال، نوع وسیله نقلیه ای که برای رفتن به مدرسه، محل کار، سفر و ... استفاده می کنیم، غذایی که می خوریم، وسایل گرمایشی و حتی مدت زمانی که موهای خود را با ششوار خشک می کنیم به دلیل مصرف انرژی الکتریکی، مقداری کربن دی اکسید وارد هوا کره می کند و درصد گازهای هوا کره را تغییر می دهد. در واقع سبک زندگی می تواند بیانگر میزان اثرگذاری هر یک از انسان ها روی کره زمین و هوا کره باشد. **ردپا اصطلاحی** است که به این اثر نسبت داده اند. یکی از این ردپاها، ردپای کربن دی اکسید است. برای اینکه مقدار کربن دی اکسید در هوا کره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی کربن دی اکسید به وسیله گیاهان یا دیگر پدیده های طبیعی مصرف شود. حال هر چه مقدار کربن دی اکسید وارد شده به طبیعت زیادتیر باشد، ردپای ایجاد شده سنگین تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود؛ زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیله پدیده های طبیعی طولانی تر است.



● هوای آلوده بوی بدی دارد و چهره شهر را زشت می کند. این هوا باعث سوزش چشم، سردرد، تهوع و به وجود آمدن انواع بیماری های تنفسی مانند سرطان ریه می شود. وظیفه ما در برابر کاهش و از بین بردن این آلودگی ها چیست؟





● 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 هوا کره 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.

در جدول زیر روش به دست آوردن مقدار کربن دی اکسید وارد شده به هوا کره بر حسب برق مصرفی نشان داده شده است. در این جدول فرض شده است که برق خانگی شما را می توان به روش های گوناگون تهیه کرد. (y میزان برق مصرفی خانه شما را نشان می دهد که از روی قبض برق می توانید آن را مشخص کنید).

ستون ۱	ستون ۲	ستون ۳	ستون ۴	ستون ۵	ستون ۶
برق مصرفی در یک ماه (کیلو وات ساعت)	منبع تولید برق	مقدار کربن دی اکسید تولید شده در یک ماه (کیلوگرم)	مقدار کربن دی اکسید تولید شده در یکسال (کیلوگرم)	مقدار کربن دی اکسید مصرفی یک درخت تنومند با میانگین قطر ۲۹ تا ۳۴ سانتی متر	تعداد درخت لازم برای پاک سازی هوا کره
y	زغال سنگ	$0.9 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$		
	نفت خام	$0.7 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$		
	گاز طبیعی	$0.36 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$		
	باد	$0.1 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$		
	گرمای زمین	$0.3 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$		
	انرژی خورشید	$0.5 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$		

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 ایجاد 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 هوا کره در اثر برق مصرفی خانه شما، مصرف و هوا پاک سازی شود.

میانگین 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

● پیش‌بینی کنید برای از بین بردن ردپای کربن‌دی‌اکسید ناشی از سوخت خودروی خانواده شما چند درخت با قطر ۲۸-۲۲ سانتی‌متر لازم است؟ مقدار کربن‌دی‌اکسید تولید شده به ازای هریک کیلومتر مسافت طی شده با خودرورا برابر با  $25^{\circ}$  گرم در نظر بگیرید. (البته یادتان باشد اگر امروز یک نهال بکارید، حداقل  $20^{\circ}$  سال طول می‌کشد تا به یک درخت تنومند تبدیل شود.)

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

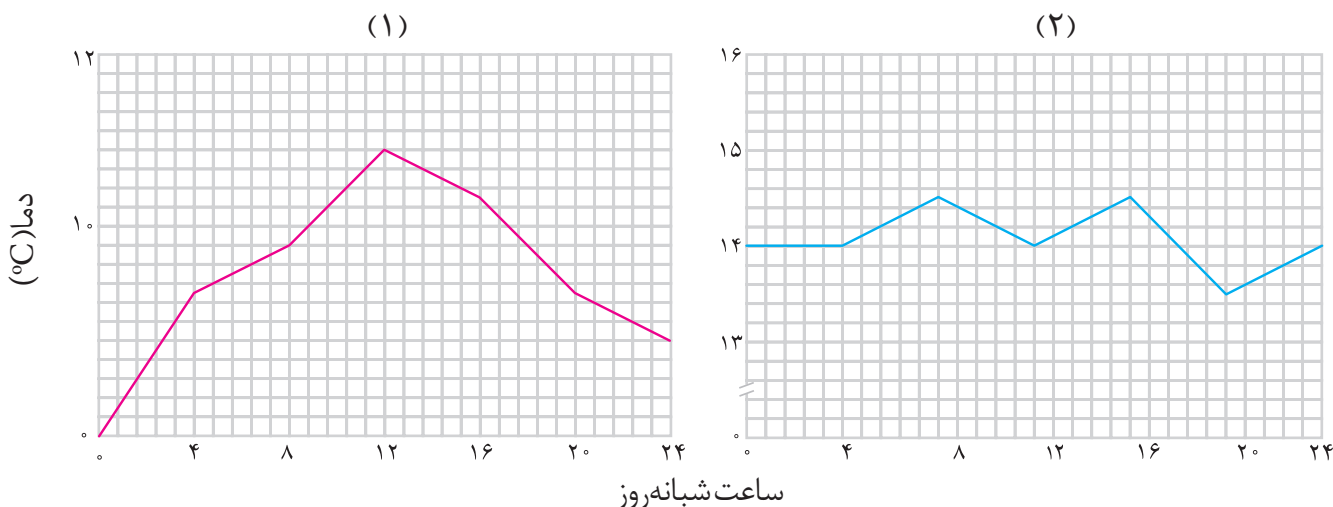
● با مراجعه به اینترنت و منابع علمی معتبر درباره مزایا و معایب تولید برق با استفاده از منابع گوناگون، اطلاعات جمع‌آوری کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. در گزارش خود راهکاری (هایی) برای کاهش تولید کربن‌دی‌اکسید ارائه کنید.



### اثر گلخانه‌ای

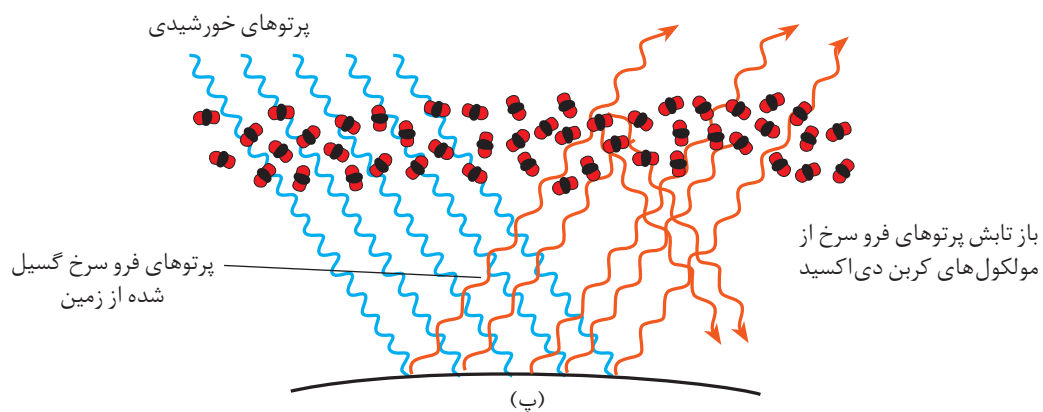
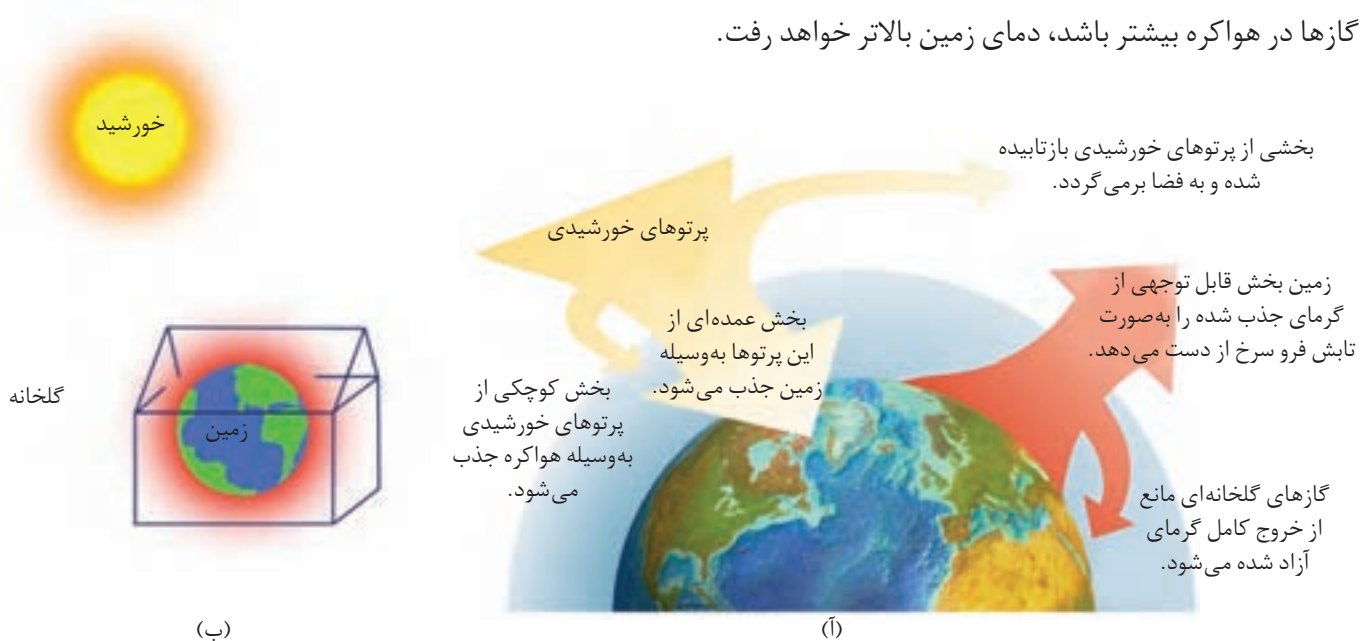
آیا می‌دانید گلخانه و کشت گلخانه‌ای چیست؟ گلخانه برای چه منظوری و چگونه ساخته می‌شود؟ گلخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور تا دور آنها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آنها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند. در گلخانه‌ها در تمام فصول سال به‌ویژه در 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 ۲۱). 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 می‌شود، به طوری که اگر این لایه وجود نداشت میانگین دمای کره زمین به  $18^{\circ}\text{C}$  - کاهش می‌یافت. با این توصیف پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هواکره برمی‌گردند، اما برخی گازهای موجود در هواکره مانند  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و... مانع از خروج آنها می‌شوند و بدین ترتیب زمین را گرم‌تر می‌کنند. هرچه مقدار این گازها در هواکره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر خواهد رفت.



شکل ۲۱- رفتار زمین در برابر پرتوهای خورشیدی، (آ) نمایی از گرمای جذب و بازتاب شده به وسیله زمین، (ب) مقایسه هواکره زمین و لایه محافظ گلخانه، (پ) عملکرد مولکول‌های  $\text{CO}_2$  در برابر تابش خورشیدی

## شیمی سبز، راهی برای محافظت از هوا کره

شیمی سبز شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمیدان‌ها 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 ذره‌بینی 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.



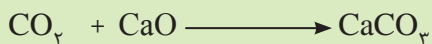
# شیمی

### آیا می‌دانید

شرکت‌های بزرگ خودروسازی در دنیا با بهره‌گیری از دانش علوم پایه و مهندسی، کربن دی‌اکسید تولید شده از خودروها را به ازای طی یک کیلومتر از ۱۶۵ گرم به ۱۳ 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 کربن دی‌اکسید تولید شده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی را با منیزیم اکسید یا کلسیم اکسید واکنش می‌دهند.



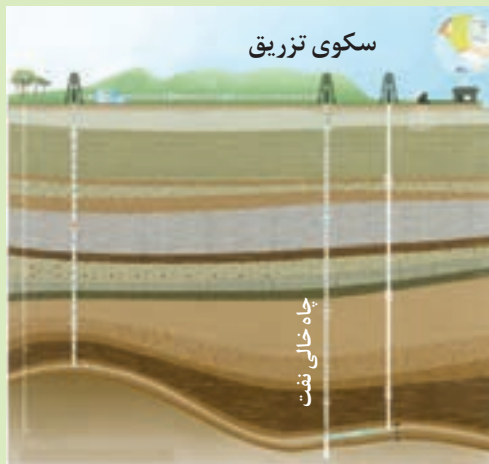
## تولید پلاستیک‌های سبز

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 هواکره 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.



# سبز

تولید خودرو  
و سوخت با  
کیفیت بسیار خوب

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

## در میان تارنماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر مانند تارنمای 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:

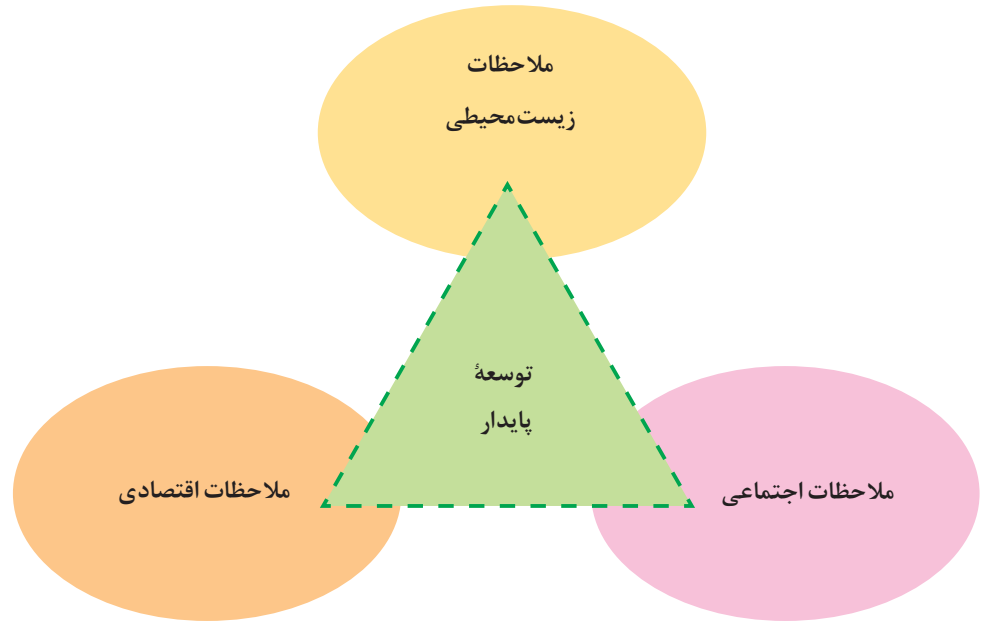
نام سوخت	بنزین	زغال سنگ	هیدروژن	گاز طبیعی
گرمای آزاد شده به ازای یک گرم کیلوژول	۴۸	۳۰	۱۴۳	۵۴
فراورده‌های سوختن	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
قیمت (ریال به ازای یک گرم)	۱۴	۴	۲۸۰۰	۵

(آ) استفاده از کدام سوخت آلاینده‌های کمتری ایجاد می‌کند؟

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

● توسعه پایدار یعنی اینکه در تولید هر فرآورده، همه هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن در نظر گرفته شود.

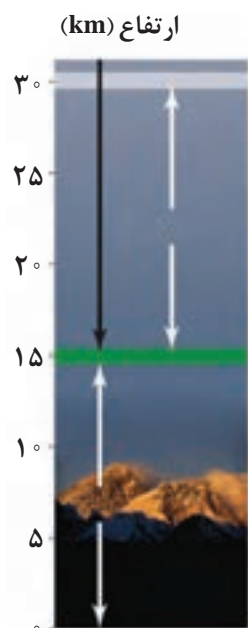


با این توصیف:

- توضیح دهید چرا برخی از کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی می‌کنند؟
- چرا برخی از کشورها در پی تولید پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیرند در حالی که قیمت تمام‌شده تولید پلاستیک‌ها با پایه نفتی در کارخانه بسیار کم است؟
- 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؟

## 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 ۲۲).



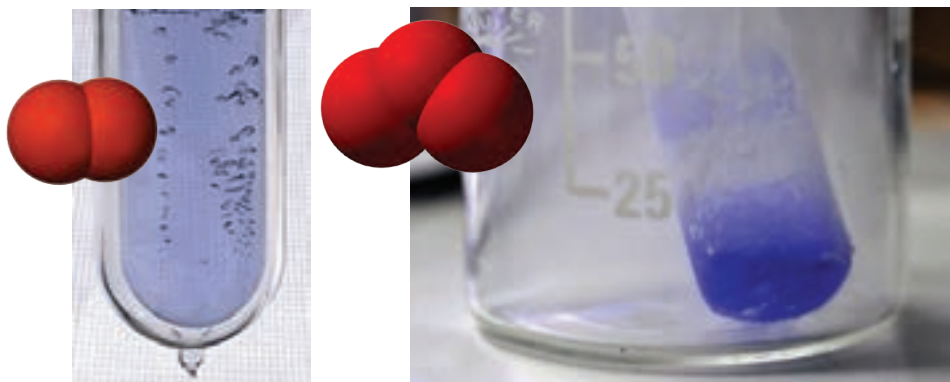
● دگر شکل\* (آلوتروپ) به شکل های گوناگون مولکولی یا بلوری یک عنصر گفته می شود.

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.



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

\* مصوب فرهنگستان





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

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

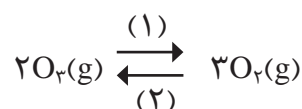
ت) توضیح دهید آیا اختلاف رفتار این دو ماده را می‌توان به این موضوع نسبت داد که:

«**ساختار هر ماده، تعیین‌کنندهٔ خواص و رفتار آن است.**»

همان‌طور که دیدید در مولکول اوزون سه پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی که تابش پراثری 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 فرسرخ آزاد می‌شود. با تکرار پیوستهٔ این دو واکنش، لایهٔ اوزون بخش قابل توجهی از تابش فرابنفش را جذب می‌کند و تابش‌های انرژی‌تر فرسرخ را به زمین گسیل می‌دارد.

## با هم بیندیشیم

مجموعه واکنش‌های لایهٔ اوزون را می‌توان با معادلهٔ زیر نمایش داد:



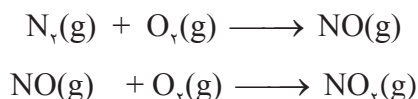
آ) شیمی‌دان‌ها به واکنش در جهت (۱)، واکنش رفت و به واکنش در جهت (۲)، واکنش برگشت می‌گویند. اگر در لایهٔ اوزون تنها واکنش (۱) یا (۲) انجام شود، چه فاجعه‌ای رخ می‌دهد؟ توضیح دهید. ب) واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن برگشت‌پذیر است. با این توصیف، واکنش برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر را تعریف و چند مثال از آنها را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

جالب است بدانید که اوزون در لایهٔ تروپوسفر نیز یافت می‌شود. از آنجا که اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است، این ماده، آلاینده‌ای سمی و خطرناک به شمار می‌آید به طوری که وجود

● **شیمی دان هواکره، متخصصی** است که ترکیب شیمیایی هواکره را می‌شناسند؛ همچنین از برهم‌کنش گازها، مایع‌ها و جامدهای موجود در هواکره با سطح زمین و موجودات زنده‌ای که روی آن زندگی می‌کنند، آگاه است.

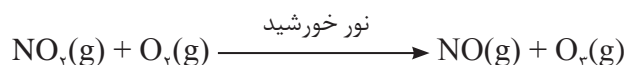
آن در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است. اکنون این پرسش مطرح است که اوزون تروپوسفری از کجا می‌آید؟

گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. اما تنها هنگام رعد و برق این دو گاز در هوا 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 روشن 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.

## خواص و رفتار گازها

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 این رو، حجم یک نمونه گاز با حجم ظرف محتوی آن برابر است (شکل ۲۵).

## آیا می‌دانید

ابن سینا افزون 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 عطرها گیاهی از گل‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرد.



(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).

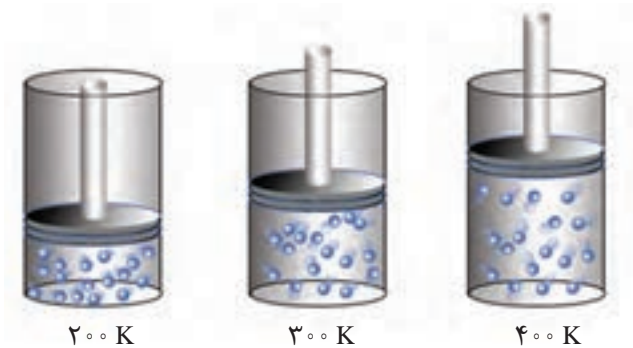


شکل ۲۶- گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود، اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.

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

## با هم ببیندیشیم

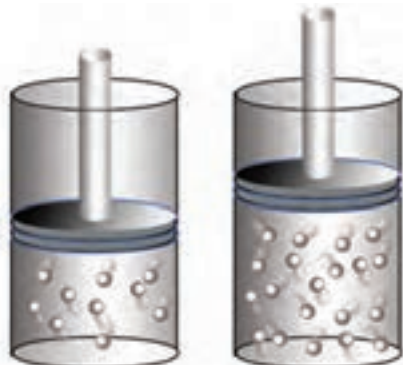
۱- شکل زیر یک نمونه گاز را درون سیلندری با پیستونی متحرک در دماهای گوناگون نشان می‌دهد.



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.



● 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)** 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**

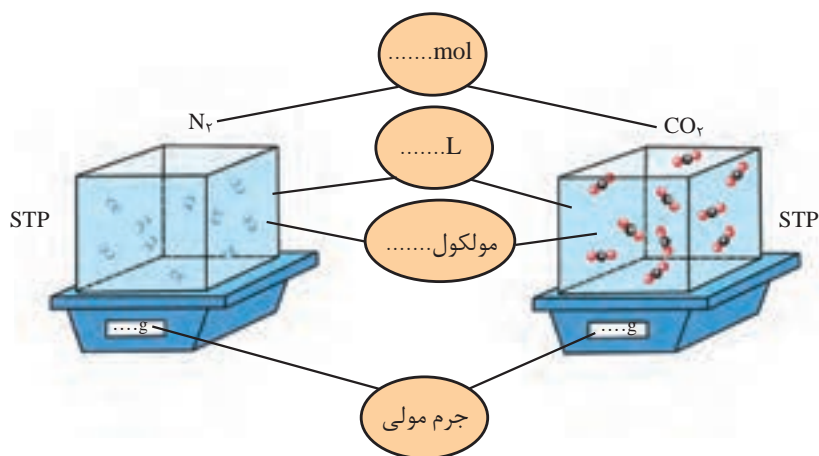
مثال	۱	۲	۳	۴	۵
گاز	H <sub>۲</sub>	Ne	CO <sub>۲</sub>	O <sub>۲</sub>	He
ظرف محتوی گاز					
مول (mol)	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۵۰	۱/۰
حجم (L)	۵/۶	۵/۶	۱۱/۲	۱۱/۲	۲۲/۴
جرم (g)	۰/۵۰	۵/۰	۲۲/۰	۱۶/۰	۴/۰

● 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 مشهور شد.

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 ۲۲/۴ لیتر است؛ به دیگر سخن، حجم مولی گازها در STP برابر با ۲۲/۴ لیتر است.

## خود را بیازمایید

۱- در شکل زیر جاهای خالی را پر کنید (هر ذره را هم‌ارز با  $1/16$  مول در نظر بگیرید).  
 $(N = 14/01, C = 12/01, O = 16/00 \text{ g mol}^{-1})$ .



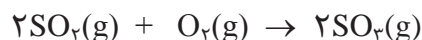
۲- هر فرد بالغ به طور میانگین ۱۲ بار در دقیقه نفس می‌کشد و هر بار  $1/5$  لیتر هوا به ریه‌هایش وارد می‌شود.

(آ) در یک شبانه روز چند لیتر هوا و چند لیتر اکسیژن وارد شش‌ها می‌شود؟

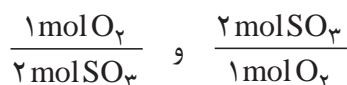
(ب) چند مول اکسیژن در یک شبانه‌روز وارد شش‌ها می‌شود؟ (شرایط را STP فرض کنید).

## 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 واکنش‌ها، 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 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، ۱ به ۲ است؛ به دیگر سخن نسبت‌های کمی زیر برقرار است:



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.

## آیا می‌دانید

جابر بن حیان بنیان‌گذار 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 علاقه‌مند شد. جابر برای فراگیری قرآن و بهره‌بردن از محضر پرفیض امام جعفر صادق (ع) به کوفه مهاجرت کرد. سفری که بی‌تردید موجب شکوفایی استعدادهای وی شد.

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

## نمونه حل شده

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

پاسخ:

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

به بخشی از دانش شیمی که به ارتباط کمی میان مواد شرکت کننده (واکنش دهنده‌ها 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 واکنش دهنده 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 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 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.

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 2/5 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{\dots\dots\dots \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{\dots\dots\dots \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 27 \text{ g H}_2\text{O}$$

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

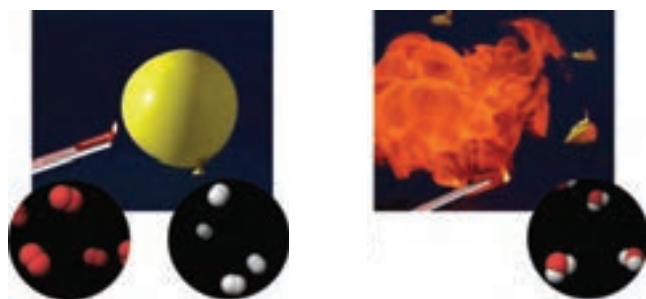
## آیا می‌دانید

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.

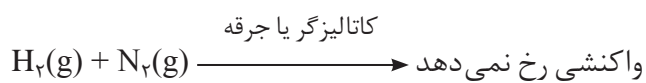
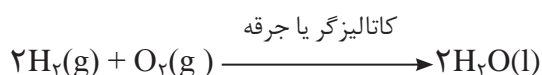
● به هر یک از ضرایب مواد شرکت کننده در یک معادله موازنه شده، ضریب استوکیومتری می‌گویند.

## تولید آمونیاک، کاربردی از واکنش گازها در صنعت

گاز نیتروژن فراوان‌ترین جزء سازنده هوا کره بوده که در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی 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 می‌شود و آب تولید می‌کند (شکل ۲۷) اما در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی رخ نمی‌دهد.



شکل ۲۷- سوختن گاز هیدروژن



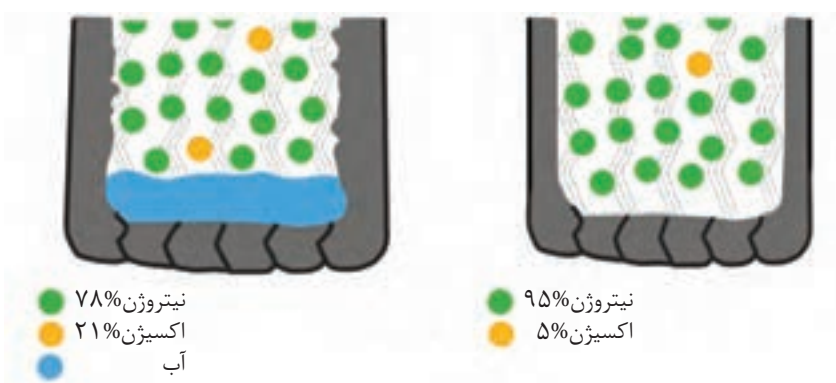
از این رو گاز نیتروژن به جوّ بی‌اثر شهرت یافته و در محیط‌هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد تغییر شیمیایی است به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می‌کنند.



● در علوم نهم دیدید که کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار را به خاک می‌افزایند. یکی از این کودها آمونیاک است که به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌شود.

### خود را بیازمایید

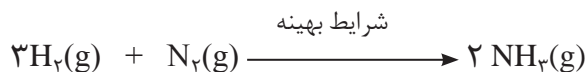
۱- شاید دیده باشید که برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا از گاز نیتروژن استفاده می‌کنند. توضیح دهید استفاده از این گاز به جای هوا چه فایده‌ای دارد؟



۲- گاز نیتروژن دارای مولکول‌های دو اتمی است. ساختار لوویس مولکول آن را رسم کنید.



هر چند گاز نیتروژن 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 عمده روبه رو شد:

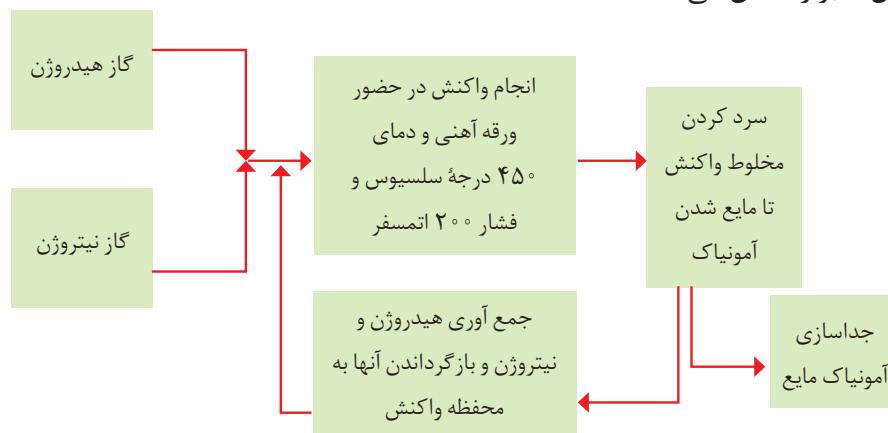
- واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی شد.

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  $450^\circ C$  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 فرآورده 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 روبه رو بود:

- چگونه می توان 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 می دهد.

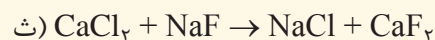
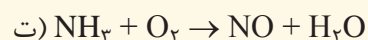
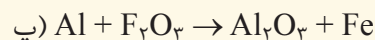
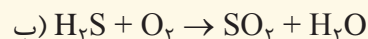
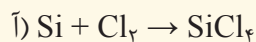
نام ماده	نقطه جوش ( $^\circ C$ )
هیدروژن	-۲۵۳
نیتروژن	-۱۹۶
آمونیاک	-۳۴



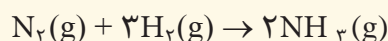
نمودار ۲- نمای تولید آمونیاک در صنعت به روش هابر

## تمرین‌های دوره‌ای

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



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

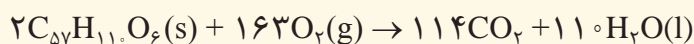


آ) برای تهیه ۴۲/۵ کیلوگرم آمونیاک به چند مول گاز هیدروژن نیاز است؟

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:



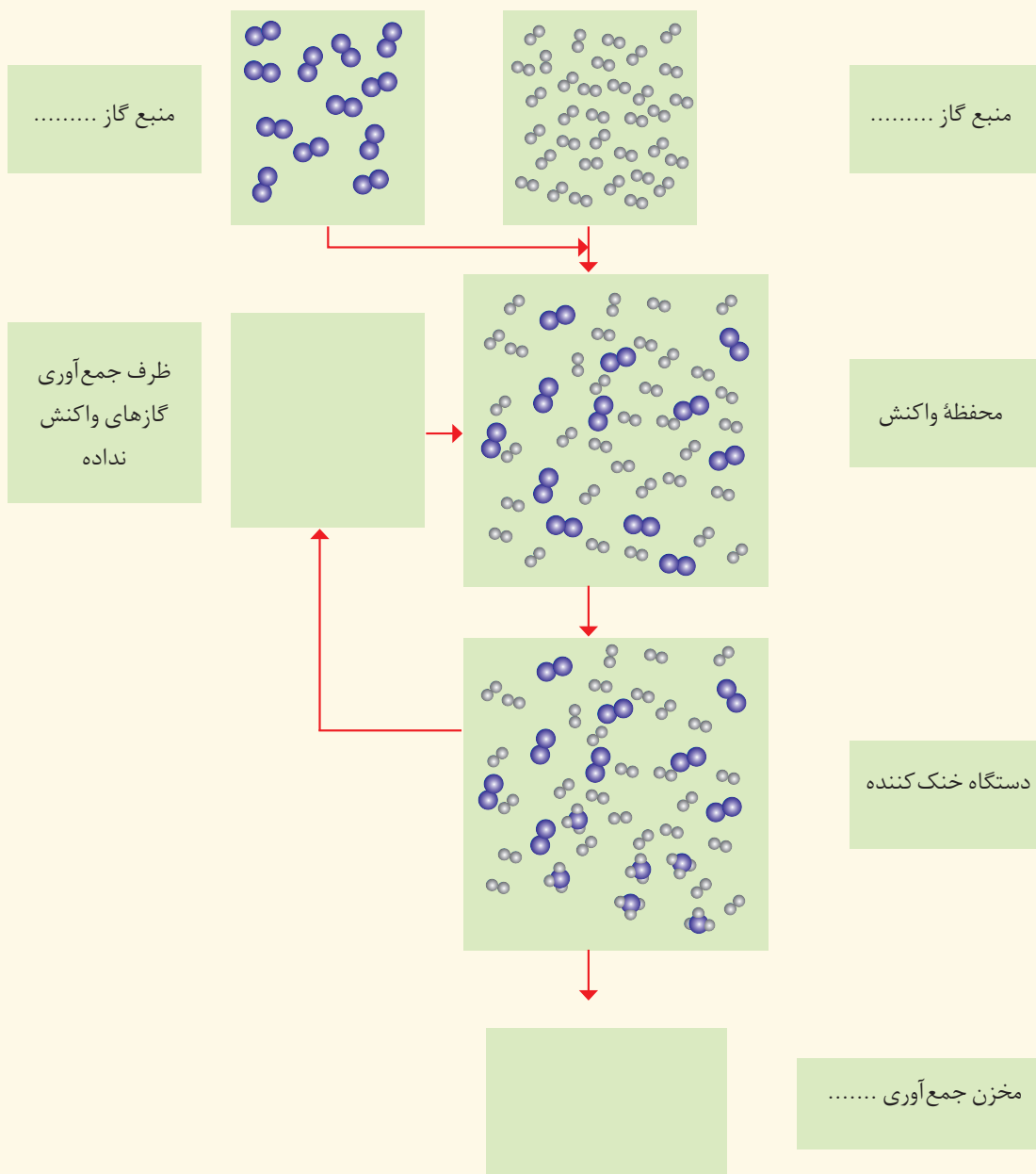
جرم آب تولید شده از اکسایش یک کیلوگرم چربی را حساب کنید.

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) 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 موردنظر 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 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؟

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 موازنه کنید.

ب) استفاده از اتانول به جای سوخت‌های فسیلی چه اثری بر میزان آلاینده‌هایی دارد که به هوا کره 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) به ازای طی یک کیلومتر	برچسب آلاینده‌گی خودرو
۱	$\leq 3$	کمتر از $12^\circ$	A
۴/۴	۴-۷	$12^\circ-14^\circ$	B
۹/۴	۸-۱۳	$14^\circ-155^\circ$	C
۱۹/۱	۱۴-۲۱	$155^\circ-17^\circ$	D
۳۴/۶	۲۲-۲۸	$17^\circ-19^\circ$	E
۵۵/۳	۲۹-۳۴	$19^\circ-225^\circ$	F
۹۲/۷	$\geq 35$	بیشتر از $225^\circ$	G

آ) نوعی خودرو در این کشور به ازای طی یک کیلومتر،  $105$  گرم گاز کربن دی‌اکسید منتشر می‌کند. برچسب این خودرو را تعیین کنید.

ب) هر خودرو به طور میانگین سالانه مسافتی حدود  $18000$  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  $100$  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 به ازای تولید هر صد کیلوگرم  $CO_2$  اضافی دو یورو مالیات متغیر می‌پردازد.)



●●● «أَفْرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ» آیه ۶۸، سوره واقعه ●●●

آیا به آبی که می نوشید، اندیشیده اید؟

● سیاره ما با جوّی سرشار از اکسیژن و سطحی پوشیده از آب فراوان همانند سفینه‌ای مجهز و بسیار بزرگ است. سفینه‌ای که میلیاردها مسافر خود را با منابع عظیم آب و آذوقه که در سرتاسر آن گسترده شده است، رایگان به سفر آفاق می برد. این مروراید آبی در سامانه خورشیدی، امن ترین جا برای زندگی ما و دیگر جانداران و نیز پهناورترین زیستگاه برای آبزیان به شمار می رود. در این سیاره آبی رنگ یکی از زیباترین جلوه‌های آفرینش، آب است. آبی که با گذر از هر راهی در زمین از روی هزاران سنگ و سنگریزه بی هیچ منتی همراهی را با خود تا دور دست می برد و در گذر پر پیچ و خم خود به هر جا، حتی درون یاخته‌های موجودات زنده نیز راه می یابد.

با اینکه آب در جای جای گیتی، نماد زندگی است، اما، امروزه این واژه یک زنگ خطر و بیدار باش برای اصلاح رفتار ما در راستای حفظ و مصرف بهینه از منابع آن است.

## آیا می دانید

جرم زمین در حدود  $6 \times 10^{24}$  تن است، در حالی که جرم آب روی سطح زمین در حدود  $\frac{1}{1000000}$  برابر جرم زمین است.

زمین در فضا به رنگ آبی دیده می شود؛ زیرا نزدیک به ۷۵ درصد سطح آن را آب پوشانده است؛ به گونه ای که جرم کل آب روی کره زمین در حدود  $1/5 \times 10^{18}$  تن برآورد می شود (شکل ۱). بخش عمده این آب در اقیانوس ها و دریاها توزیع شده است، به گونه ای که اگر کره زمین را مسطح در نظر بگیریم، آب، همه سطح آن را تا ارتفاع ۲ متر می پوشاند.



(آ)



(ب)

شکل ۱- (آ) تصویری از کره زمین (ب) تصویر کره زمین که از سطح کره ماه گرفته شده است.

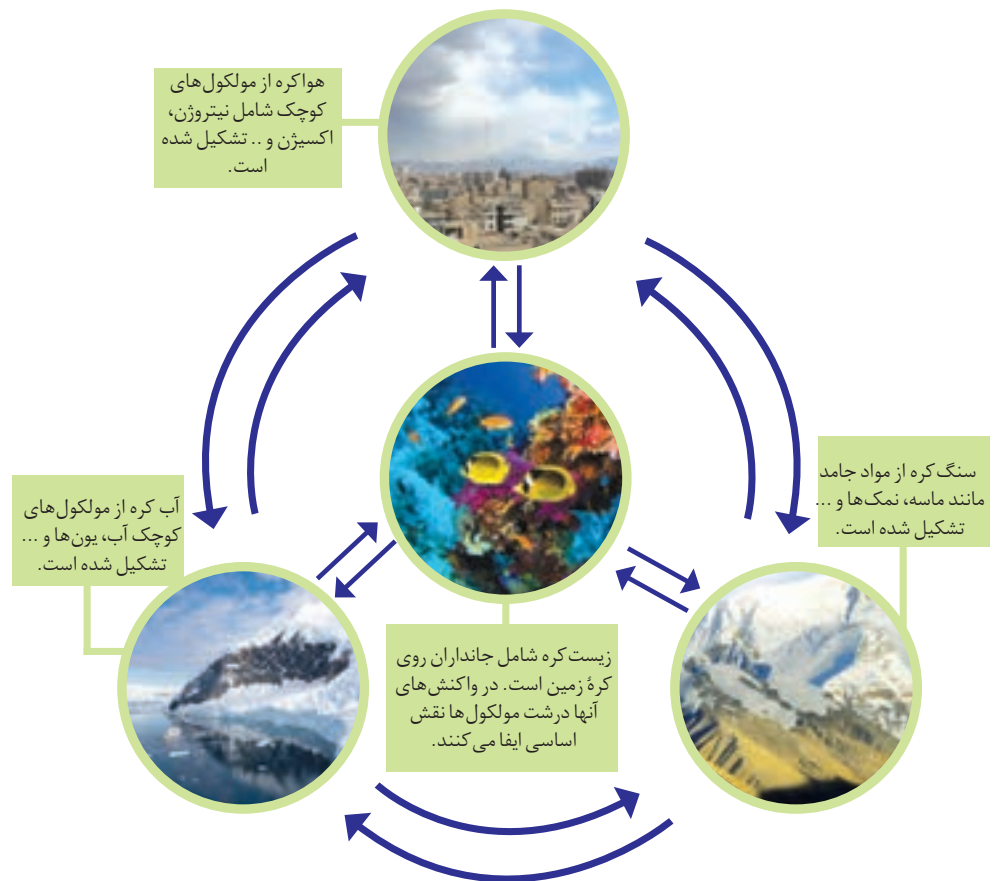
## آیا می دانید

چرخه آب سالانه  $4/2 \times 10^{14}$  تن آب را در سراسر کره زمین جابه جا می کند.

آب اقیانوس ها و دریاها مخلوطی همگن است که اغلب مزه ای شور دارد، زیرا مقدار قابل توجهی از نمک های گوناگون در آن حل شده است. برآوردها نشان می دهند که  $5 \times 10^{16}$  تن نمک در آب اقیانوس ها و دریاها وجود دارد و سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ کره نیز وارد آب کره می شوند. از آنجا که جرم کل مواد حل شده در آب های کره زمین تقریباً ثابت است، پس باید همین مقدار ماده نیز از آب دریاها و اقیانوس ها خارج شوند.

کره زمین را می توان سامانه ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بخش هوا کره، آب کره، سنگ کره و زیست کره است (شکل ۲). درون این سامانه و بین این چهار بخش، پیوسته مواد گوناگونی مبادله می شود؛ برای نمونه سالانه حجم عظیمی از آب دریاها بخار و وارد هوا کره می شود و به صورت بارش در آب کره یا سنگ کره فرود می آید. جانداران آبی سالانه میلیاردها تن کربن دی اکسید را وارد هوا کره و مقدار بسیار زیادی از گاز اکسیژن محلول در آب را مصرف می کنند. فعالیت های آتشفشانی سبب می شود گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد به صورت گرد و غبار وارد هوا کره شوند. لاشه جانوران و گیاهان بر اثر واکنش های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول های کوچک تری وارد آب کره، هوا کره یا سنگ کره می شوند. همچنین جانداران سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیب های کربن دار را وارد بخش های گوناگون کره زمین می کنند.





شکل ۲- زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش‌های گوناگون آن با یکدیگر برهم‌کنش‌های فیزیکی و شیمیایی دارند.

## خود را بیازمایید

### آیا می‌دانید

شیمی‌دان دریا به بررسی واکنش‌های شیمیایی که در اقیانوس‌ها و آب‌های ساحلی روی می‌دهد، توجه دارد. او با استفاده از دانش شیمی به مطالعه تولید مواد شیمیایی طبیعی از آب دریا، تأثیر آنها بر چرخه اقیانوس، معادن، کانی‌ها و اثر فعالیت‌های انسانی می‌پردازد. شیمی‌دان دریا می‌تواند از این دانش برای مطالعه حیات در دیگر سیاره‌ها نیز بهره‌بردار.

۱- در مورد مواد موجود در آب دریا به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ) چند نمونه از این مواد را نام ببرید.

ب) این مواد از کجا می‌آیند؟ توضیح دهید.

۲- این عبارت را که «زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست» توضیح دهید.

۳- در جدول زیر نام، نماد شیمیایی و مقدار برخی یون‌های حل شده در آب دریا نشان

داده شده است.

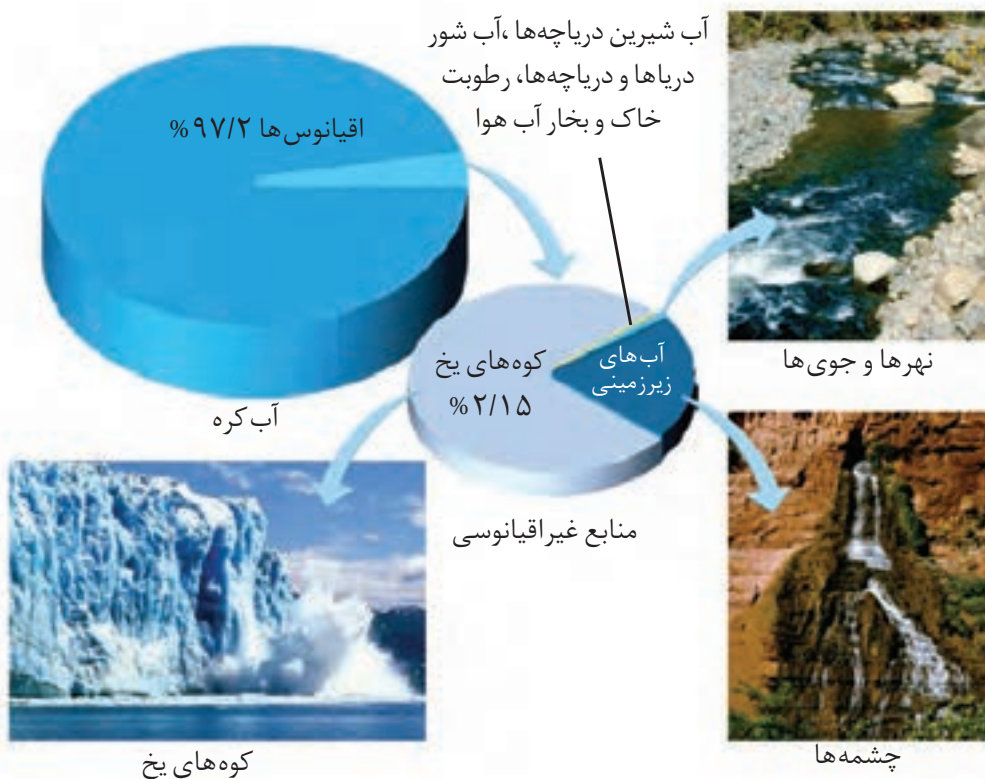
نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	$Cl^-$	$Na^+$	$SO_4^{2-}$	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$	$K^+$	$CO_3^{2-}$	$Br^-$
مقدار یون (میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا)	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

● آسیا پهناورترین قاره با داشتن بیش از ۶۰ درصد جمعیت جهان، خشک‌ترین قاره است. کشور ما با داشتن حدود یک درصد از جمعیت جهان، تنها ۰/۲۶ درصد از منابع آب شیرین جهان را در اختیار دارد. پژوهش‌ها و برآوردها نشان می‌دهند که یکی از مهم‌ترین چالش‌های کشور ما در آینده‌ای نزدیک، کمبود آب شیرین خواهد بود؛ چالشی که با مدیریت درست منابع آب می‌توان پیامدهای آن را کاهش داد.

## آیا می‌دانید

امروزه در جهان نزدیک به ۱,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰ نفر به آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند.

آ) کاتیون عنصرهای کدام گروه‌های جدول دوره‌ای در آب دریا وجود دارند؟  
 ب) مقدار کدام آنیون در آب دریا از دیگر آنیون‌ها بیشتر است؟  
 پ) مقدار کدام کاتیون در آب دریا از دیگر کاتیون‌ها بیشتر است؟  
 ت) وجود انواع یون‌ها در آب دریا به دلیل انحلال نمک‌های گوناگون در آن است. نام و فرمول چند ترکیب شیمیایی دوتایی را بنویسید که انحلال آنها باعث ورود یون‌های کلرید و سدیم در آب دریا می‌شود.  
 ۴- اگر چه ۷۵ درصد سطح زمین را آب پوشانده است، اما ۵۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج می‌برند و ۶۶ درصد از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبه‌رو خواهند شد. با توجه به شکل زیر دلیل کمبود آب برای مردم جهان را توضیح دهید.



بیشتر آب‌های روی زمین شور است و نمی‌توان از آنها در کشاورزی و مصارف خانگی و صنعتی استفاده کرد؛ از این رو تهیه آب شیرین و آشامیدنی، همچنین آب قابل استفاده در کشاورزی، صنعت و دیگر حوزه‌های یکی از چالش‌های اساسی در سطح جهان است. از سوی دیگر اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و ... منابع ارزشمندی برای تهیه و استخراج مواد شیمیایی گوناگون، تولید فرآورده‌های پروتئینی، مواد و وسایل تزئینی، تهیه داروهای گوناگون و ... هستند. بنابراین ضروری است با افزایش دانش شیمی خود بتوان پاسخ پرسش‌های صفحه بعد را یافت:





● آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است، زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همهٔ مواد حل شده در آب از آن جدا می‌شود. این فرایند، الگویی برای تهیهٔ آب خالص است. فرایندی که **تقطیر** و فرآوردهٔ آن **آب مقطر** نام دارد.

خواص فیزیکی و شیمیایی آب چیست؟ چرا برخی نمک‌ها در آب دریا حل می‌شوند اما، برخی دیگر حل نمی‌شوند؟ آیا مواد شیمیایی موجود در آب دریا با یکدیگر، آبیان و جانداران دریایی واکنش می‌دهند؟ مواد حل شده در آب دریا از کجا می‌آیند؟ کدام ویژگی آب سبب شده است تا زندگی در آب کره در زمستان و با وجود یخ زدن آب ادامه پیدا کند؟ pH مناسب آب برای رشد آبیان چند است؟ در این فصل با بررسی مفاهیم شیمیایی مربوط به آب و محلول‌ها، می‌توانید پاسخ این پرسش‌ها و پرسش‌های دیگری را که ممکن است برای شما پیش آید، پیدا کنید. امید است با آموزش شیمی، شهروندانی آگاه و مسئولیت‌پذیر تربیت شوند که با تکیه بر دانش، از منابع خدادادی به طور مناسب بهره‌برداری و استفاده نموده و در عین حال از ایجاد ردپاهای سنگین و بزرگ بر روی بخش‌های گوناگون کرهٔ زمین جلوگیری نمایند.

## همراهان ناپیدای آب

دریاها مخلوطی همگن از انواع یون‌ها و مولکول‌ها در آب هستند. نوع و مقدار مواد حل شده در دریاها با یکدیگر تفاوت دارند، زیرا آب‌هایی که به دریاها می‌ریزند در مسیر خود از زمین‌هایی گذر می‌کنند که مواد شیمیایی گوناگون دارند.

اغلب چشمه‌ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها، آبی زلال و شفاف دارند که شیرین، گوارا و آشامیدنی است (شکل ۳). آیا این آب‌ها خالص‌اند یا ناخالص؟ آیا آب‌های معدنی که از رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس تهیه می‌شوند، ناخالصی دارند؟



شکل ۳- چند نمونه از آب‌های شیرین

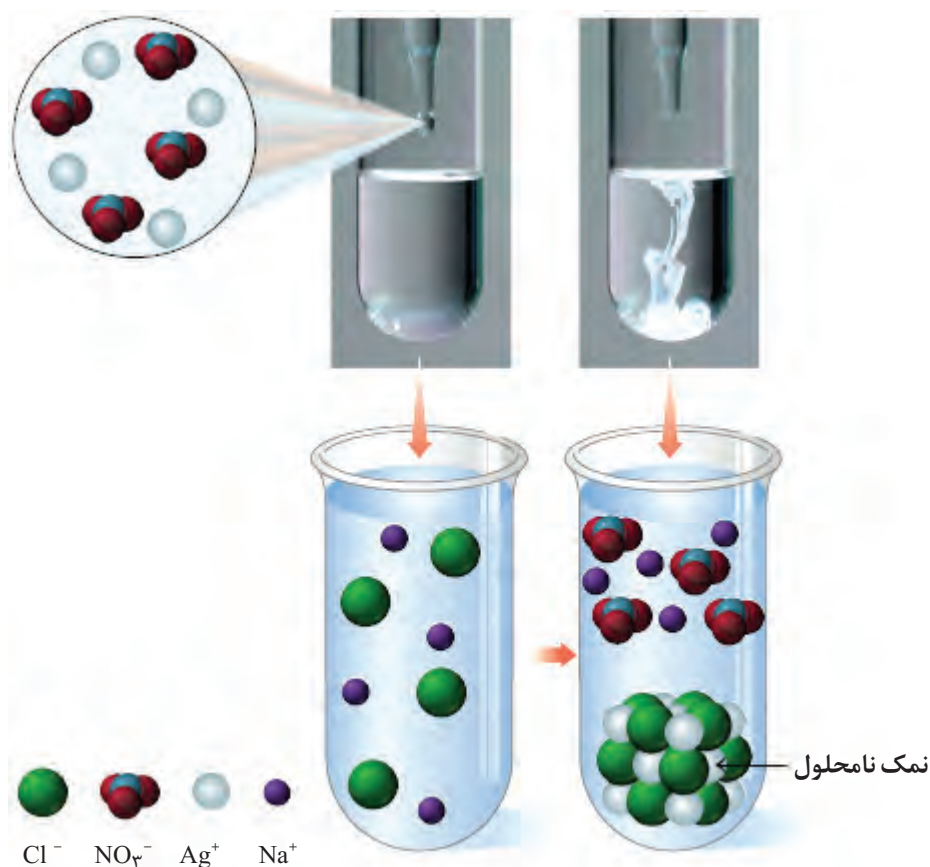
## کاوش کنید

ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز: چند لوله آزمایش، قطره چکان، قاشقک، آب مقطر، نقره نیترات، سدیم فسفات، سدیم کلرید، سدیم سولفات، باریم کلرید و کلسیم کلرید.  
**آزمایش ۱- آ)** یک لوله آزمایش بردارید و تا یک سوم حجم آن آب مقطر بریزید. سپس با استفاده از قاشقک چند بلور کوچک سدیم کلرید به آن بیفزایید. لوله آزمایش را تکان دهید. مشاهده خود را بنویسید.

ب) لوله آزمایش دیگری بردارید و تا یک سوم حجم آن آب مقطر بریزید. سپس با استفاده از قاشقک چند بلور نقره نیترات به آن بیفزایید. لوله آزمایش را تکان دهید. مشاهده خود را بنویسید.  
 پ) اکنون با استفاده از قطره چکان، چند قطره از محلول نقره نیترات تهیه شده را درون محلول سدیم کلرید بریزید. مشاهده خود را بنویسید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟  
 ت) با توجه به شکل زیر، معادله شیمیایی واکنش را بنویسید و آن را موازنه کنید.



• رسوب سفید نقره کلرید از واکنش محلول نقره نیترات با محلول سدیم کلرید تشکیل می‌شود.



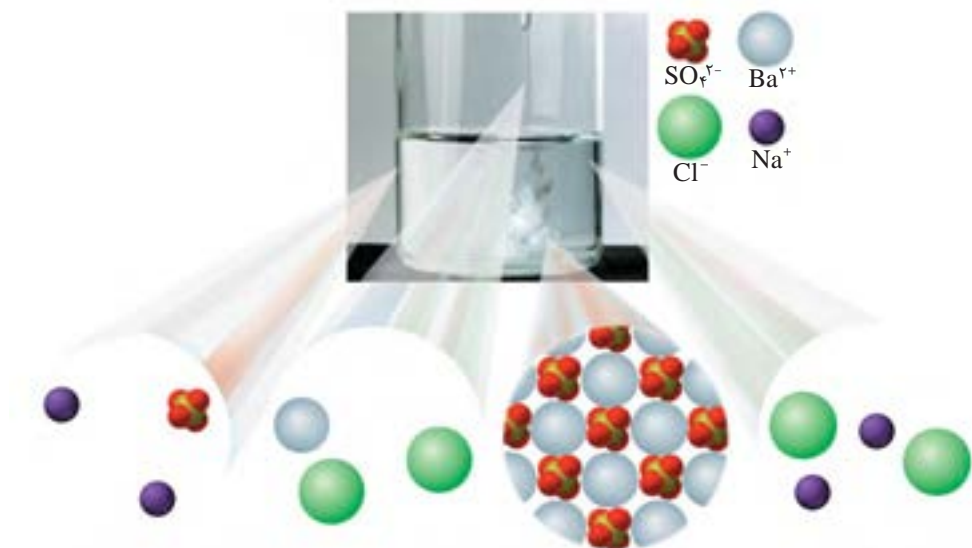
**آزمایش ۲- آ)** آزمایش ۱ را با سدیم فسفات ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) و کلسیم کلرید تکرار کنید. مشاهده خود را بنویسید.

ب) هر گاه بدانید که کلسیم فسفات،  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  و سدیم کلرید فراورده‌های واکنش هستند، معادله شیمیایی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.

**آزمایش ۳-** دانش‌آموزی برای شناسایی یون باریم در محلول آبی، آزمایشی طراحی کرده است. شکل زیر نمایی از آن را نشان می‌دهد.

آ) این آزمایش را انجام دهید.

ب) معادله شیمیایی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.



**آزمایش ۴-** از یک منبع آب آشامیدنی (آب شیر، آب معدنی، آب چشمه یا آب قنات) دو نمونه تهیه کنید، سپس با انجام آزمایش، وجود یون‌های کلرید و کلسیم را در آنها بررسی کنید.

● در برخی از آب‌های آشامیدنی مقدار یون‌های حل شده به قدری زیاد است که مزه آب را تغییر می‌دهد.

آب آشامیدنی، مخلوطی زلال و همگن بوده، حاوی مقدار کمی از یون‌های گوناگون است (شکل ۴). برخی از این یون‌ها به‌طور طبیعی در آب حل شده است و برخی دیگر در مراکز تأمین آب آشامیدنی سالم به آن افزوده می‌شود. برای نمونه به آب آشامیدنی، مقدار بسیار کمی یون فلوئورید می‌افزایند، زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.

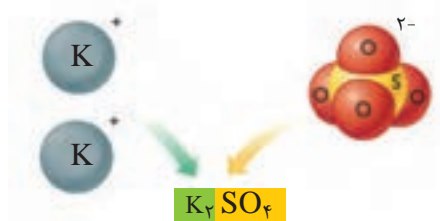


● تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب‌ها در نوع و مقدار حل‌شونده‌های آنها است.

شکل ۴- برخی یون‌های موجود در آب‌های آشامیدنی و شیرین. مقدار و نوع یون‌های موجود در آب‌های شیرین از محلی به محل دیگر تفاوت دارد.

برخی از یون‌های موجود در آب آشامیدنی، مانند  $Ca^{2+}$ ،  $Cl^-$ ،  $Na^+$  و  $F^-$  تک‌اتمی هستند، در حالی که برخی دیگر مانند یون نیترات ( $NO_3^-$ ) و یون سولفات ( $SO_4^{2-}$ ) از چند اتم تشکیل شده‌اند. این یون‌ها را **یون‌های چند اتمی** می‌نامند. پتاسیم سولفات ترکیبی یونی است که هر واحد آن شامل دو یون تک اتمی پتاسیم و یک یون چند اتمی سولفات است (شکل ۵).

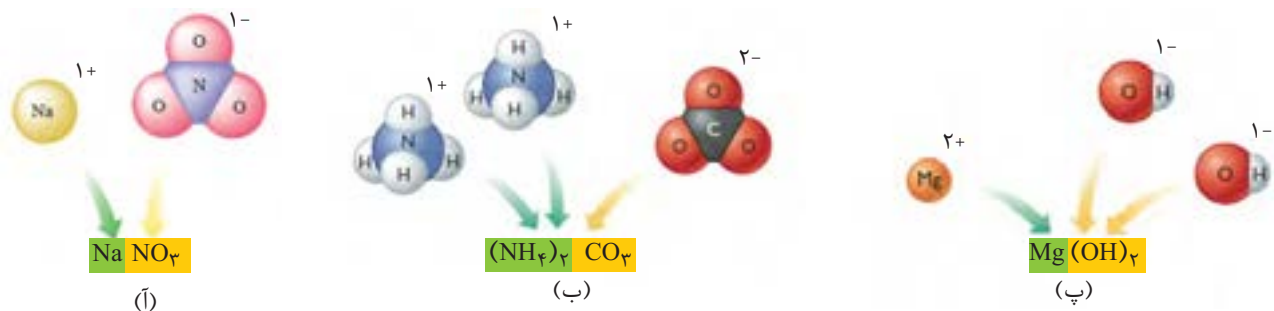
● یونی که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده است، یون چند اتمی نام دارد.



شکل ۵- یون‌های سازنده پتاسیم سولفات و فرمول شیمیایی آن (توجه کنید در یون چند اتمی  $SO_4^{2-}$ ، بار الکتریکی  $2-$  به اتم خاصی تعلق ندارد بلکه متعلق به کل یون است).

برای نوشتن فرمول شیمیایی این ترکیب‌ها، نخست نماد کاتیون را سمت چپ و فرمول شیمیایی آنیون را در سمت راست می‌نویسند. با توجه به اینکه یک ترکیب یونی خنثی است،

تعداد کاتیون‌ها و آنیون‌ها را مشخص می‌کنند و به صورت زیروند در سمت راست هر یون قرار می‌دهند (شکل ۶).



شکل ۶- نام و فرمول شیمیایی (آ) سدیم نترات، (ب) آمونیوم کربنات و (پ) منیزیم هیدروکسید

## خود را بیازمایید

۱- جدول زیر را کامل کنید.

آنیون / کاتیون	$\text{Cl}^-$ یون کلرید	$\text{NO}_3^-$ یون نترات	$\text{SO}_4^{2-}$ یون سولفات	$\text{CO}_3^{2-}$ یون کربنات	$\text{OH}^-$ یون هیدروکسید
$\text{Li}^+$ یون لیتیم			$\text{Li}_2\text{SO}_4$ لیتیم سولفات		
$\text{Mg}^{2+}$ یون منیزیم					$\text{Mg}(\text{OH})_2$ منیزیم هیدروکسید
$\text{Fe}^{2+}$ یون آهن (II)					
$\text{Al}^{3+}$ یون آلومینیم					
$\text{NH}_4^+$ یون آمونیوم				$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ آمونیوم کربنات	$\text{NH}_4\text{OH}$ آمونیوم هیدروکسید

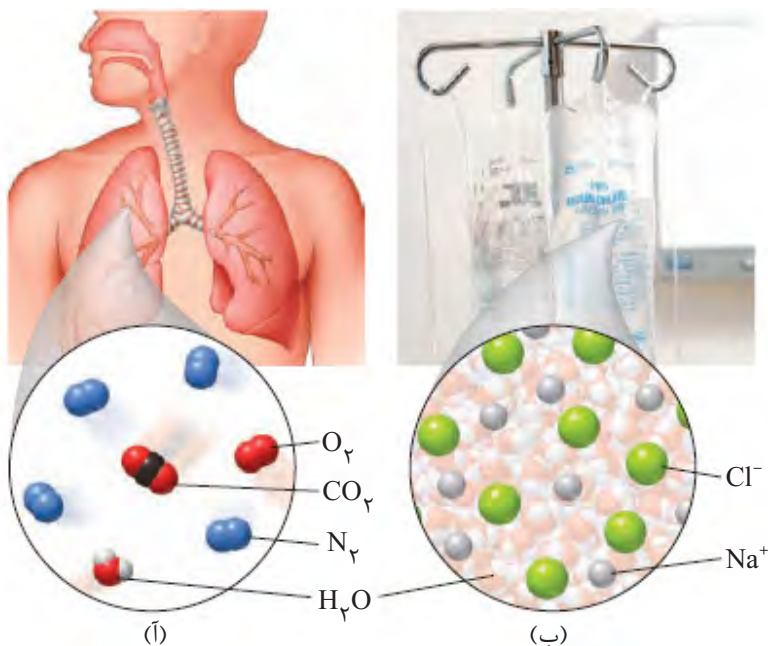
۲- گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  به عنصرهایی مانند N، P، S و ... نیاز دارند. آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار می دهد.

(آ) از انحلال هر واحد آمونیوم سولفات در آب، چند یون تولید می شود؟ توضیح دهید.  
 (ب) ساختار لوویس یون های آمونیوم و سولفات را رسم کنید.

● در محلول آبی ضدیخ، حالت فیزیکی در سرتاسر آن مایع و ترکیب شیمیایی مانند رنگ، غلظت و ... در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

### محلول و مقدار حل شونده ها

محلول، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده است که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی محلول در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت می باشد. محلول ها کاربردهای فراوانی در زندگی ما دارند (شکل ۷).



(پ)



(ت)

**شکل ۷-** برخی محلول ها و کاربرد آنها. (آ) هوای پاکی که تنفس می کنیم، محلولی از گازهاست، (ب) سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب است، (پ) ضد یخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است، (ت) گلاب مخلوطی همگن از چند ماده آلی در آب است.

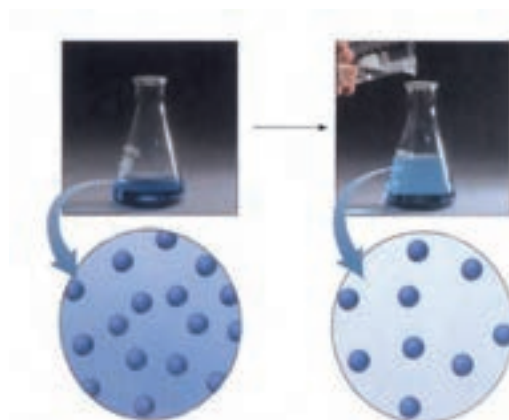
● همه ساله خانه خدا را با گلاب ناب کاشان شستشو می دهند.

برخی محلول ها مانند سرم فیزیولوژی رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه غلیظ است. هنگامی که گفته می شود، محلولی غلیظ است یعنی مقدار حل شونده (ها) در آن زیاد است (شکل ۸). برای مثال شاید امروز صبح هنگام خوردن صبحانه گفته باشید که چای شیرین من

خیلی غلیظ است. این گفته نشان می‌دهد که یا مقدار شکر موجود در چای شما زیاد بوده یا چای شما بسیار پررنگ بوده است (شکل ۹).



**شکل ۹-** در چای غلیظ، شمار ذره‌های حل شونده در واحد حجم بیشتر است.



**شکل ۸-** نمای ذره‌ای از محلول آبی رقیق و غلیظ مس(II) سولفات

مقدار نمک‌های حل شده در آب دریا‌های گوناگون نیز با هم تفاوت دارد. برای نمونه در هر ۱۰۰ گرم آب دریای مرده (بحرالمت)، در حدود ۲۷ گرم حل شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد؛ از این رو آب این دریا محلول غلیظی است که انسان می‌تواند به راحتی روی آن شناور بماند. (شکل ۱۰) دریاچه ارومیه نیز یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که مقدار نمک‌های حل شده در آن بسیار زیاد است. محلول آبی این دریاچه نیز بسیار غلیظ است؛ از این رو دریاچه ارومیه منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به شمار می‌آید.



**شکل ۱۰-** مقدار نمک‌های حل شده در آب دریا‌های گوناگون

در علوم هفتم آموختید که هر محلول از دو جزء، حلال و حل شونده تشکیل شده است. در واقع، حلال جزئی از محلول است که حل شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است. خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل شونده و مقدار هر یک از آنها بستگی دارد. بنابراین دانستن اینکه چه مقدار حل شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

## آیا می دانید

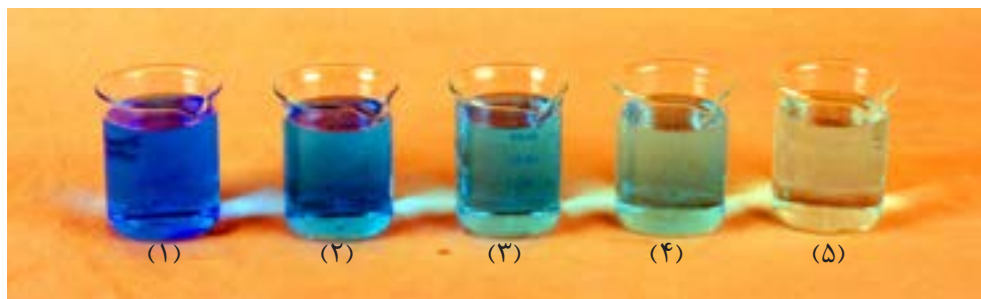
دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور دنیاست که در هر کیلوگرم از آب آن، بیش از ۲۰۰ گرم از انواع حل شونده‌ها وجود دارد. چگالی آب دریاچه ارومیه در زمان پر آبی ۱/۱۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با  $\text{pH}=7/5$  گزارش شده است. کاتیون‌های موجود در آب این دریاچه به طور عمده شامل  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Ca}^{2+}$ ،  $\text{Li}^+$  و  $\text{Mg}^{2+}$  و آنیون‌های موجود در آن به طور عمده شامل  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{SO}_4^{2-}$  و  $\text{HCO}_3^-$  است. مقدار  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  در آب دریاچه ارومیه حدود چهار برابر آب دریا‌های آزاد است. به همین علت آن را می‌توان منبعی غنی برای تولید نمک خوراکی دانست. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که متأسفانه این حوزه آبی دچار خشکی شده است و اگر این روند ادامه یابد، خسارت‌های جبران‌ناپذیر و ردپای سنگینی بر زیست بوم منطقه برجای خواهد گذاشت.



شیمی‌دان‌ها غلظت یک محلول را برابر با مقدار حل‌شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می‌کنند. آنها در آزمایشگاه با محلول‌های گوناگونی سروکار دارند که مقدار حل‌شونده در آنها در گستره‌ای از مقدار بسیار کم تا مقدار بسیار زیاد متغیر است. از این رو، غلظت محلول‌ها را به روش‌های گوناگون بیان می‌کنند. در اینجا به بررسی غلظت محلول‌ها به سه روش می‌پردازیم.

## قسمت در میلیون

هر گاه  $0/5^\circ$  گرم مس (II) سولفات را در  $100^\circ$  گرم آب حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به دست می‌آید. حال اگر این محلول را با افزودن آب، چندین مرتبه رقیق‌تر کنیم، محلولی بسیار کم رنگ پدید می‌آید که گویی رنگ ندارد. ظاهر بی‌رنگ این محلول نشان می‌دهد که محلول بسیار رقیق بوده و مقدار حل‌شونده در آن بسیار کم است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- در هر  $100^\circ$  گرم محلول شماره ۵، حدود  $0/00005^\circ$  گرم مس (II) سولفات وجود دارد.

برای بیان ساده‌تر غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب دریا، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا از کمیتی به نام قسمت در میلیون (ppm) استفاده می‌شود. این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل‌شونده وجود دارد. ppm از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$$

در این رابطه، یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد.

## نمونه حل شده

در یک نمونه آب آشامیدنی به جرم  $200^\circ$  گرم،  $0/5^\circ$  میلی‌گرم یون فلوئورید وجود دارد. غلظت یون  $\text{F}^-$  در این نمونه چند ppm است؟

## پاسخ:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{5 \times 10^{-5} \text{ g}}{200 \text{ g}} \times 10^6 = 0/25 \text{ ppm}$$



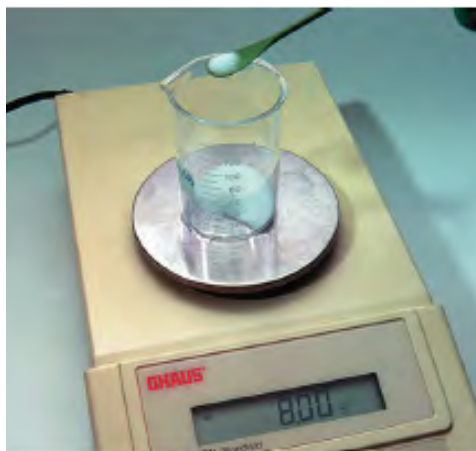
### آیا می دانید

سازمان بهداشت جهانی مقدار مجاز یون فلوئورید را در آب آشامیدنی  $1/22 \text{ ppm} - 0/7$  اعلام کرده است. اگر مقدار یون فلوئورید از این گستره کمتر باشد، کارایی خود را از دست می دهد. از سوی دیگر، مصرف بیش از اندازه یون  $F^-$  باعث ایجاد خال یا لکه های به رنگ سفید مات بر سطح مینای دندان می شود. با ادامه مصرف یون فلوئورید، لکه ها قهوه ای شده، به تدریج فرو رفتگی ایجاد می شود.

با مراجعه به منابع معتبر علمی، درباره اینکه «غلظت یون نیترات ( $NO_3^-$ ) در آب آشامیدنی باید کمترین مقدار ممکن باشد» اطلاعاتی جمع آوری و به کلاس گزارش کنید.

### با هم بیندیشیم

۱- مربی آزمایشگاه پس از قرار دادن بشر روی ترازو، جرم آن را روی صفر تنظیم می کند. سپس با افزودن مقدار معینی پتاسیم کلرید (حل شونده) و آب (حلال)، محلولی تهیه می کند. با توجه به شکل های زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



● درصد جرمی را با نماد %W/W نشان می دهند که هم ارز با شمار قسمت های حل شونده در ۱۰۰ قسمت محلول است.

(آ) جرم حل شونده، محلول و حلال را تعیین کنید.

(ب) برای تهیه ۱۰۰ گرم از این محلول به چند گرم حل شونده و چند گرم حلال نیاز است؟

(پ) غلظت پتاسیم کلرید در این محلول ۱۶ درصد جرمی است. با این توصیف، مفهوم درصد

جرمی را توضیح دهید.

(ت) رابطه ای برای محاسبه درصد جرمی محلول بیابید.

(ث) بر روی ظرف حاوی محلول شست و شوی دهان عبارت «محلول استریل سدیم کلرید ۰/۹

درصد» نوشته شده است. معنی این عبارت را توضیح دهید.

## آیا می دانید

بستر اقیانوس ها و دریاها مقدار قابل توجهی از مواد شیمیایی گوناگون را دارد. پژوهش ها نشان می دهند که کلوخه های کف اقیانوس ها تا ۲۴ درصد منگنز (Mn)، ۱۴ درصد آهن (Fe) و مقدار کمتری مس (Cu)، نیکل (Ni) و کبالت (Co) دارد. به همین دلیل گروه های اکتشافی زیادی در سراسر دنیا وجود دارند که به بررسی ترکیب شیمیایی بستر اقیانوس ها و دریاها می پردازند. همچنین جالب است بدانید که اکتشاف این منابع به مرز آبی کشورها محدود نمی شود.



۳۹ g

۱۰۸ g

## خود را بیازمایید

۱- در جدول زیر غلظت برخی یون ها در یک نمونه از آب دریا نشان داده شده است. جاهای خالی را کامل کنید.

غلظت یون	مقدار یون (میلی گرم در یک کیلوگرم آب دریا)	نماد یون	نام
	۱۹۰۰۰	Cl <sup>-</sup>	یون کلرید
	۱۰۵۰۰	Na <sup>+</sup>	یون سدیم
	۲۶۵۵	SO <sub>4</sub> <sup>۲-</sup>	یون سولفات
	۱۳۵۰	Mg <sup>۲+</sup>	یون منیزیم
	۴۰۰	Ca <sup>۲+</sup>	یون کلسیم
	۳۸۰	K <sup>+</sup>	یون پتاسیم

۲- جرم کل آب های موجود روی زمین در حدود  $۱۰^{۱۸} \times ۱/۵$  تن است. اگر میزان نمک های حل شده در این آب ها برابر با  $۳/۵$  درصد باشد، حساب کنید چند تن انواع نمک در آنها وجود دارد؟

۳- با توجه به شکل، درصد جرمی قند موجود در هر یک از نوشابه های گازدار را تعیین کنید.

## پیوند با صنعت

دریا یکی از نعمت های خدادادی است که منبعی سرشار از مواد شیمیایی است. در آب دریا در حدود  $۱۰^{۱۸} \times ۵$  تن از انواع مواد گوناگون وجود دارد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- گرمای شدید، سبب تبخیر آب دریاچه ها و دریاها شده و در نتیجه بلورهای جامد زیبایی تشکیل می شود. این بلورها شامل انواع نمک ها هستند.

## آیا می دانید

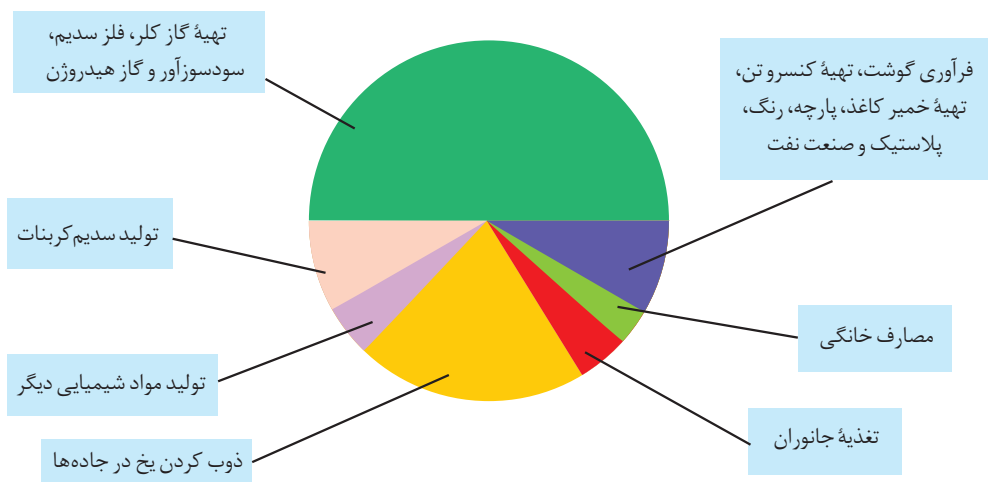
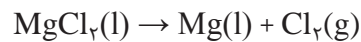
سالانه ۱۵۰ میلیون تن نمک خوراکی در جهان و در صنایع گوناگون مصرف می‌شود. این نمک را از آب دریا یا معادن نمک تهیه می‌کنند. یکی از مهم‌ترین منابع سدیم کلرید، صحرایی بزرگ از نمک واقع در کشور بولیوی است. این صحرا از تبخیر آب دریاچهٔ مین‌چین به جای مانده است. مساحت این صحرا حدود ۱۰۲۵۰ کیلومتر مربع است. برآورد شده است که در این صحرا، ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ تن نمک وجود دارد که سالانه ۲۵۰۰۰ تن نمک از آن استخراج می‌شود.

مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می‌توان به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی از آن جدا کرد. برای نمونه سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید با روش تبلور از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- استخراج و جداسازی سدیم کلرید به روش تبلور

نمک خوراکی در زندگی روزانه و صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارد (نمودار ۱). فلز منیزیم مادهٔ ارزشمند دیگری است که در تهیهٔ آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد. یکی از منابع تهیهٔ این فلز آب دریا است. منیزیم در آب دریا به شکل  $Mg^{2+}(aq)$  وجود دارد. برای استخراج و جداسازی آن، در مرحلهٔ نخست، منیزیم را به صورت ماده جامد و نامحلول  $Mg(OH)_2$  رسوب می‌دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید تبدیل می‌کنند. در پایان با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید را به عنصرهای سازندهٔ آن تجزیه می‌کنند.



نمودار ۱- کاربردهای NaCl

## غلظت مولی (مولار)

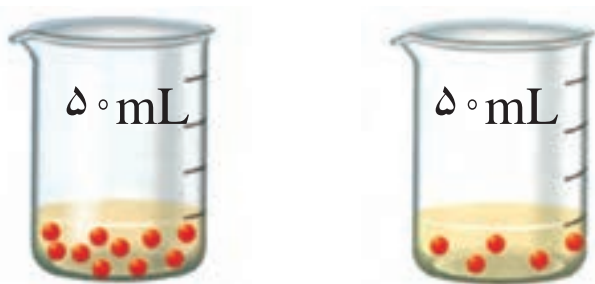
غلظت بسیاری از محلول‌ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می‌شود، برای نمونه سرکه خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم که به عنوان چاشنی در غذاها مصرف می‌شود، محلول ۵ درصد جرمی استیک اسید در آب است. همچنین محلول غلیظ نیتریک اسید در صنعت با غلظت ۷۰ درصد جرمی تولید و بسته به کاربرد آن، به محلول‌های رقیق‌تر تبدیل می‌شود.

با این توصیف نباید چنین تصور کنیم که تهیه محلول‌ها به حالت مایع، با درصد جرمی معین کار آسانی است. تجربه نشان می‌دهد که اندازه‌گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه، آسان‌تر از جرم آن است (چرا؟).

از سوی دیگر شیمی‌دان‌ها مقدار ماده را برحسب مول بیان می‌کنند در واقع مبنای محاسبه‌های کمی در شیمی، مول است. اینک چنین به نظر می‌رسد بیان غلظتی از محلول پرکاربردتر است که با مول‌های ماده حل‌شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد. چنین غلظتی را **غلظت مولی (مولار)** می‌نامند.

## با هم بیندیشیم

۱- شکل زیر دو محلول از یک نوع حل‌شونده را در آب نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) کدام کمیت در این محلول‌ها یکسان است؟

ب) کدام کمیت در این محلول‌ها متفاوت است؟

پ) اگر هر ذره حل‌شونده در شکل هم‌ارز با  $100^\circ$  مول باشد، نسبت مول‌های حل‌شونده

به حجم محلول (برحسب لیتر) را برای هریک از دو محلول به دست آورید.

ت) کمیت به دست آمده در قسمت «پ» **غلظت مولی** نام دارد. آن را در یک سطر تعریف و

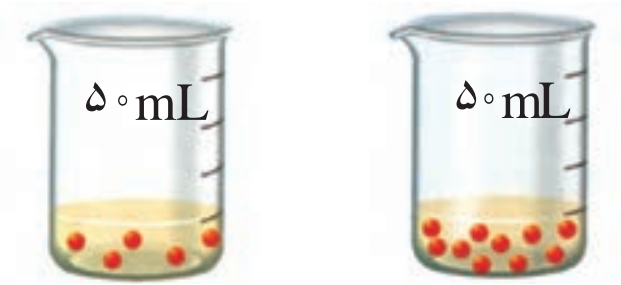
یکای آن را مشخص کنید.

ث) براساس غلظت مولی محاسبه‌شده، کدام محلول رقیق‌تر است؟ چرا؟

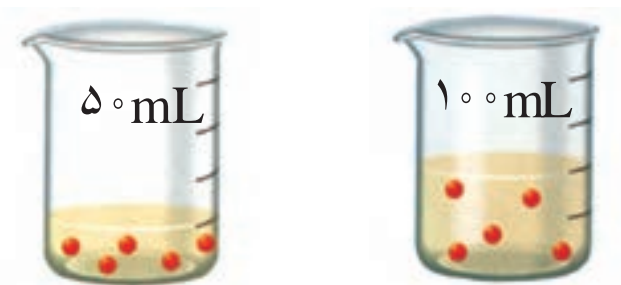
● هنگام بیماری، توازن غلظت برخی گونه‌ها در خون به هم می‌خورد. از این رو انجام آزمایش‌های پزشکی و تعیین غلظت گونه‌های موجود در خون و دیگر محلول‌های بدن از ضروری‌ترین کارها در مراکز درمانی برای رسیدگی به یک بیمار است.

● محلول مولار سدیم هیدروکسید نشان می‌دهد که در هر لیتر از این محلول ۱ mol سدیم هیدروکسید حل شده است. از این رو در ۱/۰ لیتر از این محلول ۱/۰ مول و در ۱۰ لیتر از آن، ۱۰ مول سدیم هیدروکسید حل شده وجود دارد.

۲- با توجه به شکل، هریک از جمله‌های زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست کامل کنید.  
 (آ) با افزودن مقداری  $\frac{\text{حلال}}{\text{حل شونده}}$  به یک محلول در حجم ثابت، غلظت محلول  $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$  می‌یابد.



(ب) با افزودن مقداری  $\frac{\text{حلال}}{\text{حل شونده}}$  به محلولی با غلظت معین، غلظت محلول  $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$  می‌یابد.



● دستگاه اندازه‌گیری قند خون (گلوکومتر). این دستگاه میلی‌گرم‌های گلوکز را در دسی‌لیتر (dl) از خون نشان می‌دهد. غلظت مولی گلوکز در این نمونه از خون چند مولار است؟

$$(1 \text{ dL} = 100 \text{ mL})$$

## نمونه حل شده

برای تهیه ۲۵۰ mL محلول پتاسیم یدید ۰/۲ مول بر لیتر (مولار) به چند مول حل شونده نیاز است؟

**پاسخ:**

$$\text{روش نخست: } \text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول‌های حل شونده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{n(\text{mol})}{V(\text{L})}$$

$$0.2 \text{ mol L}^{-1} = \frac{n(\text{KI})}{0.25 \text{ L}} \rightarrow n = 0.2 \text{ mol L}^{-1} \times 0.25 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$$

**روش دوم:** محلول ۰/۲ مولار پتاسیم یدید نشان می‌دهد که در هر لیتر از محلول آن ۰/۲ مول KI حل شده است که از آن می‌توان به عامل تبدیل  $\frac{0.2 \text{ mol KI}}{1 \text{ L KI(aq)}}$  دست یافت.  
 از این رو

$$? \text{ mol KI} = 0.25 \text{ L KI(aq)} \times \frac{0.2 \text{ mol KI}}{1 \text{ L KI(aq)}} = 0.05 \text{ mol KI}$$

## آیا نمک‌ها به یک اندازه در آب حل می‌شوند؟

آمارها نشان می‌دهند که نزدیک به ۳ درصد از جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند. این بیماری افزون بر زمینه‌شناسختی می‌تواند به دلیل تغذیه نامناسب، کم‌تحرکی، مصرف بیش از حد نمک خوراکی، نوشیدن کم آب، مصرف پروتئین حیوانی و لبنیات و نیز اختلالات هورمونی ایجاد شود. آیا بین میزان حل شدن نمک‌ها در آب و تشکیل سنگ کلیه رابطه‌ای وجود دارد؟ برای پاسخ به این پرسش، دانستن و درک مفهوم انحلال پذیری ضروری است.

شیمی‌دان‌ها بیشترین مقدار از یک حل شونده را که در  $100^\circ\text{C}$  گرم حلال و دمای معین حل می‌شود، **انحلال‌پذیری** آن ماده می‌نامند. در این عبارت، واژه «بیشترین» نشان‌دهنده رسیدن محلول به حالت سیر شده است، محلولی که نمی‌تواند حل شونده بیشتری را در خود حل کند. جدول ۱، انحلال‌پذیری برخی مواد را در آب و دمای  $25^\circ\text{C}$  نشان می‌دهد.

جدول ۱- انحلال‌پذیری برخی مواد در آب ( $25^\circ\text{C}$ )

نام حل شونده	فرمول شیمیایی	انحلال‌پذیری (گرم حل شونده / $100\text{g H}_2\text{O}$ )
شکر	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	۲۰۵
سدیم نیترات	$\text{NaNO}_3$	۹۲
سدیم کلرید	$\text{NaCl}$	۳۶
کلسیم سولفات	$\text{CaSO}_4$	۰/۲۳
کلسیم فسفات	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$5 \times 10^{-4}$
نقره کلرید	$\text{AgCl}$	$2/1 \times 10^{-4}$
باریم سولفات	$\text{BaSO}_4$	$1/9 \times 10^{-4}$

جدول ۱، نشان می‌دهد که در دمای  $25^\circ\text{C}$  در  $100\text{g}$  آب، هر مقدار کمتری از  $36\text{g}$  سدیم کلرید می‌تواند در آب حل شود، اما یک محلول سیر نشده پدید می‌آید. در حالی که در این دما، حداکثر  $36\text{g}$  سدیم کلرید می‌تواند در  $100\text{g}$  آب حل شود تا  $136\text{g}$  محلول سیر شده به دست آید. بدیهی است که در این دما برای تهیه محلول سیر شده‌ای از کلسیم سولفات حداکثر می‌توان  $0/23\text{g}$  از آن را در  $100\text{g}$  آب حل نمود.

## خود را بیازمایید

## آیا می دانید

بیماری نقرس به دلیل رسوب کردن نمک متبلور سدیم اورات در مفاصل به ویژه انگشتان دست‌ها و پاهاست. این نمک دارای بلورهای تیز و سوزنی شکل است که باعث ایجاد درد شدیدی در این مفاصل می‌شود. این عیوب هنگامی پدید می‌آید که مقدار این نمک از انحلال‌پذیری آن در  $37^{\circ}\text{C}$  و در خوناب\* (پلاسمای خون) بیشتر است.



۱- اگر  $19\text{ g}$  سدیم نیترات را در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  درون  $20\text{ g}$  آب بریزیم، پس از تشکیل محلول

سیر شده:

(آ) چند گرم محلول به دست می‌آید؟

(ب) چند گرم سدیم نیترات در ته ظرف باقی می‌ماند؟

۲- اغلب سنگ‌های کلیه از رسوب برخی نمک‌های کلسیم‌دار در کلیه‌ها تشکیل می‌شوند.

(آ) مقدار این نمک‌ها در ادرار افراد سالم از انحلال‌پذیری آنها کمتر است یا بیشتر؟ چرا؟

(ب) در افرادی که به تشکیل سنگ کلیه مبتلا می‌شوند، مقدار این نمک‌ها در ادرار از

انحلال‌پذیری آنها کمتر است یا بیشتر؟ چرا؟

۳- شیمی‌دان‌ها مواد حل‌شونده جامد را براساس انحلال‌پذیری در آب و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  به

صورت زیر دسته‌بندی می‌کنند:



هر یک از ترکیب‌های جدول ۱ را در این دسته‌بندی جای دهید.

## کاوش کنید

سه لوله آزمایش هر یک حاوی  $12\text{ g}$  گرم مخلوط در اختیار شما قرار می‌گیرد. در هر لوله

آزمایش،  $2\text{ g}$  گرم حل‌شونده و  $10\text{ g}$  گرم آب وجود دارد.

(آ) هر سه لوله آزمایش را در حمام آب و یخ با دمای صفر درجه سلسیوس قرار دهید. مشاهده

خود را بنویسید.

(ب) هر سه لوله آزمایش را در حمام آب با دمای  $15^{\circ}\text{C}$  قرار دهید. مشاهده خود را بنویسید.

(پ) هر سه لوله آزمایش را در حمام آب با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قرار دهید. مشاهده خود را بنویسید.

(۱) براساس آزمایش‌های انجام شده، کدام لوله حاوی باریم سولفات است؟ چرا؟

(۲) به هر یک از محلول‌های بی‌رنگ و شفاف، دو قطره محلول نقره نیترات اضافه می‌کنیم.

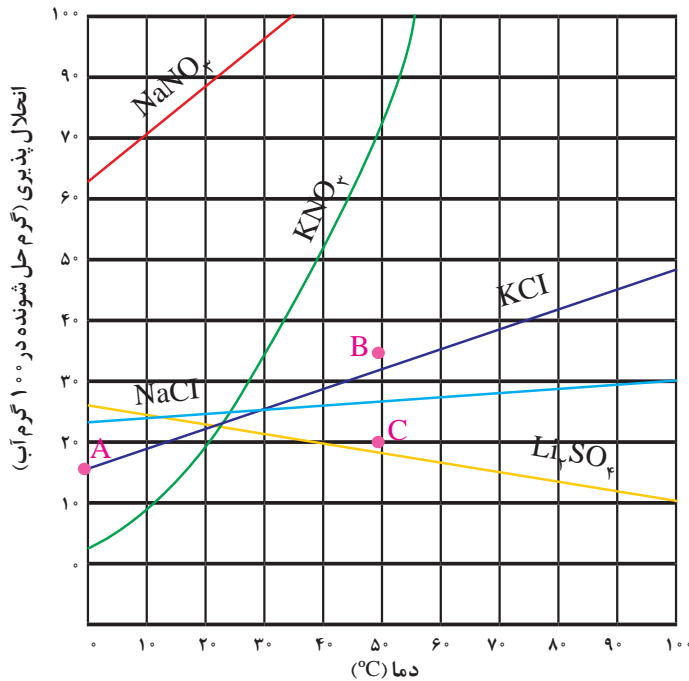
مشخص کنید کدام محلول حاوی پتاسیم کلرید و کدام محلول حاوی پتاسیم نیترات است؟

## آیا می دانید

در برخی نقاط جهان چشمه‌های آب گرم برای رسیدن به سطح زمین با عبور از میان سنگ‌های آهکی مقداری از این سنگ‌ها را در خود حل می‌کند. آب این چشمه‌ها با رسیدن به سطح زمین و کاهش دمای آن، چشم‌اندازهای زیبایی پدید می‌آورند، زیرا انحلال‌پذیری  $\text{CaCO}_3$  در آب و دمای  $25^\circ\text{C}$  در حدود  $7 \times 10^{-4}$  گرم است و هر مقدار بیشتر از آن به صورت جامد از محلول سیر شده جدا می‌شود.



دریافتید که انحلال‌پذیری نمک‌ها به نوع آنها و دما بستگی دارد اما تأثیر دما بر میزان انحلال‌پذیری آنها یکسان نیست (نمودار ۲).



نمودار ۲- انحلال‌پذیری برخی از ترکیب‌های یونی در آب بر حسب دما

نمودار ۲، نمودار «انحلال‌پذیری - دما» نامیده می‌شود که برای هر نمک از داده‌های تجربی آن به دست آمده است. مطابق این نمودار با افزایش دما، انحلال‌پذیری اغلب نمک‌ها افزایش می‌یابد.

## با هم بیندیشیم

۱- با توجه به نمودار ۱، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) انحلال‌پذیری لیتیم سولفات در  $85^\circ\text{C}$  چند گرم است؟ در چه دمایی انحلال‌پذیری آن برابر با  $28\text{g}$  است؟

ب) هر یک از نقطه‌های B و C نسبت به منحنی انحلال‌پذیری KCl نشان‌دهنده چه نوع محلولی است؟ توضیح دهید.

پ) هنگامی که  $133\text{g}$  محلول سیر شده لیتیم سولفات را از دمای  $20^\circ\text{C}$  تا دمای  $70^\circ\text{C}$  گرم می‌کنیم، چه رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.

ت) انحلال‌پذیری کدام ترکیب یونی کمتر به دما وابسته است؟ چرا؟

ث) نقطه A روی نمودار انحلال‌پذیری KCl عرض از مبدأ آن نام دارد. این نقطه نشان‌دهنده چیست؟ توضیح دهید.



● حرف S از واژه Solubility به معنای انحلال پذیری گرفته شده است.

۱- دانش آموزی از منابع علمی، انحلال پذیری (S) سدیم نیترات را در دماهای گوناگون ( $\theta$ ) مطابق جدول زیر استخراج کرده است.

$\theta(^{\circ}\text{C})$	۰	۱۰	۲۰	۳۰
$S\left(\frac{\text{g NaNO}_3}{100\text{g H}_2\text{O}}\right)$	۷۲	۸۰	۸۸	۹۶

او توانست با استفاده از داده‌های این جدول، معادله  $S = 0.8\theta + 72$  را به دست آورد.  
 (آ) توضیح دهید او چگونه به این معادله دست یافته است؟  
 (ب) انحلال پذیری سدیم نیترات را در  $7^{\circ}\text{C}$  پیش بینی کنید.  
 ۲- با توجه به جدول زیر، معادله‌ای برای انحلال پذیری پتاسیم کلرید بر حسب دما به دست آورید.

$\theta(^{\circ}\text{C})$	۰	۲۰	۴۰	۶۰
$S\left(\frac{\text{g KCl}}{100\text{g H}_2\text{O}}\right)$	۲۷	۳۳	۳۹	۴۶

۳- با مقایسه دو معادله به دست آمده برای سدیم نیترات و پتاسیم کلرید:  
 (آ) تأثیر دما بر انحلال پذیری این دو ماده را مقایسه کنید.  
 (ب) توضیح دهید چرا در هر دمایی، انحلال پذیری سدیم نیترات بیشتر از پتاسیم کلرید است؟

## رفتار آب و دیگر مولکول‌ها در میدان الکتریکی

آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می‌شود. وجود و تبدیل این حالت‌ها به یکدیگر زندگی را در سیاره‌ی آبی ممکن و دلپذیر ساخته است. آب ویژگی‌های گوناگون و شگفت‌انگیزی دارد. از جمله آنها توانایی حل کردن اغلب مواد، افزایش حجم هنگام انجماد و داشتن نقطه جوش بالا و غیر عادی است. اما دلیل این ویژگی‌ها چیست و چه اثری بر زندگی موجودات زنده دارد؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها، بررسی ساختار مولکولی آب ضروری به نظر می‌رسد.

در علوم سال هشتم با آزمایش انحراف باریکه‌ی آب به وسیله‌ی شانه یا میله‌ی شیشه‌ای مالش داده شده به موهای خشک آشنا شدید (شکل ۱۴)؛ آزمایشی که در آن باریکه‌ی آب از راستای طبیعی

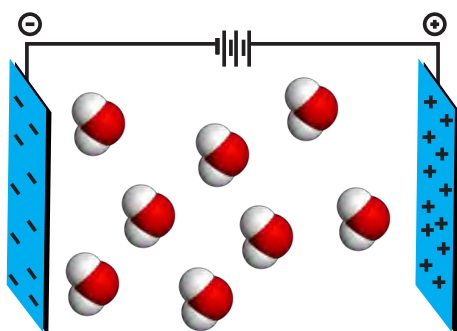
خود منحرف می‌شود. آیا دلیل این انحراف را به یاد دارید؟ میله شیشه‌ای از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، اما بر اثر مالش به موی خشک، دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد. در این شرایط مولکول‌های آب به سوی آن جذب می‌شوند (چرا؟).

این رفتار مولکول‌های آب از ویژگی‌های ساختاری آن سرچشمه می‌گیرد. شکل مولکول آب خمیده (V شکل) است، که در آن، هر اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی یگانه به اتم مرکزی (اکسیژن) متصل است.

نوع اتم‌های سازنده و ساختار خمیده مولکول آب، نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص آن دارد. هنگامی که این مولکول‌ها در یک میدان الکتریکی قرار می‌گیرند، جهت‌گیری می‌کنند (شکل ۱۵).



شکل ۱۴- انحراف باریکه آب به وسیله میله شیشه‌ای مالش داده شده به موی سر.



شکل ۱۵- جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی

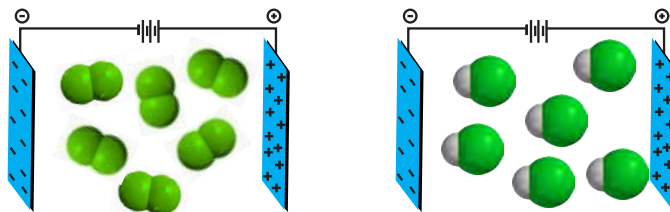
نحوه جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی نشان می‌دهد که اتم اکسیژن، سر منفی و اتم‌های هیدروژن، سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند. شیمیدان‌ها به مولکول‌هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، مولکول‌های **دوقطبی** یا **قطبی** می‌گویند. در واقع این مولکول‌ها سرهای مثبت و منفی دارند. این در حالی است که مولکول‌های سازنده ترکیب‌هایی مانند گاز اکسیژن ( $O_2$ )، کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ ) و متان ( $CH_4$ ) در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند (شکل ۱۶). چنین مولکول‌هایی **ناقطبی** نامیده می‌شوند.



شکل ۱۶- رفتار مولکول‌های  $O_2$ ،  $CO_2$  و  $CH_4$  در میدان الکتریکی

## با هم ببیندیشیم

۱- شکل زیر مولکول‌های  $F_2$  و  $HCl$  با جرم مولی نزدیک به یکدیگر را در یک میدان الکتریکی نشان می‌دهد.



(آ) کدام یک دارای مولکول‌های قطبی است؟ چرا؟  
 (ب) اگر نقطهٔ جوش  $F_2$  و  $HCl$  به ترتیب برابر با  $188^\circ C$  و  $85^\circ C$  باشد، نیروهای بین مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید.  
 (پ) جملهٔ زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست کامل کنید.  
 در ترکیب‌های مولکولی با جرم مولی مشابه، ترکیب با مولکول‌های  $\frac{\text{قطبی}}{\text{ناقطبی}}$ ، نقطهٔ جوش بالاتری دارد.

۲- جرم مولی گازهای نیتروژن ( $N_2$ ) و کربن مونوکسید ( $CO$ ) برابر است، بر این اساس:  
 (آ) پیش‌بینی کنید مولکول‌های دو اتمی کدام گاز در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟ چرا؟

(ب) کدام یک در شرایط یکسان آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود؟ توضیح دهید.

## خود را بیازمایید

با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$I_2$	$Br_2$	$Cl_2$	ماده
جامد	مایع	گاز	ویژگی حالت فیزیکی ( $25^\circ C$ )
۲۵۴	۱۶۰	۷۱	جرم مولی ( $g \text{ mol}^{-1}$ )

(آ) آیا مولکول‌های سازندهٔ این مواد در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟ چرا؟  
 (ب) نیروهای بین مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید.  
 (پ) جملهٔ زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.  
 در ترکیب‌های مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با  $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$  جرم مولی، دمای جوش  $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$  می‌یابد.

## نیروهای بین مولکولی آب، فراتر از انتظار

نیروهای بین مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند. گازها، دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم‌کنش‌ها هستند. اما در مایع‌ها برهم‌کنش مولکول‌ها بیشتر است و در جامدها، برهم‌کنش‌ها میان مولکول‌ها می‌تواند به بیشترین مقدار ممکن برسد. از این رو در شرایط یکسان، نیروهای بین مولکولی در حالت جامد قوی‌تر از حالت مایع و آن هم به مراتب قوی‌تر از حالت گازی است. در واقع نیروهای بین مولکولی به‌طور عمده به میزان قطبی بودن مولکول‌ها و جرم آنها وابسته است.

جدول ۲ برخی ویژگی‌های آب را در مقایسه با هیدروژن سولفید نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه برخی ویژگی‌های آب با هیدروژن سولفید (۱ atm)

ماده	فرمول شیمیایی	مدل فضا پرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی ( $\text{gmol}^{-1}$ )	حالت فیزیکی ( $25^\circ\text{C}$ )	نقطه جوش ( $^\circ\text{C}$ )
آب	$\text{H}_2\text{O}$		قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰
هیدروژن سولفید	$\text{H}_2\text{S}$		قطبی	۳۴	گاز	-۶۰

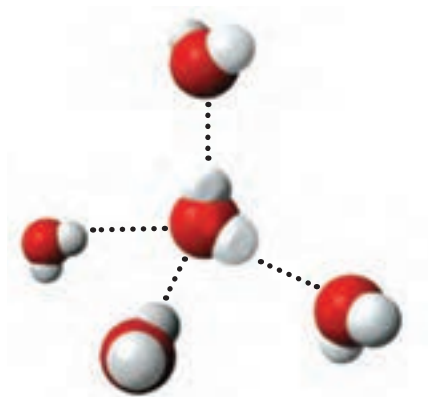
● به برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های سازنده یک ماده، نیروهای بین مولکولی می‌گویند؛ نیروهایی که ذره‌های سازنده گاز به یکدیگر وارد می‌کنند یا نیروهایی که مولکول‌های مواد به حالت مایع و جامد را در کنار یکدیگر نگه می‌دارند.

مطابق جدول، هر دو ماده مولکول‌های خمیده و قطبی دارند، اما آب با جرم مولی نزدیک به نصف جرم مولی هیدروژن سولفید، دمای جوش غیرعادی و بالاتری از آن دارد به طوری که تفاوتی برابر با  $16^\circ\text{C}$  را نشان می‌دهد. گویی نیروی جاذبه میان مولکول‌های آب از آنچه انتظار می‌رود، قوی‌تر است. اما چرا؟ دلیل این تفاوت را در کجا باید جستجو کرد؟

با جهت‌گیری مولکول‌های قطبی یک ماده در میدان الکتریکی آشنا شدید. این ویژگی مبنای اندازه‌گیری کمیتی به نام **گشتاور دوقطبی** است؛ کمیتی که با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها، افزایش می‌یابد. برای نمونه گشتاور دوقطبی مولکول‌هایی مانند  $\text{O}_2$ ،  $\text{CO}_2$  و  $\text{CH}_4$  برابر با صفر است (چرا؟)، در حالی که گشتاور دوقطبی مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{H}_2\text{S}$  به ترتیب برابر با  $1/85D$  و  $0.97D$  است. این کمیت‌ها نشان می‌دهند که میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است. از این رو نیروهای جاذبه میان مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  به اندازه‌ای قوی است که در شرایط اتاق می‌تواند این مولکول‌ها را کنار یکدیگر نگه دارد و آب به حالت مایع باشد (شکل ۱۷).

● در علوم نهم آموختید که گشتاور نیرو، اثر چرخاندگی نیرو را نشان می‌دهد. گشتاور دوقطبی ویژه مولکول‌های دوقطبی است که اثر و میزان چرخاندگی مولکول را نشان می‌دهد.

● گشتاور دوقطبی ( $\mu$ ) مولکول‌ها را با یکای دبابی (D) گزارش می‌کنند.



شکل ۱۷- پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های آب

از آنجا که بارهای الکتریکی ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند، در یک نمونه آب که دارای شمار بسیاری مولکول  $H_2O$  است، سر مثبت هر مولکول، سر منفی مولکول همسایه را جذب می‌کند. از این رو در مجموعه‌ای از مولکول‌های آب، هر اتم هیدروژن با یک نیروی جاذبه قوی از سوی اتم اکسیژن در مولکول همسایه جذب می‌شود. این نیروهای جاذبه قوی میان مولکول‌های آب که در آن هیدروژن نقش کلیدی ایفا می‌کند، پیوندهای هیدروژنی نامیده می‌شود. آیا تنها میان مولکول‌های  $H_2O$  پیوند هیدروژنی وجود دارد؟ یا اینکه مولکول‌های دیگر نیز می‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند؟

## با هم ببیندیشیم

۱- در جدول‌های زیر برخی خواص ترکیب‌های هیدروژن دار عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۷ جدول دوره‌ای آمده است.

### آیا می‌دانید

میان مولکول‌های HF به حالت مایع پیوندهای هیدروژنی وجود دارد. این نیروها به اندازه‌ای قوی هستند که مولکول‌های این ماده در حالت بخار نیز به صورت مجموعه‌های دوتایی، سه‌تایی و گاهی چندتایی با پیوندهای هیدروژنی به هم متصل‌اند.

ترکیب مولکولی	جرم مولی ( $g\text{mol}^{-1}$ )	نقطه جوش ( $^{\circ}\text{C}$ )	ترکیب مولکولی	جرم مولی ( $g\text{mol}^{-1}$ )	نقطه جوش ( $^{\circ}\text{C}$ )
HF	۲۰	۱۹	$NH_3$	۱۷	-۳۳/۵
HCl	۳۶/۵	-۸۵	$PH_3$	۳۴	-۸۷/۵
HBr	۸۱	-۶۷	$AsH_3$	۷۶	-۶۲/۵

آ) در میان ترکیب‌های هر جدول انتظار دارید مولکول‌های کدام ماده توانایی تشکیل پیوندهای هیدروژنی را داشته باشد؟ توضیح دهید.

ب) جمله زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

پیوند هیدروژنی، قوی‌ترین نیروی بین مولکولی در موادی است که در مولکول آنها، اتم ضعیف‌ترین

## آیا می دانید

ابوبکر محمدین زکریای رازی (۳۰۹-۲۴۳ هجری شمسی) (۹۳۰-۸۶۴ میلادی) شیمی دان، ریاضی دان، فیلسوف، ستاره شناس و پزشک ایرانی؛ وی ترکیب‌های شیمیایی متعددی را تهیه کرد که از آن میان می‌توان به اتانول اشاره کرد. با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره این شخصیت برجسته ایرانی- اسلامی اطلاعات جمع‌آوری کرده، نتیجه را به صورت روزنامه دیواری در کلاس ارائه دهید.



## آیا می دانید

ابرها را می‌توان مخلوط بسیار رقیقی از بخار آب و آب مایع در نظر گرفت. آب موجود در ابرها به‌طور عمده به صورت ریزقطره‌هاست. برآورد می‌شود که حدود ۱۵/۰۰۰/۰۰۰ ریزقطره در شرایط مناسب می‌توانند یک قطره باران را بسازند؛ با این توصیف چگالی ابرها بسیار کم است و هواپیماها به آسانی از آنها گذر می‌کنند.

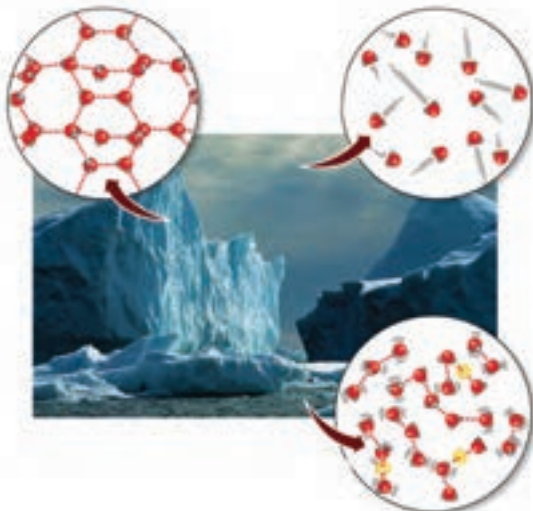


هیدروژن به یکی از اتم‌های  $\text{F}$  و  $\text{Cl}$ ،  $\text{Br}$  با پیوند اشتراکی متصل است.  
 ۲- اتانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن دار هستند که به‌عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌روند. به کمک داده‌های جدول زیر پیش‌بینی کنید هر یک از نقطه‌های جوش  $56^\circ\text{C}$  و  $78^\circ\text{C}$  مربوط به کدام ترکیب است؟ چرا؟

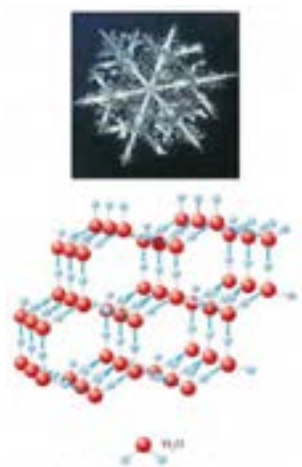
جرم مولی ( $\text{gmol}^{-1}$ )	فرمول شیمیایی	ترکیب آلی
۴۶	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	اتانول
۵۸	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{CCH}_3 \end{array}$	استون

## پیوندهای هیدروژنی در حالت‌های فیزیکی گوناگون آب

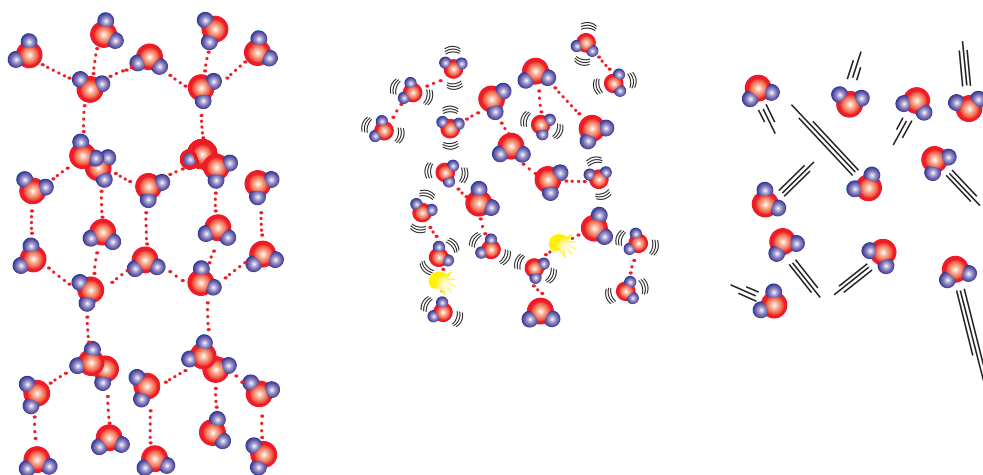
آب را در سه حالت فیزیکی جامد (یخ)، مایع و بخار در نظر بگیرید (شکل ۱۸). مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  در حالت بخار جدا از هم هستند، گویی پیوندهای هیدروژنی میان آنها وجود ندارد. در این حالت، مولکول‌های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند. در حالت مایع، با اینکه مولکول‌ها، پیوندهای هیدروژنی قوی دارند، اما روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند. برخلاف آب، ساختار یخ منظم است. در یخ، مولکول‌های آب در جاهای به نسبت ثابت قرار دارند. در واقع در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و با دو اتم هیدروژن دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است (شکل ۱۹).



شکل ۱۸- حالت‌های فیزیکی آب



شکل ۲۰- حلقه‌های شش ضلعی  
مبنای شکل دانه‌های برف



شکل ۱۹- مولکول‌های  $H_2O$  در یخ، آب و بخار

در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به گونه‌ای است که در آن، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند شانهٔ عسل را به وجود می‌آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم، در سه بُعد گسترش یافته است. در واقع، یخ ساختاری باز دارد. شکل‌های زیبا و متنوع دانه‌های برف ناشی از وجود این حلقه‌های شش ضلعی است (شکل ۲۰).



● کندوی زنبور عسل از حلقه‌های شش ضلعی تشکیل شده است.

## خود را بیازمایید

با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(آ) با نوشتن دلیل، چگالی آب و یخ را در دمای صفر درجهٔ سلسیوس و فشار یک اتمسفر مقایسه کنید.

(ب) چرا دیوارهٔ یاخته‌ها در بافت کلم بر اثر یخ زدن تخریب می‌شوند؟

## آب و دیگر حلال‌ها



آب فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه است، زیرا می‌تواند بسیاری از ترکیب‌های یونی و مولکولی را در خود حل کند. آب و محلول‌های آبی در زندگی جانداران نقش کلیدی و حیاتی دارند. به طوری که اغلب فرایندهای زیست شیمیایی مانند گوارش، تنفس، سوخت و ساز و... در محلول‌های آبی انجام می‌شوند. اما همهٔ محلول‌ها آبی نیستند زیرا افزون بر آب، حلال‌های دیگری نیز وجود دارند. جدول ۳، سه ترکیب آلی را نشان می‌دهد که به عنوان حلال به کار می‌روند.

● هوا و آب دریا از جمله محلول‌هایی هستند که از یک حلال و چند حل‌شونده تشکیل شده‌اند.

جدول ۳- سه حلال آلی و برخی ویژگی‌های آنها

نام حلال	فرمول شیمیایی	$\mu(D)$	کاربرد
اتانول	$C_2H_6O$	$>0$	حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون	$C_4H_8O$	$>0$	حلال چربی، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها
هگزان	$C_6H_{14}$	$\approx 0$	حلال مواد نافقطبی و رقیق‌کننده رنگ (تینر)

● برخی مواد شیمیایی مانند اتانول (الکل معمولی) و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. از این رو نمی‌توان محلول سیرشده‌ای از آنها تهیه کرد.

به محلول‌هایی که حلال آنها آلی است، محلول‌های غیرآبی می‌گویند. شکل ۲۱، دو نمونه

از این محلول‌ها را نشان می‌دهد.

● گشتاور دو قطبی اغلب هیدروکربن‌ها ناچیز و در حدود صفر است.



ب) محلول پُذ در هگزان



آ) بنزین خودرو

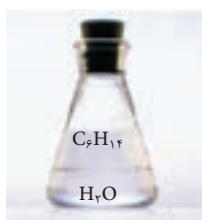
شکل ۲۱- دو نمونه محلول غیرآبی

● بنزین مخلوطی همگن از چند هیدروکربن متفاوت با ۵ تا ۱۲ اتم کربن است. به طور میانگین می‌توان بنزین مورد استفاده در خودروها را با ۸ اتم کربن و با فرمول مولکولی  $C_8H_{18}$  در نظر گرفت.

## خود را بیازمایید

آیا حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر هر یک از مخلوط‌های زیر یکسان و یکنواخت

است؟ چرا؟



ب) آب و هگزان



آ) آب و یخ



## آیا می دانید

درصد آب در برخی خوراکی ها

درصد جرمی آب	خوراکی
	<b>سبزیجات</b>
۸۸	هویج
۹۴	کرفس
	<b>میوه ها</b>
۹۱	طالبی
۸۶	پرتقال
۹۰	توت فرنگی
	<b>گوشت / ماهی</b>
۷۱	مرغ پخته شده
۶۰	همبرگر کباب شده
۷۱	ماهی سالمون
	<b>فراورده های لبنی</b>
۷۸	پنیر
۸۷	شیر

● در ادرار یک فرد سالم با برنامه غذایی عادی، ۹۶ درصد آب و ۴ درصد مواد آلی و معدنی وجود دارد.

● در مخلوط های ناهمگن به حالت مایع، مانند آب و هگزان، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می شوند، اما قابل چشم پوشی است.

## پیوند با زندگی

اغلب محلول های موجود در بدن انسان، محلول های آبی هستند. محلول هایی که بیشتر واکنش های شیمیایی درون بدن از جمله گوارش غذا، کنترل دمای بدن، تنفس، جلوگیری از خشکی پوست و ... در آنها انجام می شود. با این توصیف بخش عمده جرم بدن را آب تشکیل می دهد. بیش از نیمی از این آب در درون یاخته ها و باقی آن در مایع های برون سلولی جریان دارد. این مایع ها مواد مغذی و مواد زائد را بین سلول ها و دستگاه گردش خون جابه جا می کند. هر فرد بالغ روزانه به طور میانگین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی لیتر آب را به صورت ادرار، تعرق پوستی، بخار آب در بازدم و ... از دست می دهد. اگر این مقدار آب با خوردن مواد غذایی، میوه ها و نوشیدنی ها جبران نشود، بدن دچار کم آبی خواهد شد (شکل ۲۲).

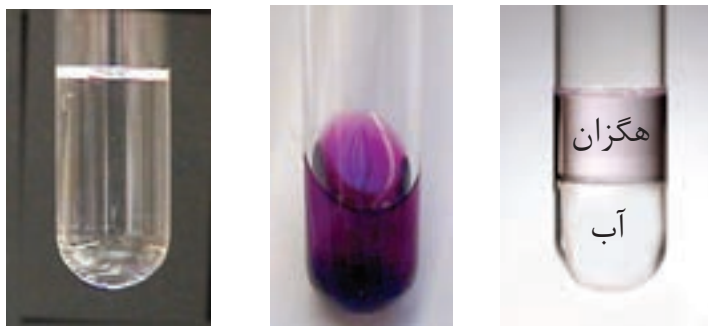


شکل ۲۲- بخش عمده خوراکی ها را آب تشکیل می دهد.

آب با حل کردن مواد زائد تولید شده در سلول ها و دفع آنها نقش کلیدی در حفظ سلامت بدن دارد.

## کدام مواد با یکدیگر محلول می سازند؟

تاکنون آموختید که برخی حل شونده ها در برخی حلال ها حل می شوند و محلول تشکیل می دهند، در حالی که برخی دیگر مخلوط ناهمگن می سازند. برای نمونه، افزودن استون به آب یا اندکی ید به هگزان منجر به تشکیل محلول می شود اما، افزودن هگزان به آب، مخلوطی ناهمگن پدید می آورد، (شکل ۲۳).

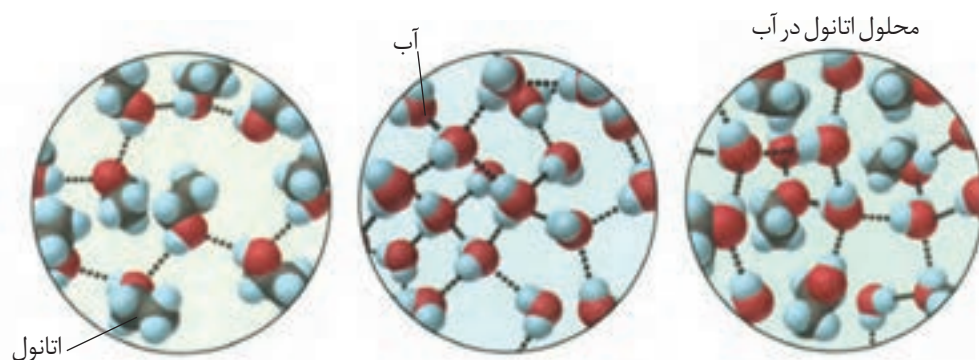


شکل ۲۳- نتایج انجام آزمایش هایی که نشان می دهد کدام مواد با یکدیگر محلول و کدام مواد با یکدیگر مخلوط ناهمگن پدید می آورند.

گشتاور دو قطبی (D)	ماده
> °	آب
> °	استون
= °	یُد
= °	هگزان

## با هم ببیندیشیم

- با توجه به مقدار گشتاور دو قطبی هر ماده، موارد زیر را توجیه کنید.
  - انحلال استون در آب
  - انحلال یُد در هگزان
  - حل نشدن هگزان در آب
- آیا جمله «شبيه شبیه را حل می کند» درست است؟ توضیح دهید.
- آزمایش‌ها نشان می‌دهد که فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که: (میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شونده خالص)  $\geq$  (جاذبه‌های حل‌شونده - حلال در محلول) با این توصیف با توجه به شکل زیر، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



- نیروهای بین مولکولی در هریک از چه نوعی است؟ توضیح دهید.
- با بیان دلیل، نیروهای بین مولکولی را برحسب کاهش قدرت، مرتب کنید.
- چرا شیمی‌دان‌ها انحلال اتانول در آب را **انحلال مولکولی** می‌نامند؟ توضیح دهید.

## تفکیک یونی در فرایند انحلال

با انحلال مولکولی آشنا شدید. انحلالی که در آن مولکول‌های حل‌شونده، ماهیت خود را در محلول حفظ می‌کنند، گویی ساختار مولکول‌های حل‌شونده در محلول دچار تغییر نشده است. انحلال استون و اتانول در آب و نیز انحلال یُد در هگزان از این نوع هستند. اما همه فرایندهای انحلال چنین نیستند، برای نمونه به فرایند انحلال سدیم کلرید در آب توجه کنید (شکل ۲۴). سدیم کلرید یک ترکیب یونی با بلورهای مکعبی است که در آن یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  با آرایشی منظم در سه بعد جای گرفته‌اند. هنگامی که بلور کوچکی از این ماده جامد در آب وارد می‌شود، مولکول‌های قطبی آب از سرهای مخالف به یون‌های بیرونی بلور نزدیک شده، نیروی جاذبه‌ای میان آنها برقرار می‌شود. این نیروی جاذبه، یون - دو قطبی نام دارد؛ نیروی جاذبه‌ای که باعث جدا شدن یون‌ها از شبکه شده تا با لایه‌ای از مولکول‌های آب، پوشیده

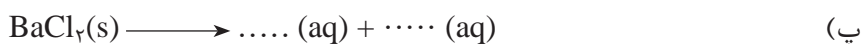
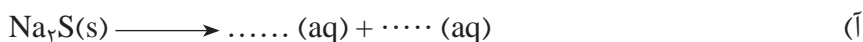


شکل ۲۴- فرایند انحلال سدیم کلرید در آب و تشکیل یون‌های آبپوشیده

شوند. این یون‌های آبپوشیده در سرتاسر محلول پراکنده خواهند شد، به طوری که محلول آب نمک را می‌توان محلولی محتوی یون‌های  $\text{Na}^+(\text{aq})$  و  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  دانست. همان‌گونه که در شکل ۲۴ پیداست، در این فرایند انحلال، ماده حل‌شونده ویژگی ساختاری خود را حفظ نکرده است و یون‌های سازنده شبکه بلور یونی، تفکیک و آبپوشیده شده‌اند. این فرایند، انحلال یونی به شمار می‌رود.

### خود را بیازمایید

۱- معادله انحلال چند ترکیب یونی در زیر آمده است. هریک از جاهای خالی را در این معادله‌ها پر کنید.



۲- با توجه به اینکه منیزیم سولفات و باریوم سولفات در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، به ترتیب محلول و نامحلول در آب هستند، با دلیل در هر مربع علامت  $\geq$ ،  $=$  یا  $\leq$  قرار دهید.

(آ)

نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول  میانگین قدرت پیوند یونی در  $\text{MgSO}_4$  و پیوندهای هیدروژنی در آب

نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول  میانگین پیوند یونی در  $\text{BaSO}_4$  و پیوندهای هیدروژنی در آب

## آیا گازها هم در آب حل می‌شوند؟

آیا تاکنون به تنفس ماهی‌های درون آبی‌دان\* (آکواریوم). توجه کرده‌اید؟ آیا می‌دانید آبزیان اکسیژن لازم را برای سوخت و ساز از کجا تأمین می‌کنند؟ همهٔ جانوران از جمله ماهی‌ها برای زنده ماندن به اکسیژن ( $O_2$ ) نیازمندند. آنها با عبور دادن آب از درون آبشش خود، اکسیژن مولکولی حل شده در آب را جذب می‌کنند. با اینکه گاز اکسیژن به میزان کمی در آب حل می‌شود، اما همین مقدار کم برای زندگی آبزیان نقش حیاتی دارد. آیا می‌دانید انحلال پذیری گاز اکسیژن و دیگر گازها در آب به چه عواملی بستگی دارد؟



● اکسیژن کافی و محلول در آب برای ادامهٔ زندگی ماهی‌ها ضروری است.

## کاوش کنید

ابزار، وسایل و مواد شیمیایی مورد نیاز: ظرف پلاستیکی بزرگ، استوانهٔ مدرج، قیف،

آب، یخ، قرص جوشان

### آزمایش ۱

(آ) ظرف پلاستیکی را بردارید و مخلوط آب و یخ را تا نیمه درون آن بریزید.

(ب) یک قرص جوشان را نصف کنید و با استفاده از تکه‌ای خمیربازی آن را به دیوارهٔ داخلی

قیف بچسبانید.



(پ) استوانهٔ مدرج را از آب پر کنید. کف دست خود را روی دهانهٔ آن قرار دهید. حال استوانه را وارونه کرده و مانند شکل، درون ظرف محتوی آب قرار دهید (استوانهٔ مدرج را با دست خود نگه‌دارید).

(ت) اکنون از یکی از دوستان خود بخواهید که قیف را درون ظرف بزرگ به گونه‌ای قرار دهد که لولهٔ قیف در زیر دهانهٔ استوانهٔ مدرج قرار گیرد. مشاهده‌های خود را بنویسید.

### آزمایش ۲

آزمایش ۱ را با آب گرم تکرار کنید. مشاهده‌های خود را یادداشت و سپس جدول را کامل کنید.

حجم هوای جمع شده درون استوانهٔ مدرج (میلی لیتر)		آزمایش
آزمایش ۲	آزمایش ۱	
		بار اول
		بار دوم
		بار سوم
		میانگین

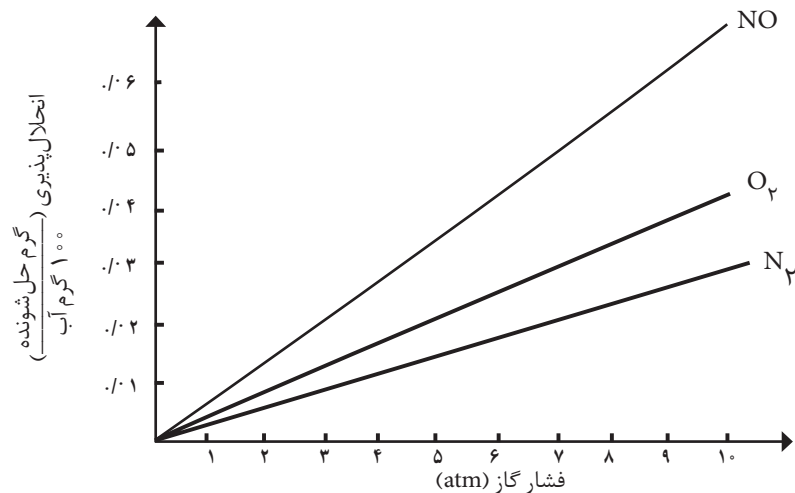
اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- از واکنش قرص جوشان با آب چه گازی آزاد می‌شود؟
- ۲- آیا میانگین حجم گاز آزاد شده در دو واکنش یکسان است؟ چرا؟
- ۳- حجم گاز آزاد شده در کدام واکنش کمتر است؟
- ۴- از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.
- ۵- چه رابطه‌ای بین دمای آب و میزان انحلال‌پذیری گاز وجود دارد؟
- ۶- چرا در هوای گرم، ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند؟

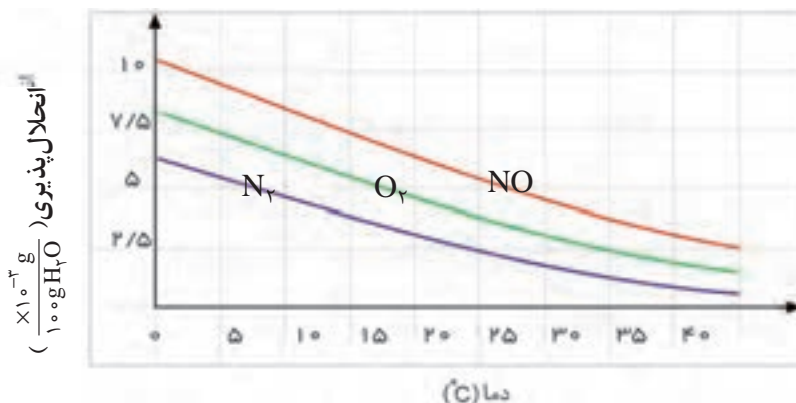
● درباره اینکه «مقدار نمک موجود در آب دریا روی انحلال‌پذیری گازها اثر دارد» کاوش کنید (در کاوش خود باید آزمایش، طراحی و اجرا کنید که از داده‌های آن بتوانید نتیجه درست و قابل اطمینان بگیرید).

## با هم بیندیشیم

- ۱- نمودار زیر انحلال‌پذیری سه گاز را که با آب واکنش شیمیایی نمی‌دهند در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



آ) این نمودار تأثیر چه عاملی را بر انحلال پذیری گازها نشان می دهد؟ توضیح دهید.  
 ب) نتیجه گیری از این نمودار **قانون هنری** نام دارد. آن را در یک سطر توضیح دهید.  
 پ) شیب نمودار برای کدام گاز بیشتر است؟ از این واقعیت چه نتیجه ای می گیرید؟  
 ۲- نمودار زیر انحلال پذیری سه گاز را در فشار یک اتمسفر نشان می دهد. با توجه به این نمودار به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



آ) این نمودار تأثیر چه عاملی را بر انحلال پذیری گازها نشان می دهد؟ توضیح دهید.  
 ب) در چه دمایی انحلال پذیری اکسیژن برابر با  $3/75$  میلی گرم در  $100$  گرم آب است؟  
 پ) انحلال پذیری گاز نیتروژن با کاهش دما از  $40^{\circ}\text{C}$  به  $20^{\circ}\text{C}$  چه تغییری می کند؟  
 ۳- با توجه به اینکه گشتاور دو قطبی  $\text{CO}_2$  برخلاف  $\text{NO}$  صفر است، به پرسش های زیر پاسخ دهید:

آ) انتظار دارید در دما و فشار معین، انحلال پذیری کدام گاز در آب بیشتر باشد؟ چرا؟  
 ب) آزمایش ها نشان می دهد که در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی، انحلال پذیری گاز  $\text{CO}_2$  بیشتر از  $\text{NO}$  است. چرا؟

## رسانایی الکتریکی محلول ها

فلزها و گرافیت (مغز مداد) رسانای جریان برق هستند. از آنجا که رسانایی آنها به وسیله الکترون ها انجام می شود، به آنها **رسانای الکترونی** می گویند. نوع دیگری از رسانایی نیز وجود دارد که به وسیله یون ها انجام می شود و به آن **رسانای یونی** می گویند. این رسانایی هنگامی انجام می شود که یون ها بتوانند از نقطه ای به نقطه دیگر جابه جا شوند، زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه جا خواهند شد.

برای نمونه، محلول آبی سدیم کلرید را در نظر بگیرید. این محلول حاوی یون های  $\text{Na}^+(\text{aq})$  و  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  است که با جنبش های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر آن پراکنده اند. هرگاه این محلول



در مدار الکتریکی قرار گیرد، جریان برق در مدار برقرار می‌شود، زیرا یون‌ها به سوی قطب‌های ناهم‌نام حرکت می‌کنند. یون‌های  $\text{Na}^+(\text{aq})$  به سوی قطب منفی و یون‌های  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  به سوی قطب مثبت پیش می‌روند. جابه‌جایی یون‌ها نشان‌دهنده جابه‌جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه، رسانایی الکتریکی محلول سدیم کلرید است. به موادی مانند  $\text{NaCl}(\text{s})$ ، **الکترولیت** و به  $\text{NaCl}(\text{aq})$ ، **محلول الکترولیت** می‌گویند. نکته جالب این است که همه محلول‌های یونی رسانایی یکسانی ندارند (چرا؟).

## با هم بیندیشیم

با توجه به شکل‌های زیر، کدام محلول:



$\text{HF}(\text{aq})$   
 $0.1 \text{ molL}^{-1}$   
 $(25^\circ\text{C})$



$\text{KOH}(\text{aq})$   
 $0.1 \text{ molL}^{-1}$   
 $(25^\circ\text{C})$



$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{aq})$   
 $0.1 \text{ molL}^{-1}$   
 $(25^\circ\text{C})$

(آ) رسانای خوب جریان برق است؟ چرا؟

(ب) رسانای ضعیف جریان برق است؟ چرا؟

(پ) رسانای جریان برق نیست؟ چرا؟

(ت) این محلول‌ها را به‌عنوان الکترولیت قوی، الکترولیت ضعیف و غیرالکترولیت دسته‌بندی کنید.

● سدیم کلرید در حالت جامد نارسناست، اما در حالت مذاب رسانای جریان برق است (چرا؟).

## پیوند با زندگی

آیا تاکنون دیده یا شنیده‌اید که ورزشکاران به ویژه دوچرخه‌سواران و دوندگان پس از تمرین یا مسابقه، نوشیدنی‌های ویژه‌ای مصرف می‌کنند؟ آیا می‌دانید هر یک از این نوشیدنی‌ها حاوی چه مواد و الکترولیت‌هایی است؟ چرا نوشیدن این نوع مایع‌ها به ورزشکاران توصیه می‌شود؟ بدن ما سامانه پیچیده و متعادلی از یاخته‌ها، بافت‌ها و مایعاتی است که در هر لحظه با

## آیا می دانید

از دیگر یون‌های سازنده الکترولیت‌های بدن،  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Mg}^{2+}$  هستند. جدول زیر درصد آنها را در خوناب و نقش هر یک را در بدن نشان می‌دهد.

نقش	نوع ترکیب و بافت حاوی آن	ویژگی یون
تأمین انرژی در ماهیچه‌ها و کنترل عصبی	۵٪ آن در ساختار استخوان‌ها وجود دارد	$\text{Mg}^{2+}$
سازنده استخوان و انقباض ماهیچه‌ها	۹۰٪ آن در استخوان‌ها به صورت کلسیم فسفات و کلسیم کربنات وجود دارد	$\text{Ca}^{2+}$
شیره معده و تنظیم مایع‌های بدن	یون اصلی در مایع برون سلولی است	$\text{Cl}^-$

## آیا می دانید

مارهای سیاه مناطق گرمسیری با تزریق زهری که کانال‌های پتاسیم را در سلول‌های عصبی مسدود می‌کند، شکار خود را از پای در می‌آورند.



نظمی باور نکردنی، پیام‌های عصبی، احساسات و حرکات ما را کنترل می‌کنند. این هنگامی رخ می‌دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود؛ محیطی که یک محلول آبی محتوی یون‌های گوناگونی مانند  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Cl}^-$  و ... است. پس از انجام یک فعالیت بدنی سنگین یا پس از مدتی دویدن، احساس خستگی دست می‌دهد که ناشی از کاهش چشمگیر این یون‌ها در الکترولیت‌های بدن است. از این رو نوشیدن چنین الکترولیت‌هایی کاهش این یون‌ها را جبران می‌کند (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- تأمین الکترولیت‌های مورد نیاز بدن

یکی از مهم‌ترین یون‌ها در الکترولیت‌های بدن، یون پتاسیم ( $\text{K}^+$ ) است. نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به یون پتاسیم دو برابر یون سدیم است. از آنجا که بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم است، کمبود آن به ندرت احساس می‌شود. وجود یون پتاسیم ( $\text{K}^+$ ) برای تنظیم و عملکرد مناسب دستگاه عصبی بسیار ضروری است به طوری که انتقال پیام‌های عصبی در عصب‌ها بدون وجود این یون، امکان‌پذیر نیست. در واقع، اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام‌های عصبی می‌شود. گاهی در موارد شدید، این اختلالات منجر به مرگ می‌شود.

## رد پای آب در زندگی

آیا می‌دانید روزانه چند لیتر آب مصرف می‌کنید؟ آیا مصرف آب، تنها شامل میزان آبی است که می‌نوشید؟ هر فرد، روزانه در حدود ۳۵۰ لیتر آب مصرف می‌کند. این مقدار آب افزون بر نوشیدن، شامل پخت و پز، شستشو در آشپزخانه، نظافت، شستشوی لباس و ... است.



## آیا می دانید

ردپای آب در جهان برای یک سال در حدود  $15 \times 7$  لیتر است. این ردپا برای کشورهایی مانند چین و هند به دلیل جمعیت زیاد و در کشورهای توسعه یافته به دلیل حجم فعالیت های صنایع گوناگون، سنگین تر و بزرگ تر است.



مصرف آب به فعالیت های روزانه هر شخص محدود نمی شود، بلکه روزانه در صنایع گوناگون، حجم بسیار زیادی آب استفاده می شود. در میان صنایع، صنعت کشاورزی بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص داده است. بررسی ها نشان می دهند که برای تولید هر وسیله، کالا یا فرآورده مقدار معینی آب نیاز است (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- ردپای آب برای تولید برخی فرآورده ها

همانند ردپای کربن دی اکسید، برای هر فرد، ردپای آب نیز تعریف می شود. در واقع، ردپای آب نشان می دهد که هر فرد چه مقدار از آب قابل استفاده و در دسترس مصرف می کند و در نتیجه چه مقدار از حجم منابع آب کم می شود. این میزان، همه آبی را که در تولید کالاها، ارائه خدمات و فعالیت های گوناگون مصرف می شود، نشان می دهد. برای مثال اگر شما سالانه ۱۵۰ کیلوگرم گندم مصرف کنید، ردپای آب شما در تولید این مقدار گندم برابر با ۲۷۴۵۰۰ لیتر خواهد بود. با حساب کردن همه آب مصرفی در زندگی سالانه هر فرد می توان میانگین ردپای آب او را برآورد کرد. هر چه رد پای آب ایجاد شده، سنگین تر باشد، منابع آب شیرین بیشتر مصرف می شوند و زودتر به پایان می رسند. برآوردهای پژوهشگران نشان می دهد که میانگین ردپای آب برای هر فرد در یک سال در حدود  $1/000/000$  لیتر است.

اکنون این پرسش مطرح می شود که آیا همه آب های مصرفی در صنایع گوناگون از منابع آب شیرین تأمین می شوند؟ متأسفانه پاسخ این پرسش مثبت است، در واقع تقریباً همه آب های

## آیا می دانید

براساس پژوهش های سازمان جهانی غذا، در دهه ۲۰۰۵-۱۹۹۶ میلادی، برای تولید هر تن گندم در جهان به طور میانگین ۱۸۳ مترمکعب آب مصرف شده است. به دیگر سخن، میانگین جهانی ردپای آب در تولید هر کیلوگرم گندم حدود ۱۸۳ لیتر است. هرچه میزان مصرف گندم در یک کشور بیشتر باشد، ردپای آب سنگین تر است. با توجه به اینکه کشور ما در منطقه کم آب قاره آسیا قرار دارد، استفاده از فناوری های نوین آبیاری در حفظ منابع آب اهمیت شایانی دارد.

مصرفی در کشاورزی، دامداری، نساجی، ساخت و ساز، خانه، مدرسه، دانشگاه و ... از آب‌های سطحی (رود، دریاچه و نهر آب شیرین) یا آب‌های زیرزمینی (چشمه، قنات و چاه عمیق) تهیه می‌شوند (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- دریاچه، سد، رود منابع تأمین آب مورد نیاز ما هستند.

آب آشامیدنی را می‌توان از تصفیه آب رودها، دریاچه‌ها و چاه‌ها تهیه کرد. این ویژگی نشان می‌دهد که آب آشامیدنی با آب مصرفی در دیگر صنایع متفاوت است؛ به طوری که ممکن است آبی برای شستشو مناسب باشد اما آشامیدنی نباشد. هر چند که آب دریاها و اقیانوس‌ها، منبع بسیار بزرگی برای تهیه آب به شمار می‌آیند، اما به اندازه‌ای شور هستند که باید قبل از مصرف، نمک زدایی و تصفیه شوند.

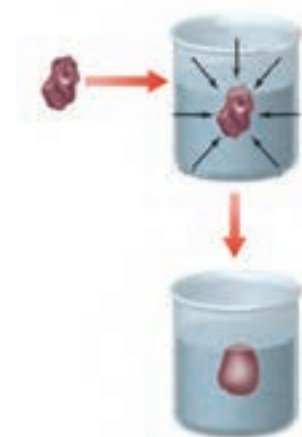
## پیوند با زندگی

هنگامی که حبوبات و میوه‌های خشک را برای مدتی درون آب قرار می‌دهیم، متورم می‌شوند در حالی که خیار در آب شور چروکیده می‌گردد (شکل ۲۸). آیا تاکنون اندیشیده‌اید که در این پدیده‌ها چه رخ می‌دهد؟



شکل ۲۸- نمونه‌هایی از پدیده اسمز در زندگی روزانه

● آب‌های گل‌آلودی که در جوی‌ها و نهرها جاری هستند از یک چشمه، قنات یا چاه آب به صورت زلال و شفاف بیرون می‌آیند.

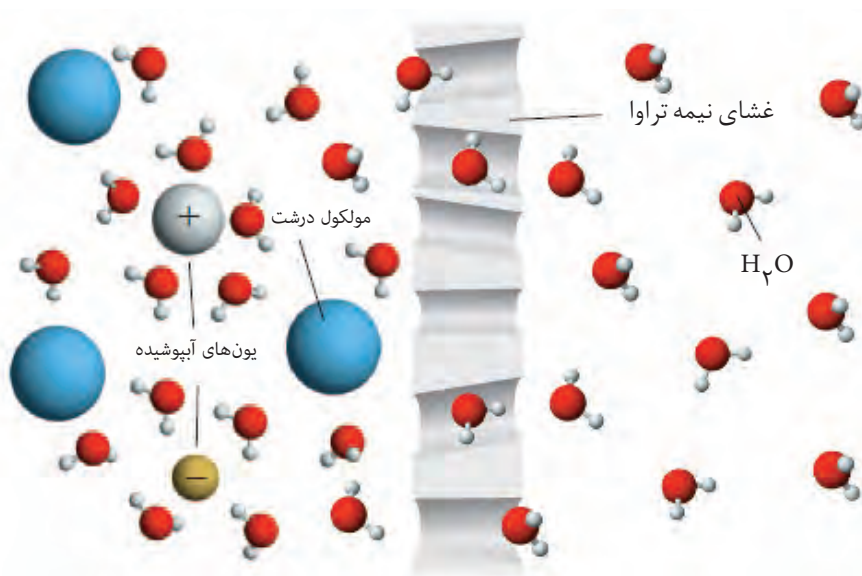


● هنگامی که میوه‌های خشک درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، خود به خود از محیط رقیق با گذر از روزنه‌های دیواره سلولی به محیط غلیظ می‌روند. در نتیجه، میوه آبدار و متورم می‌شود. گذرندگی\* (اسمز) نامی است که به این فرایند داده‌اند. در این فرایند، برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابد.

## آیا می دانید

در بستر دریاها، چشمه‌هایی وجود دارند که آب آنها شیرین و آشامیدنی هستند. ملوانان و ناخدایان سنتی کشور ایران و کشورهای حاشیه خلیج فارس تا همین اواخر آب آشامیدنی مورد نیاز خود را در سفرهای دریایی از همین چشمه‌ها تأمین می‌کردند. برای این منظور یک غواص با مشک خالی به زیر دریا می‌رفت و مشک را از محل چشمه می‌آورد. دو هزار سال پیش، یک جغرافی‌دان رومی به نام استرابو درباره چشمه‌های آب شیرین موجود در دریای مدیترانه، در جایی که سوریه امروزی قرار دارد، مطالبی نوشته است. استفاده از آب‌های شیرین جهت مصرف کشتی‌ها و شهرها در بحریه نمونه دیگری از این موارد است که به قرن دوم پس از میلاد بر می‌گردد. امروزه منابع آب شیرین زیر بستر دریا به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب برای سال‌های آینده بشر شناخته می‌شود. گفته می‌شود که تقریباً چیزی معادل آب رودخانه‌های جهان که به دریاها وارد می‌شود، به صورت چشمه‌های زیر دریا وارد دریاها می‌شود. به همین دلیل امروزه بیش از گذشته نسبت به شناخت و بهره‌برداری از این آبها توجه می‌شود.

دیواره یاخته‌ها در گیاهان روزنه‌هایی بسیار ریز دارد که ذره‌های سازنده مواد می‌توانند از آن گذر کنند. به گونه‌ای که این روزنه‌ها فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کنند. این دیواره‌ها غشای نیمه تراوا نامیده می‌شوند (شکل ۲۹).

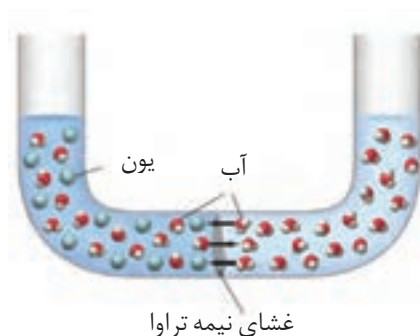


شکل ۲۹- غشای نیمه تراوا و عبور انتخابی

## با هم بیندیشیم

۱- مطابق شکل زیر، حجم‌های برابری از آب دریا و آب مقطر به وسیله یک غشای نیمه تراوا از یکدیگر جدا شده‌اند.

آ اگر از این غشا یون‌های سدیم و کلرید نتوانند بگذرند، با گذشت زمان چه رخ می‌دهد؟



## آیا می دانید

در شمال جزیره قشم، نیروگاه و تأسیسات آب شیرین احداث شده است که همزمان آب و برق تولید می کند. این مجتمع به دست توانای کارشناسان و متخصصان ایرانی در شرکت گروه مپنا ساخته شده و در سال ۱۳۹۳ هجری شمسی به بهره برداری رسیده است. بازده این مجتمع ۸۰ درصد است و با ظرفیت تولید ۵۰ مگاوات برق و شیرین سازی ۱۸۰۰۰ مترمکعب آب در روز کار می کند.

## آیا می دانید

برخی شرکتها و فروشندگان دستگاههای تصفیه آب برای نشان دادن اینکه در آب شهری، چه میزان از یونهای گوناگون وجود دارد، آزمایشی مانند شکل زیر انجام می دهند.



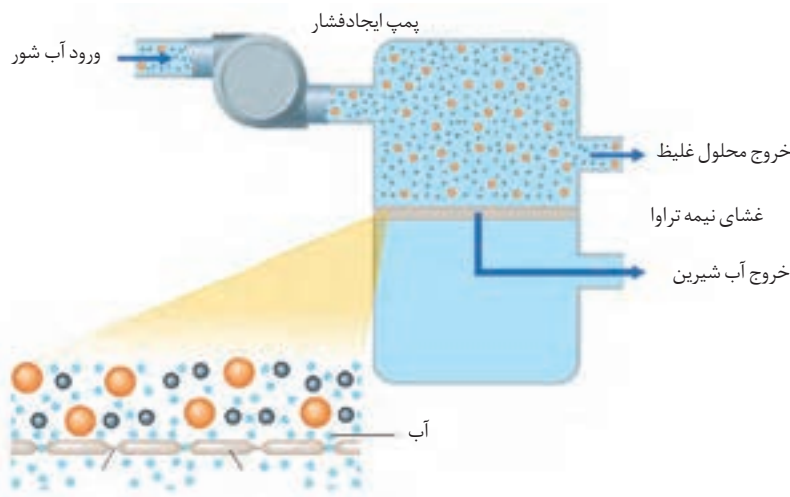
در این آزمایش با عبور جریان برق از درون آب آشامیدنی و انجام واکنش، برخی یونها از تیغههای فلزی وارد آب شده و سبب تغییر رنگ آن می شوند. توجه کنید که این آزمایش، میزان یونهای موجود در آب را به درستی نشان نمی دهد.

ب) آیا با این روش می توان آب دریا را نمک زدایی و آب شیرین تهیه کرد؟ چرا؟



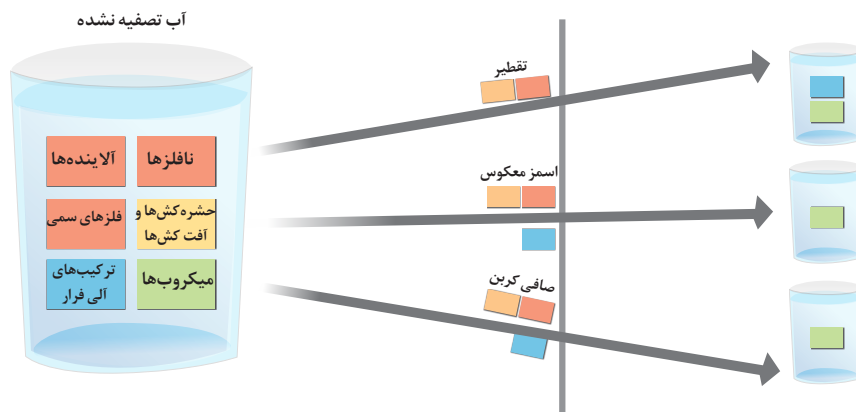
پ) براساس شکل روبه رو، اگر بر پیستون نیرو وارد کنیم، چه رخ می دهد؟ چرا؟

ت) چرا فرایند انجام شده در قسمت «پ» را **اسمز معکوس** می نامند؟  
ث) با توجه به شکل زیر، چگونگی تولید آب شیرین از آب دریا را توضیح دهید.



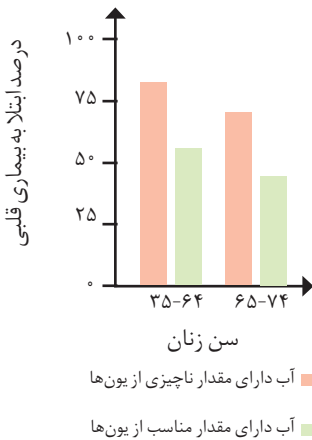
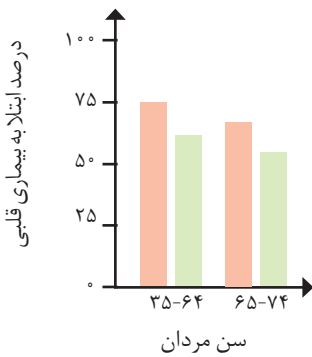
## خود را بیازمایید

۱- شکل زیر برخی روشهای تصفیه یک نمونه آب را نشان می دهد، با توجه به شکل به پرسشها پاسخ دهید.

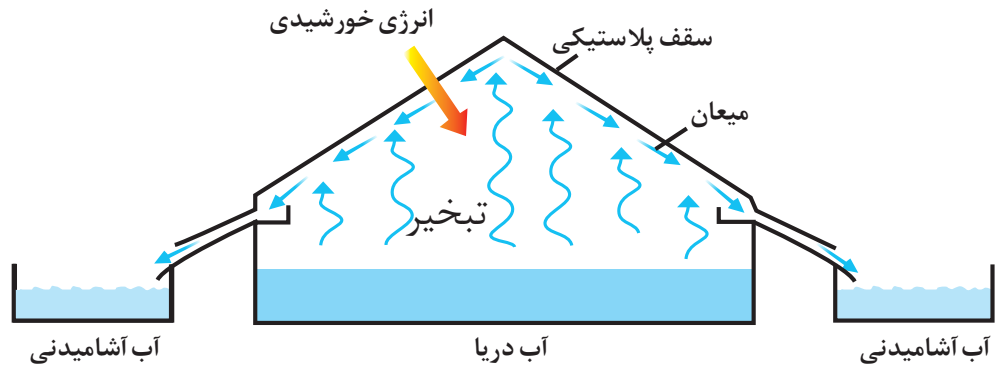


## آیا می‌دانید

• دستگاه‌های تصفیه آب، به‌طور چشمگیری از غلظت یون‌های موجود در آب می‌کاهند. این در حالی است که وجود مقدار مناسبی از یون‌ها برای استخوان‌ها، قلب و... ضروری و مفید است. از این‌رو کاهش بیش از اندازه یا حذف یون‌ها از آب توصیه نمی‌شود، زیرا پژوهش‌ها نشان می‌دهند، افرادی که آب آشامیدنی محتوی مقدار ناچیزی از این یون‌ها را می‌نوشند در مقایسه با دیگران، بیشتر در معرض ابتلا به بیماری‌های قلبی هستند.



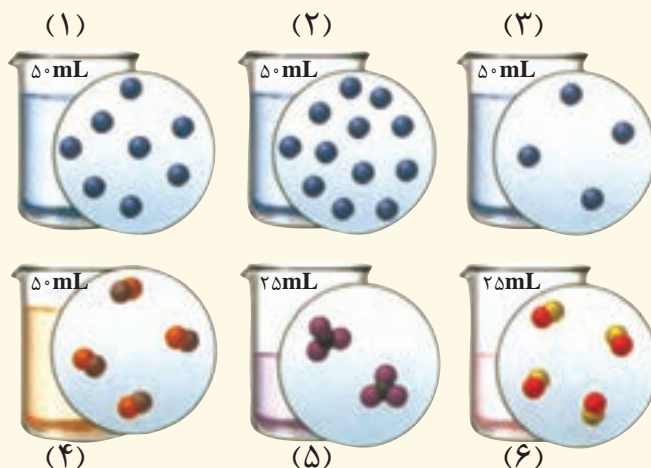
- آ) با انجام تقطیر، کدام مواد موجود در آب از آن جدا می‌شوند؟ توضیح دهید.
- ب) با عبور آب از صافی کربن، کدام آلاینده‌ها حذف می‌شوند؟
- پ) با روش اسمز معکوس، کدام مواد را می‌توان از آب جدا کرد؟
- ت) آب به‌دست آمده از کدام روش‌ها، آلاینده کمتری دارد؟
- ث) چرا آب تصفیه شده در این روش‌ها را باید پیش از مصرف کلرزنی کرد؟
- ۲- شکل زیر روشی برای تهیه آب شیرین از آب دریا را نشان می‌دهد.



آ) این روش چه نام دارد؟

ب) روند تهیه آب شیرین را در این روش توضیح دهید.

۱- اگر در محلول‌های آبی (۱) تا (۶) هر ذره حل شونده هم‌ارز با  $2 \times 10^{-2}$  مول باشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



آ) کدام محلول غلیظ‌تر است؟ چرا؟

ب) غلظت مولی کدام محلول‌ها با هم برابر است؟

پ) غلظت مولی محلول به دست آمده از مخلوط کردن محلول (۱) و (۳) را حساب کنید.

ت) غلظت مولی محلول (۴) را پس از افزودن  $110$  میلی لیتر آب به آن حساب کنید.

ث) غلظت مولی محلول (۵) را پس از انحلال  $2 \times 10^{-2}$  مول حل شونده به دست آورید (از تغییر حجم چشم‌پوشی کنید).

۲- ادامه زندگی اغلب ماهی‌ها هنگامی امکان‌پذیر است که غلظت اکسیژن محلول در آب بیشتر از  $5 \text{ ppm}$  باشد. با انجام

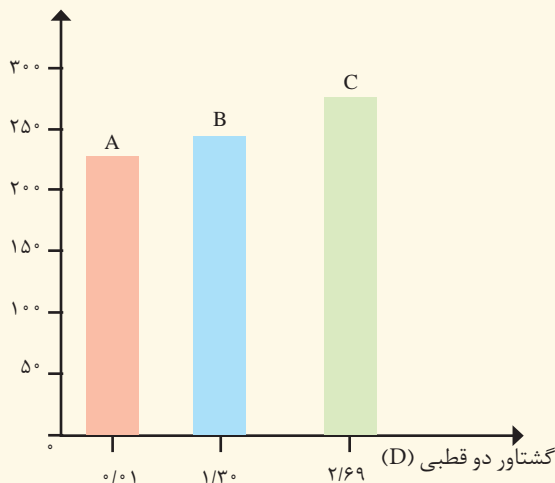
محاسبه مشخص کنید که  $9 \text{ kg}$  آب حاوی  $6/75$  میلی گرم اکسیژن محلول برای ادامه زندگی ماهی‌ها مناسب است؟

۳- برای ضدعفونی کردن آب یک استخر از محلول کلر  $7 \text{ ppm}$  درصد جرمی استفاده می‌شود. اگر مقدار مجاز کلر موجود در

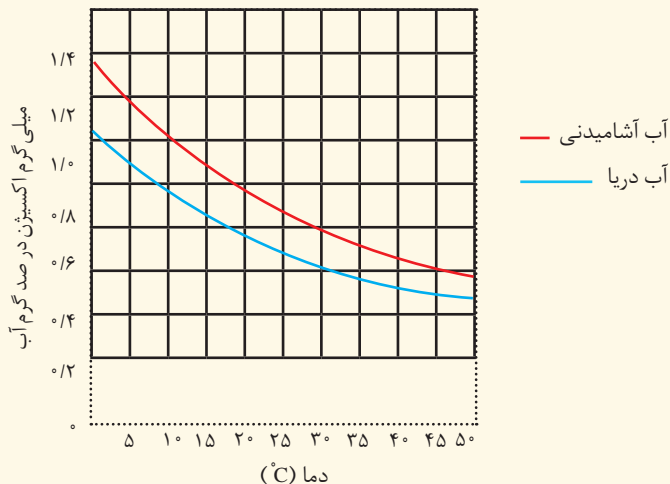
آب استخر  $1 \text{ ppm}$  باشد، چند گرم از این محلول برای ضدعفونی کردن  $700 \text{ m}^3$  آب نیاز است؟ (جرم یک لیتر آب استخر را برابر با یک کیلوگرم در نظر بگیرید).

۴- با توجه به نمودار زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید. جرم مولی هر سه ماده آلی A، B، و C با یکدیگر برابر است.

نقطه جوش (K)



- آ) جهت گیری و منظم شدن مولکول های کدام ترکیب در میدان الکتریکی محسوس تر است؟ چرا؟
- ب) سه ترکیب داده شده را بر اساس کاهش قدرت نیروهای بین مولکولی مرتب کنید؟
- ت) پیش بینی می کنید کدام ماده در شرایط یکسان انحلال پذیری بیشتری در هگزان دارد؟ چرا؟
- ۵- در نمودار زیر انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی و آب دریا نشان داده شده است.



- آ) در دمای  $5^{\circ}\text{C}$  انحلال پذیری گاز اکسیژن چقدر است؟
- ب) با افزایش دما چه تغییری در مقدار حل شدن گاز اکسیژن مشاهده می شود؟
- پ) آیا می توان گفت با افزایش مقدار نمک در آب، انحلال پذیری گاز اکسیژن کاهش می یابد؟ توضیح دهید.
- ۶- هر یک از شکل های زیر نمایی از آغاز و پایان آزمایشی برای درک مفهوم انحلال پذیری سه ماده در آب و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  است. نتیجه هر یک از این آزمایش ها را بنویسید.



۷- هر یک از شکل‌های زیر، کاربردی از یک ترکیب یونی را نشان می‌دهد.



(آ) کدام شکل کاربرد کلسیم سولفات و کدام شکل کاربرد آمونیوم نیترات را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.  
(ب) اگر انحلال‌پذیری کلسیم سولفات و آمونیوم نیترات در آب و دمای  $20^{\circ}\text{C}$  به ترتیب برابر با  $0.2$  و  $65/5$  گرم باشد، درصد جرمی محلول سیرشدهٔ هریک را در این دما حساب کنید.

۸- کوسه‌های شکارچی حس بویایی بسیار قوی دارند و می‌توانند بوی خون را از فاصلهٔ دورتر حس کنند. اگر یک قطره ( $0.1$  گرم) از خون یک شکار در فضایی از آب دریا به حجم  $4 \times 10^{12}$  لیتر پخش شود، این کوسه‌ها بوی خون را حس می‌کنند. حساب کنید حس بویایی این کوسه‌ها به حداقل چند ppm خون حساس است؟ (جرم یک لیتر آب دریا را یک کیلوگرم در نظر بگیرید).





یون‌هایی که بار الکتریکی منفی دارند.	۳۷	Anion	آنیون
به جذب پرتوهای پرنرژی و باز تابش پرتوهای کم انرژی به وسیله مولکول‌های برخی گازهای موجود در هوا کره می‌گویند.	۷۲	Greenhouse effect	اثر گلخانه‌ای
دانش مطالعه روابط کمی در مواد و واکنش‌های شیمیایی است.	۸۵	Stoichiometry	استوکیومتری
به واکنش اکسیژن با مواد، اکسایش گفته می‌شود.	۶۱	Oxidation	اکسایش
اکسید نافلز که در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند.	۶۷	Acidic Oxid	اکسید اسیدی
اکسید فلز که در واکنش با آب باز (قلیا) تولید می‌کند.	۶۷	Basic Oxid	اکسید بازی
ماده‌ای که در حالت مذاب یا محلول رسانای الکتریکی است.	۱۲۵	Electrolyte	الکترولیت
ذره بنیادی با بار الکتریکی منفی که در فضای پیرامون هسته وجود دارد.	۴	Electron	الکترون
به الکترون‌های آخرین لایه الکترونی (دارای بزرگ‌ترین $n$ ) اتم می‌گویند.	۳۳	Valance electrons	الکترون‌های ظرفیت
اتم‌های یک عنصر که عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند.	۵	Isotope	ایزوتوپ (هم‌مکان)
بارانی که با حل شدن گازهایی مانند گوگرد دی‌اکسید و اکسیدهای نیتروژن موجود در هوا کره خاصیت اسیدی پیدا می‌کند.	۶۸	Acid rain	باران اسیدی
به تبدیل خود به خود ایزوتوپ‌های ناپایدار به گونه‌های پایدارتر می‌گویند که با گسیل پرتوها یا ذره‌های پرنرژی همراه است.	۶	Radio activity	پرتوزایی
یکی از ذره‌های بنیادی سازنده اتم که دارای بار الکتریکی مثبت است و درون هسته قرار دارد.	۵	Proton	پروتون
نیروی جاذبه‌ای که به اشتراک گذاشته شدن دو یا چند الکترون میان اتم‌ها به وجود می‌آید.	۴۱	Covalent bond	پیوند اشتراکی (کووالانسی)
پیوند اشتراکی (کووالانسی) است که در نتیجه به اشتراک گذاشته شدن دو جفت الکترون میان دو اتم، تشکیل می‌شود.	۶۵	Double bond	پیوند دوگانه
پیوند اشتراکی (کووالانسی) است که در نتیجه به اشتراک گذاشته شدن سه جفت الکترون میان دو اتم، تشکیل می‌شود.	۶۵	Triple bond	پیوند سه‌گانه
نوعی نیروی جاذبه بین مولکولی بسیار قوی است.	۱۱۵	Hydrogen bond	پیوند هیدروژنی
به نیروی جاذبه الکتروستاتیکی از میان یون‌ها با بار الکتریکی ناهمنام در شبکه بلوری می‌گویند.	۳۸	Ionic bond	پیوند یونی
ماده‌ای که یون‌ها یا مولکول‌های سازنده آن از واکنش دو یا چند عنصر با نسبت مشخص تشکیل شده باشد.	۳۹	Compound	ترکیب
ترکیبی که از مولکول‌های جدا از هم تشکیل شده است.	۴۱	Molecular compound	ترکیب مولکولی

ترکیب شیمیایی که ذره‌های سازنده آن، یون‌های مثبت و منفی هستند.	۳۸	Ionic compound	ترکیب یونی
ترکیبی که از یون‌های دو عنصر مختلف تشکیل شده است.	۳۹	Binary ionic compound	ترکیب یونی دوتایی
بخشی از هواکره که در فاصله ۱۰ تا ۱۲ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد.	۴۷	Troposphere	تروپوسفر
روشی است برای جداسازی اجزای مخلوط چند مایع که دارای نقطه جوش متفاوت می‌باشند.	۴۹	Fractional distillation	تقطیر جزء به جزء
توسعه‌ای که نیازهای زمان حال را برآورده سازد بدون آنکه توانایی نسل‌های آینده در برآورده‌سازی نیازهایشان را به خطر اندازد.	۷۷	Sustainable developmene	توسعه پایدار
چیدمان عنصرهای شیمیایی به ترتیب افزایش عدد اتمی که در آن عنصرهای با خواص مشابه در یک ستون قرار می‌گیرند.	۱۰	Periodic table	جدول دوره‌ای
جرم اتم را بر حسب واحد amu نشان می‌دهند.	۱۴	Atomic mass	جرم اتمی
میانگین جرم اتمی ایزوتوپ‌های یک عنصر را با توجه به درصد فراوانی آنها در طبیعت نشان می‌دهد.	۱۵	Average atomic mass	جرم اتمی میانگین
به جرم یک مول ماده، جرم مولی می‌گویند.	۱۸	Molar mass	جرم مولی
جفت الکترونی که میان هسته دو اتم قرار دارد و پیوند اشتراکی را به وجود می‌آورد.	۶۵	bonding electron pair	جفت الکترون پیوندی
جفت الکترونی که به یک اتم تعلق دارند و در تشکیل پیوند شیمیایی شرکت نکرده است.	۶۵	Non- bonding electron pair	جفت الکترون ناپیوندی
حالتی برای اتم که نسبت به حالت پایه انرژی بالاتری دارد.	۲۶	Excited state	حالت برانگیخته
به حالتی برای اتم با پایین‌ترین سطح انرژی می‌گویند.	۲۶	Ground state	حالت پایه
جزئی که در حلال حل می‌شود.	۱۰۱	Solute	حل شونده
جزئی که حل شونده را در خود حل می‌کند و درصد بیشتری از محلول را تشکیل می‌دهد.	۱۰۱	Solvent	حلال
جرم ماده حل شونده در ۱۰۰ گرم محلول را نشان می‌دهد.	۱۰۳	Weight(Mass)Percent	درصد جرمی
درصد یک ایزوتوپ خاص در مخلوطی از ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر را نشان می‌دهد.	۶	Abundance Percentage	درصد فراوانی
به شکل‌های متفاوت مولکولی یا بلوری یک عنصر در حالت فیزیکی یکسان گفته می‌شود.	۷۸	Ollotrope	دگرشکل
به هر ردیف از جدول دوره‌ای عنصرها می‌گویند.	۱۲	Period	دوره یا تناوب
به ایزوتوپ‌های ناپایدار و پرتوزا می‌گویند.	۶	Radioisotope	رادایوایزوتوپ
روشی برای موازنه کردن معادله‌های شیمیایی با شمارش نوبتی اتم‌ها در دو سوی معادله است.	۵۹	Inspection Method	روش واریسی
موادی که در محیط زیست به کمک باکتری‌ها به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند.	۷۵	Biodegradation	زیست تخریب پذیر
به بخشی از کره زمین می‌گویند که در آن زندگی وجود دارد.	۹۳	Biosphere	زیست کره
شیوه‌ای برای نمایش مولکول‌ها و یون‌ها است به گونه‌ای که در آن چگونگی اتصال اتم‌ها با هم، الکترون‌ها پیوندی	۶۴	Lewis structure	ساختار لوویس

و ناپیوندی نشان داده می‌شود.			
سامانهٔ دربرگیرنده یک ستاره به نام خورشید و شماری اجرام آسمانی دیگر که در مدارهایی پیرامون آن می‌گردند.	۲	Solar System	سامانهٔ خورشیدی
نوعی سوخت به دست آمده از مواد گیاهی و جانوری که با محیط زیست سازگار است.	۷۴	Green fuel	سوخت سبز
موادی مانند زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی که طی میلیون‌ها سال از تجزیه اجساد و بقایای جانوران و گیاهان مدفون شده در زمین به وجود آمده‌اند و امروزه به عنوان منبع انرژی به کار می‌روند.	۵۴	Fossil fuel	سوخت فسیلی
واکنش اکسایشی که سریع روی می‌دهد و با ایجاد شعله و آزاد کردن مقدار زیادی گرما، صوت و نور همراه است.	۵۳	Combustion	سوختن
به سوختن یک سوخت در حضور اکسیژن کافی می‌گویند.	۵۴	Complete combustion	سوختن کامل
سوختن یک سوخت در حضور مقدار کم اکسیژن می‌گویند که افزودن بر کربن دی‌اکسید و آب، مقدار زیادی کربن مونواکسید نیز تولید می‌کند.	۵۴	Incomplete combustion	سوختن ناقص
یا شیمی پایدار شاخه‌ای از علم شیمی است که در پی طراحی فرآورده‌ها و فرایندهایی است تا تولید و استفاده از مواد خطرناک را کاهش داده یا از بین ببرد.	۷۴	Green Chemistry	شیمی سبز
دستگاهی که به کمک آن جرم گونه‌های شیمیایی را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کنند.	۱۷	Mass spectrometer	طیف‌سنج جرمی
به تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ یک اتم می‌گویند.	۵	Atomic number	عدد اتمی
به عدد $6.022 \times 10^{23}$ می‌گویند.	۱۷	Avogadro's number	عدد آووگادرو
مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در هستهٔ یک اتم است.	۵	Mass number	عدد جرمی
عددی است که لایه‌های الکترونی را در اتم مشخص می‌کند.	۲۴	Principal quantum number(n)	عدد کوانتومی اصلی
عددی است که زیر لایه‌های موجود در یک لایهٔ الکترونی را مشخص می‌کند.	۲۹	Azimuthal quantum number(l)	عدد کوانتومی فرعی
ماده‌ای که ذره‌های سازندهٔ آن از یک نوع اتم ساخته شده‌اند.	۲	Element	عنصر
شمار مول‌های حل‌شونده در یک لیتر محلول را نشان می‌دهد.	۱۰۶	Molar Concentration	غلظت مولی
ماده‌ای که در حالت مذاب یا محلول در آب، رسانای جریان برق نیست.	۱۲۵	Non-Electrolyte	غیرالکترولیت
ماده‌ای که در یک واکنش شیمیایی تولید شده و در سمت راست معادلهٔ شیمیایی نوشته می‌شود.	۵۶	Product	فرآورده
شیوه‌ای برای نشان دادن نوع و تعداد اتم‌های سازندهٔ یک واحد از ماده شیمیایی است.	۳۸	Chemical formula	فرمول شیمیایی
فرمول شیمیایی که نوع و تعداد دقیق اتم‌ها را در یک مولکول نشان می‌دهد.	۴۱	Molecular formula	فرمول مولکولی
بنابر این قاعده، الکترون‌ها نخست در زیرلایه‌های با انرژی کمتر جای می‌گیرند و به تدریج زیرلایه‌های با انرژی بالاتر را اشغال می‌کنند.	۳۰	Aufbau rule	اصل آفبا

اتم‌ها تمایل دارند که با داد و ستد یا به اشتراک گذاشتن الکترون، تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت خود را به هشت برسانند و به آرایش الکترونی گاز نجیب پیش یا پس از خود دست یابند.	۳۵	Octet rule	قاعده هشتایی
حجم‌های مساوی از همه گازها در دما و فشار یکسان، تعداد مولکول‌های مساوی دارند.	۸۳	Avogadro's Law	قانون آووگادرو
در یک واکنش شیمیایی، جرم نه به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود.	۵۶	The law of the Conservation of mass	قانون پایستگی جرم
ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد.	۵۷	Catalyst	کاتالیزگر
یونی که بار الکتریکی مثبت دارد.	۳۷	Cation	کاتیون
گازهایی مانند کربن دی‌اکسید، بخار آب و متان که از طریق اثر گلخانه‌ای باعث گرم شدن زمین می‌شوند.	۷۳	Greenhouse gases	گازهای گلخانه‌ای
به عنصرهای گروه هجدهم جدول دوره‌ای عنصرها (Rn و He ، Ne ، Ar ، Kr ، Xe) می‌گویند.	۳۲	Noble gases	گازهای نجیب
به عنصرهای موجود در یک ستون از جدول دوره‌ای می‌گویند که خواص شیمیایی مشابهی دارند.	۱۲	Group	گروه
به فضای پیرامون هسته با گنجایش معین الکترون و انرژی معین گفته می‌شود.	۲۴	Electron shell	لایه الکترونی
پوششی پیرامون زمین حاوی گاز اوزون که زمین را در برابر پرتوهای پرنرژی و خطرناک فرابنفش خورشید محافظت می‌کند.	۷۳	Ozone layer	لایه اوزون
به مخلوط همگن دو یا چند ماده گفته می‌شود.	۱۰۰	Solution	مخلوط
محلولی دارای یون‌های آبپوشیده که رسانای جریان برق است.	۱۲۵	Electrolyte Solution	مخلوط الکترولیت
محلولی که مقدار حل‌شونده در آن بیشتر از انحلال‌پذیری حل‌شونده در یک دمای معین است.	۱۱۰	Supersaturated solution	مخلوط فراسیر شده
مخلوطی که اجزای تشکیل‌دهنده آن قابل تشخیص است.	۱۱۹	Heterogeneous Mixture	مخلوط ناهمگن
نمایش یک واکنش به کمک نمادها و فرمول‌های شیمیایی که در آن واکنش‌دهنده‌ها، فرآورده‌ها و نسبت مولی آنها مشخص می‌شود.	۵۸	Chemical equation	معادله شیمیایی
معادله‌ای که در آن تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله برابر است.	۵۹	Balanced equation	معادله موازنه شده
یک معادله که در آن فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده(ها)، فرآورده(ها) و حالت فیزیکی آنها نوشته می‌شود.	۵۶	Symbol Equation	معادله نمادی
یک معادله که در آن نام واکنش‌دهنده(ها) و فرآورده(ها) نوشته می‌شود.	۵۶	Word Equation	معادله نوشتاری
برابر کردن تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی یک معادله شیمیایی است.	۵۸	Balancing	موازنه کردن
یکای SI مقدار ماده است که با نماد mol نشان داده می‌شود.	۱۷	Mole	مول
مولکولی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.	۱۱۲	Polar molecule	مولکول قطبی
مولکولی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.	۱۱۲	Non - polar molecule	مولکول ناقطبی

۱۰	نمادی یک یا دو حرفی که برای نمایش یک عنصر به کار می‌رود.	Chemical symbol	نماد شیمیایی
۴	یکی از ذره‌های سازنده هسته اتم که بار الکتریکی ندارد.	Neutron	نوترون
۱۱۵	به همه نیروهای جاذبه بین مولکولی (به جز پیوند هیدروژنی) می‌گویند.	Van der Waals forces	نیروهای وان در والس
۵۶	فرایندی است که طی آن یک یا چند ماده بر هم اثر می‌گذارند و مواد شیمیایی تازه‌ای ایجاد می‌کنند.	Chemical Reaction	واکنش شیمیایی
۵۶	هریک از مواد آغازی واکنش را می‌گویند.	Reactant	واکنش دهنده
۴۶	لایه‌ای از گازها که دور یک جرم آسمانی مانند یک سیاره را احاطه می‌کند.	Atmosphere	هواکره
۳۹	یونی که تنها از یک اتم تشکیل شده است.	Monoatomic ion	یون تک‌اتمی
۹۸	یونی که از چند اتم یکسان یا متفاوت تشکیل شده است.	Polyatomic ion	یون چنداتمی

## منابع

- 1– Silberberg, M.S., Principles of General Chemistry , Mc GrawHill, 2007.
- 2– Reger, D.L.; Goode, S. R.; Ball, D.W., Chemistry, Brooks/Cole, 2010.
- 3– Tro N., Chemistry in Focus, Brooks/Cole, 2009.
- 4– Eubanks, L. P.; Middlecamp, C. H.; Heltzel, C. H.; Keller, S. W., Chemistry in Context, ACS, 2009.
- 5– Angelica M. Stacy, Living by Chemistry, 2010
- 6– John S. phillips, & *etal.* Glencoe Science Chemistry Concepts and applications, Mc Grow - Hill, 2009.
- 7– Kotz, John C.; Treichel, Paul M.; Weaver, Gabriela C., Chemistry & Chemical Reactivity, Thomson - Brooks/Cole. 2006
- 8 – Ebbing, Darrell D.; Gammon, Steven D., General Chemistry, Brooks/Cole. 2009
- 9– Tro, Nivaldo J., Principles of Chemistry, A Molecular Approach, Pearson. 2010
- 10– Chang, R.,; Overby, J., General Chemistry, The Essential Concepts, MC Graw Hill. 2008
- 11– Russo, S.; Silver, M., Introductory Chemistry, Prentice Hall. 2011



معلّمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند  
نظر اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران،  
صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۴۸۷۴، گروه درسی مربوطه یا پیام نگار (Email)  
[talif@talif.sch.ir](mailto:talif@talif.sch.ir) ارسال نمایند.  
دفتر تألیف کتاب های درسی ابتدایی و متوسطه نظری