



# مشاوره تحصیلی هیوا

تخصصی ترین سایت مشاوره کشور

مشاوره تخصصی ثبت نام مدارس ، برنامه ریزی درسی و آمادگی  
برای امتحانات مدارس

برای ورود به صفحه مشاوره مدارس کلیک کنید

برای ورود به صفحه نمونه سوالات امتحانی کلیک کنید

تماس با مشاور تحصیلی مدارس

۹۰۹۹۰۷۱۷۸۹



تماس از تلفن ثابت

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

## شیمی (۱)

رشته‌های علوم تجربی – ریاضی و فیزیک

پایه دهم

دوره دوم متوسطه

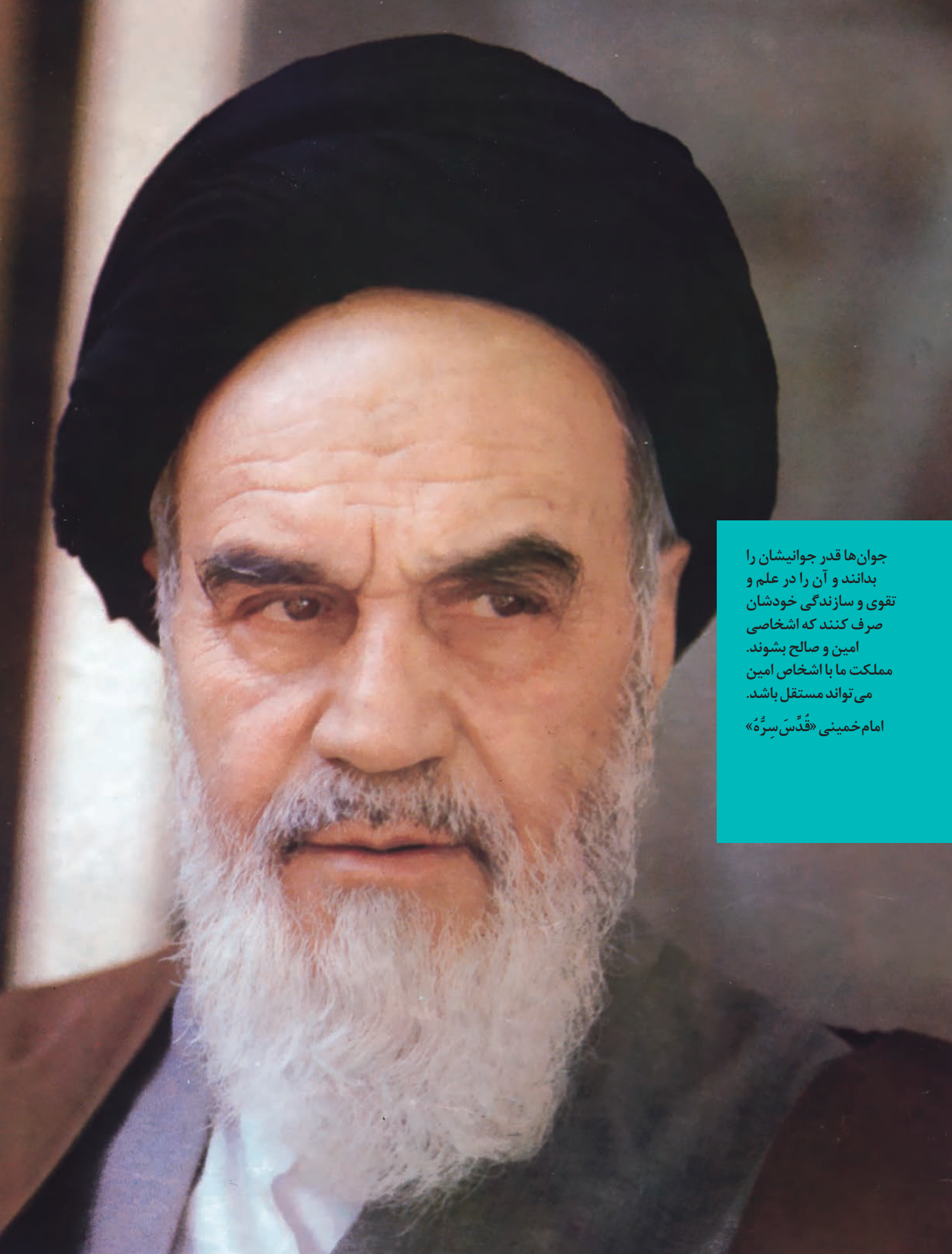


وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

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:

شیمی (۱) - پایه دهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۰۲۱۰  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری  
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، شریف کامیابی، نعمت‌الله ارشدی، سیف‌الله جلیلی، عابد بدریان،  
راضیه بنکدارسخی، معصومه شاه‌محمدی اردبیلی، منصور مختاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)  
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، حسین زمانی سیفی کار، معصومه شاه‌محمدی اردبیلی (اعضای گروه  
تألیف) - نعمت‌الله ارشدی (پیش‌نویس فصل ۱) - راضیه بنکدار سخی، سیف‌الله جلیلی (پیش‌نویس  
فصل ۲) - 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  
احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - مهدیه صفایی‌نیا (طراح  
گرافیک و صفحه‌آرا) - مریم کیوان (طراح جلد) - مریم دهقان‌زاده، فاطمه باقری‌مهر، کبری اجایتی، زهرا  
رشیدی مقدم، فرشته ارجمند، فریبا سیر، 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.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir) و [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.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 پنجم ۱۳۹۹

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۳۲-۰  
ISBN: 978-964-05-2732-0



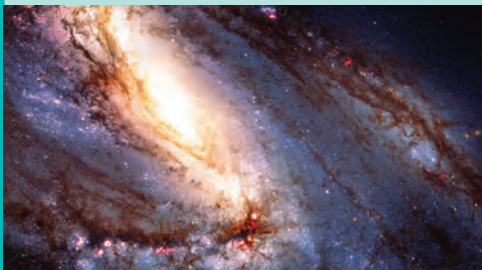
جوان‌ها قدر جوانیشان را  
بدانند و آن را در علم و  
تقوی و سازندگی خودشان  
صرف کنند که اشخاصی  
امین و صالح بشوند.  
مملکت ما با اشخاص امین  
می‌تواند مستقل باشد.  
امام خمینی «قُدَّسِ سِرُّهُ»

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، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

# ..... فهرست

مقدمه

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



فصل دوم: رد پای گازها در زندگی ..... ۴۵



فصل سوم: آب، آهنگ زندگی ..... ۸۵



واژه نامه ..... ۱۲۳

منابع ..... ۱۲۶

## .... مقدمه ....

علوم تجربی یکی از حوزه‌های تربیت و 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 دوره دوم 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 مراتبی 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 برنامه درسی 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 به طور مشترک به میزان 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 بتوانند زندگی خود را در همه

سطح‌ها بهبود بخشند. بر همین اساس، رویکرد سازمان‌دهی محتوا در این درس، زمینه‌محور و ارتباط با زندگی و رویکرد آموزشی محتوا، یادگیری فعال و کشف مفهوم است. گفتنی است انتخاب رویکرد زمینه‌محور، سبب شده است تا از ارائه منسجم و متمرکز تمامی محتوای دوره 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 زمینه‌محور است؛ اما به‌منظور 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 این‌رو نمونه‌هایی از توانمندی دانشمندان، پژوهشگران و صنعتگران که نقش بسزایی در توسعه کشورمان داشته‌اند،

بررسی می‌شود تا به نسل‌های جوان این باور را منتقل کند که ما می‌توانیم گام‌های مؤثر و سازنده در جهت استقلال و پیشرفت کشورمان در همهٔ سطح‌ها برداریم.

یکی دیگر از ویژگی‌های کتاب شیمی دهم، تصویرمحور 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 را 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 همهٔ محتوای کتاب و تدریس آن ضروری است، اما ارزشیابی از «آیا می‌دانید» مجاز نیست. در عین حال باید نکات اشاره شده در حاشیهٔ کتاب در خصوص حدود محتوا و ارزشیابی مورد توجه قرار گیرد. گروه شیمی واحد توسعه، تحقیق و آموزش علوم دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری، امیدوار است که آموزش این کتاب گامی در جهت تحقق اهداف برنامهٔ درسی، تربیت شهروندان مسئول و آگاه و بهبود سطح زندگی باشد. لذا، این گروه همچنین مشتاقانه منتظر پیشنهادهای، انتقادات و نظرهای سازندهٔ شما همکاران گرامی و صاحب‌نظران آموزشی است.

توجه: طرح هر گونه پرسش از محتوای «آیا می‌دانید» و «در میان تارنما» در آزمون‌های هماهنگ کشوری، نهایی و کنکور سراسری ممنوع است. گروه شیمی دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

# کیهان زادگاه الفبای هستی

## فصل ۱



●●● «هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ 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 می‌تابانند، 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 برهم کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند.

● شواهد تاریخی که از سنگ‌نیشته‌ها و نقاشی‌های دیوار غارها به دست آمده است نشان می‌دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهده 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 «آندرومدا» 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.

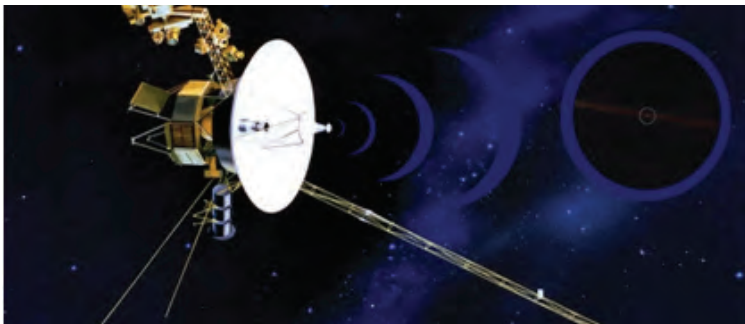
## آیا می‌دانید

**اخترشیمی**، یکی از شاخه‌های جذاب شیمی است و به مطالعه مولکول‌هایی می‌پردازد که در فضاها بین ستاره‌ای یافت می‌شود. اخترشیمی‌دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در مکان‌هایی بسیار دور ثابت کنند که تاکنون پای هیچ انسانی به آنجا نرسیده است.

انسان همواره با پرسش‌هایی از این دست که «هستی چگونه پدید آمده است؟ جهان کنونی چگونه شکل گرفته است؟ پدیده‌های طبیعی چگونه و چرا رخ می‌دهند؟» روبه‌رو بوده و پیوسته تلاش کرده است برای این پرسش‌ها، پاسخ‌هایی قانع‌کننده بیابد. پاسخ به نخستین پرسش - که پرسشی بسیار بزرگ و بنیادی است - در قلمرو علم تجربی نمی‌گنجد و آدمی تنها با مراجعه به چارچوب اعتقادی و بینش خویش در پرتو آموزه‌های الهی 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 درباره جهان مادی افزایش یابد. امروزه ما درباره کیهان و منشأ آن اطلاعاتی داریم که نیاکانمان 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 امروز در ذهن ما نمی‌گنجد.

تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضاپیما به نام‌های **وویجر ۱ و ۲** در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی است (شکل ۱).



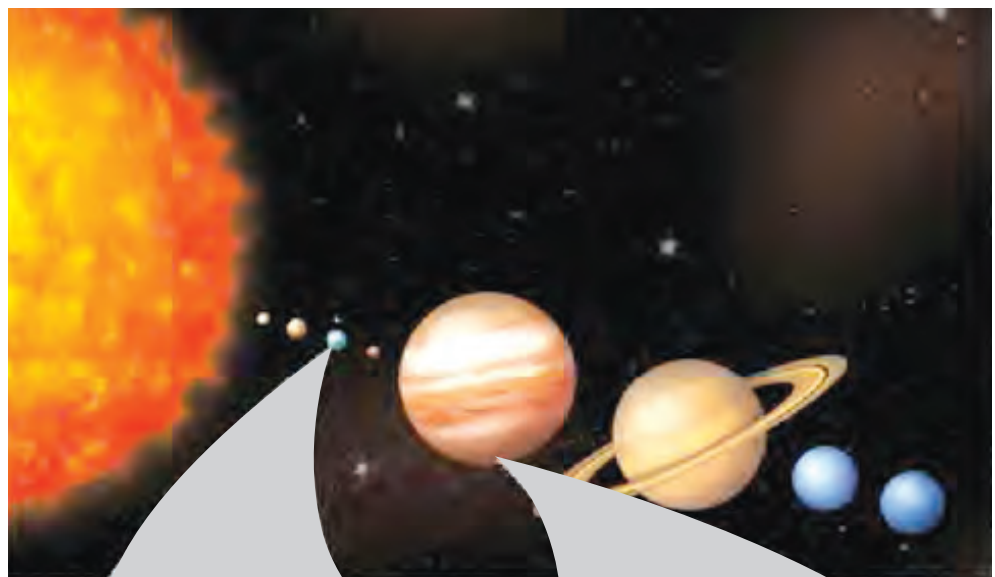
**شکل ۱-** عکس کره زمین از فاصله تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری؛ آخرین تصویری که وویجر ۱ پیش از خروج از سامانه خورشیدی از زادگاه خود گرفت.

دو فضاپیما مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامه 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؟

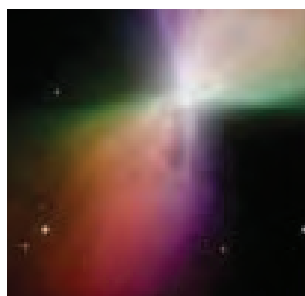
یکی از پرسش‌های مهمی که شیمی‌دان‌ها در پی یافتن پاسخ آن هستند، چگونگی پیدایش عنصرهاست. جالب است بدانید که مطالعه کیهان به ویژه سامانه خورشیدی برای پاسخ به این پرسش، کمک شایانی می‌کند؛ برای نمونه با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازنده برخی سیاره‌های سامانه خورشیدی و مقایسه آن با عنصرهای سازنده خورشید می‌توان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

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 بومرنگ، 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 سنطوروس (قنطورس)<sup>۱</sup> 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؟

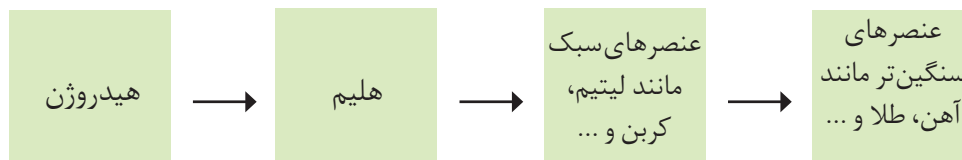
(ت) پیش‌بینی کنید سیاره مشتری بیشتر از جنس گاز است یا سنگ؟ چرا؟

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

چند نمونه نام ببرید.

دریافتید که نوع و میزان فراوانی عناصرها در دو سیاره زمین و مشتری متفاوت است در حالی که عناصرهای مشترکی نیز در این دو سیاره هست. یافته‌هایی از این دست نشان می‌دهد که عناصرها به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده‌اند. این یافته‌ها باعث شد تا دانشمندان بتوانند چگونگی پیدایش عناصرها را توضیح دهند به طوری که برخی از آنها بر این باورند که سر آغاز کیهان با انفجاری مهیب (مهبانگ)<sup>۱</sup> همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. در آن شرایط پس از پدید آمدن ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون، عناصرهای هیدروژن و هلیوم پا به عرصه جهان گذاشتند. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیوم تولید شده، متراکم شد و مجموعه‌های گازی به نام **سحابی**<sup>۲</sup> ایجاد کرد. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شد.

درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد؛ واکنش‌هایی که در آنها از عناصرهای سبک‌تر، عناصرهای سنگین‌تر پدید می‌آیند. جالب است بدانید که **ستاره‌ها**<sup>۳</sup> متولد می‌شوند؛ رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره اغلب با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عناصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شود. به همین دلیل باید ستارگان را کارخانه تولید عناصرها دانست (شکل ۲).

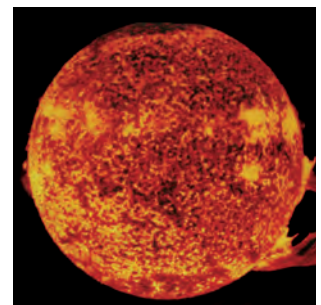


شکل ۲- روند تشکیل عناصرها

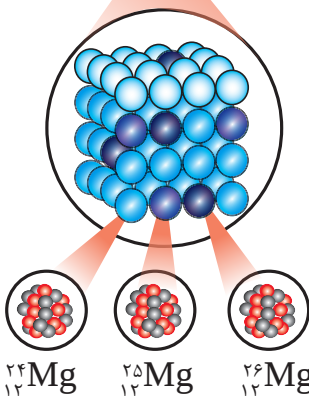
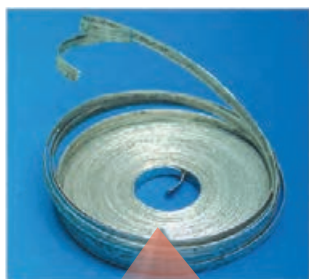
خورشید نزدیک‌ترین ستاره به زمین است که دمای بسیار بالایی دارد. انرژی گرمایی و نور خیره‌کننده خورشید به دلیل تبدیل هیدروژن به هلیوم در واکنش‌های هسته‌ای است، واکنش‌هایی که در آنها انرژی هنگفتی آزاد می‌شود. انرژی آزاد شده در واکنش هسته‌ای آن قدر زیاد است که می‌تواند صدها میلیون تن فولاد را ذوب کند. البته توجه داشته باشید که در واکنش‌های شیمیایی که در پدیده‌های طبیعی پیرامون ما و در زندگی روزانه رخ می‌دهند، مقدار انرژی مبادله شده بسیار کمتر است.

## آیا می‌دانید

دمای سطح خورشید به حدود  $6000^{\circ}\text{C}$  و دمای درون آن به حدود  $10000000^{\circ}\text{C}$  می‌رسد. در این ستاره به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای در هر ثانیه  $500,000,000$  کیلوگرم از جرم کاسته شده و به انرژی تبدیل می‌شود. آلبرت اینشتین رابطه  $E=mc^2$  را برای محاسبه انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای ارائه کرد. در این رابطه،  $m$  جرم ماده برحسب کیلوگرم،  $c$  سرعت نور برحسب متر بر ثانیه  $(3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})$  و  $E$ ، انرژی آزاد شده برحسب ژول است. بر این اساس اگر در یک واکنش هسته‌ای  $0.024$  گرم ماده به انرژی تبدیل شود،  $2.16 \times 10^{11}$  ژول انرژی تولید خواهد شد. با این توصیف برآورد می‌شود که خورشید می‌تواند تا  $500,000,000$  سال دیگر نورافشانی کند.



## آیا همه اتم‌های یک عنصر پایدارند؟



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

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

شیمی دان‌ها ماده‌ای را عنصر می‌نامند که از یک نوع اتم تشکیل شده باشد، برای نمونه منیزیم و هلیوم عنصر به شمار می‌روند زیرا یک نمونه منیزیم حاوی اتم‌های منیزیم و یک نمونه هلیوم حاوی اتم‌های هلیوم است. جالب است بدانید 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 جرم همه اتم‌های منیزیم در این نمونه یکسان نیست، بلکه مخلوطی از سه هم‌مکان (ایزوتوپ)<sup>۱</sup> است (شکل ۳).

## خود را بیازمایید

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

۵۶

Fe  
۲۶

A

E  
Z

نماد شیمیایی اتم آهن

نماد همگانی اتم‌ها

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

| ویژگی        | A | Z | شمار الکترون | شمار نوترون |
|--------------|---|---|--------------|-------------|
|              |   |   |              |             |
| نماد ایزوتوپ |   |   |              |             |
|              |   |   |              |             |
|              |   |   |              |             |
|              |   |   |              |             |

ایزوتوپ‌های یک عنصر دارای Z یکسان اما A متفاوت هستند، به دیگر سخن ایزوتوپ‌ها، اتم‌های یک عنصرند که در شمار نوترون‌ها با یکدیگر تفاوت دارند. از آنجا که خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است؛ 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 خواص فیزیکی وابسته به جرم، مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

<sup>۱</sup> - Isotope

۱- داده های جدول زیر را به دقت بررسی کنید؛ سپس به پرسش های 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          | ۰ (ساختگی)                  | ۰ (ساختگی)                  | ۰ (ساختگی)                  | ۰ (ساختگی)                  |

در میان ایزوتوپ های کربن،  $^{14}\text{C}$  خاصیت پرتوزایی دارد و با استفاده از آن سن اشیای قدیمی و عتیقه ها را تخمین می زنند؛ برای نمونه پژوهشگران می پنداشتند که کشور مصر مهد صنعت فرش بافی بوده است؛ اما با پیدا شدن فرشی به نام پازیریک (Pazyryk) در کوه های سیبری 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 شباهت ها و چه تفاوت هایی میان این ایزوتوپ ها وجود دارد؟

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

(پ) نیم عمر هر ایزوتوپ نشان می دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. کدام ایزوتوپ هیدروژن از همه ناپایدارتر است؟

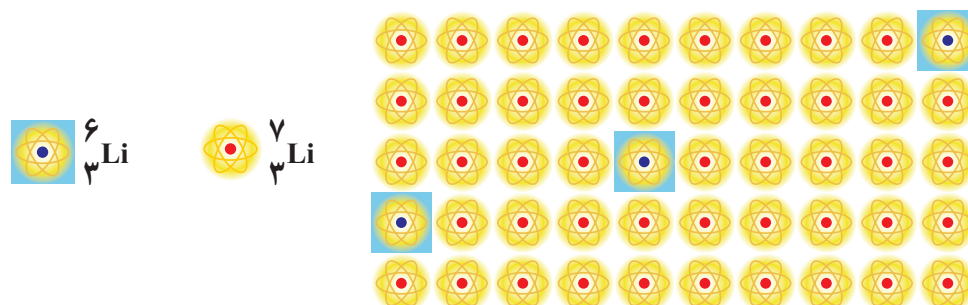
(ت) هسته ایزوتوپ های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می شود. این ایزوتوپ ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره های پرنرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می کنند. انتظار دارید چند ایزوتوپ هیدروژن پرتوزا باشد؟

(ث) اغلب هسته هایی که نسبت شمار نوترون ها به پروتون های آنها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می شوند. چند ایزوتوپ هیدروژن دارای این ویژگی است؟

(ج) اگر ایزوتوپ های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ<sup>۱</sup> نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می رود؟

(چ) درصد فراوانی<sup>۲</sup> هر ایزوتوپ در طبیعت نشان دهنده چیست؟ توضیح دهید.

۲- شکل زیر شمار تقریبی اتم های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ های لیتیم را حساب کنید.

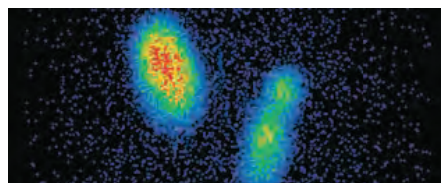


## تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

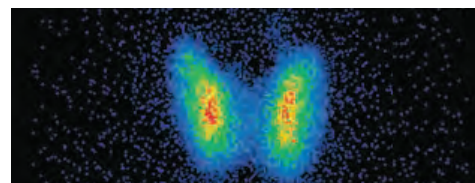
از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. شیمی‌دان‌ها همواره با یافتن کاربردهای منحصر به فرد هر عنصر، انگیزه کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم ( $^{99}\text{Tc}$ ) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور)<sup>۱</sup> هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد (شکل ۴).



(آ)



(پ)



(ب)

● نمونه‌ای از یک مولد رادیو ایزوتوپ تکنسیم

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 نیم عمر 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.

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**<sup>۱</sup> گفته می‌شود؛ فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است. با این کامیابی ستودنی، نام ایران در فهرست ده گانه 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 رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در ایران

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

● **کیمیایگری (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.

## آیا می‌دانید

$^{59}\text{Fe}$  یک رادیوایزوتوپ است و در تصویربرداری از دستگاه گردش خون به کار می‌رود زیرا یون‌های آن در ساختار هموگلوبین وجود دارند.



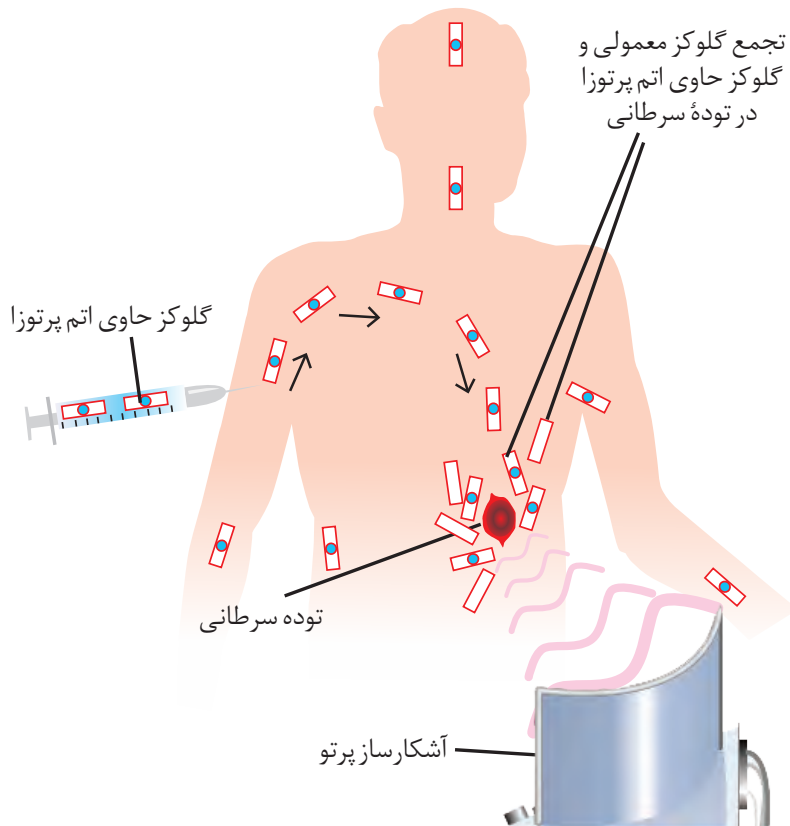
● به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان دار می گویند.



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

## با هم ببیندیشیم

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



## 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 مایافت 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.

## 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 درس علوم 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 عناصر

|                                  |                                |                                |                               |                              |                                |                                 |                              |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|                                  |                                |                                |                               |                              |                                |                                 |                              | ۱۸<br>He<br>هلیوم<br>۴,۰۰۳     |
|                                  |                                |                                | ۱۳<br>B<br>بور<br>۱۰,۸۰       | ۱۴<br>C<br>کربن<br>۱۲,۰۱     | ۱۵<br>N<br>نیتروژن<br>۱۴,۰۱    | ۱۶<br>O<br>اکسیژن<br>۱۶,۰۰      | ۱۷<br>F<br>فلوئور<br>۱۹,۰۰   |                                |
|                                  |                                |                                | ۱۳<br>Al<br>آلومینیم<br>۲۶,۹۸ | ۱۴<br>Si<br>سیلیسیم<br>۲۸,۰۹ | ۱۵<br>P<br>فسفر<br>۳۰,۹۷       | ۱۶<br>S<br>گوگرد<br>۳۲,۰۷       | ۱۷<br>Cl<br>کلر<br>۳۵,۴۵     | ۱۸<br>Ar<br>آرگون<br>۳۹,۹۵     |
| ۱۰<br>Ni<br>نیکل<br>۵۸,۶۹        | ۱۱<br>Cu<br>مس<br>۶۳,۵۵        | ۱۲<br>Zn<br>روی<br>۶۵,۳۹       | ۳۱<br>Ga<br>گالیم<br>۶۹,۷۲    | ۳۲<br>Ge<br>ژرمانیم<br>۷۲,۶۴ | ۳۳<br>As<br>آرسنیک<br>۷۴,۹۲    | ۳۴<br>Se<br>سلنیم<br>۷۸,۹۶      | ۳۵<br>Br<br>برم<br>۷۹,۹۰     | ۳۶<br>Kr<br>کریپتون<br>۸۳,۸۰   |
| ۴۶<br>Pd<br>پالادیم<br>۱۰۶,۴۰    | ۴۷<br>Ag<br>نقره<br>۱۰۷,۹۰     | ۴۸<br>Cd<br>کادمیم<br>۱۱۲,۴۰   | ۴۹<br>In<br>ایندیم<br>۱۱۴,۸۰  | ۵۰<br>Sn<br>قلع<br>۱۱۸,۷۰    | ۵۱<br>Sb<br>آنتیموان<br>۱۲۱,۸۰ | ۵۲<br>Te<br>تلوریم<br>۱۲۷,۶۰    | ۵۳<br>I<br>ید<br>۱۲۶,۹۰      | ۵۴<br>Xe<br>زنون<br>۱۳۱,۳۰     |
| ۷۸<br>Pt<br>پلاتین<br>۱۹۵,۱      | ۷۹<br>Au<br>طلا<br>۱۹۷,۰۰      | ۸۰<br>Hg<br>جیوه<br>۲۰۰,۶۰     | ۸۱<br>Tl<br>تالیم<br>۲۰۴,۳۰   | ۸۲<br>Pb<br>سرب<br>۲۰۷,۲۰    | ۸۳<br>Bi<br>بیسموت<br>۲۰۹,۰۰   | ۸۴<br>Po<br>پولونیم<br>[۲۰۹]    | ۸۵<br>At<br>استاتین<br>[۲۱۰] | ۸۶<br>Rn<br>رادون<br>[۲۲۲]     |
| ۱۱۰<br>Ds<br>دارمشتاتیم<br>[۲۸۱] | ۱۱۱<br>Rg<br>رونتگنیم<br>[۲۸۰] | ۱۱۲<br>Cn<br>کوپرنسیم<br>[۲۷۷] | ۱۱۳<br>Nh<br>نیهونیم<br>[۲۸۴] | ۱۱۴<br>Fl<br>فلرویم<br>[۲۸۹] | ۱۱۵<br>Mc<br>مسکوویم<br>[۲۸۸]  | ۱۱۶<br>Lv<br>لیورموریم<br>[۲۹۳] | ۱۱۷<br>Ts<br>تنسینه<br>[۲۹۶] | ۱۱۸<br>Og<br>اوگانسون<br>[۲۹۴] |

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

شکل ۷- جدول دوره‌ای عناصر. 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، Ar و Au است که همگی با حرف A آغاز می‌شود.

عدد اتمی — ۱

نماد شیمیایی — H

نام — هیدروژن

جرم اتمی میانگین — ۱/۰۰۸

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

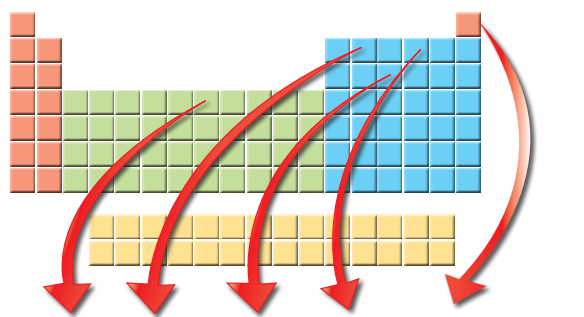
|                               |                             |                                   |                                |                              |                                |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----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

در **جدول دوره‌ای**<sup>۱</sup> (تناوبی) امروزی، عناصرها براساس افزایش **عدد اتمی**<sup>۲</sup> سازماندهی شده‌اند، به‌طوری که جدول دوره‌ای عناصرها از عنصر هیدروژن با عدد اتمی یک ( $Z=1$ ) آغاز و به عنصر شماره ۱۱۸ ختم می‌شود. این جدول، **دوره ۷** و **گروه ۱۸** دارد. هر ردیف افقی جدول، که نشان دهندهٔ چیدمان عناصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد؛ در حالی که هر ستون، شامل عناصرها با خواص شیمیایی مشابه است و گروه نامیده می‌شود. بدیهی است خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت است. با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عناصرها به‌طور مشابه تکرار می‌شود؛ از این رو چنین جدولی را **جدول دوره‌ای (تناوبی) عناصرها** نامیده‌اند.

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 عناصرها 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 به‌دست آورد (شکل ۸).

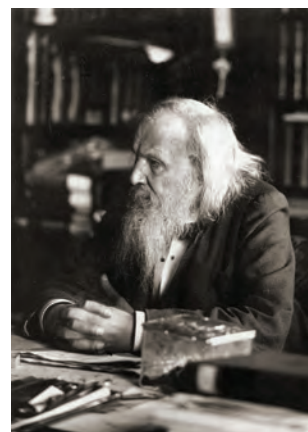


| نماد عنصر  | Fe  | C    | P    | O      | He    |
|------------|-----|------|------|--------|-------|
| نام عنصر   | آهن | کربن | فسفر | اکسیژن | هلیوم |
| شماره گروه | ۸   | ۱۴   | ۱۵   | ۱۶     | ۱۸    |
| شماره دوره | ۴   | ۲    | ۳    | ۲      | ۱     |
| عدد اتمی   | ۲۶  | ۶    | ۱۵   | ۸      | ۲     |

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

## آیا می‌دانید

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



## در میان تارنماها

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

● 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.

## خود را بیازمایید

۱- با استفاده از جدول دوره‌ای، موقعیت (دوره و گروه) 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 فلئوئور ( $_{9}\text{F}$ ) در ترکیب با فلزها به یون فلئوئورید ( $\text{F}^{-}$ ) تبدیل می‌شود. اتم کدام یک از عنصرهای زیر می‌تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون فلئوئورید 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)  $_{7}\text{N}$

## آیا می‌دانید

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).

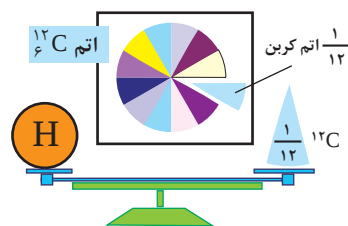


شکل ۹- جرم یک کامیون را با باسکول و یکای تن، جرم هندوانه را با ترازوی معمولی و یکای کیلوگرم و جرم طلا را با ترازوهای دقیق‌تر و یکای گرم می‌سنجند.

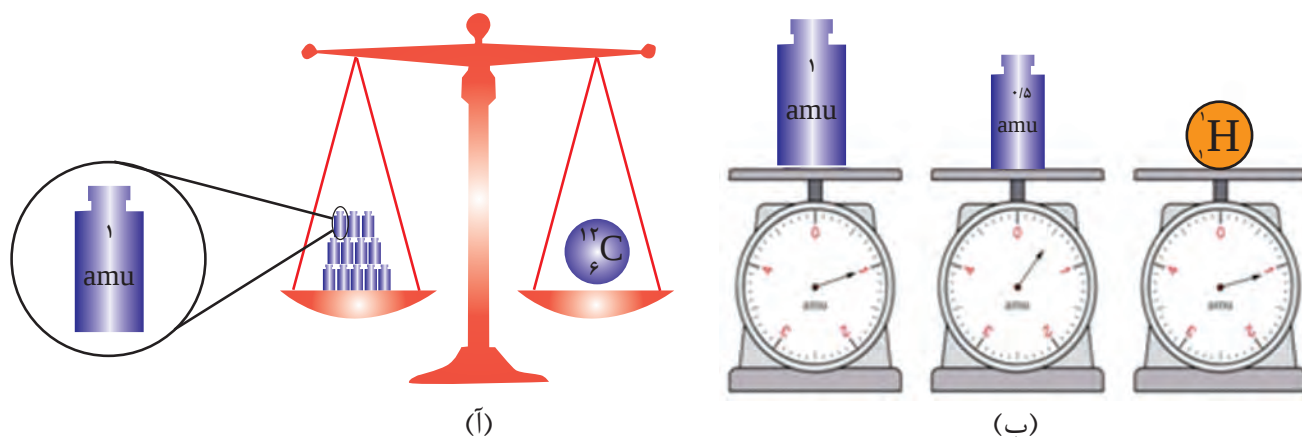
با این توصیف، ترازوهایی که برای اندازه‌گیری جرم مواد گوناگون به کار می‌رود، دقت اندازه‌گیری متفاوتی دارند؛ برای نمونه، دقت باسکول‌های تنی تا یک صدم تن و دقت ترازوی زرگری تا یک صدم گرم است. با استفاده از باسکول چند تنی نمی‌توان جرم یک هندوانه را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا جرم هندوانه از دقت اندازه‌گیری این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

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**<sup>۱</sup> (amu) می‌گویند.



● الگوی دیگر برای نمایش amu



**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، اتم هیدروژن قرار گیرد، جرم  $1/1008$  amu به دست می‌آید.

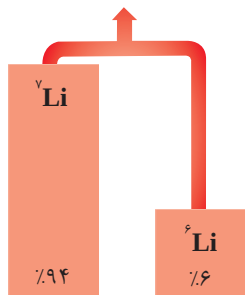
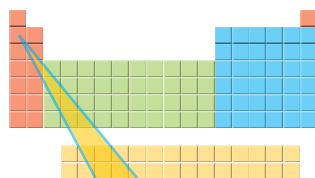
● یکای جرم اتمی را با نماد u نیز نشان می‌دهند. برای نمونه جرم اتمی میانگین هیدروژن برابر با  $1/1008$  amu یا  $1/1008$  u است.

با تعریف amu، شیمی‌دان‌ها موفق شدند جرم اتمی دیگر عنصرها 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).

## 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  | ${}_0n$    | 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 |
|--------------|-----------------------|--------------|------------------|
|              |                       |              |                  |
|              |                       |              |                  |

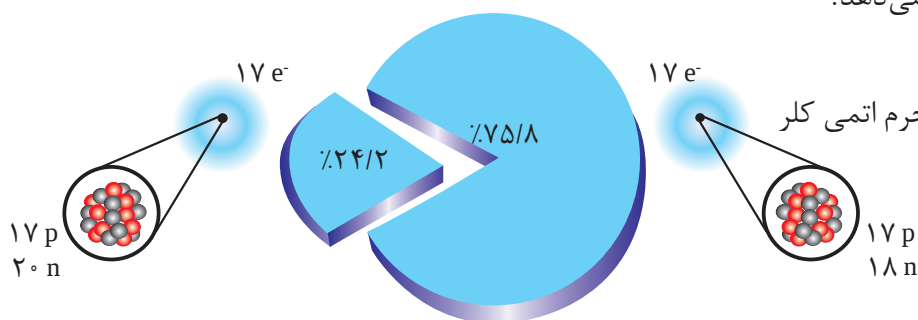
ب) جرم اتمی میانگین هر عنصر همان جرم نشان داده شده در جدول دوره‌ای عناصر است.

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



• اگر جرم هر مهره به‌طور میانگین ۴/۲۹ گرم باشد، برآورد کنید در این ظرف چند مهره وجود دارد؟ (جرم ظرف خالی برابر با ۳/۰۴۵ گرم است).



**شکل ۱۱-** شمارش تک‌تک دانه‌های خاکشیر، برنج و موادی که اندازه دانه‌های آنها بسیار ریز است، کاری دشوار، وقت‌گیر و اغلب، 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 ۴۰ کیلوپی برنج 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.

## آیا می دانید

دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام طیف سنج جرمی<sup>۲</sup>، جرم اتم ها را با دقت زیاد اندازه گیری می کنند. به طوری که برخی فضاپیماها با خود طیف سنج جرمی حمل می کنند و از آن برای شناسایی عناصرها در نقاط گوناگون فضا بهره می گیرند.

## آیا می دانید

آمدئو آووگادرو (۱۸۵۶-۱۷۷۶ میلادی) شیمی دان پرآوازه ایتالیایی که به افتخار او شمار ذره های موجود در یک مول ماده، عدد آووگادرو نام گذاری شده است.



## آیا می دانید

هر کهکشان در جهان هستی در حدود ۴۰۰ میلیارد ستاره در خود دارد! همچنین شمار کهکشان های جهان هستی حدود ۱۳۰ میلیارد برآورد می شود، در این صورت در جهان هستی حدود ۸٪ مول ستاره وجود دارد (چرا؟).

اتم ها به طور باور نکردنی ریز هستند به طوری که نمی توان با هیچ دستگاهی و حتی با شمردن تک تک آنها، شمار آنها را به دست آورد؛ اما دریافتید که از روی جرم یک نمونه ماده می توان به شمار واحدهای موجود در آن دست یافت، الگویی که نشان می دهد چگونه می توان شمار اتم های موجود در یک نمونه عنصر را تعیین کرد.

## پیوند با ریاضی

- ۱- اگر بدانید که میانگین جرم هر اتم هیدروژن  $1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$  است، حساب کنید نمونه یک گرمی از عنصر هیدروژن، چند اتم دارد؟
- ۲- به عدد  $6.02 \times 10^{23}$  که در پرسش ۱ به دست آمد، عدد آووگادرو<sup>۱</sup> می گویند و آن را با  $N_A$  نشان می دهند. اگر  $N_A$  اتم هیدروژن در یک نمونه موجود باشد، جرم نمونه چند گرم است؟

در زندگی روزانه نیز برای بیان شمارش از یکاهای گوناگونی استفاده می شود، برای نمونه استفاده از شانه برای تخم مرغ و دست برای قاشق و چنگال، شمارش و محاسبه را آسان تر می کند (شکل ۱۲).



(آ)



(ب)

شکل ۱۲- (آ) یک شانه تخم مرغ و (ب) یک دست قاشق و چنگال

نقش  $N_A$  در شیمی مانند نقش شانه در شمارش تخم مرغ هاست با این تفاوت چشمگیر که عدد آووگادرو، عدد بسیار بزرگی است. شیمی دان ها به  $6.02 \times 10^{23}$  از هر ذره، یک مول از آن ذره می گویند به طوری که جرم یک مول ذره بر حسب گرم، جرم مولی آن نامیده می شود (شکل ۱۳).

<sup>۱</sup>- Avogadro's Number

<sup>۲</sup>- Mass Spectrometer



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

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



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

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

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<sup>۱</sup> نوشت. در این عامل‌ها، صورت و مخرج هر یک شامل عددی همراه با یکااست؛ برای نمونه از هم‌ارزی  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$  می‌توان این دو عامل تبدیل را نوشت:

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

از این عامل‌ها می‌توان در تبدیل متر به سانتی‌متر و برعکس استفاده کرد؛ برای نمونه به تبدیل  $15^\circ \text{ متر به سانتی‌متر توجه کنید:}$

$$? \text{ cm} = 15 \cancel{\text{ m}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \cancel{\text{ m}}} = 1500 \text{ cm}$$

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

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

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

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

● 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 و در عمل ناممکن است.

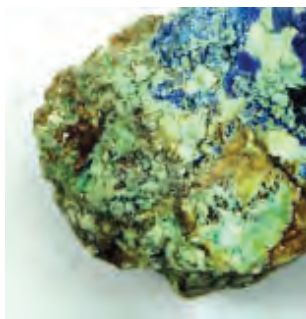
## آیا می‌دانید

اگر  $6.02 \times 10^{23}$  دانهٔ برف در سطح ایران ببارد، لایه‌ای از برف به ارتفاع قلهٔ دنا ( $4500 \text{ m}$ ) همهٔ کشور را می‌پوشاند.



## آیا می دانید

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 شکل مذاب استخراج کند.



● 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.

## خود را بیازمایید

۱- با استفاده از  $1 \text{ mol Al} = 27 \text{ g Al}$  و  $1 \text{ mol S} = 32 \text{ g S}$  حساب کنید:

آ) ۵ مول آلومینیم، چند گرم جرم دارد؟

ب)  $8^\circ$  گرم گوگرد، چند مول گوگرد است؟

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

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

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

## نور، کلید شناخت جهان

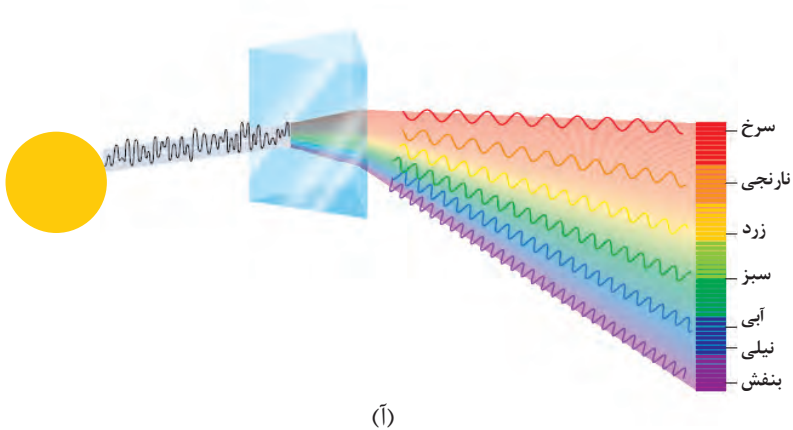
آیا تاکنون با خود اندیشیده اید، چگونه می توان به اجزای سازنده خورشید و ستاره های پرد؟ چگونه می توان دمای خورشید را اندازه گیری کرد؟ آیا با دماسنج های معمولی می توان دمای خورشید را اندازه گیری کرد؟

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<sup>۱</sup>، 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<sup>۲</sup> 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).

<sup>۱</sup>- Light

<sup>۲</sup>- Spectrometer

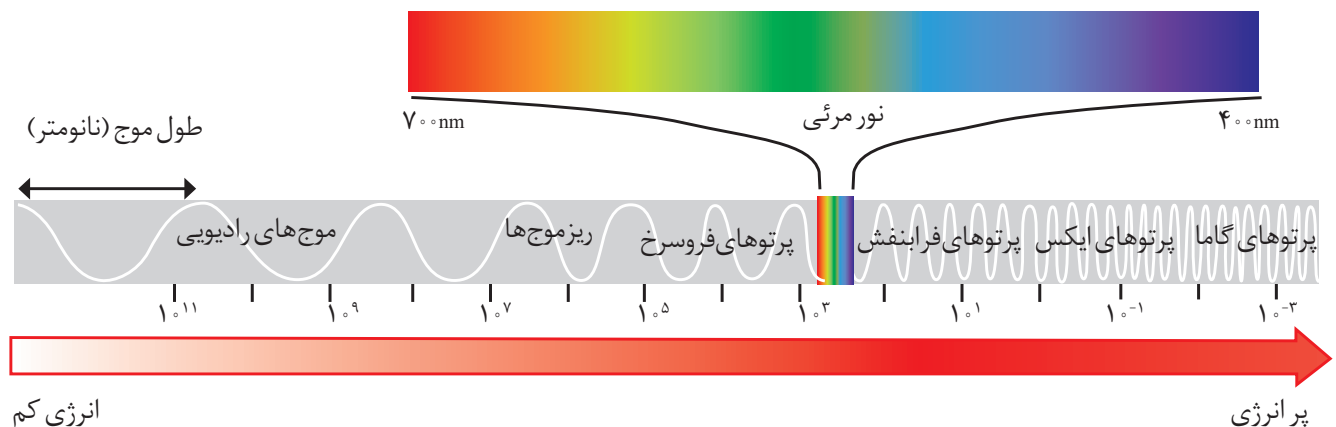


(آ)

(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<sup>۱</sup>** 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<sup>۲</sup>** است که آن را با  $\lambda$  نشان می‌دهند. با توجه به شکل آن را تعریف کنید.

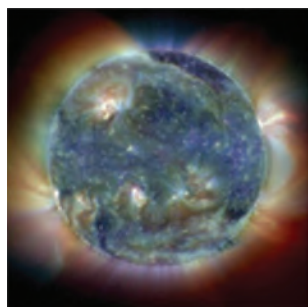
## خود را بیازمایید

### آیا می دانید

در صورت فلکی شکارچی (Orion)، دمای سطح ستاره سرخ رنگ کمتر از دمای سطح خورشید است، اما دمای سطح ستاره آبی رنگ از دمای سطح خورشید بیشتر است.

مشاهده کردید که پرتوهای گوناگون، طول موج های متفاوتی دارند. با توجه به این ویژگی 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)  $800^{\circ}\text{C}$



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

## کاوش کنید

درباره اینکه «آیا دیگر پرتوهای الکترومغناطیس را می توان مشاهده کرد؟» کاوش کنید.

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 مشاهده می کنید؟

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



۳- آزمایش را با فشردن دیگر دکمه ها تکرار و مشاهده های خود را یادداشت نمایید. چه تفاوتی مشاهده می کنید؟ توضیح دهید.

۴- از این مشاهده ها چه نتیجه ای می گیرید؟

### آیا می دانید

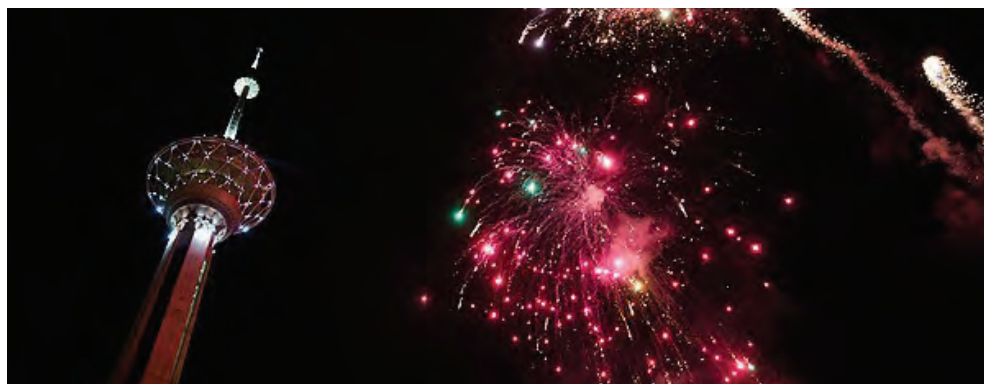
امروزه برای اندازه گیری دمای اجسام داغ می توان از دماسنج هایی استفاده کرد که بدون تماس با جسم، دمای آن را مشخص می کند. یکی از این دماسنج ها، دماسنج فروسرخ<sup>۱</sup> نام دارد. این دماسنج با جذب پرتوهای فروسرخ نشر شده از جسم داغ، دمای آنها را نشان می دهد.



<sup>۱</sup> - Infrared Thermometer

## نشر نور و طیف نشری

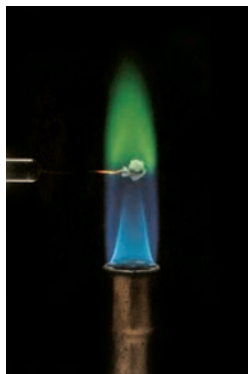
آتش‌بازی با مواد شیمیایی، نورهای رنگی زیبا، چشم‌نواز و شادی بخشی در آسمان ایجاد می‌کند که از آن در جشن‌های ملی و رویدادهای جهانی مانند بازی‌های المپیک استفاده می‌شود (شکل ۱۶).



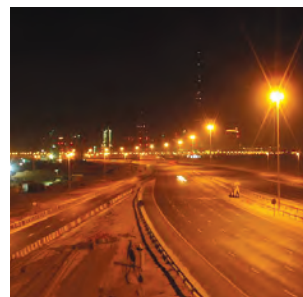
شکل ۱۶- هر یک از این جرقه‌های زیبا، ناشی از وجود یک ماده شیمیایی معین در مواد آتش‌زاست.

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، درحالی که رنگ شعله فلز مس و ترکیب‌های گوناگون آن مشابه و سبزرنگ است (جدول ۲).

جدول ۲- رنگ شعله برخی فلزها و نمک‌های آنها



| 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         |



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



● از لامپ‌نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ فام استفاده می‌شود.

● 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.



● کاربرد طیف‌های نشری خطی از برخی جنبه‌ها مانند کاربرد خط نماد (بارکد)<sup>۳</sup> 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.

## آیا می‌دانید

ستاره‌شناسان در سال ۱۸۶۸ میلادی هنگام بررسی طیف نشری در پدیده خورشیدگرفتگی متوجه یک سری خطوط نشری شدند که با هیچ عنصری 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.

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، نشان‌دهنده وجود عنصر لیتیم در آن باشد. در واقع از روی تغییر رنگ شعله می‌توان به وجود عنصر فلزی در آن پی برد.

شیمی‌دان‌ها به فرایندی که در آن یک ماده شیمیایی با جذب انرژی، از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد، نشر<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup> می‌گویند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- طیف نشری خطی لیتیم

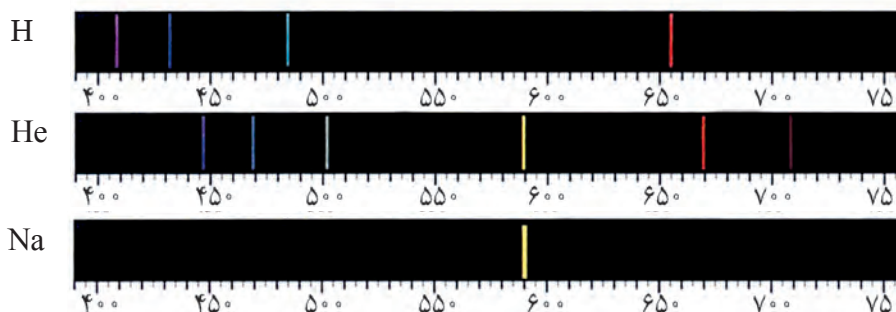
از آنجا که طیف نشری خطی لیتیم در گستره مرئی، تنها شامل چهار خط یا طول موج رنگی است به آن طیف خطی می‌گویند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر عنصر، طیف نشری خطی ویژه خود را دارد و مانند اثر انگشت ما، می‌توان از آن طیف برای شناسایی عنصر استفاده کرد.

## خود را بیازمایید

طیف نشری خطی زیر از یک عنصر تهیه شده است.



با بررسی طیف‌های نشان داده شده در شکل زیر، مشخص کنید که طیف نشری بالا به کدام عنصر تعلق دارد؟ چرا؟



۱- Emission

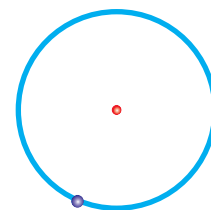
۲- Linear Emission Spectra of Lithium

۳- Barcode

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.



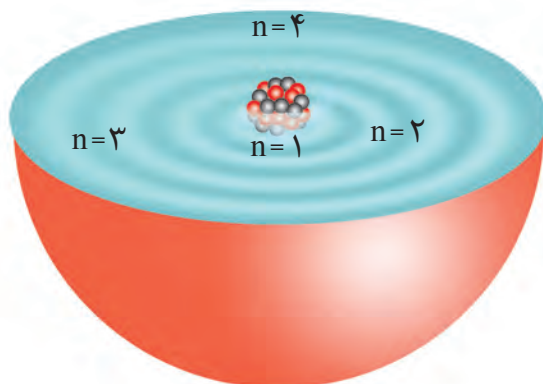
اتم هیدروژن در مدل بور

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.

## ساختار اتم

اتم هیدروژن به عنوان ساده‌ترین اتم، تنها دارای یک پروتون در هسته و یک الکترون پیرامون آن است. در گستره مرئی از 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<sup>۱</sup> 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

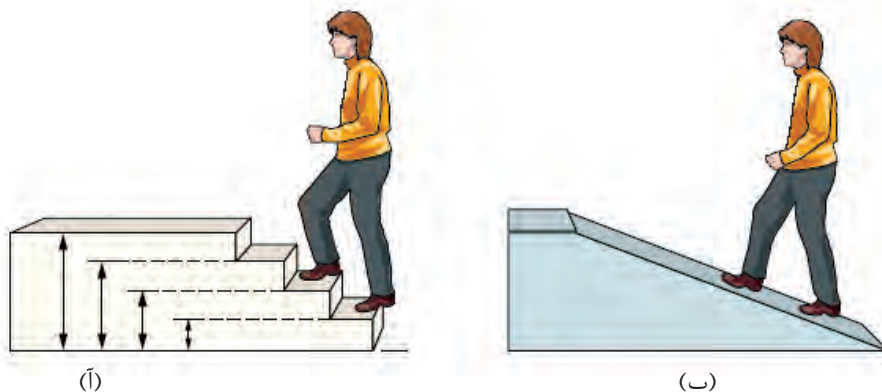
در ساختار لایه‌ای اتم مطابق شکل ۱۸، هر بخش پیرامون، مهم‌ترین بخش از یک لایه الکترونی را نشان می‌دهد. بخشی که الکترون‌های آن لایه، بیشتر وقت خود را در آن فاصله از هسته سپری می‌کنند به این معنا که الکترون در هر لایه‌ای که باشد در همه نقاط پیرامون هسته حضور می‌یابد اما در محدوده یاد شده احتمال حضور بیشتری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

<sup>۱</sup>- Principal Quantum Number



● خرمن گندم از دور به شکل توده‌ای یکپارچه، زردرنگ 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.

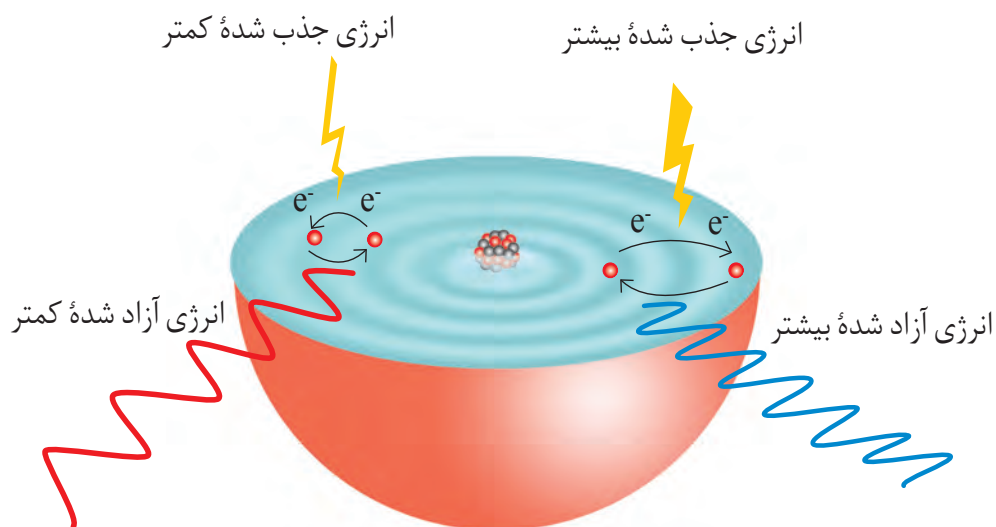
نکته مهم و جالب توجه در این مدل، **کوانتومی بودن دادوستد انرژی**<sup>۱</sup> هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایه دیگر است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند. برای درک بهتر مفهوم کوانتومی بودن انرژی، تصور کنید برای رسیدن به بالای یک بلندی دور راه وجود دارد، (شکل ۱۹).



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.

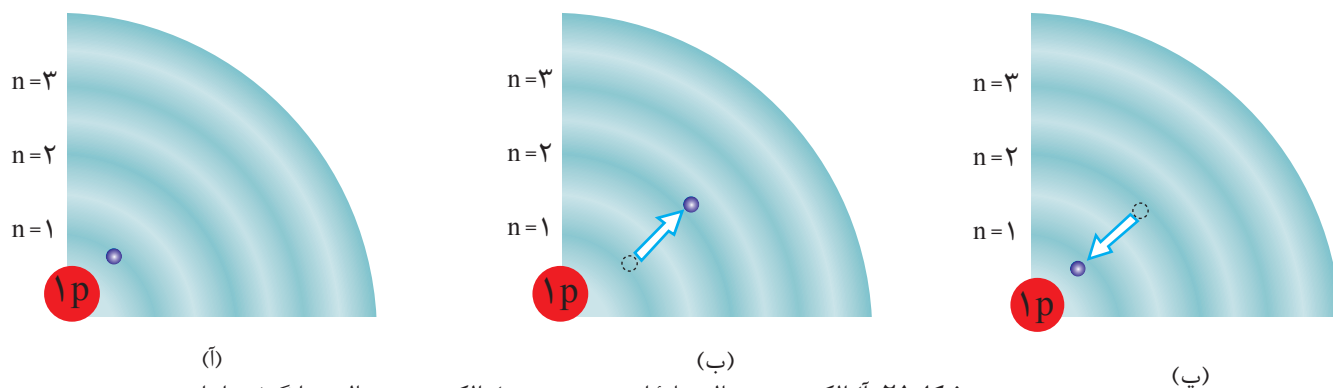
الکترون‌ها در اتم نیز برای گرفتن یا از دست دادن انرژی هنگام انتقال بین لایه‌ها با محدودیت مشابهی همانند بالا رفتن از پلکان روبه‌رو هستند؛ برای نمونه، هنگامی که به اتم‌های گازی یک عنصر با تابش نور یا گرم کردن، انرژی داده می‌شود، الکترون‌ها با جذب انرژی معین از لایه‌ای به لایه بالاتر انتقال می‌یابند. از 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.

با این توصیف انرژی دادوستد شده هنگام انتقال الکترون‌ها در اتم، کوانتومی است و انرژی در پیمانه‌های معینی، جذب یا نشر می‌شود؛ به همین دلیل، چنین ساختاری را برای اتم، **مدل کوانتومی اتم**<sup>۱</sup> نامیده‌اند. براساس این مدل، الکترون‌ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است به‌طوری که گفته می‌شود اتم در **حالت پایه** قرار دارد. در این ساختار، انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته فرونی 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**<sup>۲</sup> می‌گویند (شکل ۲۱).

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.

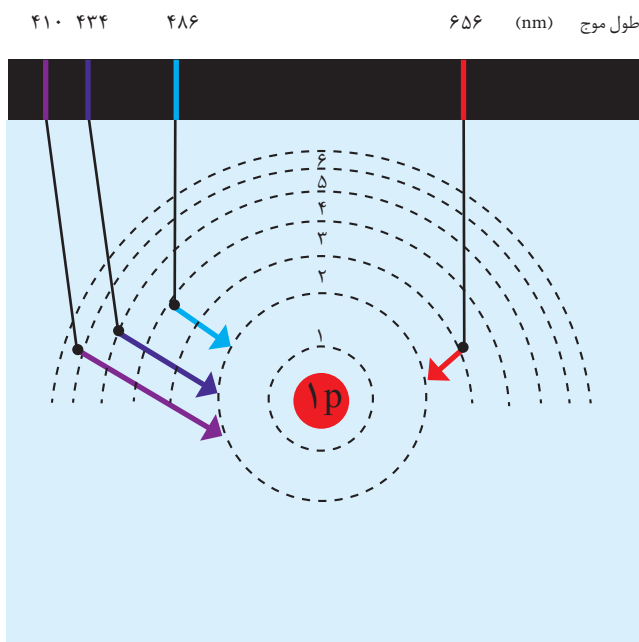


شکل ۲۱- (آ) الکترون در حالت پایه اتم هیدروژن، (ب) الکترون در حالت برانگیخته از اتم هیدروژن و (پ) بازگشت الکترون به حالت پایه

اتم‌های برانگیخته پرنرژی 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 بوده و به عدد اتمی آن وابسته است، پس انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آنها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است و 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 اتم‌های هیدروژن

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

## توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیر لایه‌ها

عنصرها در جدول دوره‌ای بر مبنای عدد اتمی یا شمار الکترون‌های اتم خود، چیده شده‌اند. به‌طوری‌که اتم هیدروژن با یک الکترون و اتم هلیم با دو الکترون به ترتیب نخستین 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 اتم عنصرهای ردیف اول، لایه الکترونی اول و در عنصرهای دوره دوم، لایه دوم از الکترون پر می‌شود. آیا به نظر شما میان شمار عنصرهای موجود در هر دوره و گنجایش لایه‌های الکترونی رابطه‌ای هست؟



همان گونه که در جدول مشاهده می کنید در دوره اول فقط ۲ عنصر (هیدورژن و هلیوم) وجود دارد که در اتم آنها، لایه الکترونی اول ( $n=1$ ) در حال پر شدن است. این لایه، نزدیک ترین لایه به هسته است و تنها می تواند 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 پرمی شود (چرا؟). آیا می توان بین چیدمان ۸ عنصر دوره دوم در جدول و شیوه پر شدن لایه دوم در اتم آنها ارتباطی یافت؟ آیا لایه الکترونی دوم، لایه ای یکپارچه است یا از چند بخش تشکیل شده است؟

۱- یک دانشجوی رشتهٔ شیمی، جدول دوره‌ای را به دقت بررسی و عنصرهای هر دوره را شمارش کرد. او میان شمار عنصرهای یک دوره و شیوهٔ پرشدن 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.

به‌طوری‌که میان شمار عناصرها در هر دستهٔ رنگی از هر ردیف (مطابق جدول صفحه قبل) با گنجایش الکترونی هر یک از این بخش‌های کوچک‌تر، رابطه‌ای منطقی برقرار است.

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

ب) لایهٔ 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**<sup>۱</sup> نامید؛ با این توصیف در اتم چند نوع زیرلایه وجود دارد و هر یک چند الکترون گنجایش دارد؟

۲- او گنجایش الکترونی زیرلایه‌ها را به‌عنوان چهار جملهٔ نخست یک **دنباله** به‌صورت زیر در نظر گرفت:

$$۲, ۶, ۱۰, ۱۴, \dots$$

آ) **جملهٔ 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 زیرلایهٔ معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود؛ به‌دیگر سخن هر زیرلایه را می‌توان با نماد  $nl$  نمایش داد؛ برای نمونه در زیر لایهٔ  $2p$ ،  $n=2$  و  $l=1$  است.

۳- 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**<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. مقادیر معین و مجاز آن به صورت زیر است:

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

آ) با این توصیف، جدول زیر را کامل کنید.

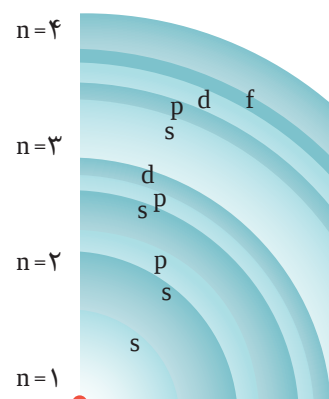
| نماد زیر لایه          | s | p | d | f  |
|------------------------|---|---|---|----|
| حداکثر گنجایش زیر لایه |   |   |   | ۱۴ |
| مقدار مجاز $l$         | ۰ |   |   |    |

ب) پیش‌بینی کنید پنجمین نوع زیرلایهٔ 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 زیر لایه‌ها در سه لایه الکترونی نخست

| عدد کوانتومی اصلی | شمار زیر لایه‌ها | عدد کوانتومی فرعی | نماد زیر لایه |
|-------------------|------------------|-------------------|---------------|
| $n = 1$           | ۱                | $l = 0$           | ۱s            |
| $n = 2$           | ۲                | $l = 0$           | ۲s            |
|                   |                  | $l = 1$           | ۲p            |
| $n = 3$           | ۳                | $l = 0$           | ۳s            |
|                   |                  | $l = 1$           | ۳p            |
|                   |                  | $l = 2$           | ۳d            |



● زیرلایه‌های موجود در چهار لایه الکترونی

## آرایش الکترونی اتم

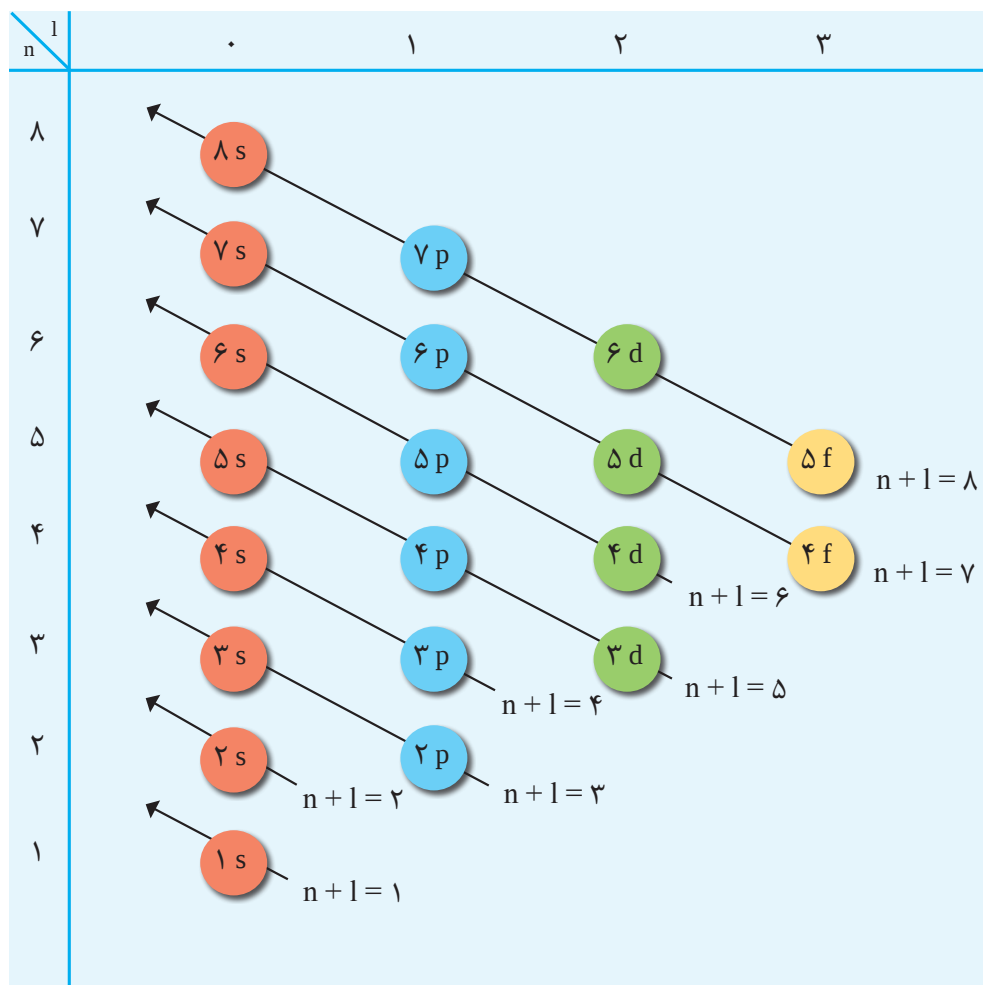
رفتار و ویژگی‌های هر اتم را می‌توان از روی آرایش الکترونی آن توضیح داد؛ بنابراین یافتن آرایش درست الکترون‌ها در هر اتم از اهمیت بسیاری برخوردار است. مطابق مدل کوانتومی برای به دست آوردن آرایش الکترونی اتم‌ها باید الکترون‌های اتم هر عنصر در زیرلایه‌ها با نظم و ترتیب معینی توزیع شود.

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**<sup>۱</sup> 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 می‌شوند که دارای انرژی کمتری هستند و سپس زیر لایه‌های بالاتر پر خواهند شد (شکل ۲۳).

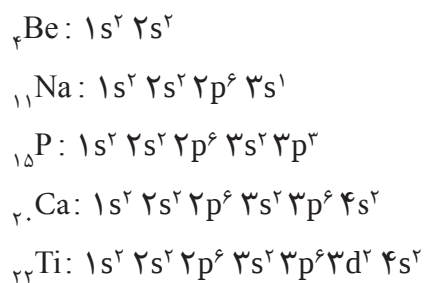
● aufbau واژه‌ای آلمانی به معنای ساختن یا افزایش گام به گام است.

● 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  $n+l$  وابسته است.

بر این اساس، آرایش الکترونی اتم بریلیم ( $Z=4$ )، اتم سدیم ( $Z=11$ )، اتم فسفر ( $Z=15$ )، اتم کلسیم ( $Z=20$ ) و اتم تیتانیوم ( $Z=22$ ) به صورت زیر خواهد بود:



خود را بیازمایید

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

| نماد شیمیایی عنصر       | آرایش الکترونی |
|-------------------------|----------------|
| ${}^8_8\text{O}$        |                |
| ${}^{18}_{18}\text{Ar}$ |                |
| ${}^{20}_{20}\text{Ca}$ |                |
| ${}^{33}_{33}\text{As}$ |                |
| ${}^{34}_{34}\text{Se}$ |                |

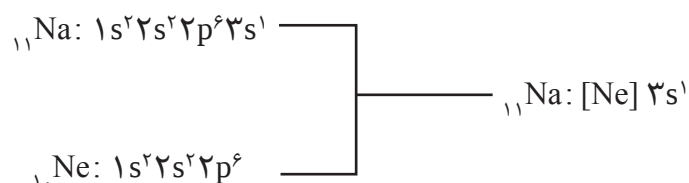
● گفتنی است که قاعدهٔ آفا آرایش الکترونی اتم اغلب عناصرها را به درستی پیش‌بینی می‌کند؛ اما برای اتم برخی عناصرهای جدول نارسایی دارد. امروزه به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی چنین اتم‌هایی را با دقت تعیین می‌کنند.

۲- داده‌های طیف‌سنجی نشان می‌دهد که آرایش الکترونی برخی اتم‌ها از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند؛ برای نمونه هر یک از اتم‌های کروم و مس در بیرونی‌ترین زیر لایهٔ 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<sup>۱</sup> خوانده می‌شود؛ برای نمونه آرایش الکترونی فشرده برای اتم سدیم به صورت زیر خواهد بود:

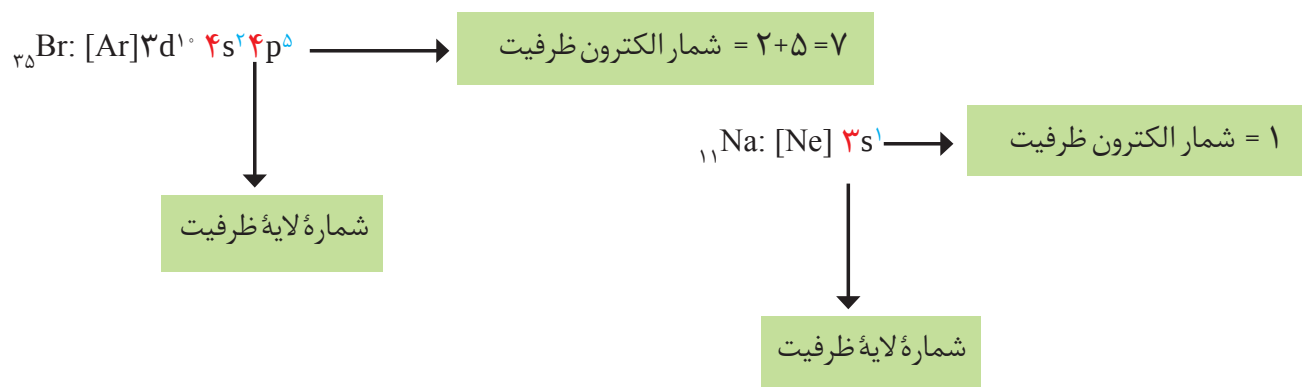


همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این آرایش الکترونی از نماد گاز نجیب استفاده شده است. برای دستیابی به آرایش فشرده، نخست آرایش اتم موردنظر به صورت گسترده نوشته می‌شود؛ سپس بخشی از آرایش الکترونی که همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب است با عبارت [نماد شیمیایی گاز نجیب] جایگزین می‌شود.



اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون‌ها در بیرونی‌ترین لایه به نام لایه ظرفیت اتم است. لایه ظرفیت<sup>۲</sup> 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

۱- (آ) با مراجعه به جدول دوره ای عناصرها، جدول زیر را کامل کنید.

| نماد عنصر  | $_{3}\text{Li}$ | $_{8}\text{O}$ | $_{18}\text{Ne}$ | $_{14}\text{Si}$ | $_{20}\text{Ca}$ | $_{27}\text{Co}$ | $_{35}\text{Br}$ |
|------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| شماره گروه |                 |                |                  |                  |                  |                  |                  |
| شماره دوره |                 |                |                  |                  |                  |                  |                  |

(ب) جدول زیر را کامل کنید.

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

| نماد عنصر        | آرایش الکترونی فشرده | شماره بیرونی ترین لایه | شمار الکترون های ظرفیت |
|------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| $_{3}\text{Li}$  |                      |                        |                        |
| $_{8}\text{O}$   |                      |                        |                        |
| $_{18}\text{Ne}$ |                      |                        |                        |
| $_{14}\text{Si}$ |                      |                        |                        |
| $_{20}\text{Ca}$ | $[\text{Ar}] 4s^2$   | $n = 4$                | ۲                      |
| $_{27}\text{Co}$ |                      |                        |                        |
| $_{35}\text{Br}$ |                      |                        |                        |

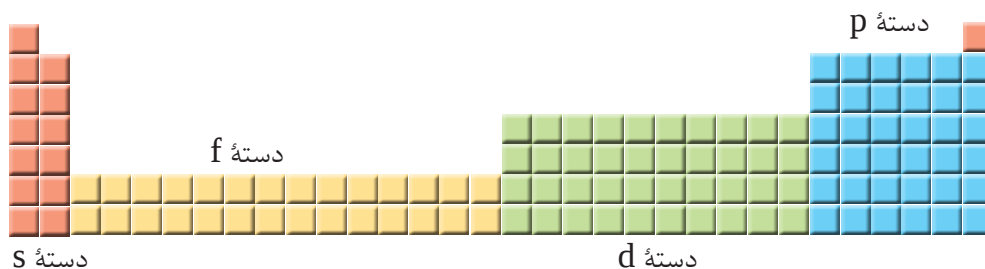
● فقط رسم آرایش الکترونی ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای جزو اهداف این کتاب است. بنابراین ارزشیابی برای رسم آرایش الکترونی اتم عنصرهای فراتر از عدد اتمی ۳۶ ممنوع است.

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

- شماره بیرونی‌ترین لایه را با شماره دوره این عنصرها مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- شماره گروه کدام عنصرها با شمار الکترون‌های ظرفیت آنها برابر است؟
- شماره گروه کدام عنصرها با شمار الکترون‌های ظرفیت آنها برابر نیست؟ در این حالت بین شماره گروه و شمار 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

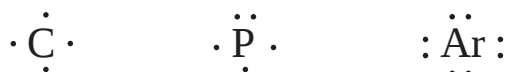
از مدت‌ها پیش شیمی‌دان‌ها پی بردند که گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک‌اتمی یافت می‌شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند، از این رو پایدارند. به نظر شما آیا بین آرایش الکترونی این اتم‌ها، پایداری و واکنش‌ناپذیری آنها رابطه‌ای هست؟ برای یافتن پاسخ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



در لایه ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیوم 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، همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب بوده یا هشت تایی<sup>۱</sup> باشد، آن اتم واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایه ظرفیت اتمی چنین نباشد، آن اتم واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام آرایش الکترون - نقطه‌ای<sup>۲</sup> 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 Na. است.

برای رسم آرایش الکترون - نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت مانند 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 یک 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.

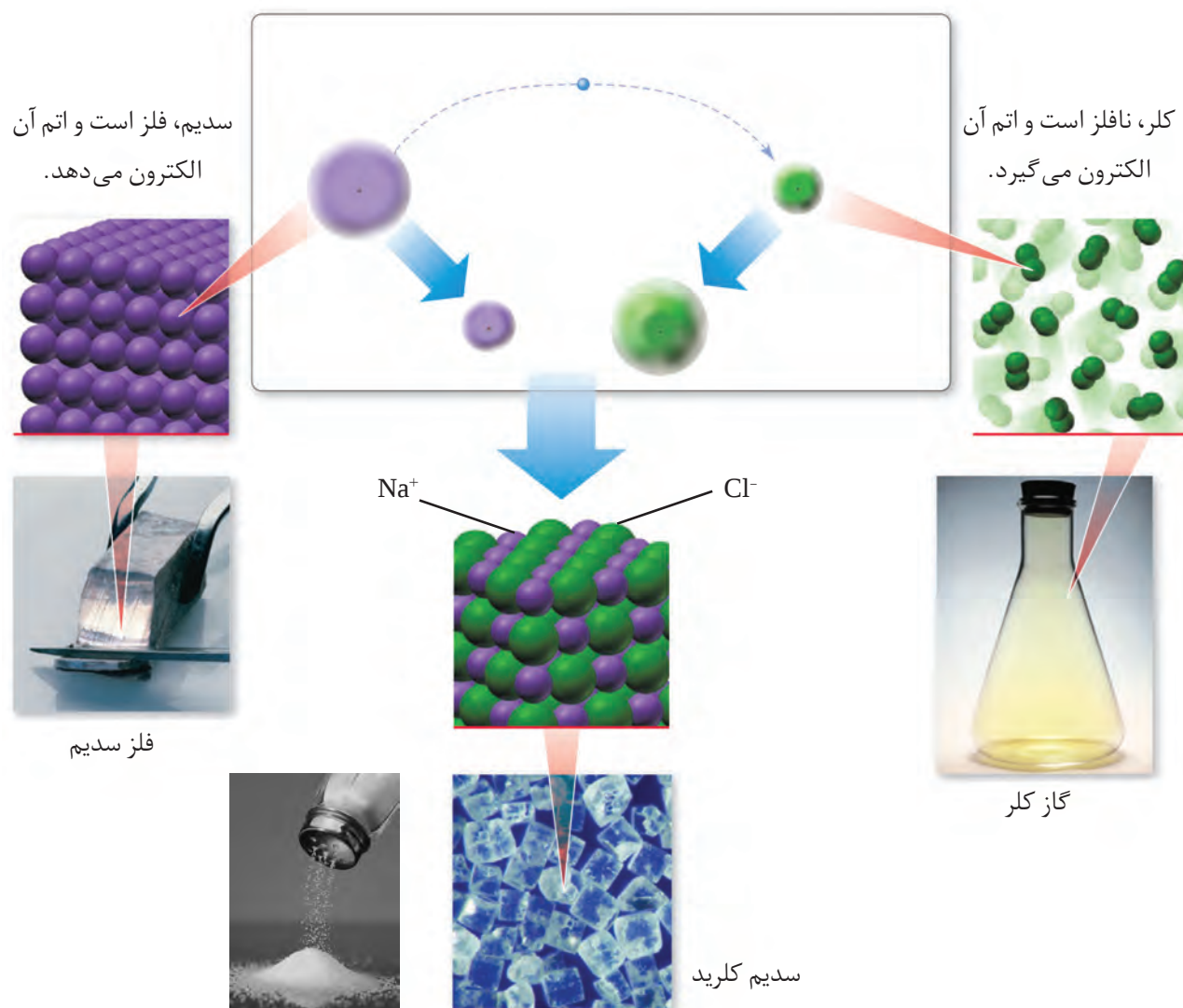
| عنصر                       | ${}^3\text{Li}$    | ${}^4\text{Be}$    | ${}^5\text{B}$     | ${}^6\text{C}$     | ${}^7\text{N}$    | ${}^8\text{O}$    | ${}^9\text{F}$     | ${}^{10}\text{Ne}$ |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| آرایش الکترونی<br>فشرده    |                    |                    |                    |                    |                   |                   |                    |                    |
| شمار<br>الکترون ظرفیت      |                    |                    |                    |                    |                   |                   |                    |                    |
| آرایش<br>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<br>فشرده    |                    |                    |                    |                    |                   |                   |                    |                    |
| شمار<br>الکترون ظرفیت      |                    |                    |                    |                    |                   |                   |                    |                    |
| آرایش<br>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.

● از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم است.

رفتار شیمیایی هر اتم به شمار الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای رفتار آنها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند یا هشت‌تایی شوند تا پایدارتر گردند. در درس علوم آموختید 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 شده و در این واکنش سدیم کلرید (نمک خوراکی) تولید می‌شود (شکل ۲۵).



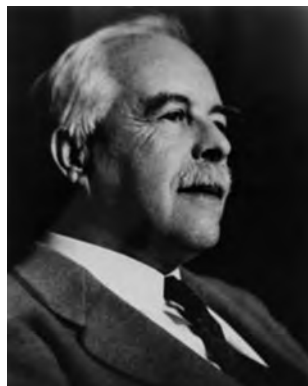
شکل ۲۵- واکنش اتم‌های سدیم با کلر، دادوستد الکترون و تشکیل سدیم کلرید

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)

یکی از پیشتازان دانش شیمی و بنیان‌گذار 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 بیندیشیم

۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:

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

آ) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های داده شده را با 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               | ۱۴ | ۱۵              | ۱۶              | ۱۷              |
| Li <sup>+</sup> |                  |  |  |                  |    | N <sup>۳-</sup> | O <sup>۲-</sup> | F <sup>-</sup>  |
|                 |                  |  |  |                  |    |                 |                 | Ne              |
| Na <sup>+</sup> | Mg <sup>۲+</sup> |  |  | Al <sup>۳+</sup> |    | P <sup>۳-</sup> | S <sup>۲-</sup> | Cl <sup>-</sup> |
|                 |                  |  |  |                  |    |                 |                 | Ar              |
| K <sup>+</sup>  | Ca <sup>۲+</sup> |  |  |                  |    |                 |                 | Br <sup>-</sup> |
|                 |                  |  |  |                  |    |                 |                 | Kr              |

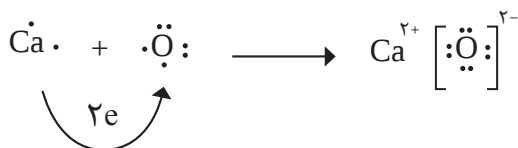
۲- با توجه به جدول در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.  
آ) اگر شمار الکترون‌های ظرفیت اتمی کمتر یا برابر با  $\frac{\text{سه}}{\text{چهار}}$  باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که  $\frac{\text{شماری از}}{\text{همه}}$  الکترون‌های ظرفیت خود را از دست بدهد و به  $\frac{\text{کاتیون}}{\text{آنیون}}$  تبدیل شود.  
ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با  $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{گرفتن}}$  الکترون به  $\frac{\text{کاتیون}}{\text{آنیون}}$  تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب  $\frac{\text{پیش}}{\text{پس}}$  از خود را دارند.

پ) اتم عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با  $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{به دست آوردن}}$  الکترون به کاتیون / آنیون هایی تبدیل می شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود را دارد.

۳- پیش بینی کنید اتم هریک از عنصرهایی که به ترتیب در خانه های شماره ۷ و ۱۲ جدول دوره ای جای دارد، در شرایط مناسب به چه یونی تبدیل می شود؟

## تبدیل اتم ها به یون ها

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 اتم های این دو عنصر در شرایط مناسب، کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{O}^{2-}$  تبدیل می شوند. میان یون های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می شود؛ نیروی جاذبه ای که **پیوند یونی**<sup>۱</sup> نامیده می شود. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید نام دارد که آن را با فرمول شیمیایی  $\text{CaO}$  نشان می دهند. این فرمول شیمیایی نشان می دهد که کلسیم و اکسیژن دو عنصر سازنده این ترکیب اند و نسبت یون های سازنده آن ۱ به ۱ است. ترکیب هایی از این دست که ذره های سازنده آنها یون است، **ترکیب یونی**<sup>۲</sup> نام دارند.

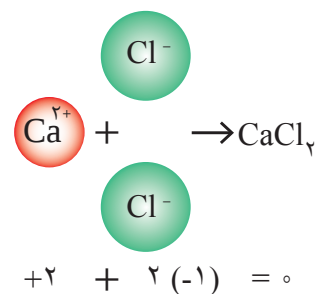


## با هم ببندیشیم

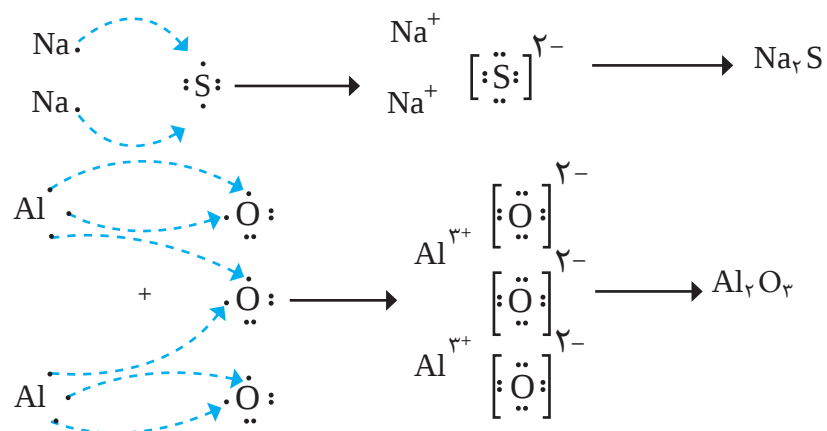
هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون ها با مجموع بار الکتریکی آنیون ها برابر است. از این ویژگی می توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب های یونی دوتایی بهره برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.

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

● هر ترکیب یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده، **ترکیب یونی دوتایی** نامیده می شود. این ترکیب ها می توانند از واکنش فلزها با نافلزها پدید آیند.



● فرمول شیمیایی کلسیم کلرید نشان می دهد که نسبت کاتیون به آنیون سازنده آن، ۱ به ۲ است.



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

۲- فرمول شیمیایی هر یک از ترکیب‌های زیر را بنویسید.

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

۳- با توجه به داده‌های جدول (آ)، شیوه نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی را مشخص و سپس جدول (ب) را کامل کنید.

جدول (آ)

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

جدول (ب)

| فرمول شیمیایی         | نماد یون‌های سازنده             | نام ترکیب یونی |
|-----------------------|---------------------------------|----------------|
| $\text{MgO}$          | $\text{O}^{2-}, \text{Mg}^{2+}$ |                |
| $\text{CaCl}_2$       | $\text{Cl}^-, \text{Ca}^{2+}$   |                |
| $\text{K}_2\text{O}$  | $\text{K}^+, \text{O}^{2-}$     |                |
| $\text{Na}_3\text{P}$ | $\text{Na}^+, \text{P}^{3-}$    | سدیم فسفید     |
| $\text{LiBr}$         | $\text{Li}^+, \text{Br}^-$      |                |

## تبدیل اتم‌ها به مولکول‌ها

### 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  $10^{12}$  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 بار الکتریکی مثبت نیز در فضاها بین ستاره‌ای وجود دارد.

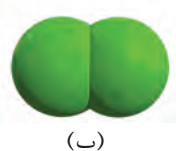
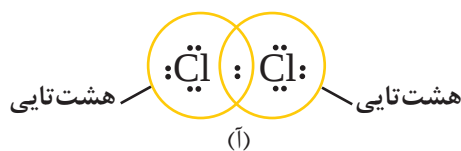
آیا همهٔ اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در درس علوم آموختید که بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و ذره‌های سازندهٔ آنها مولکول‌ها هستند. حال این پرسش مطرح است که رفتار کدام اتم‌ها سبب تشکیل مولکول‌ها خواهد شد؟ آیا در تشکیل مولکول‌ها رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاکی برای رفتار اتم‌هاست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر توجه کنید.



گاز کلر که خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد از مولکول‌های دو اتمی ( $\text{Cl}_2$ ) 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 (شکل ۲۶).

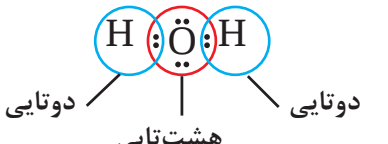


شکل ۲۶- نمایش مولکول کلر (آ) آرایش هشت‌تایی اتم‌ها در مولکول و (ب) مدل فضا پرکن

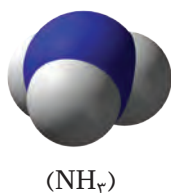
جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول  $\text{Cl}_2$ ، نشان‌دهندهٔ یک پیوند اشتراکی (کووالانسی)<sup>۱</sup> است؛ پیوندی که سبب اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است؛ به دیگر سخن اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌توانند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازند (جدول ۴).

● مواد شیمیایی خالصی که در ساختار خود مولکول دارند، مواد مولکولی نامیده می‌شوند.

جدول ۴- چگونگی تشکیل و نمایش مولکول‌های اکسیژن و آب

|                                |                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| تشکیل مولکول از اتم‌ها         | $\begin{array}{c} \text{H} \cdot + \cdot \ddot{\text{O}} \cdot + \cdot \text{H} \\ \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\ \text{H} : \ddot{\text{O}} : \text{H} \quad \text{یا} \quad \text{H} - \ddot{\text{O}} - \text{H} \end{array}$ |  |
| آرایش الکترون - نقطه‌ای مولکول |                                                                                                                                                        |  |
| مدل فضاپرکن                    |                                                                                                                                                       |  |
| فرمول مولکولی                  | $\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                                                                     |  |
|                                |                                                                                                                                                         |  |
|                                | $\text{O}_2$                                                                                                                                                                                                                             |  |

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



● مدل فضاپرکن برای برخی مولکول‌ها

## خود را بیازمایید

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

(آ) هیدروژن کلرید (HCl)

(ب) آمونیاک (NH<sub>3</sub>)

(پ) متان (CH<sub>4</sub>)

۲- جرم مولی هر یک از ترکیب‌های داده شده در پرسش بالا را با استفاده از داده‌های

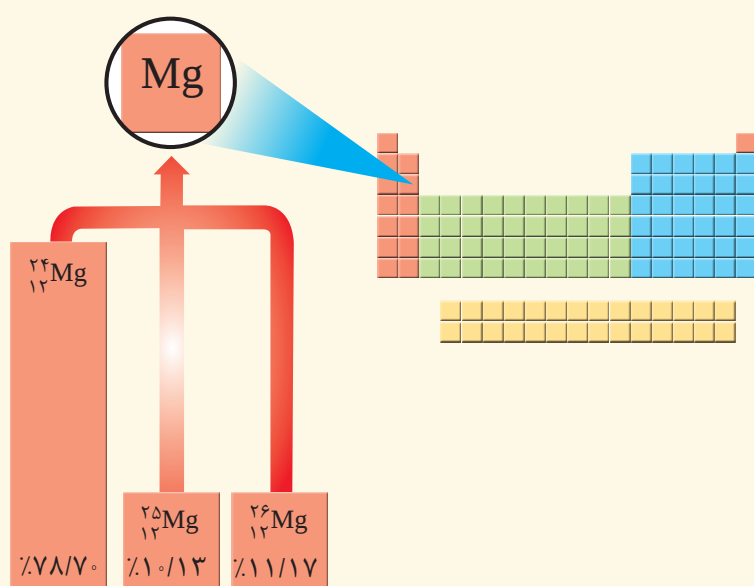
جدول دوره‌ای به دست آورید.

راهنمایی: جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده آن برابر است. برای

نمونه، جرم مولی آب برابر است با:  $16 \text{ g mol}^{-1} + 2 \times 1 \text{ g mol}^{-1} = 18 \text{ g mol}^{-1}$

## 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)  $^{39}\text{K}$  با  $^9\text{F}$       (ب)  $^{20}\text{Ca}$  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.

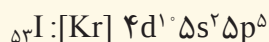
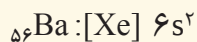
(ب) مفهوم هم‌مکانی را توضیح دهید.

- ۴- هرگاه یک جریان الکتریکی متناوب و  $110$  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 و در نبود معلم، خودداری کنید.

۵- آرایش الکترونی اتم‌های باریوم و ید به شما داده شده است؛ با توجه به آن:



(آ) پیش‌بینی کنید که هر یک از اتم‌های باریوم و ید در شرایط مناسب به چه یونی تبدیل می‌شود؟ چرا؟  
(ب) فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش باریوم با ید را بنویسید.

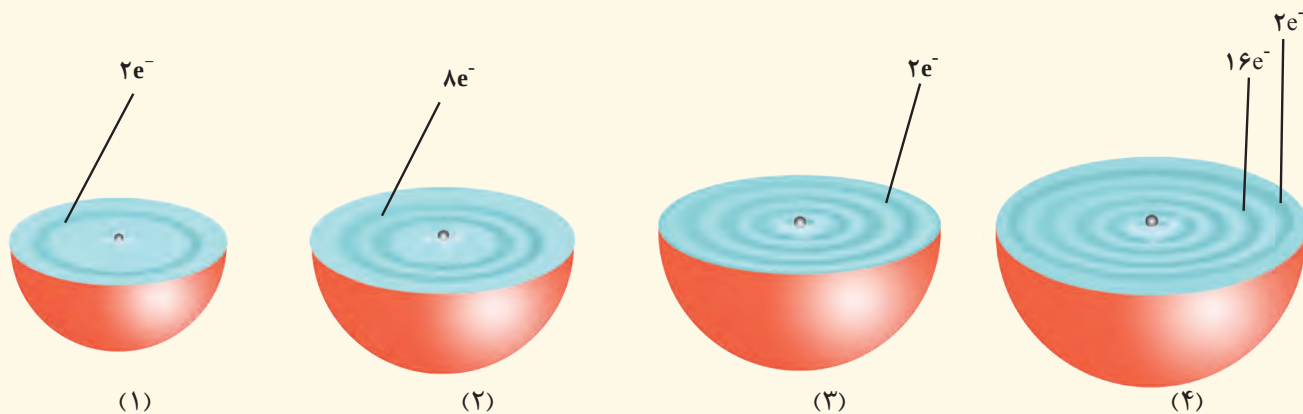
۶- اگر میانگین جرم هر اتم بور ( $B$ )، در حدود  $10^{-23} \times 1/794$  باشد، جرم مولی آن را حساب و با جدول دوره‌ای مقایسه کنید.

۷- گرافیت دگر شکلی از کربن است. در سده شانزدهم میلادی تکه بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری آن، مردم می‌پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آنکه می‌دانیم 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<br>H<br>هیدروژن |  |  |  | ۱۵<br>۷<br>N<br>نیتروژن | ۱۶<br>۸<br>O<br>اکسیژن | ۱۷<br>۹<br>F<br>فلوئور |  |
|                   |  |  |  |                         |                        | ۱۷<br>۱۷<br>Cl<br>کلر  |  |
|                   |  |  |  |                         |                        | ۳۵<br>۳۵<br>Br<br>برم  |  |
|                   |  |  |  |                         |                        | ۵۳<br>۵۳<br>I<br>ید    |  |

۸- در جدول روبه‌رو عنصرهایی نشان داده شده است که در دما و فشار اتاق به شکل ماده مولکولی با مولکول‌های دو اتمی وجود دارند. با استفاده از آرایش الکترون-نقطه‌ای، ساختار این مولکول‌ها را رسم کنید.

۹- هر یک از شکل‌های زیر برشی از اتم یک عنصر را نشان می‌دهد؛ با توجه به آن:



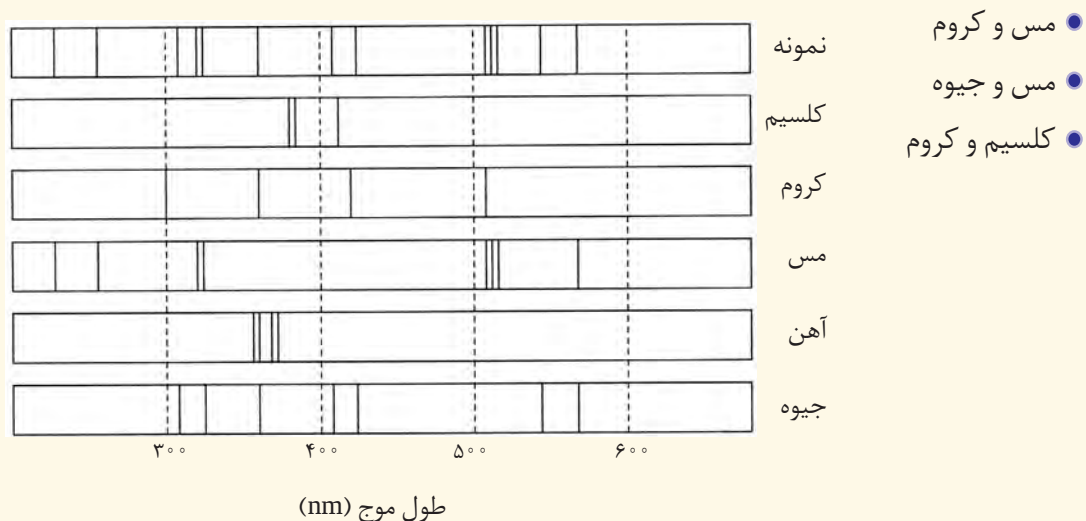
آ) موقعیت هر عنصر را در جدول دوره‌ای تعیین کنید.

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

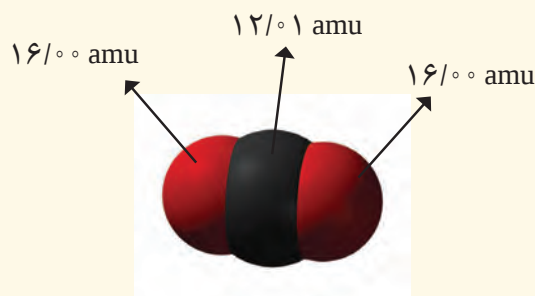
پ) آرایش الکترون - نقطه‌ای (۲) و (۳) را رسم و پیش‌بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش با فلئور چه رفتاری دارد؟

ت) در اتم (۴) چند زیر لایه به‌طور 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 نشری گرفتند. شکل زیر الگویی از طیف نشری خطی این سفال و چند عنصر فلزی را نشان می‌دهد. با توجه به آن پیش‌بینی 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.  $\text{Cl}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$



«اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ فَتُثِيرُ سَحَاباً فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَ...» آیه ۴۸، سوره روم

خداوند همان کسی است که بادهای را می‌فرستد تا ابرها را به حرکت درآورد سپس آنها را در پهنه آسمان آن گونه که بخواهد می‌گستراند و ...

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

علم شیمی کمک می‌کند تا با بررسی خواص، رفتار و برهم کنش گازهای این پوشش آبی رنگ، راه‌های تداوم زندگی سالم را بیابیم؛ باشد که رد پای سنگین روی این سیاره زیبا بر جای نگذاریم.

## آیا می‌دانید

جرم کل هواکره در حدود  $5/3 \times 10^{18}$  تن و نزدیک به  $1/000000$  جرم زمین است.

در میان سیاره‌های سامانه خورشیدی، تنها زمین، اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می‌کند. این اتمسفر، مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصله  $500$  کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است به طوری که می‌توان گفت ما در کف اقیانوسی از مولکول‌های گازی زندگی می‌کنیم. جاذبه زمین این گازها را پیرامون خود نگه می‌دارد و مانع از خروج آنها از اتمسفر می‌شود (شکل ۱). از سوی دیگر، انرژی گرمایی مولکول‌ها سبب می‌شود تا پیوسته آنها در حال جنبش باشند و در سرتاسر هواکره<sup>۱</sup> توزیع شوند.



● اگر زمین را به سیب تشبیه کنیم، ضخامت هواکره نسبت به زمین به نازکی پوست سیب می‌ماند.

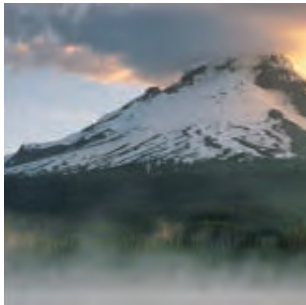
**شکل ۱-** لایه فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب هوا نامیده می‌شود.

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

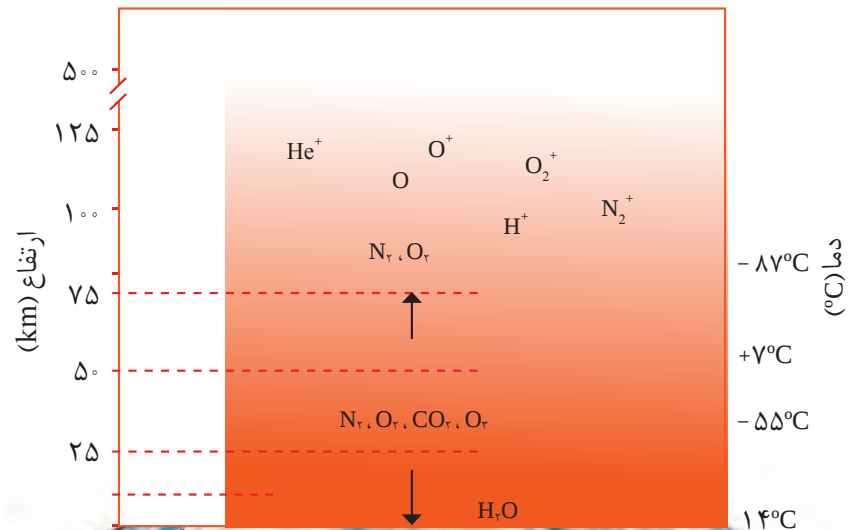
اینک این پرسش‌ها مطرح می‌شود که مواد اصلی پیرامون زمین چیست؟ تا کجاها یافت می‌شود؟ گازها به عنوان بخش عمده این مواد چه رفتارهایی دارند؟ چه واکنش‌هایی میان گازهای هوا رخ می‌دهد؟ این واکنش‌ها بر زندگی ساکنان این سیاره خاکی چه اثری می‌گذارد؟ رفتار انسان‌ها تا چه اندازه بر هواکره و ویژگی‌های آن تأثیر دارد؟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

## آیا می دانید

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



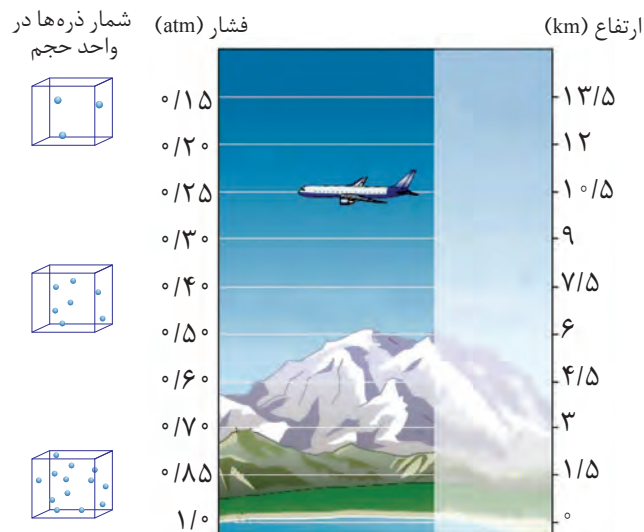
۱- در شکل زیر، تغییر دما و برخی اجزای سازندهٔ هواکره برحسب ارتفاع از سطح زمین نشان داده شده است. با توجه به آن:



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

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

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



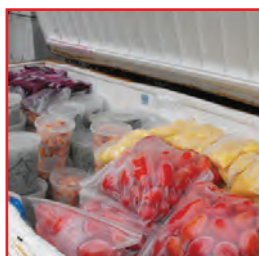
تغییر آب و هوای زمین در لایه تروپوسفر<sup>۱</sup> رخ می دهد. در این لایه با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود  $6^{\circ}\text{C}$  افت می کند و در انتهای لایه به حدود  $55^{\circ}\text{C}$  - (۲۱۸ کلوین) می رسد. اگر میانگین دما در سطح زمین در حدود  $14^{\circ}\text{C}$  (۲۸۷ کلوین) در نظر گرفته شود: (آ) ارتفاع تقریبی لایه تروپوسفر را حساب کنید. (ب) رابطه ای 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 می دهد که دلیل این ویژگی، ماندن آنها در هوای آزاد به مدت طولانی است. امروزه در صنعت با بسته بندی مناسب، می توان زمان ماندگاری مواد غذایی را افزایش داد. جالب است بدانید در بسته بندی برخی مواد خوراکی از گاز نیتروژن استفاده می شود. افزون بر این، گاز نیتروژن کاربردهای دیگری نیز دارد (شکل ۲).



(آ)



(ب)

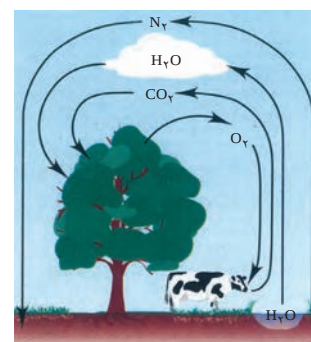


(پ)

**شکل ۲-** از گاز نیتروژن، (آ) برای پر کردن تایر خودروها، (ب) در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و (پ) برای نگهداری نمونه های بیولوژیک در پزشکی استفاده می شود.

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

اکنون این پرسش مطرح است که آیا هواکره می تواند منبع ارزشمندی برای تهیه برخی گازها باشد؟ حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره، در نزدیک ترین لایه به زمین (تروپوسفر) قرار دارد. این بخش از هواکره، همان بخشی است که ما در آن زندگی می کنیم. پس از تروپوسفر،



**شکل ۳-** برهم کنش هواکره با زیست کره. زندگی جانداران گوناگون در زیست کره با گازهای موجود در هوا، گره خورده است. گیاهان با بهره گیری از نور خورشید و مصرف کربن دی اکسید هواکره، اکسیژن مورد نیاز جانداران را تولید می کنند. جانداران ذره بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می کنند.

<sup>۱</sup> Troposphere Layer



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

## آیا می‌دانید

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



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

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

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

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



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



● **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.

## آیا می‌دانید

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



در این فرایند، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود؛ سپس با استفاده از فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا  $0^{\circ}\text{C}$  (صفر درجهٔ سلسیوس)، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می‌شود (چرا؟). در دمای  $78^{\circ}\text{C}-$ ، گاز کربن دی‌اکسید هوا نیز به حالت جامد در می‌آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای  $200^{\circ}\text{C}-$ ، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن **هوای مایع**<sup>۱</sup> می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند.

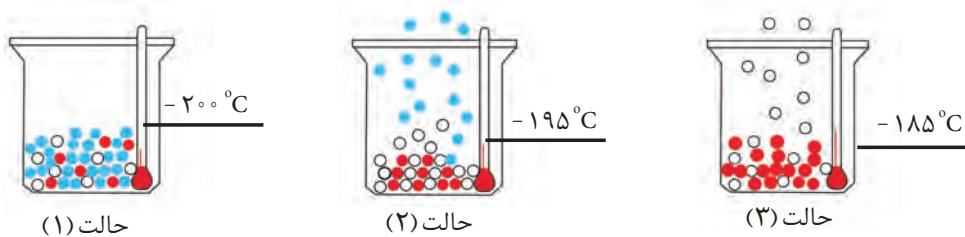
## با هم بیندیشیم

با توجه به جدول روبه‌رو به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ) نمونه‌ای از هوای مایع با دمای  $200^{\circ}\text{C}-$  تهیه شده است، اگر این نمونه تقطیر شود، ترتیب جداسازی گازها را مشخص کنید.

| نقطهٔ جوش ( $^{\circ}\text{C}$ ) | گاز     |
|----------------------------------|---------|
| -۱۹۶                             | نیتروژن |
| -۱۸۳                             | اکسیژن  |
| -۱۸۶                             | آرگون   |
| -۲۶۹                             | هلیوم   |

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



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



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

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

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



شکل ۵- از هلیوم، افزون بر پر کردن بالن‌های هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی در جوشکاری، کپسول غواصی و مهم‌تر از همه، برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI<sup>۱</sup> استفاده می‌شود.

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

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



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

## آیا می‌دانید

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

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

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

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

## اکسیژن، گازی واکنش پذیر در هواکره

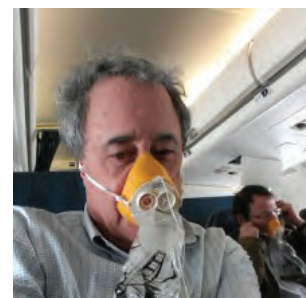
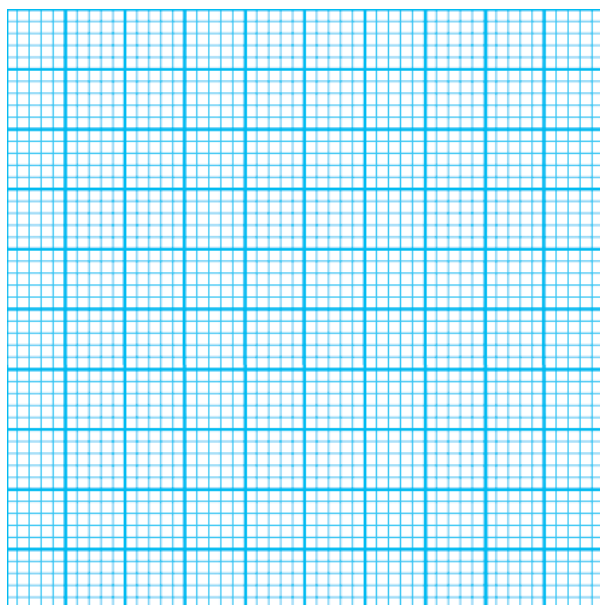
اکسیژن یکی از مهم ترین گازهای تشکیل دهنده هواکره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است. به طوری که بسیاری از واکنش های شیمیایی مانند فرسایش سنگ و صخره، زنگ زدن، فساد مواد غذایی و... که پیوسته پیرامون ما رخ می دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. این عنصر در آب کره، در ساختار مولکول های آب و در زیست کره در ساختار همه مولکول های زیستی مانند کربوهیدرات ها، چربی ها و پروتئین ها یافت می شود. در هواکره نیز این گاز به طور عمده به شکل مولکول های دو اتمی وجود دارد؛ هرچند مقدار این گاز در لایه های گوناگون هواکره با هم تفاوت دارد.

### خود را بیازمایید

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

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

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



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



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

(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 ۲/۵ کیلومتری پیش بینی کنید.

(ت) 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.

## ترکیب اکسیژن با فلزها و نافلزها

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



(آ)



(ب)

شکل ۷-آ) سنگ معدن آلومینیم و ب) سیلیس

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



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

## با هم بیندیشیم

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

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

۱- با بررسی داده‌های جدول:

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

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

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

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

توضیح دهید.

۲- جدول زیر را کامل کنید.

| نام ترکیب        | آلومینیم<br>فلوئورید | پتاسیم<br>سولفید | آهن (III)<br>فلوئورید |                   |  |
|------------------|----------------------|------------------|-----------------------|-------------------|--|
| فرمول<br>شیمیایی |                      | CaO              | MgBr <sub>۲</sub>     | Cu <sub>۲</sub> S |  |

۳- هرگاه بدانید که اتم عنصر کروم در ترکیب‌های خود اغلب به شکل کاتیون  $Cr^{۳+}$  یا  $Cr^{۲+}$

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

واکنش عنصرها با اکسیژن، تنها به فلزها محدود نمی‌شود بلکه نافلزها نیز با آن واکنش می‌دهند و به اکسید نافلزها تبدیل می‌شوند. در واقع اکسیدهای نافلزی، دسته دیگری از ترکیب‌های شیمیایی هستند که از واکنش نافلزها با اکسیژن تولید می‌شوند. ترکیب‌هایی مانند  $CO_۲$ ،  $SO_۲$ ،  $SO_۳$  و  $NO_۲$ ، نمونه‌هایی از اکسیدهای نافلزی هستند. با توجه به اینکه هر زیروند در فرمول شیمیایی، نمایانگر شمار اتم‌های آن عنصر در ترکیب است، شیمی دان‌ها برای بیان شمار هریک از اتم‌ها، پیشوندهای معرفی شده در جدول روبه‌رو را به کار می‌برند. برای نمونه، به فرمول و نام شیمیایی ترکیب زیر توجه کنید:



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

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

## خود را بیازمایید

نام ترکیب‌ها در ستون نخست و فرمول شیمیایی ترکیب‌ها در ستون دوم را بنویسید.



SO<sub>3</sub>



CO<sub>2</sub>



CO

● مدل فضا پرکن چند مولکول

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

● 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 می‌شوند.

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

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

## با هم بیندیشیم

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



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

۲- ساختارهای ممکن که در آنها، اتم‌های کربن و اکسیژن با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی 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 ساختارهایی که رسم کرده‌اید، آنکه ویژگی‌های زیر را دارد، ساختار لوویس درست ترکیب را نشان می‌دهد:

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

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

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

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

پ)  $\text{PCl}_3$

ب)  $\text{CO}$

آ)  $\text{SO}_2$

ج)  $\text{CS}_2$

ث)  $\text{CH}_2\text{O}$

ت)  $\text{HCN}$

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



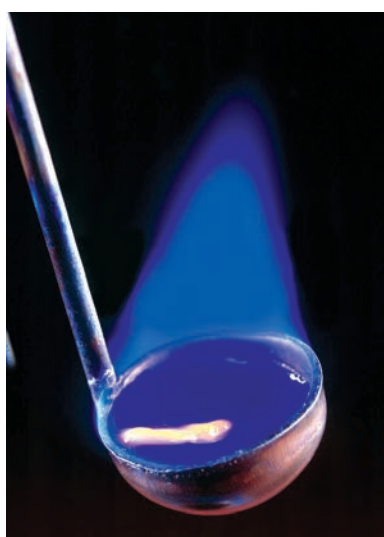
**شکل ۹-** سوختن گرد آهن. اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می‌سوزند.

## اکسیدها در فراورده‌های سوختن

دریافتید که اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب عنصرها و مواد واکنش می‌دهد؛ به‌طوری که شیمی‌دان‌ها از این ویژگی برای تهیه بسیاری از مواد بهره می‌گیرند، برای نمونه در صنعت برای تهیه سولفوریک اسید، نخست گوگرد را در واکنش با اکسیژن به  $\text{SO}_2$  تبدیل می‌کنند. واکنشی که به سوختن گوگرد معروف است. جالب است بدانید که برخی عنصرهای فلزی و نافلزی دیگر نیز می‌توانند با اکسیژن بسوزند و به اکسیدهای فلزی و نافلزی تبدیل شوند. شکل‌های ۹ و ۱۰ نمونه‌هایی از این واکنش‌ها را نشان می‌دهند.



(آ)



(ب)



(پ)

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

اینک می‌توان گفت **سوختن**، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود. افزون بر برخی عنصرها؛ دیگر مواد از جمله سوخت‌های فسیلی نیز در شرایط مناسب می‌سوزند.

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

نور و گرما + کربن دی‌اکسید + گوگرد دی‌اکسید + بخار آب  $\rightarrow$  اکسیژن + زغال سنگ



شکل ۱۱- سوختن زغال سنگ در هوا

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

## آیا می‌دانید

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



(آ)



(ب)

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

**کربن مونوکسید**<sup>۳</sup>، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به طوری که به سرعت در همه فضای اتاق پخش می‌شود.

از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از  $20^\circ$  برابر اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانه عصبی را فلج می‌کند به طوری که قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود.

## در میان تارنماها

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

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



شکل ۱۳- نوعی دستگاه حسگر کربن مونوکسید

## خود را بیازمایید

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



● استفاده از آرگون در جوشکاری

## رفتار اکسیدهای فلزی و نافلزی

اکسیدهای فلزی و نافلزی، به دلیل تنوع رفتار، کاربردهای فراوانی در زندگی دارند. برای نمونه برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند. همچنین از کلسیم اکسید برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱۴).

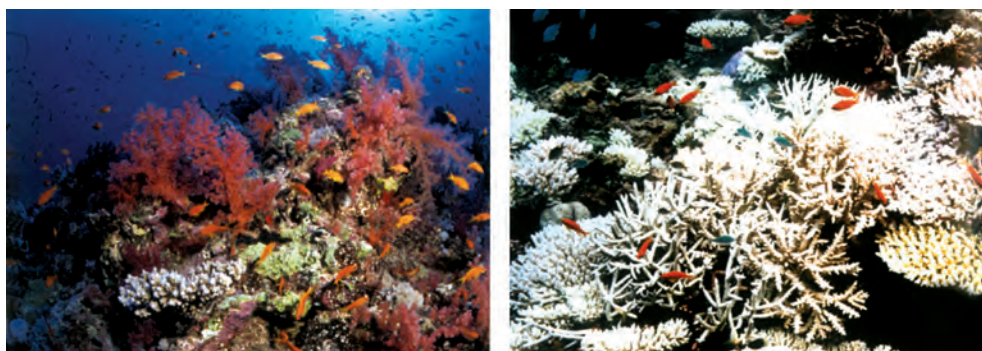


شکل ۱۴- افزودن آهک به زمین‌های کشاورزی و دریاچه‌های اسیدی



● اثر هیدروکلریک اسید بر روی برگ گیاه

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



(آ)

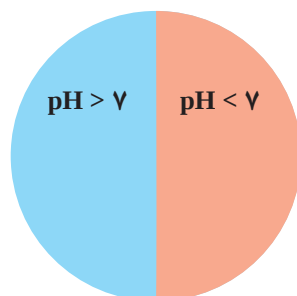
(ب)

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

## ● کاوش کنید

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

- ۱- درون بشری تا نیمه آب بریزید؛ مقداری آهک به آن بیفزایید و مخلوط را خوب به هم بزنید.
- ۲- یک تکه کاغذ pH بردارید و آن را به محلول آب آهک آغشته نمایید. چه مشاهده می‌کنید؟
- ۳- یک بطری محتوی آب گازدار بردارید و کاغذ pH را به آن آغشته نمایید. چه رنگی می‌شود؟
- ۴- از این آزمایش‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.
- ۵- پیش‌بینی کنید با حل شدن هر یک از مواد زیر در آب، محلول به دست آمده چه خاصیتی دارد؟ هر ماده را درون دایره و در جای مناسب بنویسید.



(آ)  $\text{MgO}$

(ب)  $\text{SO}_2$

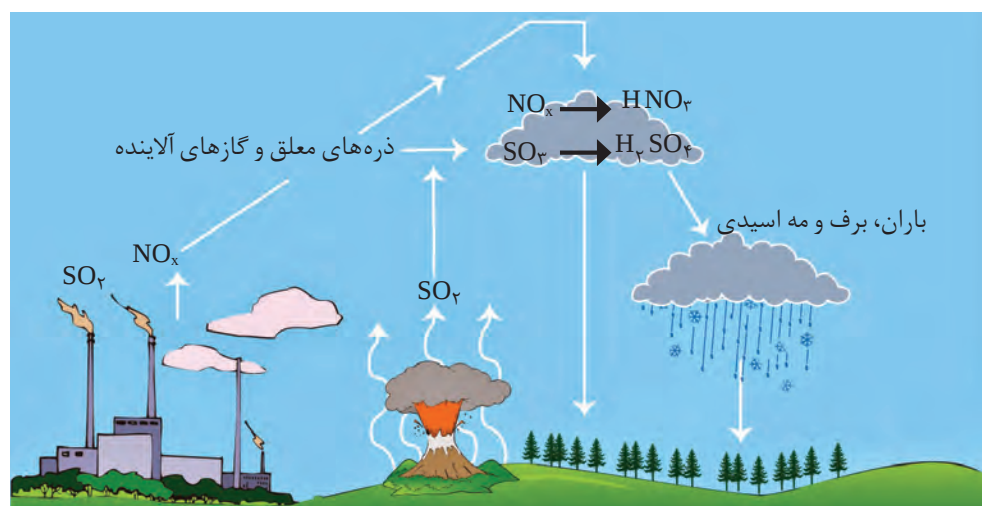
(پ)  $\text{CO}_2$

(ت)  $\text{Na}_2\text{O}$

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

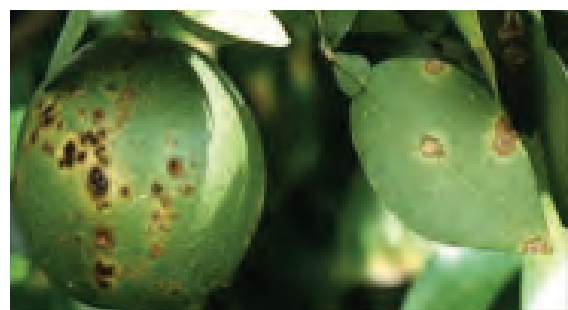
زندگی و ادامه آن روی زمین، به بارش‌های آسمانی وابسته است. باران از جمله این نعمت‌ها است؛ نعمتی که هنگام بارش، افزون بر ایجاد پاکی و نشاط به طبیعت جان دوباره می‌بخشد. به دلیل آلودگی‌های ناشی از صنایع و فناوری‌های ساخته بشر، گاهی همین باران مشکل‌ساز می‌شود. باران به دلیل  $\text{CO}_2$  حل شده در آن، اندکی اسیدی است و pH کمتر از ۷ دارد.

در شیمی هواکره، اصطلاح رایجی با عنوان «آنچه به بالا می‌رود، سرانجام 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  $\text{NO}_x$  و  $\text{SO}_2$  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**<sup>۱</sup> باریده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- روند تولید باران اسیدی

باران اسیدی آثار جبران‌ناپذیری بر جنگل‌ها، باغ‌های میوه و زندگی آبزیان دارد؛ زیرا تغییر میزان خاصیت اسیدی آب به بافت‌های جانداران آسیب می‌زند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- برخی از آثار باران اسیدی. تغییر pH آب در زندگی جانداران آثار جبران‌ناپذیری بر جای می‌گذارد.

● 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.

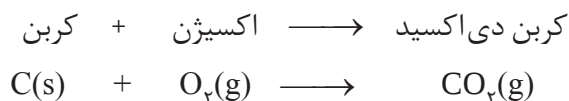
## واکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم

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

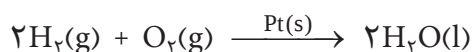


● هنگامی که به شکر گرما داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

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



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



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

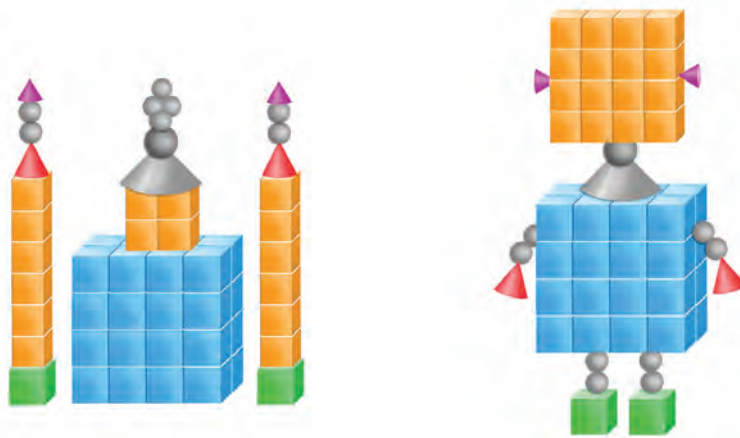
| معنا      | نماد |
|-----------|------|
| جامد      | (s)  |
| مایع      | (l)  |
| گاز       | (g)  |
| محلول آبی | (aq) |

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

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

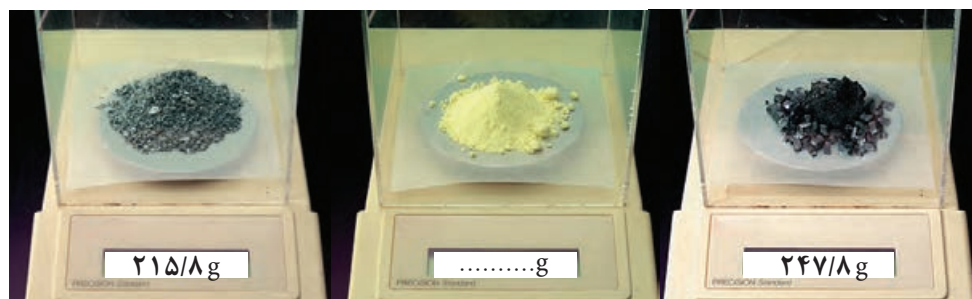
## با هم بیندیشیم

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



۲- جای خالی را پر کنید.

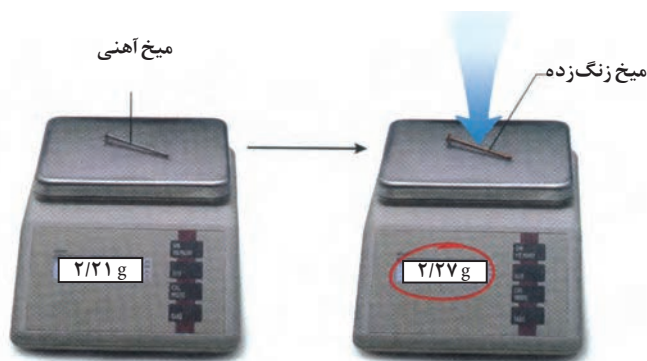
فلز نقره + گوگرد  $\xrightarrow{\Delta}$  نقره سولفید



| معنا                                                                         | نماد                                 |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| تولید می کند یا می دهد.                                                      | $\longrightarrow$                    |
| واکنش دهنده ها 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. | $\xrightarrow{\text{Pd(s)}}$         |

● معنای برخی نمادها در معادله های شیمیایی

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

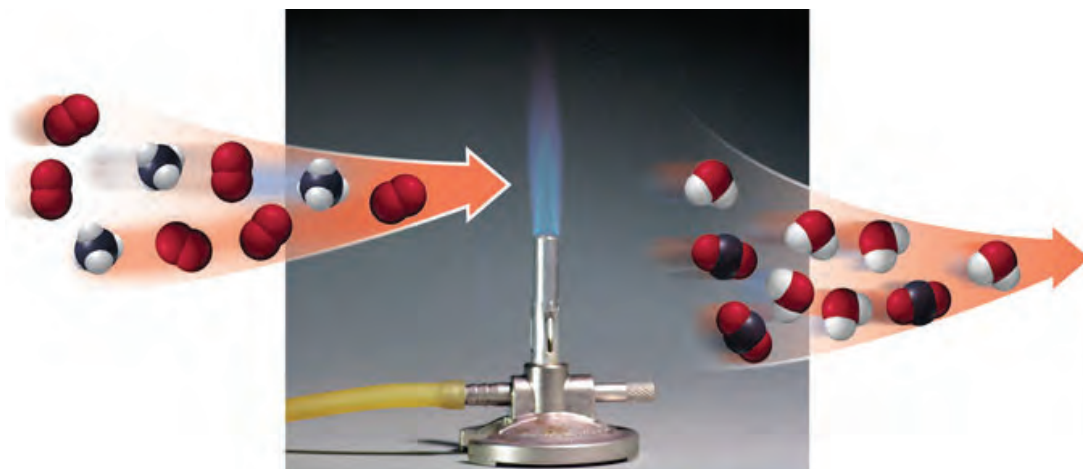


۴- درباره درستی جمله زیر در کلاس گفت و گو کنید.

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

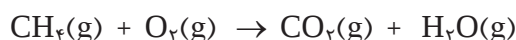
## موازنه کردن معادله واکنش های شیمیایی

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 فرآورده 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 ۱۸).



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

برای این واکنش می‌توان معادله نمادی به صورت زیر نوشت:



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



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

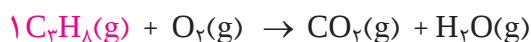
با توجه به معادله موازنه شده می‌توان نتیجه گرفت که برای موازنه کردن هر معادله نمادی، باید برای هر یک از واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها ضریبی قرارداد تا شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

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

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

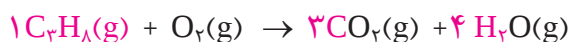


برای موازنه، به  $\text{C}_3\text{H}_8$  ضریب ۱ بدهید.



اینک شمار اتم‌های کربن و هیدروژن در سمت چپ مشخص شده است. حال اگر به  $\text{H}_2\text{O}$

ضریب ۴ و به  $\text{CO}_2$  ضریب ۳ بدهید، شمار اتم‌های C و H در دو طرف برابر می‌شود.



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

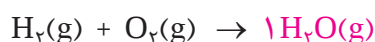


همان‌طور که مشاهده کردید، هنگام موازنه کردن، نباید زیوندها را در فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها تغییر داد. همچنین توجه به این نکته ضروری است که هریک از ضریب‌ها در معادلهٔ موازنه‌شده، باید کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشد.

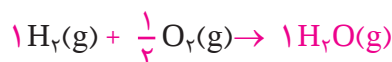
برای نمونه به روش موازنهٔ معادلهٔ واکنش سوختن گاز هیدروژن دقت کنید.



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



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



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

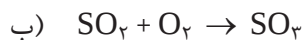
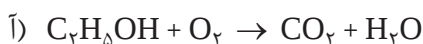


● معادلهٔ شیمیایی موازنه شده، به دو صورت خوانده می‌شود؛ برای نمونه:

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

## خود را بیازمایید

معادلهٔ واکنش‌های زیر را موازنه کنید:

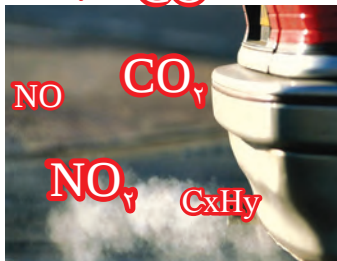


## چه بر سر هواکره می‌آوریم؟

در سدهٔ گذشته با تحول صنعتی، ماشین‌آلات سنگین طراحی و ساخته شد. صنایع بزرگ پدید آمدند و فراورده‌های کشاورزی، دارویی، غذایی، نساجی، پتروشیمیایی و ... به صورت انبوه و در مقیاس صنعتی تولید شدند. با این تحولات، نیاز به انرژی الکتریکی برای چرخاندن چرخ‌های اقتصادی، انرژی مورد نیاز حرکت وسایل حمل و نقل و ... به میزان چشمگیری افزایش یافت.

CO CO<sub>2</sub>

SO<sub>2</sub> CO



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

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



(آ)



(ب)

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

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



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

سبک زندگی انسان، نوع وسایلی که در زندگی استفاده می‌کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می‌دهد، روی هواکره تأثیر می‌گذارد؛ برای مثال، نوع وسیله نقلیه‌ای که برای رفتن به مدرسه، محل کار، سفر و... استفاده می‌کنیم، غذایی که می‌خوریم، وسایل گرمایشی و حتی مدت زمانی که موهای خود را با سشوار خشک می‌کنیم به دلیل مصرف انرژی الکتریکی، مقداری کربن‌دی‌اکسید وارد هواکره می‌کند و درصد گازهای هواکره را تغییر می‌دهد. در واقع سبک زندگی می‌تواند بیانگر میزان اثرگذاری هر یک از انسان‌ها بر کرهٔ زمین و هواکره باشد. ردپا<sup>۱</sup> اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند. یکی از این ردپاها، ردپای کربن‌دی‌اکسید است. برای اینکه مقدار کربن‌دی‌اکسید در هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی کربن‌دی‌اکسید به وسیلهٔ گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود. حال هر چه مقدار کربن‌دی‌اکسید وارد شده به طبیعت زیاده‌تر باشد، ردپای ایجاد شده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود؛ زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیله پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است.

## با هم بیندیشیم

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

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



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

(آ) ستون های یک، سه و چهار جدول را کامل کنید.

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

(پ) چرا میزان کربن دی اکسید تولید شده از منابع گوناگون انرژی با هم تفاوت دارد؟

توضیح دهید.

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

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

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



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

● حفظ و توسعه مزارع، باغ ها 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.

## پروژه

● پیش بینی کنید برای از بین بردن ردپای کربن دی اکسید ناشی از سوخت خودروی خانواده شما

چند درخت با قطر ۲۲ تا ۲۸ سانتی متر لازم است؟ مقدار کربن دی اکسید تولید شده به ازای هریک کیلومتر مسافت طی شده با خودرو را برابر با ۲۵ گرم در نظر بگیرید. (البته یادتان باشد اگر امروز یک نهال بکارید، حداقل ۲۰ سال طول می کشد تا به یک درخت تنومند تبدیل شود.)

## آیا می‌دانید

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.



- کاوش کنید «آیا تعداد درختان محله، روستا یا شهر شما برای پاکسازی هوا کره از وجود  $\text{CO}_2$  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 راهکارهایی برای کاهش تولید کربن دی‌اکسید ارائه کنید.

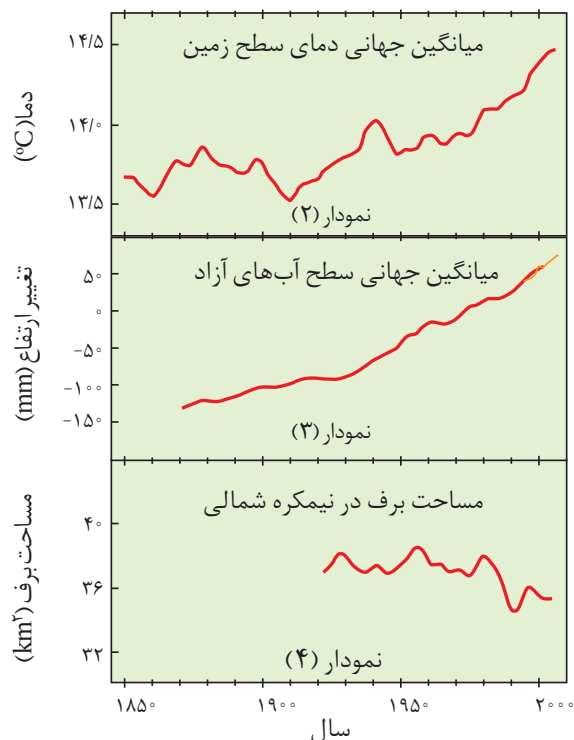
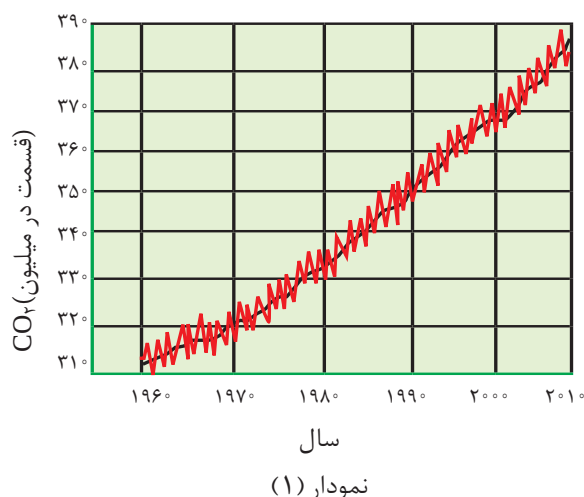
دانشمندان با استفاده از بالون‌های هواشناسی، ماهواره‌ها، کشتی‌های اقیانوس‌پیما و گویچه‌های شناور در دریاها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را در سرتاسر نقاط آن رصد می‌کنند. شواهد نشان می‌دهند که در طول سده گذشته میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است. این افزایش دما سبب شده تا شرایط آب و هوایی در نقاط گوناگون زمین تغییر کند. اکنون می‌پرسید چه عواملی سبب ایجاد این تغییر می‌شود؟ آیا گازهای موجود در هوا کره در آن نقش دارند؟ آیا رفتار و سبک زندگی ما سبب این تغییرها شده یا پدیده‌های طبیعی عامل آن هستند؟

## با هم بیندیشیم

## آیا می‌دانید

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

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



آ) توضیح دهید بین نمودار (۱) با نمودارهای (۲)، (۳) و (۴) چه ارتباطی وجود دارد؟  
 ب) شواهد نشان می‌دهند که فصل بهار در نیمکره شمالی زمین، نسبت به ۵۰ سال گذشته در حدود یک هفته زودتر آغاز می‌شود. علت را توضیح دهید.

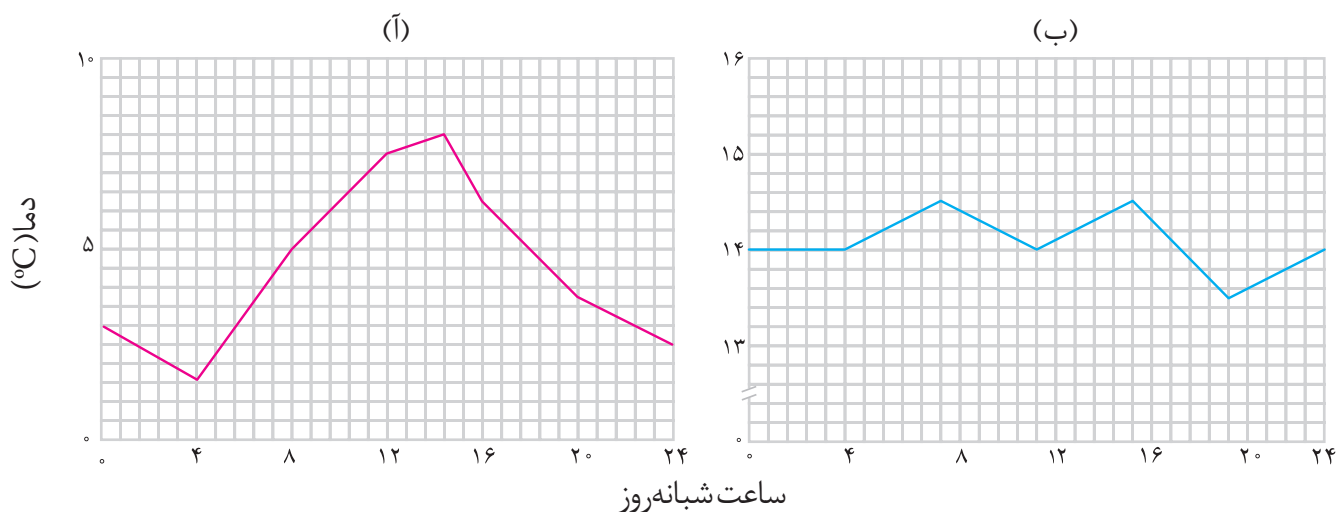
● شما نیز درباره آثار گرم شدن کره زمین در شهر یا منطقه محل سکونت خود با بزرگ‌ترها گفت‌وگو و اطلاعاتی در این باره جمع‌آوری و به کلاس گزارش کنید.



## اثر گلخانه‌ای<sup>۱</sup>

آیا می‌دانید گلخانه و کشت گلخانه‌ای چیست؟ گلخانه برای چه هدفی و چگونه ساخته می‌شود؟ گلخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور تا دور آنها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آنها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند. در گلخانه‌ها در چهار فصل سال به‌ویژه در زمستان، فراورده‌های کشاورزی مانند قارچ، خیار، گوجه فرنگی، توت‌فرنگی و... کشت می‌شود (نمودار ۱).

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

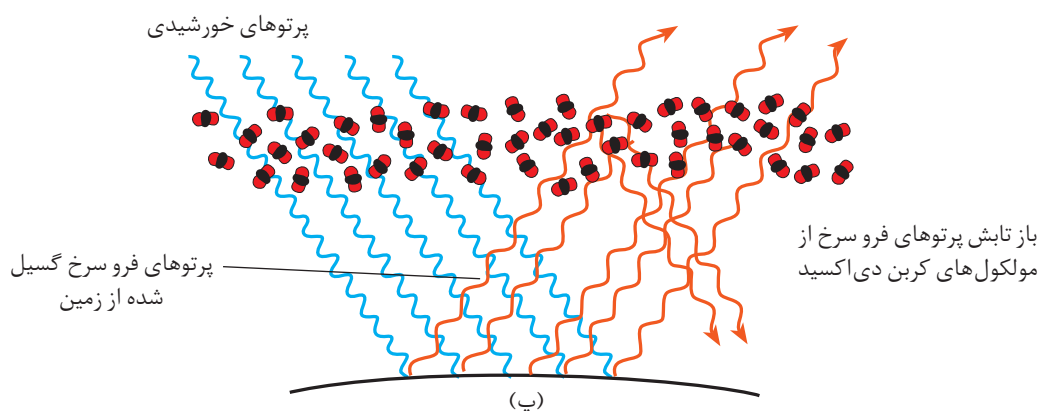
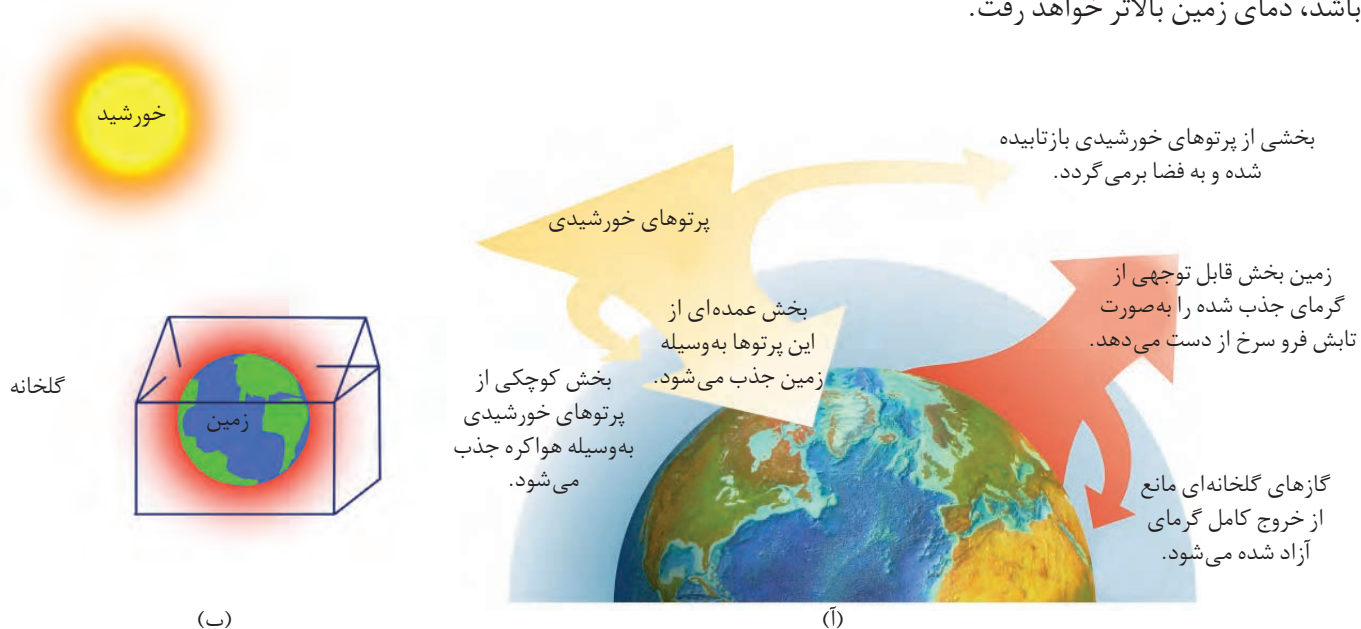


**نمودار ۱- تغییر دمای یک گلخانه را در یک روز زمستانی نشان می‌دهد. کدام منحنی مربوط به درون و کدام یک به بیرون گلخانه مربوط است؟ چرا؟**

نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و تنها بخشی از آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آنها بلندتر است (شکل ۲۰). اکنون می‌توانید توضیح دهید چگونه لایه پلاستیکی سبب گرم شدن گلخانه می‌شود. همان‌طور که دریافتید کره زمین با لایه‌ای از گازها به نام هواکره احاطه شده است.

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

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



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

## شیمی سبز، راهی برای محافظت از هوا کره

شیمی سبز شاخه‌ای از شیمی است که در آن 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، کربن‌دی‌اکسید 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 کربن‌دی‌اکسید تولید شده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی را با منیزیم اکسید یا کلسیم اکسید واکنش می‌دهند.



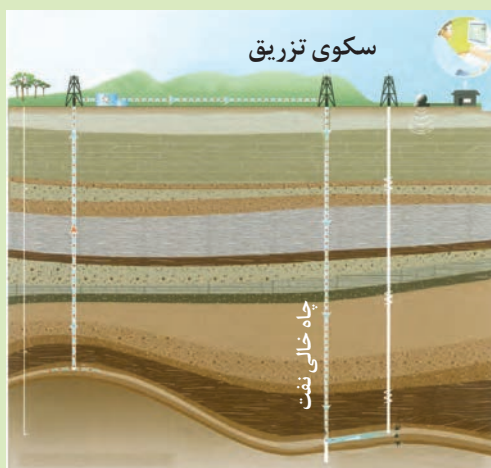
## تولید پلاستیک‌های سبز

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



## دفن کردن کربن دی‌اکسید

کربن دی‌اکسید را می‌توان به جای رها کردن در 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.



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

# سبز

تولید خودرو  
و سوخت با  
کیفیت بسیار خوب

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

۱- هیدروژن فراوان ترین عنصر در جهان است که به شکل ترکیب های گوناگون یافت می شود. این گاز مانند سوخت های فسیلی می تواند 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<br>(کیلوژول بر گرم) | ۴۸                                     | ۳۰                                                         | ۱۴۳              | ۵۴                                     |
| فراورده های سوختن                  | CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O | CO, CO <sub>2</sub> ,<br>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<br>یک گرم)      | ۱۴                                     | ۴                                                          | ۲۸۰۰             | ۵                                      |

(آ) استفاده از کدام سوخت آلاینده های کمتری ایجاد می کند؟

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

۲- کارخانه قیمت تمام شده یک کالا را با حساب کردن کل هزینه های تولید و با در نظر گرفتن سود آن شرکت مشخص می کند. در این حالت برای حساب کردن قیمت تمام شده، فقط ملاحظات اقتصادی در نظر گرفته شده است؛ اما هر کالایی به اقتصاد کشور هزینه هایی را تحمیل می کند 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 (بسته بندی 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 می کند هرگاه در مجموع، شرکت ها و کارخانه ها، کالاهایی را تولید کنند که قیمت تمام شده تولید کالا برای کشور کاهش یابد، این توسعه سبب رشد واقعی کشور می شود و در دراز مدت سبب حفظ یا کاهش مصرف منابع طبیعی می گردد.

شیمی سبز مجموعه ای از اصول و روش ها با هدف کاهش استفاده و تولید مواد خطرناک در واکنش های شیمیایی است. در واقع، این شاخه از علم شیمی هماهنگ با اهداف سه گانه محیط زیست پایدار، اقتصاد پایدار و جامعه پایدار است.

اقتصاد اتمی یکی از اصول دوازده گانه شیمی سبز است که با توجه به قانون پایستگی جرم، به دنبال کاهش پسماندهای ناشی از واکنش های شیمیایی است؛ پسماندهایی که منجر به افزایش هزینه های اقتصادی و زیست محیطی می شود. برای مثال، ایوبروفن یک داروی ضد درد است که سال ها است در یک فرایند شش مرحله ای و با بازده کمتر از ۴۰ درصد تولید می شود. به تازگی شیمی دانان سبز، روشی سه مرحله ای برای تولید این دارو پیشنهاد داده اند که نه تنها سبب کاهش مصرف مواد اولیه شده، بلکه بازده واکنش را به ۹۹ درصد رسانده است. در این روش، تمام پسماندهای تولید شده یا بازیافت می شوند یا به عنوان فراورده های جانبی سودمند به فروش می رسند. بنابراین، آموزش شیمی سبز می تواند دانش و آگاهی مورد نیاز برای دستیابی به جهانی پایدار را فراهم کند.



با این توصیف:

(آ) توضیح دهید چرا برخی از کشورها برای تولید گاز

هیدروژن سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی می‌کنند؟

(ب) چرا برخی از کشورها در پی تولید پلاستیک‌های

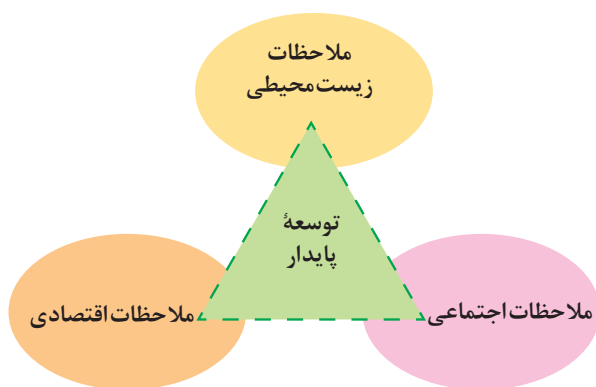
زیست‌تخریب پذیرند در حالی که قیمت تمام شده تولید

پلاستیک‌ها با پایه نفتی در کارخانه کم است؟

(پ) توضیح دهید چرا طراحان و متخصصان در شرکت‌های

بزرگ تولید خودرو و هواپیما، هزینه‌های هنگفتی صرف

می‌کنند تا موتورهای با انتشار کمترین مقدار  $CO_2$  بسازند؟



● توسعه پایدار<sup>۱</sup> یعنی اینکه در

تولید هر فراورده، همه هزینه‌های

اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی

آن در نظر گرفته شود.

## اوزون، دگر شکلی از اکسیژن در هواکره

بررسی‌ها نشان می‌دهد که عنصر اکسیژن به شکل دیگری نیز در هواکره یافت می‌شود

که به اوزون شهرت دارد. اوزون، گازی با مولکول‌های سه اتمی در لایه‌های بالایی هواکره

(استراتوسفر) مانند پوششی کره زمین را احاطه کرده، هر چند که مقدار آن در هواکره ناچیز

است (شکل ۲۱).



● اصطلاح لایه اوزون<sup>۲</sup> به منطقه

مشخصی از استراتوسفر می‌گویند که

بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده

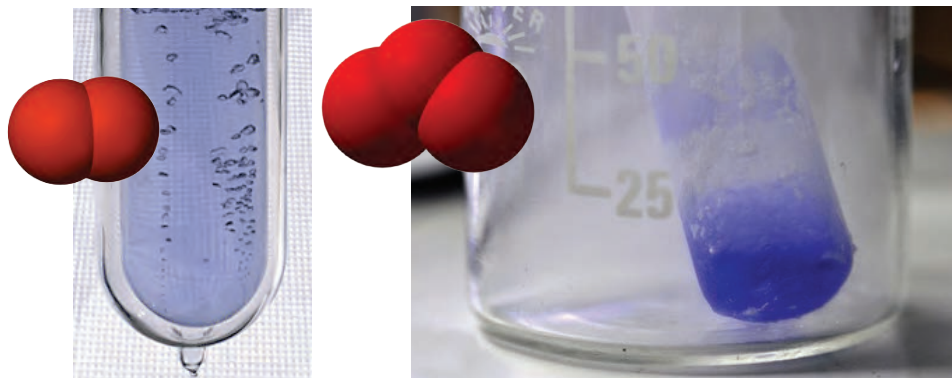
قرار دارد.

شکل ۲۱- مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود تا

موجودات زنده از آثار زیانبار این تابش در امان بمانند.

## خود را بیازمایید

با توجه به دگر شکل های اکسیژن به پرسش های زیر پاسخ دهید:  
 (آ) ساختار لوویس هر یک را رسم کنید.  
 (ب) با توجه به شکل و جدول زیر خواص فیزیکی آنها را مقایسه کنید.



| نام دگر شکل | فرمول شیمیایی  | جرم مولی | نقطه جوش (°C) |
|-------------|----------------|----------|---------------|
| اکسیژن      | O <sub>2</sub> | ۳۲       | -۱۸۳          |
| اوزون       | O <sub>3</sub> | ۴۸       | -۱۱۲          |

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

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

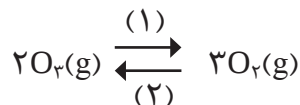
«ساختار هر ماده، تعیین کننده خواص و رفتار آن است.»

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

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

## با هم ببینیم

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



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

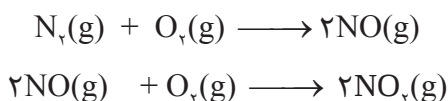
ب) واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن برگشت پذیر است. با این توصیف، واکنش برگشت پذیر<sup>۳</sup> و برگشت ناپذیر<sup>۴</sup> را تعریف و چند مثال از آنها در زندگی بیان کنید.  
پ) با توجه به برگشت پذیری واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن، نقش محافظتی و ثابت ماندن مقدار اوزون را در لایه استراتوسفر توضیح دهید.

## آیا می دانید

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

جالب است بدانید که اوزون در لایه تروپوسفر نیز یافت می شود. از آنجا که اوزون از اکسیژن واکنش پذیرتر است، این ماده، آلاینده ای سمی و خطرناک به شمار می آید به طوری که وجود آن در هوایی که تنفس می کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه ها می شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است. اکنون این پرسش مطرح است که اوزون تروپوسفری از کجا می آید؟

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



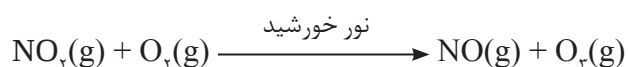
۱\_ Forward Reaction  
۳\_ Reversible Reaction

۲\_ Reverse Reaction  
۴\_ Irreversible Reaction



شکل ۲۲- جایی که رعد و برق ایجاد شده، دما به اندازه‌ای بالاست که اکسیدهای نیتروژن تشکیل می‌شوند.

از سوی دیگر در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. در واقع این گازها از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. از آنجا که گاز نیتروژن دی اکسید به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده کلانشهرها اغلب به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود (شکل ۲۳). در این هوای آلوده و در حضور نور خورشید، واکنش زیر رخ می‌دهد و مقداری گاز اوزون تولید می‌گردد. این اوزون، همان اوزون تروپوسفری است.



شکل ۲۳- نمایی از هوای آلوده شهر تهران

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

## رفتار گازها



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

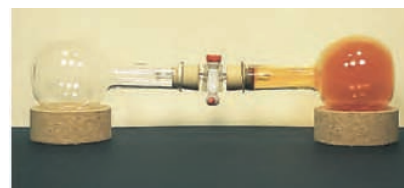
پخش شدن بوی نان تازه، گلاب و دود اسپند در فضای خانه، نشان می‌دهد که مولکول‌های یک ماده گازی در هوا منتشر شده و به یاخته‌های بویایی ما رسیده است. ماده به حالت گاز شکل و حجم معینی ندارد، بلکه به شکل ظرف محتوی آن درمی‌آید و همه فضای ظرف را اشغال می‌کند. از این رو، حجم یک نمونه گاز با حجم ظرف محتوی آن برابر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



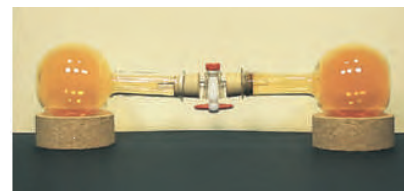
(آ)



(ب)



(پ)



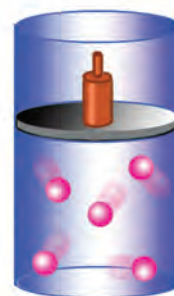
## آیا می‌دانید

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



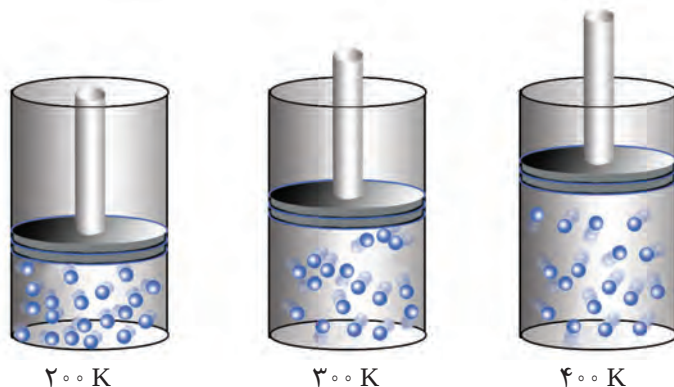
**شکل ۲۴- آ)** شکل و حجم یک ماده جامد به شکل ظرف بستگی ندارد، (ب) مایع‌ها به شکل ظرف محتوی آنها درمی‌آیند و (پ) به محض باز کردن شیر در لوله رابط بین دو ظرف، گاز در هر دو محفظه پخش می‌شود.

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



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

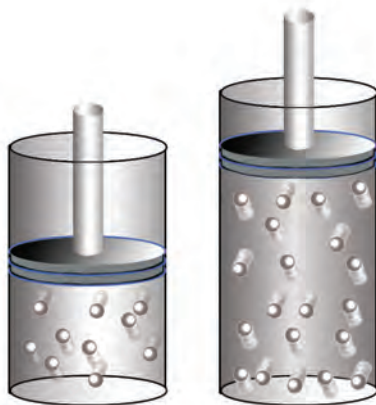
۱- شکل زیر یک نمونه گاز را درون سیلندری با پیستونی متحرک در دماهای گوناگون نشان می‌دهد.



(آ) با افزایش دما، حجم گاز چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

(ب) بین حجم یک نمونه گاز و دمای آن در فشار ثابت چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

۲- شکل زیر دو نمونه از یک گاز را در دما و فشار ثابت نشان می‌دهد. تفاوت حجم این دو را توضیح دهید.



● برای توصیف یک نمونه گاز افزون بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال  $20^\circ\text{C}$  مول گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق مثالی از یک نمونه گاز است.



● قرار دادن بادکنک‌های پر شده از هوا، درون نیتروژن مایع سبب می‌شود که حجم آنها به شدت کاهش یابد (چرا؟).

دریافتید که حجم یک نمونه گاز به مقدار، دما و فشار آن وابسته است. بنابراین، با تغییر هریک از این کمیت‌ها، حجم گاز تغییر می‌کند. برای یافتن رابطه بین حجم و مقدار یک نمونه گاز باید دما و فشار ثابت باشد. براساس قرارداد، شیمی‌دان‌ها دمای صفر درجهٔ سلسیوس و فشار یک اتمسفر را به عنوان **شرایط استاندارد (STP)**<sup>۱</sup> در نظر گرفته‌اند. در جدول ۲، حجم چند نمونه گاز در این شرایط نشان داده شده است.

۱- Standard Temperature and Pressure

جدول ۲- برخی ویژگی‌های چند نمونه گاز در STP

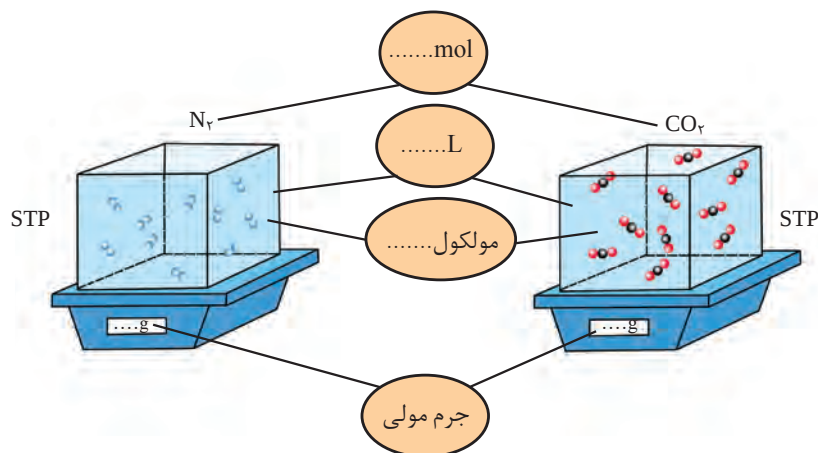
| شماره نمونه   | ۱              | ۲    | ۳               | ۴              | ۵    |
|---------------|----------------|------|-----------------|----------------|------|
| گاز           | H <sub>2</sub> | Ne   | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | He   |
| ظرف محتوی گاز |                |      |                 |                |      |
| مول (mol)     | ۰/۲۵           | ۰/۲۵ | ۰/۵۰            | ۰/۵۰           | ۱/۰  |
| حجم (L)       | ۵/۶            | ۵/۶  | ۱۱/۲            | ۱۱/۲           | ۲۲/۴ |
| جرم (g)       | ۰/۵۰           | ۵/۰  | ۲۲/۰            | ۱۶/۰           | ۴/۰  |

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

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

## خود را بیازمایید

۱- هر ذره را هم‌ارز با ۱/۰ مول در نظر بگیرید و در شکل زیر جاهای خالی را پر کنید.  
( $N = ۱۴/۰۱$ ,  $C = ۱۲/۰۱$ ,  $O = ۱۶/۰۰ \text{ g mol}^{-۱}$ ).



<sup>۱</sup>- Avogadro's Law

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 این‌رو، 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 را طراحی 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» به‌جای 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.

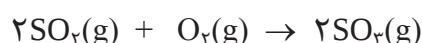
● به هر یک از ضرایب مواد شرکت‌کننده در یک معادله موازنه شده، ضریب استوکیومتری می‌گویند.

۲- هر فرد بالغ به طور میانگین ۱۲ بار در دقیقه نفس می‌کشد و هر بار ۵/۵ لیتر هوا به ریه‌ها 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 هریک 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:

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

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

## نمونه حل شده

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

پاسخ:

$$? \text{ mol O}_2 = 8 \text{ mol SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol SO}_3} = 4 \text{ mol O}_2$$

به بخشی از دانش شیمی که به ارتباط کمی میان مواد شرکت‌کننده (واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) در هر واکنش می‌پردازد، استوکیومتری<sup>۱</sup> واکنش می‌گویند. دانشی که کمک می‌کند تا شیمی‌دان‌ها و مهندسان در آزمایشگاه و صنعت با بهره‌گیری از آن، مشخص کنند که برای تولید مقدار معینی از یک فراورده به چه مقدار از هر واکنش‌دهنده نیاز است.

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

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



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

این مقدار گلوکز به چند مول اکسیژن نیاز است؟

(ب) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند لیتر گاز اکسیژن در STP است؟

**راهنمایی:** برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{22.4 \text{ LO}_2} \quad \text{و} \quad \frac{22.4 \text{ LO}_2}{1 \text{ mol } O_2}$$

(پ) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند گرم اکسیژن است؟

**راهنمایی:** برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \quad \text{و} \quad \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2}$$

(ت) دانش‌آموزی برای یافتن جرم آب تولید شده از اکسایش ۲/۵ مول گلوکز از عامل‌های

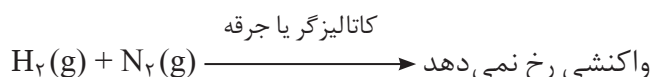
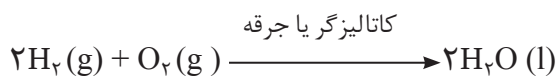
تبدیل در روند زیر استفاده کرده است. هر یک از جاهای خالی را با کمیت مناسب پر کنید.

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

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

## تولید آمونیاک، کاربردی از واکنش گازها در صنعت

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

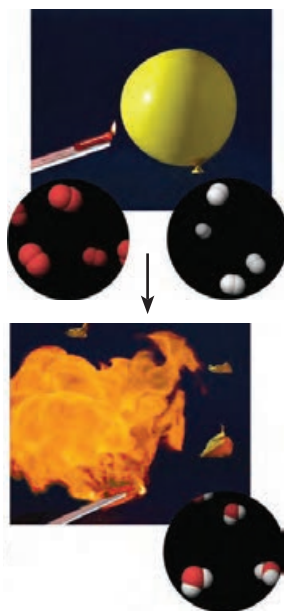


از این رو گاز نیتروژن به جوّ بی‌اثر شهرت یافته و در محیط‌هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد

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

## 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.

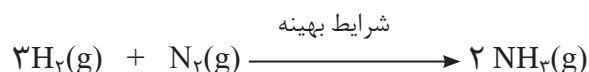


شکل ۲۶- سوختن گاز هیدروژن

## خود را بیازمایید

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

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



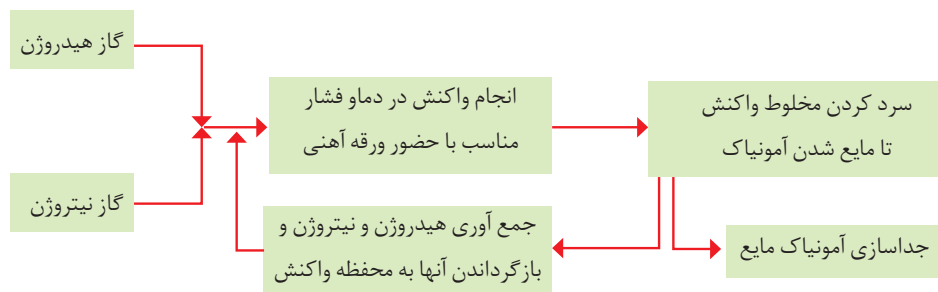
بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود، به‌طوری‌که:

- واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد.

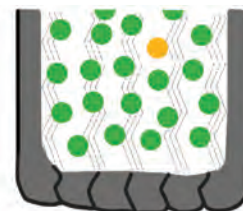
هابر واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن را بارها در دماها و فشارهای گوناگون انجام داد تا بتواند شرایط بهینه آن را پیدا کند. سرانجام دریافت که اگر مخلوط این گازها از روی یک ورقه آهنی (کاتالیزگر) در دما و فشار مناسب عبور داده شود با انجام واکنش، مقدار قابل توجهی آمونیاک تولید می‌شود؛ اما همه واکنش دهنده‌ها به فراورده تبدیل نخواهد شد؛ زیرا این واکنش برگشت‌پذیر است؛ با این توصیف در ظرف واکنش مخلوطی از سه گاز هیدروژن، نیتروژن و آمونیاک وجود دارد. اکنون هابر با مشکل دیگری روبه‌رو بود:

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

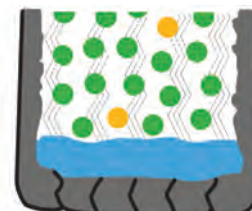
او با بررسی نقطه جوش این مواد، راه حلی را برای جداسازی آمونیاک پیدا کرد. طرح زیر، راه حل هابر را نشان می‌دهد (نمودار ۲).



نمودار ۲- نمای تولید آمونیاک در صنعت به روش هابر



نیتروژن ۹۵%  
اکسیژن ۵%



نیتروژن ۷۸%  
اکسیژن ۲۱%  
آب

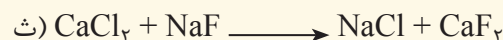
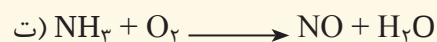
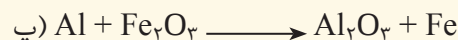
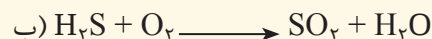
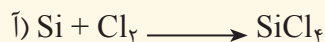


- در درس علوم دیدید که کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار را به خاک می‌افزایند. یکی از این کودها، آمونیاک است که به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌شود.

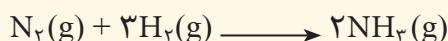
| ماده   | نقطه جوش (°C) |
|--------|---------------|
| $H_2$  | -۲۵۳          |
| $N_2$  | -۱۹۶          |
| $NH_3$ | -۳۳           |

## تمرین‌های دوره‌ای

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

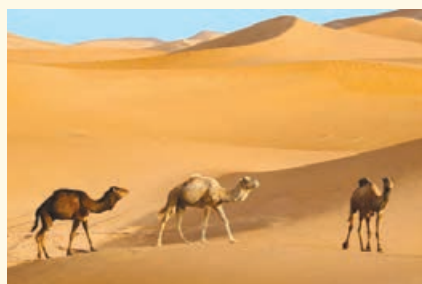


۲- معادله موازنه شده واکنش تولید آمونیاک به صورت زیر است:

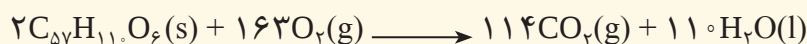


آ) برای تهیه ۴۲/۵ کیلوگرم آمونیاک به چند مول گاز هیدروژن نیاز است؟

ب) برای تولید ۳۳۶۰ لیتر آمونیاک در STP به چند گرم گاز هیدروژن و چند گرم گاز نیتروژن نیاز است؟



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



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

۴- آ) جدول زیر را کامل کنید.

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

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

۵- گاز شهری به طور عمده از متان تشکیل شده و در محیطی که اکسیژن کم است به صورت ناقص می سوزد و بخار آب، کربن مونوکسید، نور و گرما تولید می کند.

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

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

۶- در برخی کشورها از اتانول ( $C_2H_5OH$ ) به عنوان سوخت سبز به جای سوخت های فسیلی استفاده می شود.

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

ب) استفاده از اتانول به جای سوخت های فسیلی چه اثری بر میزان آلاینده هایی دارد که به هوا کره وارد می شود؟ توضیح دهید.

۷- جدول زیر داده هایی را درباره خودروهای یک کشور توسعه یافته نشان می دهد.

| برچسب<br>آلاینده گی خودرو | گستره انتشار گاز کربن دی اکسید (گرم)<br>به ازای طی یک کیلومتر |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------|
| A                         | کمتر از ۱۲۰                                                   |
| B                         | ۱۲۰-۱۴۰                                                       |
| C                         | ۱۴۰-۱۵۵                                                       |
| D                         | ۱۵۵-۱۷۰                                                       |
| E                         | ۱۷۰-۱۹۰                                                       |
| F                         | ۱۹۰-۲۲۵                                                       |
| G                         | بیشتر از ۲۲۵                                                  |

آ) نوعی خودرو در این کشور به ازای طی یک کیلومتر، ۱۰۵ گرم گاز کربن دی اکسید منتشر می کند. برچسب این خودرو را تعیین کنید.

ب) هر خودرو به طور میانگین سالانه مسافتی حدود ۱۸۰۰۰ کیلومتر طی می کند. حساب کنید سالانه چند کیلوگرم گاز کربن دی اکسید بر اثر استفاده از هر خودرو وارد هوا کره می شود؟

پ) فرض کنید این کشور در راستای توسعه پایدار سالانه دو نوع مالیات از مالکان خودرو دریافت می کند. مالیات سالانه برابر با ۱۰۰ یورو و مالیات متغیر که به میزان گاز کربن دی اکسید 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 می پردازد؟ (راهنمایی: هر خودرو به ازای تولید هر صد کیلوگرم  $CO_2$  اضافی دو یورو مالیات متغیر می پردازد.)

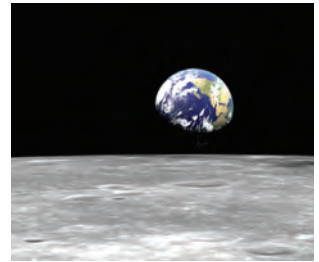


● ● ● «أَفَرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ» آیه ۶۸، سورۀ واقعه ● ● ●

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 مروارید 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 هزار سنگ و سنگریزه بی هیچ منّتی 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.



شکل ۱- تصویر کره زمین که از سطح کره ماه گرفته شده است.

## آیا می دانید

جرم زمین در حدود  $6 \times 10^{21}$  تن است، در حالی که جرم آب روی سطح زمین در حدود  $\frac{1}{4000}$  برابر جرم زمین است.

## آیا می دانید

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



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 های 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 بیش از ۲ کیلومتر می پوشاند. 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 هواکره، آب کره، سنگ کره و زیست کره است (شکل ۲).



شکل ۲- زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش های گوناگون آن با یکدیگر برهم کنش های فیزیکی و شیمیایی دارند.

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 هواکره می‌شود و به‌صورت بارش در آب کره یا سنگ کره فرود می‌آید. جانداران آبی سالانه میلیاردها تن کربن دی‌اکسید را وارد هواکره و مقدار بسیار زیادی از گاز اکسیژن محلول در آب را مصرف می‌کنند. فعالیت‌های آتشفشانی سبب می‌شود گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد به صورت گرد و غبار وارد هواکره شوند. لاشه جانوران و گیاهان بر اثر واکنش‌های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول‌های کوچک‌تری وارد آب کره، هواکره یا سنگ کره می‌شوند. همچنین جانداران سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیب‌های کربن‌دار را وارد بخش‌های گوناگون کره زمین می‌کنند.

## 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 بهره‌برد.

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                           | $\text{Cl}^-$ | $\text{Na}^+$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{K}^+$ | $\text{CO}_3^{2-}$ | $\text{Br}^-$ |
| میلی گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا | ۱۹۰۰۰         | ۱۰۵۰۰         | ۲۶۵۵               | ۱۳۵۰             | ۴۰۰              | ۳۸۰          | ۱۴۰                | ۶۵            |

(آ) کاتیون عنصرهای کدام گروه‌های جدول دوره‌ای در آب دریا وجود دارند؟

(ب) مقدار کدام آنیون در آب دریا از دیگر آنیون‌ها بیشتر است؟

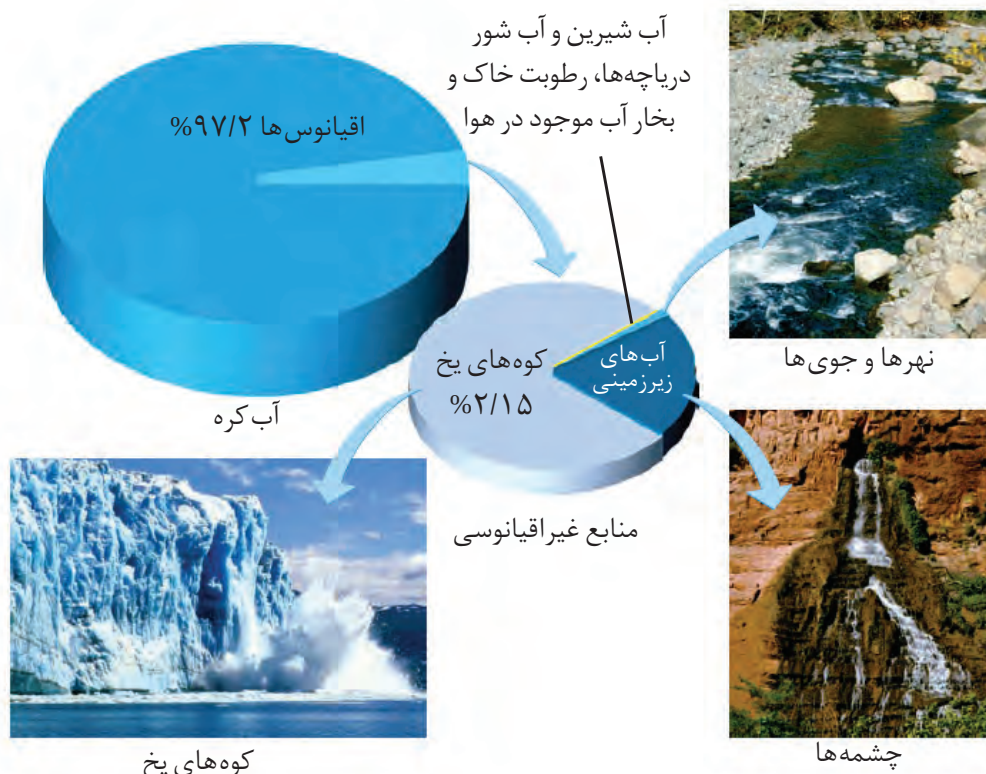
(پ) مقدار کدام کاتیون در آب دریا از دیگر کاتیون‌ها بیشتر است؟

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- اگرچه 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 صفحه بعد دلیل کمبود آب برای مردم جهان را توضیح دهید.

## آیا می دانید

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



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

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، آبزیان 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 یابد؟ 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 کره زمین جلوگیری نمایند.



● آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است، زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همه مواد حل شده در آب از آن جدا می‌شود. این فرایند، الگویی برای تهیه آب خالص است. فرایندی که تقطیر<sup>۱</sup> و فراورده آن آب مقطر نام دارد.

## همراهان ناپیدای آب



شکل ۳- دو نمونه از آب‌های شیرین

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 می‌گذرند 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؟

## کاوش کنید

درباره «وجود برخی یون‌های موجود در آب» کاوش کنید.

**ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز:** چند لوله آزمایش، قطره چکان، قاشقک، آب مقطر، نقره

نیتрат، 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.

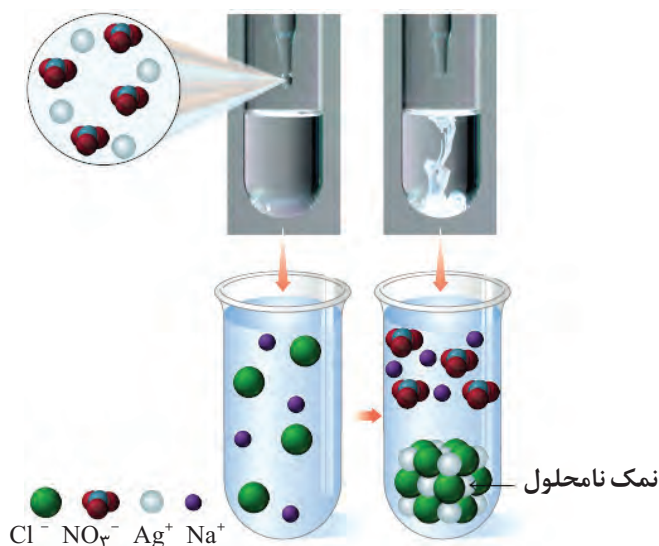
**ب)** لوله آزمایش دیگری بردارید و تا یک سوم حجم آن آب مقطر بریزید. سپس با استفاده از قاشقک چند بلور نقره نیترات به آن بیفزایید. لوله آزمایش را تکان دهید. مشاهده خود را بنویسید.

**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.



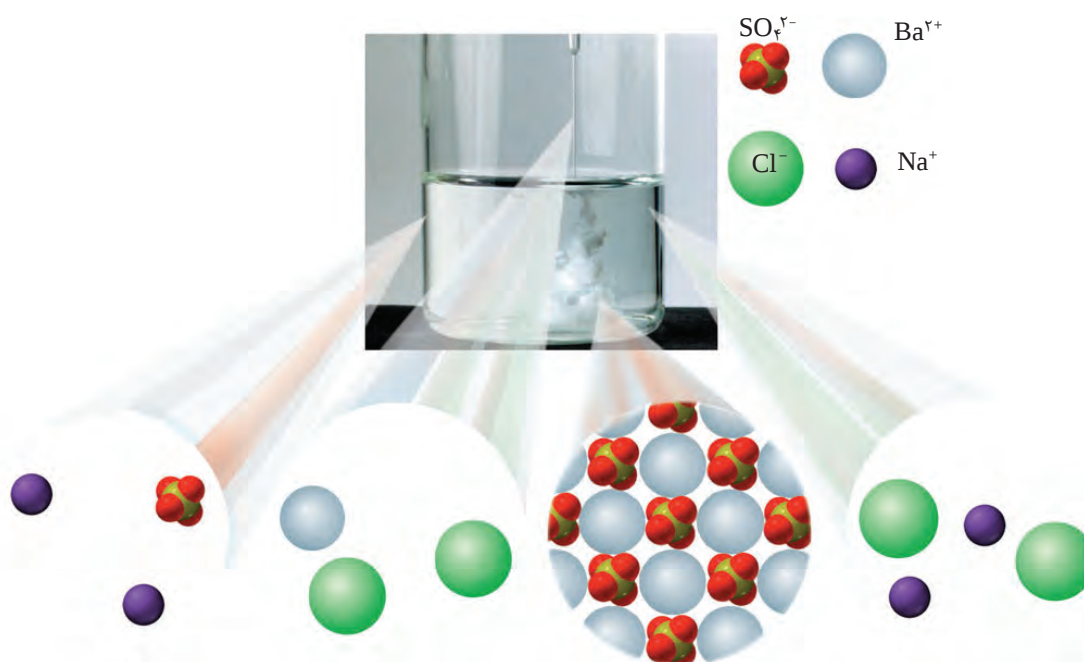
**آزمایش ۲-آ)** آزمایش ۱ را با سدیم فسفات ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) و کلسیم کلرید تکرار کنید. مشاهده خود را بنویسید.

ب) هرگاه 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-دانش آموزی** 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.

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

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

● 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.

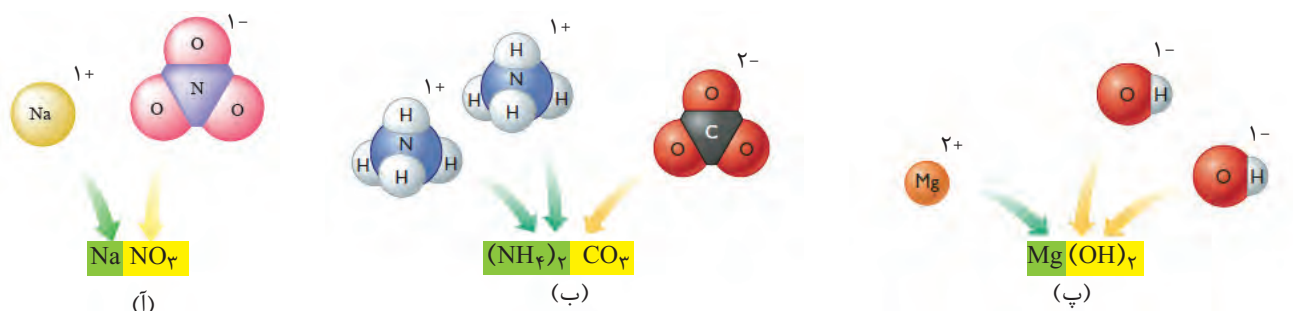
● یونی که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده است، یون چنداتمی نام دارد.

برخی از یون‌های موجود در آب آشامیدنی، مانند  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{F}^-$  تک‌اتمی هستند، در حالی که برخی دیگر مانند یون نیترات ( $\text{NO}_3^-$ ) و یون سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) از چند اتم تشکیل شده‌اند. این یون‌ها را **یون‌های چند اتمی**<sup>۱</sup> می‌نامند. پتاسیم سولفات، ترکیبی یونی است که هر واحد آن شامل دو یون تک‌اتمی پتاسیم و یک یون چند اتمی سولفات است (شکل ۵).



**شکل ۵-** یون‌های سازنده پتاسیم سولفات و فرمول شیمیایی آن (توجه کنید در یون چند اتمی  $\text{SO}_4^{2-}$ ، 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، بر این اساس شمار کاتیون‌ها و آنیون‌ها را مشخص می‌کنند و به‌صورت زیروند در سمت راست هر یون قرار می‌دهند (شکل ۶).



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

## خود را بیازمایید

۱- جدول زیر را کامل کنید.

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

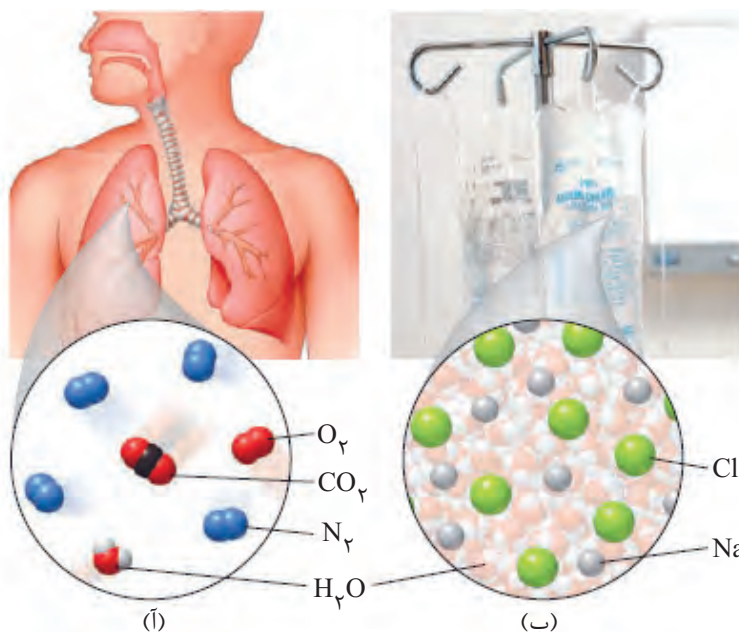
(آ) از انحلال هر واحد آمونیوم سولفات در آب، چند یون تولید می شود؟ توضیح دهید.

(ب) ساختار لوویس یون های آمونیوم و سولفات را رسم کنید.

● همه ساله خانه خدا را با گلاب ناب کاشان شست و شو می دهند.

## محلول و مقدار حل شونده ها

محلول<sup>۱</sup>، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده بوده که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است. محلول ها کاربردهای فراوانی در زندگی ما دارند (شکل ۷).



(پ)



(ت)

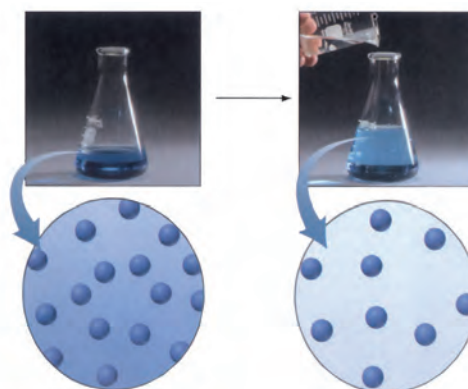
شکل ۷- برخی محلول ها و کاربرد آنها. (آ) هوای پاک که تنفس می کنیم، محلولی از گازهاست، (ب) سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب است، (پ) ضد یخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است و (ت) گلاب مخلوطی همگن از چند ماده آلی در آب است.

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

برخی محلول ها مانند سرم فیزیولوژی رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه غلیظ هستند. 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 می دهد 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 ذره های حل شونده در واحد حجم بیشتر است.



شکل ۸- نمای ذره ای از محلول آبی رقیق و غلیظ مس (II) سولفات

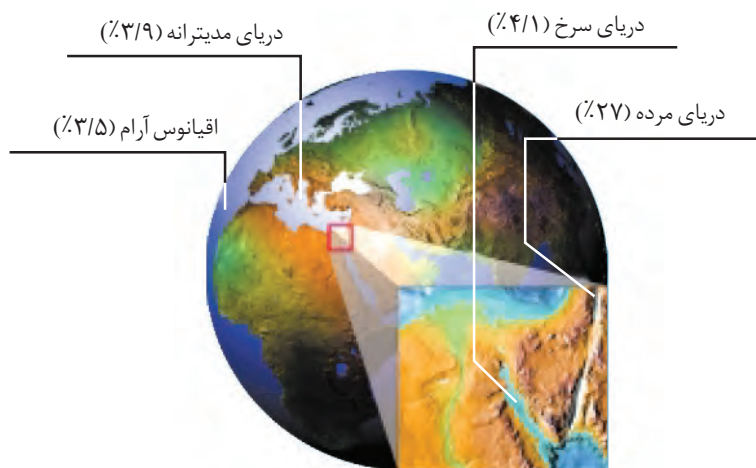
## آیا می دانید

دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور دنیا است که در هر کیلوگرم از آب آن، بیش از  $20^{\circ}$  گرم از انواع حل شونده ها وجود دارد. چگالی آب دریاچه ارومیه در زمان پر آبی  $1/148$  گرم بر سانتی متر مکعب و با  $pH=7/5$  گزارش شده است.

کاتیون های موجود در آب این دریاچه به طور عمده شامل  $Na^{+}$ ،  $K^{+}$ ،  $Ca^{2+}$ ،  $Li^{+}$  و  $Mg^{2+}$  و آنیون های موجود در آن به طور عمده شامل  $Cl^{-}$ ،  $SO_4^{2-}$  و  $HCO_3^{-}$  است. مقدار  $Na^{+}$  و  $Cl^{-}$  در آب دریاچه ارومیه حدود چهار برابر آب دریاهای آزاد است. به همین علت آن را می توان منبعی غنی برای تولید نمک خوراکی دانست. پژوهش ها نشان می دهد که متأسفانه این حوزه آبی دچار خشکی شده است و اگر این روند ادامه یابد، خسارت های جبران ناپذیر و رد پای سنگینی بر زیست بوم منطقه برجای خواهد گذاشت.



مقدار نمک های حل شده در آب دریاهای گوناگون نیز با هم تفاوت دارد (شکل ۱). برای نمونه در هر  $10^{\circ}$  گرم از آب دریای مرده (بحرالمیت)، حدود  $27$  گرم حل شونده (انواع نمک ها) وجود دارد؛ از این رو آب این دریا محلول غلیظی است که انسان می تواند به راحتی روی آن شناور بماند. دریاچه ارومیه نیز یکی از دریاچه های شور دنیا است که مقدار نمک های 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 می آید.



شکل ۱- مقدار نمک های حل شده در آب دریاهای گوناگون

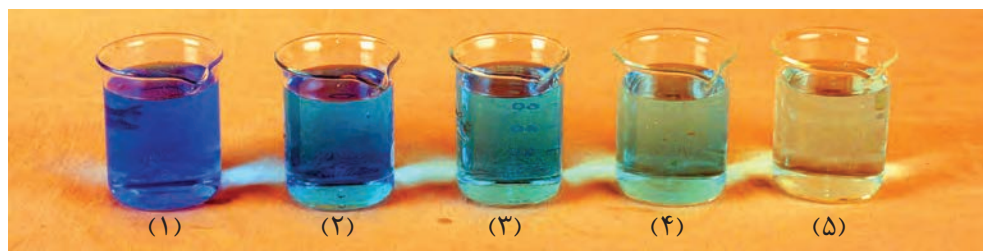
در درس علوم آموختید که هر محلول از دو جزء، **حلال**<sup>۱</sup> و **حل شونده**<sup>۲</sup> تشکیل شده است. در واقع، حلال جزئی از محلول است که حل شونده را در خود حل می کند و شمار مول های آن بیشتر است. خواص محلول ها به خواص حلال، حل شونده و مقدار هر یک از آنها بستگی دارد. بنابراین دانستن اینکه چه مقدار حل شونده در یک محلول وجود دارد، می تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

شیمی دان ها **غلظت** یک محلول را مقدار حل شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می کنند. آنها در آزمایشگاه با محلول های گوناگونی سرو کار دارند که مقدار حل شونده در آنها در گستره ای از مقدار بسیار کم تا مقدار بسیار زیاد متغیر است. از این رو غلظت محلول ها را به روش های گوناگون بیان می کنند. در اینجا سه مورد از انواع غلظت محلول ها بررسی می شود.

## قسمت در میلیون

هر گاه  $5/$  گرم مس (II) سولفات را در  $99/5$  گرم آب حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به دست می آید. حال اگر این محلول را با افزودن آب، چندین مرتبه رقیق تر کنیم، محلولی

بسیار کم رنگ پدید می‌آید که گویی رنگ ندارد. ظاهر بی‌رنگ آن نشان می‌دهد که محلول بسیار رقیق بوده و مقدار حل‌شونده در آن بسیار کم است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- در هر ۱۰۰ گرم محلول شماره ۵، حدود ۰/۰۰۰۰۵ 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:

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

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

## آیا می‌دانید

سازمان بهداشت جهانی مقدار مجاز یون فلوئورید را در آب آشامیدنی ۰/۷-۱/۲۲ ppm اعلام کرده است. اگر مقدار یون فلوئورید از این گستره کمتر باشد، کارایی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر، مصرف بیش از اندازه یون  $F^-$  باعث ایجاد خال یا لکه‌هایی به رنگ سفید مات بر سطح مینای دندان می‌شود. با ادامه مصرف یون فلوئورید، لکه‌ها قهوه‌ای شده، به تدریج فرو رفتگی ایجاد می‌شود.

## نمونه حل شده

در یک نمونه آب آشامیدنی به جرم ۲۰۰ گرم، ۰/۵ میلی‌گرم یون فلوئورید وجود دارد. غلظت یون  $F^-$  در این نمونه چند ppm است؟

## پاسخ:

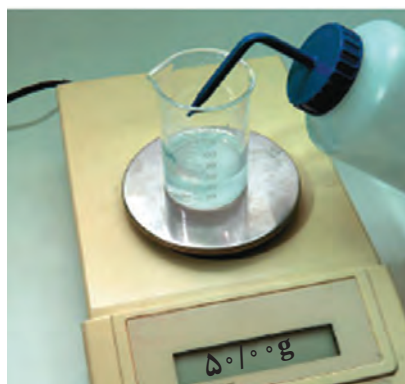
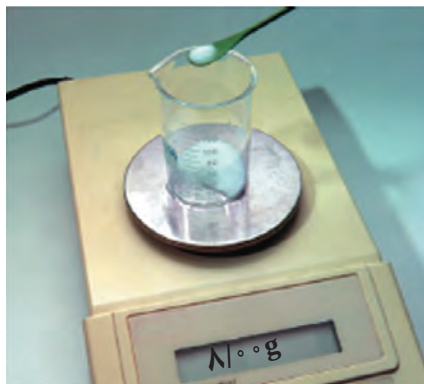
$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{5 \times 10^{-5} \text{ g}}{200 \text{ g}} \times 10^6 = 0/25 \text{ ppm}$$

## در میان تارنماها

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

## با هم بیندیشیم

مربی آزمایشگاه پس از قرار دادن بشر روی ترازو، جرم آن را روی صفر تنظیم کرده و 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.



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.

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

## 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.

## خود را بیازمایید

۱- جدول زیر غلظت برخی یون ها را در یک نمونه از آب دریا نشان می دهد، آن را کامل کنید.

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



۲۹ g

۱۰۸ g

- ۲- جرم کل آب‌های زمین در حدود  $10^{18} \times 1/5$  تن است. اگر مقدار نمک‌های حل شده در این آب‌ها برابر با  $3/5$  درصد باشد، حساب کنید چند تن از انواع نمک در آنها وجود دارد؟
- ۳- با توجه به شکل، درصد جرمی قند موجود در هریک از نوشابه‌های گازدار را تعیین کنید.

## پیوند با صنعت

دریا یکی از نعمت‌های خدادادی است که منبعی سرشار از مواد شیمیایی است. در آب دریا در حدود  $10^{16} \times 5$  تن از انواع مواد گوناگون وجود دارد (شکل ۱۲).



**شکل ۱۲-** گرمای شدید، سبب تبخیر آب دریاچه‌ها و دریاها شده، در نتیجه بلورهای جامد زیبایی تشکیل می‌شود. بلورهایی که شامل انواع نمک‌ها هستند.

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).

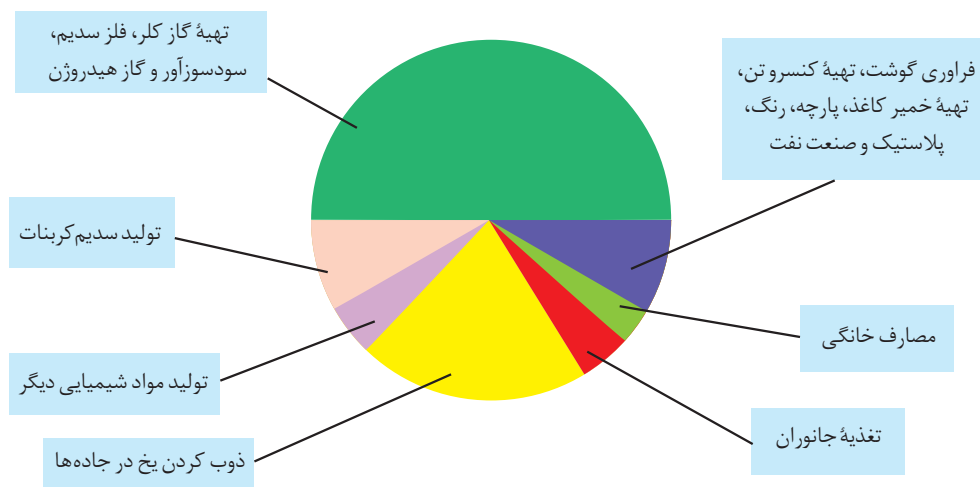


● جداسازی حل‌شونده از محلول به شکل بلورهای جامد را تبلور می‌نامند.



**شکل ۱۳-** استخراج و جداسازی سدیم کلرید به روش تبلور

نمک خوراکی در زندگی روزانه و صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارد (نمودار ۱).



نمودار ۱- کاربردهای NaCl

فلز منیزیم ماده ارزشمند دیگری است که در تهیه آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد. یکی از منابع تهیه این فلز آب دریا است. منیزیم در آب دریا به شکل  $Mg^{2+}(aq)$  وجود دارد. برای استخراج و جداسازی آن، در مرحله 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 مذاب را به عنصرهای سازنده آن تجزیه می‌کنند.



## 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 شود 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؟).

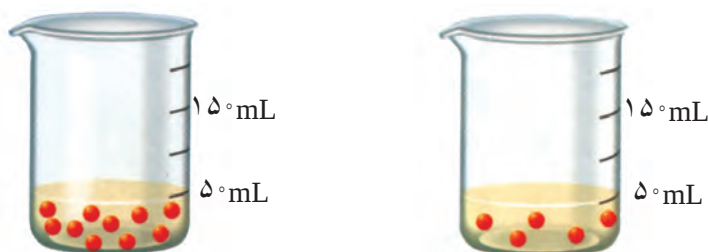
از سوی دیگر شیمی‌دان‌ها مقدار ماده را برحسب مول بیان می‌کنند در واقع مبنای محاسبه‌های کمی در شیمی، مول است. اینک چنین به نظر می‌رسد بیان غلظتی از محلول پرکاربردتر خواهد بود که با مول‌های ماده حل‌شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد. چنین غلظتی را **غلظت مولی<sup>۱</sup> (مولار)** می‌نامند.

● 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،  $1 \text{ mol}$  سدیم هیدروکسید حل شده است. از این رو در  $1^\circ \text{L}$  لیتر از این محلول،  $1^\circ \text{mol}$  سدیم هیدروکسید از آن،  $1^\circ \text{mol}$  سدیم هیدروکسید حل شده وجود دارد.

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  $1^\circ \text{mol}$  باشد، نسبت مول‌های حل‌شونده

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

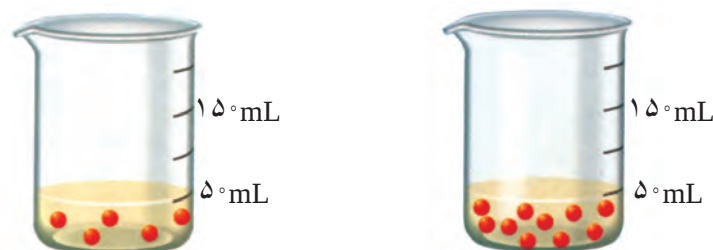
(ت) کمیت به دست آمده در قسمت «پ»، غلظت مولی نام دارد. آن را در یک سطر تعریف و

یکای آن را مشخص کنید.

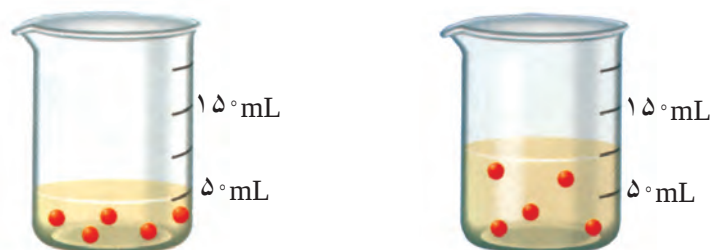
(ث) براساس غلظت مولی محاسبه‌شده، کدام محلول رقیق‌تر است؟ چرا؟

۲- با توجه به شکل، هریک از جمله‌های زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست کامل کنید.

(آ) با افزودن مقداری  $\frac{\text{حلال}}{\text{حل‌شونده}}$  به یک محلول در حجم ثابت، غلظت محلول  $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$  می‌یابد.



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



● دستگاه اندازه‌گیری قند خون (گلوکومتر). این دستگاه میلی‌گرم گلوکز را در هر 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:**

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

$$0/2 \text{ mol L}^{-1} = \frac{n(\text{KI})}{0/25 \text{ L}} \longrightarrow n = 0/2 \text{ mol L}^{-1} \times 0/25 \text{ L} = 0/05 \text{ mol}$$

**روش دوم:** محلول ۰/۲ مولار پتاسیم یدید نشان می دهد که در هر لیتر از محلول آن ۰/۲ مول KI حل شده است که از آن می توان به عامل تبدیل  $\frac{0/2 \text{ mol KI}}{1 \text{ L KI(aq)}}$  دست یافت.

$$? \text{ mol KI} = 0/25 \text{ L KI(aq)} \times \frac{0/2 \text{ mol KI}}{1 \text{ L KI(aq)}} = 0/05 \text{ mol KI}$$

## آیا نمک ها به یک اندازه در آب حل می شوند؟

آمارها نشان می دهند که نزدیک به ۳ درصد از جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند. این بیماری افزون بر زمینه ژن شناختی می تواند به دلیل تغذیه نامناسب، کم تحرکی، 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 نمک ها در آب و تشکیل سنگ کلیه رابطه ای وجود دارد؟ برای پاسخ به این پرسش، دانستن و درک مفهوم انحلال پذیری ضروری است.

شیمی دان ها بیشترین مقدار از یک حل شونده را که در ۱۰۰ گرم حلال و دمای معین حل می شود، **انحلال پذیری** آن ماده می نامند. در این عبارت، واژه «بیشترین» نشان دهنده رسیدن محلول به حالت سیر شده است، محلولی که نمی تواند حل شونده بیشتری را در خود حل کند. جدول ۱، انحلال پذیری برخی مواد را در آب و ۲۵°C نشان می دهد.

جدول ۱- انحلال پذیری برخی مواد در آب (۲۵°C)

| نام حل شونده | فرمول شیمیایی                                   | انحلال پذیری ( گرم حل شونده / ۱۰۰ g H <sub>2</sub> O ) |
|--------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| شکر          | C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> | ۲۰۵                                                    |
| سدیم نیترات  | NaNO <sub>3</sub>                               | ۹۲                                                     |
| سدیم کلرید   | NaCl                                            | ۳۶                                                     |
| کلسیم سولفات | CaSO <sub>4</sub>                               | ۰/۲۳                                                   |
| کلسیم فسفات  | Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | ۵×۱۰ <sup>-۴</sup>                                     |
| نقره کلرید   | AgCl                                            | ۲/۱×۱۰ <sup>-۴</sup>                                   |
| باریم سولفات | BaSO <sub>4</sub>                               | ۱/۹×۱۰ <sup>-۴</sup>                                   |

## آیا می دانید

بیماری نقرس به دلیل رسوب کردن نمک متبلور سدیم اورات در مفاصل به ویژه انگشتان دست ها و پاهاست. این نمک دارای بلورهای تیز و سوزنی شکل است که باعث ایجاد درد شدیدی در این مفاصل می شود. این عیوب هنگامی پدید می آید که مقدار این نمک از انحلال پذیری آن در  $37^{\circ}\text{C}$  و در خونابه (پلاسمای خون) بیشتر باشد.



## آیا می دانید

در برخی نقاط جهان چشمه های آب گرم برای رسیدن به سطح زمین با عبور از میان سنگ های آهکی مقداری از این سنگ ها را در خود حل می کند. آب این چشمه ها با رسیدن به سطح زمین و کاهش دمای آن، چشم اندازهای زیبایی پدید می آورند، زیرا انحلال پذیری  $\text{CaCO}_3$  در آب و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  در حدود  $10^{-4} \times 7$  گرم است و هر مقدار بیشتر از آن به صورت جامد از محلول سیر شده جدا می شود.



جدول ۱، نشان می دهد که در  $25^{\circ}\text{C}$  در  $100\text{g}$  آب، هر مقدار کمتری از  $36\text{g}$  سدیم کلرید می تواند در آب حل شود، اما یک محلول سیر نشده پدید می آید. در حالی که در این دما، حداکثر  $36\text{g}$  سدیم کلرید می تواند 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 شده ای از کلسیم سولفات باید  $23\text{g}/100\text{g}$  از آن را در  $100\text{g}$  آب حل نمود.

## خود را بیازمایید

۱- اگر  $19\text{g}$  سدیم نیترات را در  $25^{\circ}\text{C}$  درون  $200\text{g}$  آب بریزیم، پس از تشکیل محلول سیر شده:

(آ) چند گرم محلول به دست می آید؟

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

۲- اغلب سنگ های کلیه از رسوب کردن برخی نمک های کلسیم دار در کلیه ها تشکیل

می شوند، با این توصیف:

(آ) مقدار این نمک ها در ادرار افراد سالم از انحلال پذیری آنها کمتر است یا بیشتر؟ چرا؟

(ب) در افرادی که به تشکیل سنگ کلیه مبتلا می شوند، مقدار این نمک ها در ادرار از

انحلال پذیری آنها کمتر است یا بیشتر؟ چرا؟

۳- شیمی دان ها مواد حل شونده جامد را براساس انحلال پذیری در آب و دمای اتاق به

صورت زیر دسته بندی می کنند:

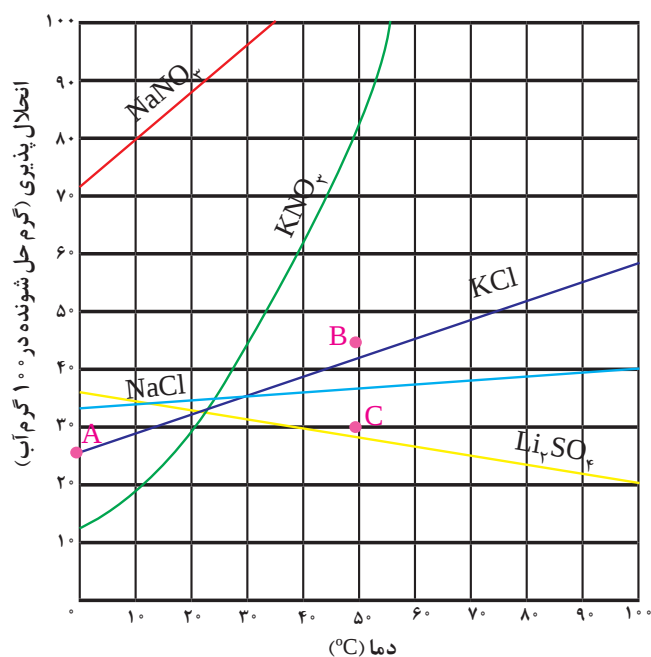


هر یک از ترکیب های جدول ۱ را در این دسته بندی جای دهید.

دریافتید که انحلال پذیری نمک ها به نوع آنها و دما بستگی دارد اما تأثیر دما بر میزان

انحلال پذیری آنها یکسان نیست به طوری که انحلال پذیری برخی نمک ها با افزایش دما،

افزایش یافته و برخی دیگر کاهش می یابد (نمودار ۲).



نمودار ۲- انحلال پذیری برخی ترکیب‌های یونی در آب بر حسب دما

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

### با هم بیندیشیم

با توجه به نمودار ۲، 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) هریک از نقطه‌های B و C نسبت به منحنی انحلال‌پذیری KCl نشان‌دهنده چه نوع محلولی است؟ توضیح دهید.

پ) هنگامی که  $133\text{g}$  محلول سیرشده لیتیم سولفات را از دمای  $2^{\circ}\text{C}$  تا دمای  $7^{\circ}\text{C}$  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 |
|------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| $S(\frac{\text{g NaNO}_3}{100\text{g H}_2\text{O}})$ | ۷۲ | ۸۰ | ۸۸ | ۹۶ |

او توانست با استفاده از داده های 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، معادله ای برای انحلال پذیری پتاسیم کلرید بر حسب دما به دست آورید.

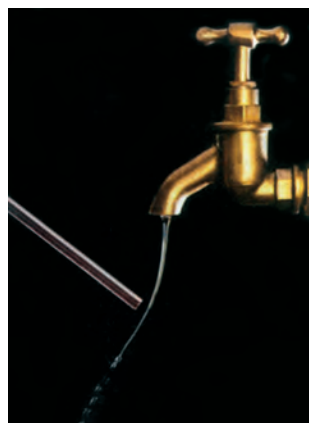
| $\theta(^{\circ}\text{C})$                        | ۰  | ۲۰ | ۴۰ | ۶۰ |
|---------------------------------------------------|----|----|----|----|
| $S(\frac{\text{g KCl}}{100\text{g H}_2\text{O}})$ | ۲۷ | ۳۳ | ۳۹ | ۴۶ |

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 مولکول ها در میدان الکتریکی

آب تنها ماده ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می شود. وجود و تبدیل این حالت ها به یکدیگر زندگی را در سیاره آبی ممکن و دلپذیر ساخته است. آب ویژگی های گوناگون و شگفت انگیزی 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 ویژگی ها چیست و چه اثری بر زندگی موجودات زنده دارد؟ برای پاسخ به این پرسش ها، بررسی ساختار مولکولی آب ضروری به نظر می رسد.

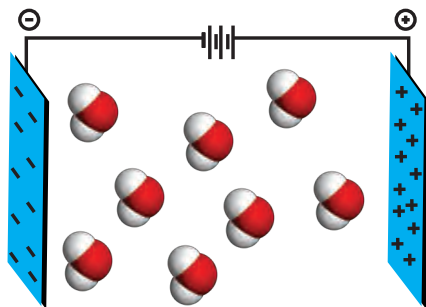
در درس علوم با آزمایش انحراف باریکه آب به وسیله شانه یا میله شیشه ای مالش داده شده به موهای خشک آشنا شدید (شکل ۱۴)؛ آزمایشی که در آن باریکه آب از راستای طبیعی خود منحرف می شود. آیا دلیل این انحراف را به یاد دارید؟ میله شیشه ای از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، اما بر اثر مالش به موی خشک، دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد. در این شرایط مولکول های آب به سوی آن جذب می شوند (چرا؟).



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

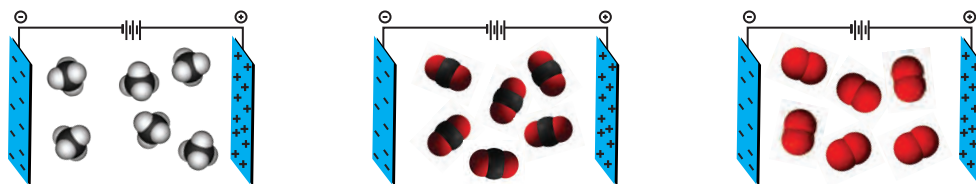
این رفتار مولکول‌های آب از ویژگی‌های ساختاری آن سرچشمه می‌گیرد. شکل مولکول آب خمیده (V شکل) بوده و در آن هر اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی یگانه به اتم مرکزی (اکسیژن) متصل است.

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 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. شیمی دان‌ها به مولکول‌هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، **مولکول‌های دوقطبی یا قطبی**<sup>۱</sup> می‌گویند. این درحالی 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.

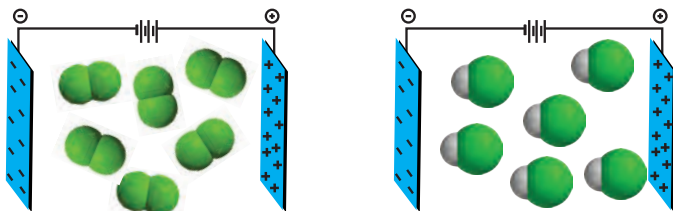


شکل ۱۶- رفتار مولکول‌های  $O_2$ ،  $CO_2$  و  $CH_4$  در میدان الکتریکی

## با هم بیندیشیم

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 نقطه 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) جمله زیر را با خط زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.  
 در مواد مولکولی با جرم مولی  $\frac{\text{مشابه}}{\text{متفاوت}}$ ، ماده با مولکول‌های  $\frac{\text{قطبی}}{\text{ناقطبی}}$ ، نقطه 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 می‌کند؟ 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.

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

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

## نیروهای بین مولکولی آب، فراتر از انتظار

● به برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های سازنده یک ماده، نیروهای بین مولکولی<sup>۱</sup> 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.

نیروهای بین مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند. گازها، دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم‌کنش‌ها هستند. اما برهم‌کنش مولکول‌ها در مایع‌ها 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. البته باید توجه داشت که 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.

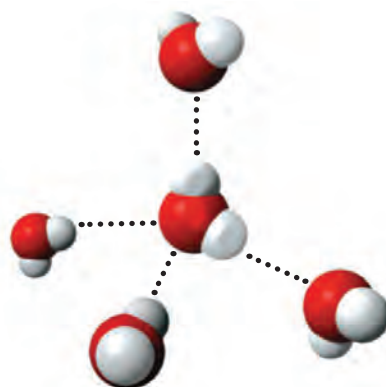
جدول ۲- مقایسه برخی ویژگی‌های آب با هیدروژن سولفید (فشار = ۱ atm)

| 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                           |

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**<sup>۱</sup> است؛ کمیتی تجربی 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  $1/85\text{D}$  و  $0.97\text{D}$  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).

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



شکل ۱۷- پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$

● به جز پیوندهای هیدروژنی، به نیروهای جاذبه بین مولکولی، **نیروهای وان دروالس**<sup>۲</sup> می‌گویند.

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**<sup>۱</sup> نامیده می‌شود.

آیا تنها میان مولکول‌های  $H_2O$  پیوند هیدروژنی وجود دارد؟ یا اینکه مولکول‌های دیگر نیز می‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند؟

## 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.

## با هم ببیندیشیم

۱- دو جدول زیر برخی خواص ترکیب‌های هیدروژن دار عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۷ جدول دوره‌ای را نشان می‌دهند.

| ترکیب مولکولی | جرم مولی ( $gmol^{-1}$ ) | نقطه جوش ( $^{\circ}C$ ) | ترکیب مولکولی | جرم مولی ( $gmol^{-1}$ ) | نقطه جوش ( $^{\circ}C$ ) |
|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| HF            | ۲۰                       | ۱۹                       | $NH_3$        | ۱۷                       | -۳۳/۵                    |
| HCl           | ۳۶/۵                     | -۸۵                      | $PH_3$        | ۳۴                       | -۸۷/۵                    |
| HBr           | ۸۱                       | -۶۷                      | $AsH_3$       | ۷۸                       | -۶۲/۵                    |

## آیا می‌دانید

ابوبکر محمدبن زکریای رازی (۳۰۹ - ۲۴۳ هجری شمسی) شیمی‌دان، ریاضی‌دان، فیلسوف، ستاره‌شناس و پزشک ایرانی است. 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.

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 خط زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

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

هیدروژن به یکی از اتم‌های  $\frac{F \text{ و } Cl, Br}{F \text{ و } N, O}$  با پیوند اشتراکی متصل است.

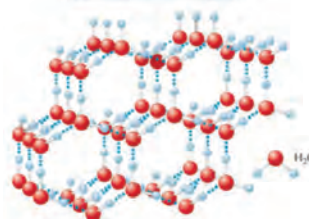
۲- اتانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن دار هستند که به عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌روند. به کمک داده‌های جدول زیر پیش‌بینی کنید هریک از نقطه جوش‌های  $56^{\circ}C$  و  $78^{\circ}C$  مربوط به کدام ترکیب است؟ چرا؟

| ترکیب آلی | فرمول شیمیایی   | جرم مولی ( $gmol^{-1}$ ) |
|-----------|-----------------|--------------------------|
| اتانول    | $C_2H_5OH$      | ۴۶                       |
| استون     | $CH_3C(=O)CH_3$ | ۵۸                       |



## آیا می دانید

ابرها را می توان مخلوط بسیار رقیقی از بخار آب و آب مایع در نظر گرفت. آب موجود در ابرها به طور عمده به صورت ریزقطره هاست. برآورد می شود که حدود  $15/000/000$  ریزقطره در شرایط مناسب می توانند یک قطره باران را بسازند؛ با این توصیف چگالی ابرها بسیار کم است و هواپیماها به آسانی از آنها گذر می کنند.



شکل ۱۹- حلقه های شش ضلعی مبنای شکل دانه های برف.

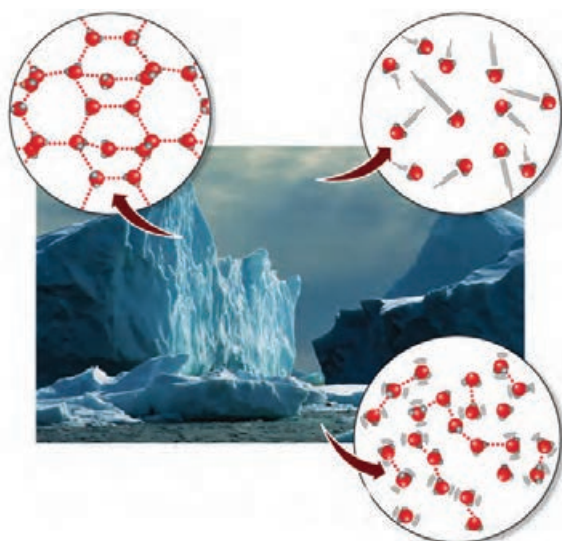
## آیا می دانید

• کندوی زنبور عسل از حلقه های شش ضلعی تشکیل شده است. به همین دلیل استحکام قابل ملاحظه ای دارد.



## پیوندهای هیدروژنی در حالت های فیزیکی گوناگون آب

آب را در سه حالت فیزیکی جامد (یخ)، مایع و بخار در نظر بگیرید (شکل ۱۸). مولکول های  $H_2O$  در حالت بخار جدا از هم هستند، گویی پیوندهای هیدروژنی میان آنها وجود ندارد. در این حالت، مولکول های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می یابند. در حالت مایع، با اینکه مولکول ها با یکدیگر پیوندهای هیدروژنی قوی دارند، اما روی هم می لغزند و جابه جا می شوند. برخلاف آب، ساختار یخ منظم است. در یخ، مولکول های آب در جاهای به نسبت ثابتی قرار دارند. در واقع در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- حالت های فیزیکی آب

در ساختار یخ، آرایش مولکول های آب به گونه ای است که در آن، اتم های اکسیژن در رأس حلقه های شش ضلعی قرار دارند و شبکه ای مانند کندوی زنبور عسل را به وجود می آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم، در سه بُعد گسترش یافته است. شکل های زیبا و متنوع دانه های برف ناشی از وجود این حلقه های شش ضلعی است (شکل ۱۹).

## خود را بیازمایید

با توجه به شکل های زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



(آ) با نوشتن دلیل، چگالی جرم یکسانی از 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



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

آب فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه است، زیرا می‌تواند بسیاری از ترکیب‌های یونی و مواد مولکولی را در خود حل کند. آب و محلول‌های آبی<sup>۱</sup> در زندگی جانداران نقش حیاتی دارند. 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.

جدول ۳- سه حلال آلی و برخی ویژگی‌های آنها

| نام حلال | فرمول شیمیایی | $\mu$ (D)   | کاربرد                                     |
|----------|---------------|-------------|--------------------------------------------|
| اتانول   | $C_2H_5O$     | $>0$        | حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی |
| استون    | $C_3H_6O$     | $>0$        | حلال برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها         |
| هگزان    | $C_6H_{14}$   | $\approx 0$ | حلال مواد ناقطبی 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<sup>۲</sup> می‌گویند. شکل ۲، دو نمونه از این محلول‌ها را نشان می‌دهد.



(آ)



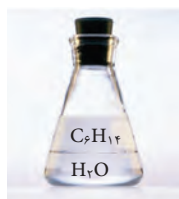
(ب)

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

شکل ۲- دو نمونه محلول غیرآبی (آ) محلول ید در هگزان و (ب) بنزین خودرو

## خود را بیازمایید

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



(آ) آب و هگزان



(ب) آب و یخ

اغلب محلول‌های موجود در بدن انسان، محلول‌های آبی هستند. محلول‌هایی که بیشتر واکنش‌های شیمیایی درون بدن از جمله گوارش غذا، کنترل دمای بدن، تنفس، جلوگیری از خشکی پوست و ... در آنها انجام می‌شود. با این توصیف بخش عمده جرم بدن را آب تشکیل می‌دهد. بیش از نیمی از این آب در درون یاخته‌ها و باقی آن در مایع‌های برون سلولی جریان دارد. این مایع‌ها مواد مغذی و مواد زائد را بین سلول‌ها و دستگاه گردش خون جابه‌جا می‌کند. هر فرد بالغ روزانه به‌طور میانگین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی لیتر آب را به صورت ادرار، تعرق پوستی، بخار آب در بازدم و... از دست می‌دهد. اگر این مقدار آب با خوردن مواد غذایی، میوه‌ها و نوشیدنی‌ها جبران نشود، بدن دچار کم‌آبی خواهد شد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- بخش عمده اغلب خوراکی‌ها را آب تشکیل می‌دهد.

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

ماده اصلی تشکیل دهنده بسیاری از خوراکی‌ها آب است. جدول زیر درصد آب در برخی خوراکی‌ها را نشان می‌دهد.

| خوراکی           | درصد جرمی آب |
|------------------|--------------|
| سبزیجات          |              |
| هویج             | ۸۸           |
| کرفس             | ۹۴           |
| میوه‌ها          |              |
| طالبی            | ۹۱           |
| پرتقال           | ۸۶           |
| توت‌فرنگی        | ۹۰           |
| گوشت/ ماهی       |              |
| مرغ پخته شده     | ۷۱           |
| همبرگر کباب شده  | ۶۰           |
| ماهی سالمون      | ۷۱           |
| فراورده‌های لبنی |              |
| پنیر             | ۷۸           |
| شیر              | ۸۷           |

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

## کدام مواد با یکدیگر محلول می‌سازند؟

تاکنون آموختید که برخی حل‌شونده‌ها در برخی حلال‌ها حل می‌شوند و محلول تشکیل می‌دهند، در حالی که برخی دیگر مخلوط ناهمگن می‌سازند. برای نمونه، افزودن استون به آب یا اندکی ید به هگزان منجر به تشکیل محلول می‌شود اما، افزودن هگزان به آب، مخلوطی ناهمگن پدید می‌آورد.

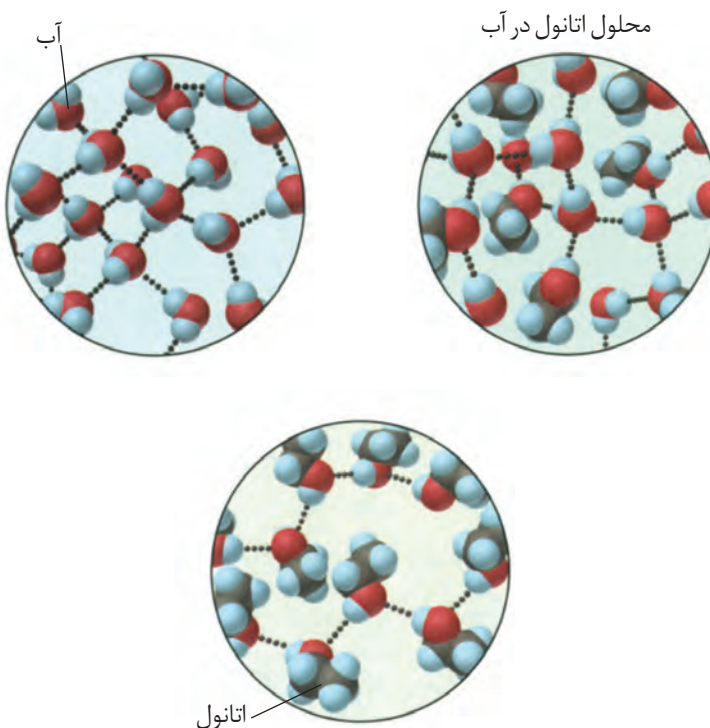
در مخلوط‌های ناهمگن به حالت مایع، مانند آب و هگزان، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می‌شوند، اما قابل چشم‌پوشی است.

| ماده  | گشتاور<br>دوقطبی<br>(D) |
|-------|-------------------------|
| آب    | $> 0$                   |
| استون | $> 0$                   |
| یُد   | $= 0$                   |
| هگزان | $\approx 0$             |

- ۱- با توجه به مقدار گشتاور دو قطبی هر ماده، موارد زیر را توجیه کنید.
- آ) انحلال استون در آب
- ب) انحلال یُد در هگزان
- پ) حل نشدن هگزان در آب

۲- آیا جمله «شبيه، شبيه را حل می کند»<sup>۱</sup> درست است؟ توضیح دهید.

- ۳- آزمایش‌ها نشان می‌دهند که فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:
- (میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شونده خالص)  $>$  (جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول)
- با این توصیف با توجه به شکل زیر، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



- آ) نیروهای بین مولکولی در هریک از چه نوعی است؟ چرا؟
- ب) در مربع زیر علامت  $>$  یا  $<$  قرار دهید.

نیروی جاذبه میان مولکول‌ها

آب خالص و اتانول خالص

در محلول اتانول در آب

پ) چرا شیمی‌دان‌ها انحلال اتانول در آب را **انحلال مولکولی** می‌نامند؟ توضیح دهید.

## فرایند انحلال نمک‌ها در آب

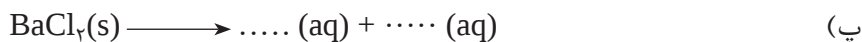
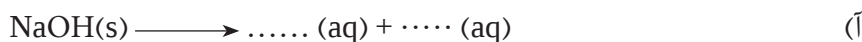
با انحلال مولکولی آشنا شدید. انحلالی که در آن مولکول‌های حل‌شونده، ماهیت خود را در محلول حفظ می‌کنند، گویی ساختار مولکول‌های حل‌شونده در محلول دچار تغییر نشده است. انحلال استون یا اتانول در آب و نیز انحلال یُد در هگزان از این نوع هستند. اما همهٔ فرایندهای انحلال چنین نیستند، برای نمونه به فرایند انحلال سدیم کلرید در آب توجه کنید (شکل ۲۲). 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 مادهٔ 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-دوقطبی<sup>۱</sup> نام دارد؛ نیروی جاذبه‌ای که باعث جدا شدن یون‌ها از شبکه شده تا با لایه‌ای از مولکول‌های آب، پوشیده شوند. این یون‌های آبپوشیده<sup>۲</sup> 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 ۲۲ پیداست، در این فرایند انحلال، مادهٔ حل‌شونده ویژگی ساختاری خود را حفظ نکرده است و یون‌های سازندهٔ شبکهٔ بلور یونی، تفکیک و آبپوشیده شده‌اند. این فرایند، انحلال یونی به شمار می‌رود.



شکل ۲۲- فرایند انحلال سدیم کلرید در آب و تشکیل یون‌های آبپوشیده

### خود را بیازمایید

۱- در معادلهٔ انحلال هر یک از ترکیب‌های یونی زیر، جاهای خالی را پر کنید.



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

(آ)

میانگین نیروی پیوند یونی در  $\text{MgSO}_4$  و ☐ میانگین نیروی پیوند یونی در  $\text{BaSO}_4$  و ☐  
 پیوندهای هیدروژنی در آب  
 دوقطبی در محلول

(ب)  
 میانگین نیروی پیوند یونی در  $\text{BaSO}_4$  و ☐ میانگین نیروی پیوند یونی در  $\text{MgSO}_4$  و ☐  
 پیوندهای هیدروژنی در آب  
 دوقطبی در محلول



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

## آیا گازها هم در آب حل می‌شوند؟

آیا تاکنون به تنفس ماهی‌های درون آبی‌دان (آکواریوم)<sup>۱</sup>، توجه کرده‌اید؟ آیا می‌دانید آبی‌دان اکسیژن لازم را برای سوخت و ساز از کجا تأمین می‌کنند؟ همه جانوران از جمله ماهی‌ها برای زنده ماندن به اکسیژن ( $\text{O}_2$ ) 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 آبی‌دان نقش حیاتی دارد. آیا می‌دانید انحلال‌پذیری گاز اکسیژن و دیگر گازها در آب به چه عواملی بستگی دارد؟

## کاوش کنید

درباره «اثر دما بر انحلال‌پذیری گازها در آب» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد شیمیایی مورد نیاز: ظرف پلاستیکی بزرگ، استوانه 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 دیواره داخلی

قیف بچسبانید.



پ) استوانهٔ مدرج را از آب پر کنید و 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 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 جدول زیر را کامل کنید.

| آزمایش  | حجم گاز جمع شده درون استوانهٔ مدرج (میلی لیتر) |          |
|---------|------------------------------------------------|----------|
|         | آزمایش ۱                                       | آزمایش ۲ |
| 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 آزمایش یکسان است؟ چرا؟
- ۳- حجم گاز جمع‌آوری شده در کدام آزمایش 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؟

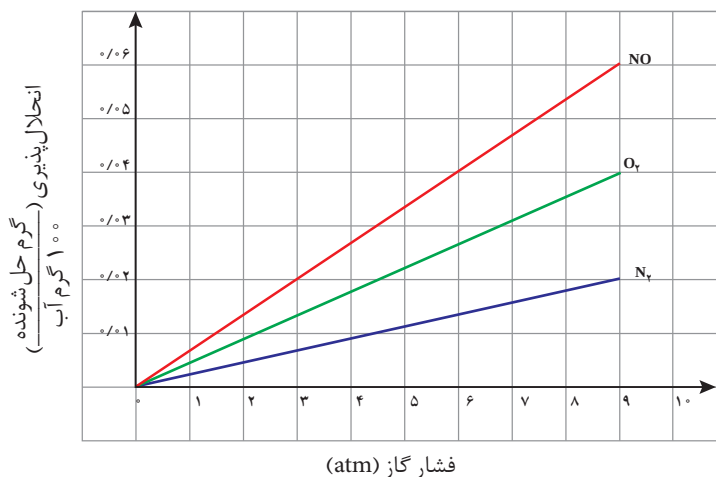
● دربارهٔ اینکه «مقدار نمک موجود در آب دریا بر میزان انحلال‌پذیری گازها اثر دارد» کاوش کنید (در کاوش خود باید آزمایش طراحی و اجرا کنید و از داده‌های آن نتیجه درست و قابل اطمینان بگیرید).

## 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.

## آیا می دانید

هنگامی که یک غواص در عمق آب از هوای فشرده درون کپسول تنفس می کند، به دلیل فشار زیاد، غلظت گاز نیتروژن به میزان قابل توجهی در خون او بالا می رود. در این شرایط اگر غواص سریع به سطح آب بیاید، نیتروژن حل شده در خون او آزاد می شود. در نتیجه، حباب هایی در خون او تشکیل می شود که مانع از رسیدن اکسیژن به مغز می شود. این پدیده باعث ایجاد یک عارضه دردناک و گاهی کشنده می شود. امروزه در غواصی از کپسول محتوی اکسیژن و هلیوم استفاده می شود.



آ) این نمودار تأثیر چه عاملی را بر انحلال پذیری گازها نشان می دهد؟ توضیح دهید.  
 ب) نتیجه گیری از این نمودار **قانون هنری**<sup>۱</sup> نام دارد. آن را در یک سطر توضیح دهید.  
 پ) شیب نمودار برای کدام گاز تندتر است؟ از این واقعیت چه نتیجه ای می گیرید؟  
 ۲- با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی CO<sub>2</sub> برخلاف NO صفر است:

آ) پیش بینی کنید در دما و فشار معین، انحلال پذیری کدام گاز در آب بیشتر است؟ چرا؟  
 ب) آزمایش ها نشان می دهد که در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی، انحلال پذیری گاز CO<sub>2</sub> بیشتر از NO است. چرا؟

## پیوند با زندگی



شکل ۲۳- تأمین یون های مورد نیاز بدن

آیا تاکنون دیده یا شنیده اید که ورزشکاران به ویژه دوچرخه سواران و دوندگان پس از تمرین یا مسابقه، نوشیدنی های ویژه ای مصرف می کنند؟ آیا می دانید هر یک از این نوشیدنی ها حاوی چه موادی است؟ چرا نوشیدن این نوع مایع ها به ورزشکاران توصیه می شود؟

بدن ما سامانه پیچیده و متعادلی از یاخته ها، بافت ها و مایعاتی است که در هر لحظه با نظمی باور نکردنی، پیام های عصبی، احساسات و حرکات ما را کنترل می کنند. این هنگامی رخ می دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود؛ محیطی که یک محلول آبی محتوی یون های گوناگونی مانند  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Cl}^-$  و ... است.

پس از انجام یک فعالیت بدنی سنگین یا پس از مدتی دویدن، احساس خستگی

به دلیل کاهش چشمگیر این یون ها در مایع های بدن است. از این رو نوشیدن محلول هایی حاوی این یون ها ضروری است. (شکل ۲۳).

## آیا می دانید

مارهای سیاه مناطق گرمسیری با تزریق زهری که کانال های پتاسیم را در سلول های عصبی مسدود می کند، شکار خود را از پای در می آورند.



یکی از مهم ترین یون ها در مایع های بدن، یون پتاسیم ( $K^+$ ) 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 می شود. وجود یون پتاسیم ( $K^+$ ) برای تنظیم و عملکرد مناسب دستگاه عصبی بسیار ضروری است به طوری که انتقال پیام های عصبی بدون وجود این یون، امکان پذیر نیست. در واقع، اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام های عصبی و گاهی در موارد شدید منجر به مرگ می شود.

## رد پای آب در زندگی

آیا می دانید روزانه چند لیتر آب مصرف می کنید؟ آیا مصرف آب، تنها شامل میزان آبی است که می نوشید؟ هر فرد، روزانه در حدود  $35^\circ$  لیتر آب مصرف می کند. این مقدار آب افزون بر نوشیدن، شامل پخت و پز، شستشو در آشپزخانه، نظافت، شستشوی لباس و .... 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 فراورده مقدار معینی آب نیاز است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- رد پای آب برای تولید برخی فراورده ها

همانند رد پای کربن دی اکسید، برای هر فرد، **رد پای آب** نیز تعریف می شود. در واقع، رد پای 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  $15^\circ$  کیلوگرم گندم مصرف کنید، رد پای آب شما در تولید این مقدار گندم برابر با  $27450^\circ$  لیتر خواهد بود. با حساب کردن همه آب مصرفی در زندگی سالانه هر فرد می توان میانگین رد پای 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 رد پای آب برای هر فرد در یک سال در حدود  $100000^\circ$  لیتر است.

## آیا می دانید

رد پای آب در جهان برای یک سال در حدود  $10^{15} \times 7$  لیتر است. این رد پا 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.

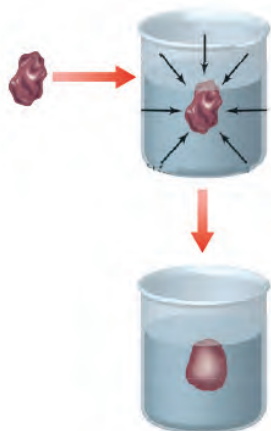


## آیا می دانید

براساس پژوهش‌های سازمان جهانی غذا، در دهه ۲۰۰۵-۱۹۹۶ میلادی، برای تولید هر تن گندم در جهان به‌طور 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 سنگین‌تر است.

با توجه به اینکه کشور ما در منطقه کم‌آب قاره آسیا قرار دارد، استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری در حفظ منابع آب اهمیت شایانی دارد.



● هنگامی که میوه‌های خشک مانند مویز 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)<sup>۲</sup>** نامی است که به این فرایند داده‌اند. در این فرایند، برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابد.

این ردپا شامل همه آب‌های مصرفی در کشاورزی، دامداری، نساجی، بهداشت، خانه، مدرسه، دانشگاه و ... است که همگی از آب‌های سطحی یا زیرزمینی تأمین می‌شود. توجه کنید که آب آشامیدنی با آب مصرفی در دیگر صنایع متفاوت است؛ به‌طوری 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، نمک‌زدایی و تصفیه شوند.

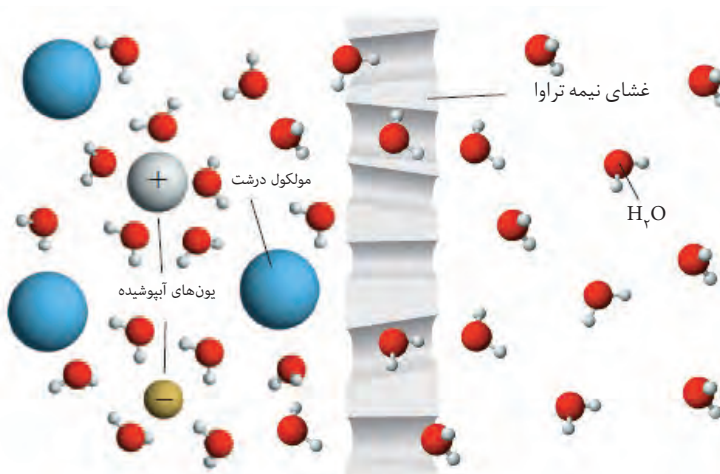
## پیوند با زندگی

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 ۲۵). آیا تاکنون اندیشیده‌اید که در این پدیده‌ها چه رخ می‌دهد؟



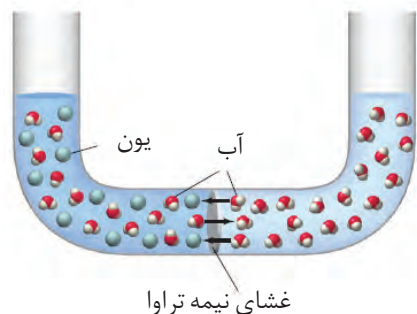
شکل ۲۵- نمونه‌هایی از پدیده اسمز در زندگی روزانه

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 ۲۶).



شکل ۲۶- غشای نیمه تراوا و عبور انتخابی

۱- مطابق شکل زیر، حجم های برابری از آب دریا و آب مقطر به وسیله یک غشای نیمه تراوا از یکدیگر جدا شده اند.



(آ) اگر این غشا مانع گذر یون های سدیم و کلرید شود، با گذشت زمان چه رخ می دهد؟

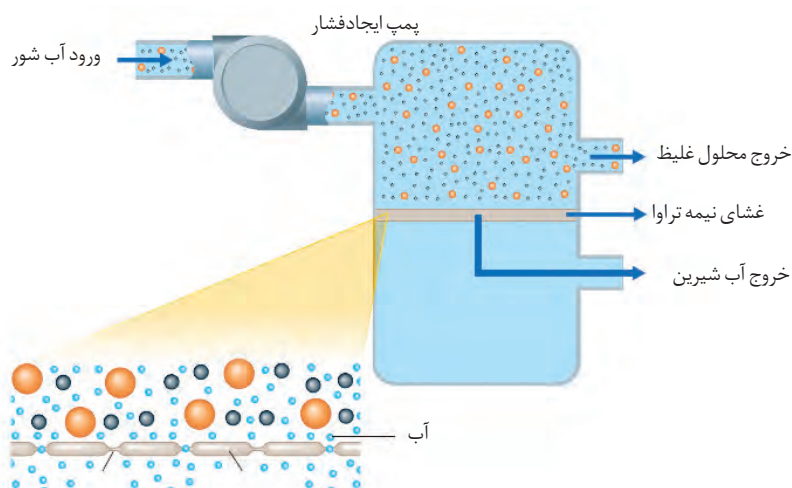
(ب) آیا با این روش می توان آب دریا را نمک زدایی و آب شیرین تهیه کرد؟ چرا؟



(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 وارونه (معکوس) می نامند؟

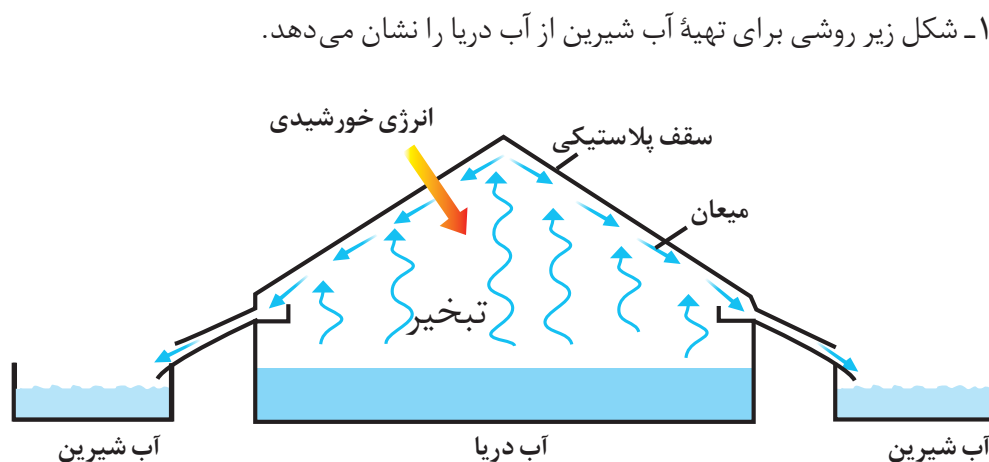
۲- با توجه به شکل زیر، چگونگی تولید آب شیرین از آب دریا را توضیح دهید.



در بستر دریاها، چشمه هایی 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 چشمه ها تأمین می کردند. برای این منظور یک غواص با مشک خالی به زیر دریا می رفت و مشک را از محل چشمه زیر دریا پر از آب می کرد و به بالا می آورد. دو هزار سال پیش، یک جغرافی دان رومی به نام استرابو درباره چشمه های آب شیرین موجود در دریای مدیترانه، در جایی که سوریه امروزی قرار دارد، مطالبی نوشته است. استفاده از آب های شیرین جهت مصرف کشتی ها و شهرها در بحرین نمونه دیگری از این موارد است که به قرن دوم پس از میلاد بر می گردد. امروزه منابع آب شیرین زیر بستر دریا به عنوان یکی از مهم ترین منابع تأمین آب برای سال های آینده بشر شناخته می شود. گفته می شود که تقریباً چیزی معادل آب رودخانه های جهان که به دریاها وارد می شود، به صورت چشمه های زیر دریا وارد دریاها می شود. به همین دلیل امروزه بیش از گذشته نسبت به شناخت و بهره برداری از این آب ها توجه می شود.

## آیا می دانید

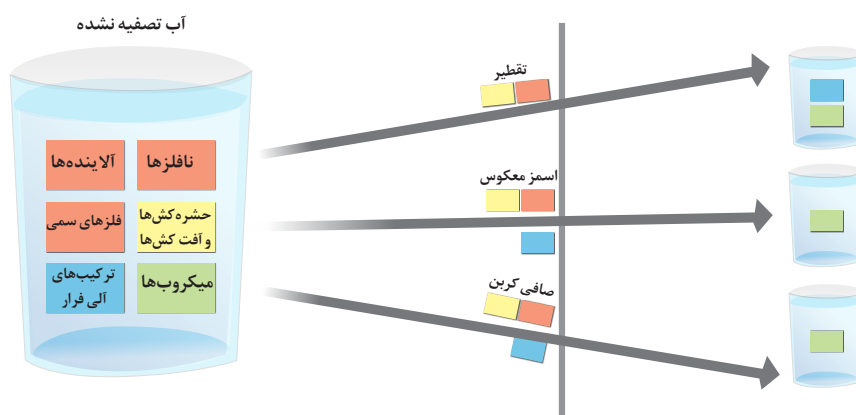
در شمال جزیره قشم، نیروگاه و تأسیسات آب شیرین احداث شده است که همزمان آب و برق تولید می کند. این مجتمع به دست توانای کارشناسان و متخصصان ایرانی در شرکت گروه مپنا ساخته شده و در سال ۱۳۹۳ هجری شمسی به بهره برداری رسیده است. بازده این مجتمع ۸۰ درصد است و با ظرفیت تولید ۵۰ مگاوات برق و شیرین سازی ۱۸۰۰۰ مترمکعب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



آ) این روش چه نام دارد؟

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

۲- شکل زیر برخی روش های تصفیه یک نمونه آب را نشان می دهد، با توجه به شکل به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) با انجام تقطیر، کدام مواد موجود در آب از آن جدا می شوند؟ توضیح دهید.

ب) با عبور آب از صافی کربن، کدام آلاینده ها حذف می شوند؟

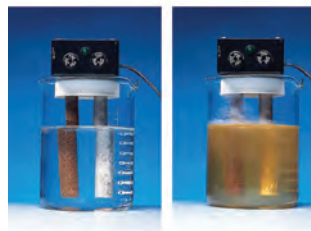
پ) با روش اسمز معکوس، کدام مواد را می توان از آب جدا کرد؟

ت) آب به دست آمده از کدام روش ها، آلاینده کمتری دارد؟

ث) چرا آب تصفیه شده در این روش ها را باید پیش از مصرف کلرزنی کرد؟

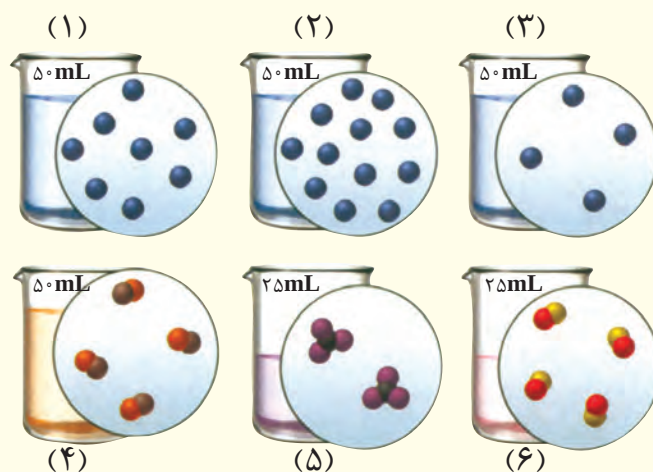
## آیا می دانید

برخی شرکت ها و فروشندگان دستگاه های تصفیه آب برای نشان دادن اینکه در آب شهری، چه میزان از یون های 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 یون ها از تیغه های فلزی وارد آب شده و سبب تغییر رنگ آن می شوند. توجه کنید که این آزمایش، میزان یون های موجود در آب را به درستی نشان نمی دهد.

۱- اگر در محلول‌های آبی (۱) تا (۶) هر ذره حل شونده هم‌ارز با  $2^\circ$  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.

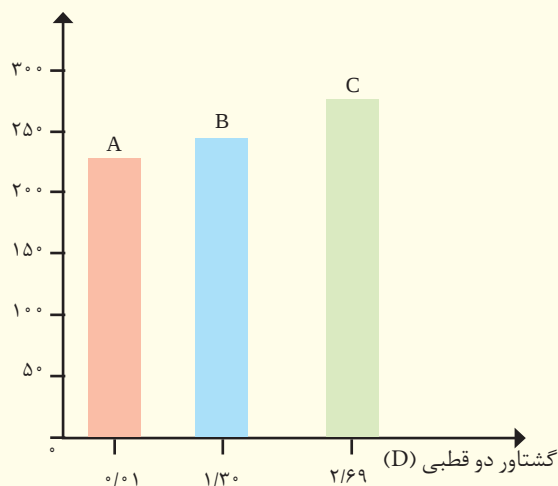
(ت) غلظت مولی محلول (۴) را پس از افزودن  $110^\circ$  میلی لیتر آب به آن حساب کنید.

(ث) غلظت مولی محلول (۵) را پس از انحلال  $2^\circ$  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 آیا  $9\text{ kg}$  آب حاوی  $67/5$  میلی گرم اکسیژن محلول برای ادامه زندگی ماهی‌ها مناسب است؟

نقطه جوش (K)



۳- با توجه به نمودار روبه‌رو به پرسش‌های مطرح شده پاسخ

دهید. جرم مولی هر سه ماده آلی A، B و C با یکدیگر برابر است.

(آ) جهت‌گیری و منظم شدن مولکول‌های کدام ترکیب در میدان

الکتریکی محسوس‌تر است؟ چرا؟

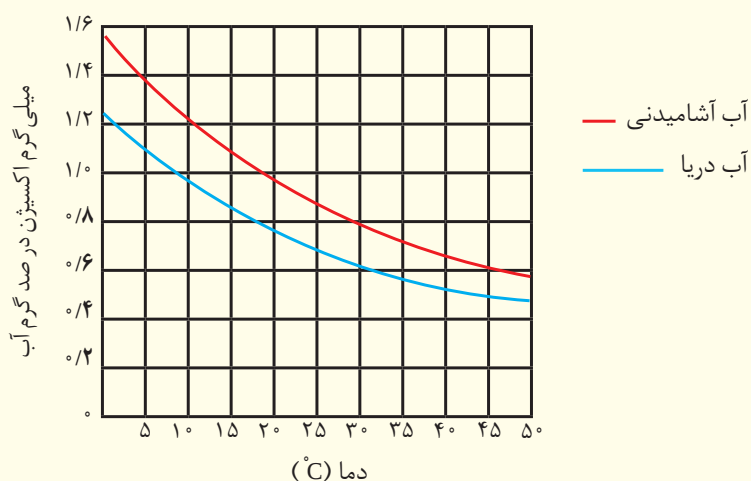
(ب) سه ترکیب داده شده را بر اساس کاهش قدرت نیروهای بین

مولکولی مرتب کنید؟

(پ) پیش‌بینی کنید کدام ماده در شرایط یکسان انحلال‌پذیری

بیشتری در هگزان دارد؟ چرا؟

۴- 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.

۵- هریک 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 هریک از این آزمایش ها را بنویسید.

|                        |  |                                              |                                                     |                                         |       |
|------------------------|--|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|
| افزودن تدریجی حل شونده |  | <p>۱ گرم شکر گرم</p>                         | <p>۱ قطره روغن<br/>لایه روغن</p>                    | <p>۱ قطره اتانول</p>                    | آغاز  |
|                        |  | <p>۳ گرم شکر<br/>۹.۵g حل نشده</p> <p>(آ)</p> | <p>قطره های بیشتر روغن<br/>لایه روغن</p> <p>(ب)</p> | <p>قطره های بیشتر اتانول</p> <p>(پ)</p> | پایان |

۶- هریک 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 سیرشده هریک را در این دما حساب کنید.

۷- کوسه‌های شکارچی حس بویایی بسیار قوی دارند و می‌توانند بوی خون را از فاصله دورتر حس کنند. اگر یک قطره ( $0.1$  گرم) از خون یک شکار در فضایی از آب دریا به حجم  $10^4 \times 4$  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).



## واژه‌نامه

|                                                                                                                   |     |                         |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|---------------------------|
| یونی که بار الکتریکی منفی دارند.                                                                                  | ۳۸  | Anion                   | آنیون                     |
| به جذب پرتوهای پرانرژی و گسیل پرتوهای کم انرژی به وسیله برخی مولکول‌های گازی هوا کره می‌گویند.                    | ۶۸  | Greenhouse Effect       | اثر گلخانه‌ای             |
| دانش مطالعه روابط کمی در مواد و واکنش‌های شیمیایی.                                                                | ۸۰  | Stoichiometry           | استوکیومتری               |
| به واکنش آرام اکسیژن با مواد گفته می‌شود.                                                                         | ۸۱  | Oxidation               | اکسایش                    |
| اکسید نافلز که در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند.                                                                 | ۵۹  | Acidic Oxid             | اکسید اسیدی               |
| اکسید فلز که در واکنش با آب، باز تولید می‌کند.                                                                    | ۵۹  | Basic Oxid              | اکسید بازی                |
| ذره زیراتمی با بار الکتریکی منفی که در فضای پیرامون هسته وجود دارد.                                               | ۴   | Electron                | الکترون                   |
| به بیرونی‌ترین الکترون‌های اتم می‌گویند.                                                                          | ۳۳  | Valance Electrons       | الکترون‌های ظرفیت         |
| اتم‌های یک عنصر که Z یکسان و A متفاوت دارند.                                                                      | ۵   | Isotope                 | ایزوتوپ (هم مکان)         |
| بارانی که با حل شدن گازهایی مانند گوگرد دی‌اکسید و اکسیدهای نیتروژن موجود در هوا کره خاصیت اسیدی پیدا می‌کند.     | ۶۰  | Acid rain               | باران اسیدی               |
| تبدیل خودبه‌خود ایزوتوپ‌های ناپایدار به گونه‌های پایدارتر که با گسیل پرتوها یا ذره‌های پرانرژی همراه است.         | ۶   | Radio activity          | پرتوزایی                  |
| ذره زیراتمی با بار الکتریکی مثبت که درون هسته قرار دارد.                                                          | ۵   | Proton                  | پروتون                    |
| نیروی جاذبه‌ای که از به اشتراک گذاشته شدن دو یا چند الکترون میان اتم‌ها به وجود می‌آید.                           | ۴۰  | Covalent Bond           | پیوند اشتراکی (کووالانسی) |
| پیوند اشتراکی است که در نتیجه به اشتراک گذاشته شدن دو جفت الکترون میان دو اتم، تشکیل می‌شود.                      | ۵۶  | Double Bond             | پیوند دو گانه             |
| پیوند اشتراکی است که در نتیجه به اشتراک گذاشته شدن سه جفت الکترون میان دو اتم، تشکیل می‌شود.                      | ۵۶  | Triple Bond             | پیوند سه گانه             |
| نوعی نیروی جاذبه بین مولکولی بسیار قوی است.                                                                       | ۱۰۷ | Hydrogen Bond           | پیوند هیدروژنی            |
| به نیروی جاذبه الکتروستاتیکی میان یون‌ها با بار الکتریکی ناهمنام در شبکه بلوری می‌گویند.                          | ۳۸  | Ionic Bond              | پیوند یونی                |
| ترکیبی که از مولکول‌های جدا از هم تشکیل شده است.                                                                  | ۴۰  | Molecular Compound      | ترکیب (مواد) 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.                                                                 | ۳۸  | Binary Ionic Compound   | ترکیب یونی دوتایی         |
| بخشی از هواکره که در فاصله ۱۰ تا ۱۲ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد.                                               | ۴۸  | Troposphere             | تروپوسفر                  |
| روشی برای جداسازی اجزای مخلوط چند مایع با نقطه جوش متفاوت است.                                                    | ۴۹  | Fractional Distillation | تقطیر جزء به جزء          |
| توسعه‌ای که نیازهای کنونی را برآورده سازد بدون آنکه توانایی نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان را به خطر اندازد. | ۷۳  | Sustainable Development | توسعه پایدار              |
| چیدمان عنصرهای شیمیایی به ترتیب افزایش Z که در آن عناصر با خواص مشابه در یک ستون قرار می‌گیرند.                   | ۱۰  | Periodic Table          | جدول دوره‌ای              |
| جرم اتم را بر حسب amu نشان می‌دهند.                                                                               | ۱۴  | Atomic Mass             | جرم اتمی                  |

|    |                            |                      |                                                                                                                                            |
|----|----------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۵ | Average Atomic Mass        | جرم اتمی میانگین     | میانگین جرم اتمی ایزوتوپ‌های یک عنصر را با توجه به درصد فراوانی آنها در طبیعت نشان می‌دهد.                                                 |
| ۱۷ | Molar Mass                 | جرم مولی             | به جرم یک مول ماده گفته می‌شود.                                                                                                            |
| ۵۵ | Bonding Electron Pair      | جفت الکترون پیوندی   | جفت الکترونی که پیوند اشتراکی را به وجود می‌آورد.                                                                                          |
| ۵۵ | Non- Bonding Electron Pair | جفت الکترون ناپیوندی | جفت الکترونی که به یک اتم تعلق دارند و در تشکیل پیوند شیمیایی شرکت نکرده است.                                                              |
| ۲۶ | Excited State              | حالت برانگیخته       | حالتی برای اتم که نسبت به حالت پایه انرژی بالاتری دارد.                                                                                    |
| ۲۶ | Ground State               | حالت پایه            | به حالتی برای اتم با پایین‌ترین سطح انرژی می‌گویند.                                                                                        |
| ۹۴ | Solute                     | حل‌شونده             | جزئی که در حلال حل می‌شود.                                                                                                                 |
| ۹۴ | Solvent                    | حلال                 | جزئی که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و مول‌های بیشتری دارد.                                                                                |
| ۹۶ | Weight( Mass)Percent       | درصد جرمی            | جرم ماده حل‌شونده در ۱۰۰ گرم محلول را نشان می‌دهد.                                                                                         |
| ۶  | Abundance Percentage       | درصد فراوانی         | درصد یک ایزوتوپ معین در مخلوطی از ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر را نشان می‌دهد.                                                                |
| ۷۳ | Allotrope                  | دگرشکل               | شکل متفاوت مولکولی یا بلوری از یک عنصر است.                                                                                                |
| ۱۲ | Period                     | دوره یا تناوب        | به هر ردیف از جدول دوره‌ای عناصر می‌گویند.                                                                                                 |
| ۶  | Radioisotope               | رادیوایزوتوپ         | به ایزوتوپ‌های ناپایدار و پرتوزا می‌گویند.                                                                                                 |
| ۶۳ | Inspection Method          | روش واری             | روشی برای موازنه کردن معادله‌های شیمیایی با شمارش نوبتی اتم‌ها در دو سوی معادله است.                                                       |
| ۷۱ | Biodegradation             | زیست تخریب پذیر      | موادی که در محیط زیست به کمک باکتری‌ها به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند.                                                                     |
| ۸۶ | Biosphere                  | زیست کره             | بخشی از کره زمین که در آن زندگی وجود دارد.                                                                                                 |
| ۵۵ | Lewis Structure            | ساختار لوویس         | شیوه‌ای برای نمایش مولکول‌ها و یون‌ها است به گونه‌ای که در آن چگونگی اتصال اتم‌ها به هم با الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی نشان داده می‌شود. |
| ۷۰ | Green Fuel                 | سوخت سبز             | نوعی سوخت به دست آمده از مواد گیاهی که با محیط زیست سازگار است.                                                                            |
| ۵۶ | Fossil Fuel                | سوخت فسیلی           | 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. |
| ۵۶ | Combustion                 | سوختن                | واکنش اکسایش سریعی که با ایجاد شعله و آزاد کردن مقدار زیادی گرما و نور همراه است.                                                          |
| ۵۷ | Complete Combustion        | سوختن کامل           | به سوختن یک سوخت در حضور اکسیژن کافی می‌گویند.                                                                                             |
| ۵۷ | Incomplete Combustion      | سوختن ناقص           | به سوختن یک سوخت در حضور مقدار کم اکسیژن می‌گویند. که افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، مقدار زیادی کربن مونواکسید نیز تولید می‌کند.            |
| ۷۰ | Green Chemistry            | شیمی سبز             | شاخه‌ای از علم شیمی که در پی طراحی فراورده‌ها و فرایندهایی است تا تولید و استفاده از مواد خطرناک را کاهش داده یا از بین ببرد.              |
| ۵  | Atomic Number              | عدد اتمی             | به شمار پروتون‌های موجود در هسته یک اتم می‌گویند.                                                                                          |
| ۱۷ | Avogadro's Number          | عدد آووگادرو         | به عدد $6.022 \times 10^{23}$ می‌گویند.                                                                                                    |
| ۵  | Mass Number                | عدد جرمی             | مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسته یک اتم است.                                                                                       |
| ۲۴ | Principal Quantum Number   | عدد کوانتومی اصلی    | عددی که لایه‌های الکترونی را در اتم مشخص می‌کند.                                                                                           |

|                   |                                     |     |                                                                                                                                    |
|-------------------|-------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| عدد کوانتومی فرعی | Azimuthal Quantum Number            | ۲۹  | عددی است که زیر لایه‌های موجود در یک لایه الکترونی را مشخص می‌کند.                                                                 |
| عنصر              | Element                             | ۵   | ماده‌ای که ذره‌های سازنده آن از یک نوع اتم هستند.                                                                                  |
| غلظت مولی         | Molar Concentration                 | ۹۸  | مول‌های حل‌شونده در یک لیتر محلول را نشان می‌دهد.                                                                                  |
| فراورده           | Product                             | ۶۱  | ماده‌ای که در یک واکنش شیمیایی تولید شده و در سمت راست معادله شیمیایی نوشته می‌شود.                                                |
| فرمول شیمیایی     | Chemical Formula                    | ۳۸  | شیوه‌ای برای نشان دادن نوع و شمار اتم‌های سازنده یک واحد از ماده شیمیایی است.                                                      |
| فرمول مولکولی     | Molecular Formula                   | ۴۱  | فرمول شیمیایی که نوع و شمار اتم‌ها را در یک مولکول از ماده نشان می‌دهد.                                                            |
| قاعده آفا         | Aufbau Rule                         | ۳۰  | بنابراین قاعده، الکترون‌ها نخست در زیرلایه‌های با انرژی کمتر جای می‌گیرند و به تدریج زیرلایه‌های با انرژی بالاتر را اشغال می‌کنند. |
| قاعده هشت تایی    | Octet Rule                          | ۳۵  | اتم‌ها تمایل دارند که با به اشتراک گذاشتن الکترون، شمار الکترون‌های لایه ظرفیت خود را به هشت برسانند.                              |
| قانون آووگادرو    | Avogadro's Law                      | ۷۹  | حجم‌های مساوی از گازها در دما و فشار یکسان، شمار مولکول‌های مساوی دارند.                                                           |
| قانون پایستگی جرم | The Law of the Conservation of Mass | ۶۱  | در یک واکنش شیمیایی، اتم‌ها نه به وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.                                                                |
| کاتالیزگر         | Catalyst                            | ۶۲  | ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد.                                                                                    |
| کاتیون            | Cation                              | ۳۷  | یونی که بار الکتریکی مثبت دارد.                                                                                                    |
| گازهای گلخانه‌ای  | Greenhouse Gases                    | ۶۹  | گازهایی مانند کربن دی‌اکسید، بخار آب و متان که از طریق اثر گلخانه‌ای باعث گرم شدن زمین می‌شوند.                                    |
| گازهای نجیب       | Noble Gases                         | ۳۴  | به عنصرهای گروه هجدهم جدول دوره‌ای می‌گویند.                                                                                       |
| گروه              | Group                               | ۱۲  | عنصرهای موجود در یک ستون از جدول دوره‌ای هستند که خواص شیمیایی مشابهی دارند.                                                       |
| لایه الکترونی     | Electron Shell                      | ۲۴  | به فضای پیرامون هسته با گنجایش معین الکترون و انرژی معین گفته می‌شود.                                                              |
| لایه اوزون        | Ozone Layer                         | ۷۳  | پوششی پیرامون زمین حاوی اوزون که زمین را از پرتوهای پرانرژی و خطرناک فرابنفش خورشید محافظت می‌کند.                                 |
| محلول             | Solution                            | ۹۳  | به مخلوط همگن دو یا چند ماده گفته می‌شود.                                                                                          |
| محلول فراسیر شده  | Supersaturated Solution             | ۱۰۲ | محلولی که مقدار حل‌شونده در آن بیشتر از انحلال‌پذیری حل‌شونده در یک دمای معین است.                                                 |
| مخلوط ناهمگن      | Heterogeneous Mixture               | ۱۰۹ | مخلوطی که اجزای تشکیل‌دهنده آن قابل تشخیص است.                                                                                     |
| معادله شیمیایی    | Chemical Equation                   | ۶۲  | نمایش یک واکنش با نمادها و فرمول‌های شیمیایی که در آن واکنش‌دهنده‌ها، فراورده‌ها و نسبت مولی آنها مشخص می‌شود.                     |
| معادله موازنه شده | Balanced Equation                   | ۶۴  | معادله‌ای که شمار اتم‌های هر عنصر در دو طرف آن برابر است.                                                                          |
| معادله نمادی      | Symbol Equation                     | ۶۱  | معادله‌ای که در آن فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده(ها)، فراورده(ها) و حالت فیزیکی آنها نوشته می‌شود.                                     |
| معادله نوشتاری    | Word Equation                       | ۶۱  | معادله‌ای که حاوی نام واکنش‌دهنده(ها) و فراورده(ها) است.                                                                           |
| موازنه کردن       | Balancing                           | ۶۲  | برابر کردن شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی یک معادله شیمیایی است.                                                                   |

|     |                                                                            |                      |                     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
| ۱۷  | نماد آن mol بوده و یکای مقدار ماده در SI است.                              | Mole                 | مول                 |
| ۱۰۴ | مولکولی که در میدان الکتریکی جهت گیری می کند.                              | Polar Molecule       | مولکول قطبی         |
| ۱۰۴ | مولکولی که در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند.                             | Non - Polar Molecule | مولکول ناقطبی       |
| ۱۰  | نماد یک یا دو حرفی که معرف یک عنصر است.                                    | Chemical Symbol      | نماد شیمیایی        |
| ۴   | یکی از ذره های سازنده هسته اتم که بار الکتریکی ندارد.                      | Neutron              | نوترون              |
| ۱۰۷ | به همه نیروهای جاذبه بین مولکولی (به جز پیوند هیدروژنی) می گویند.          | Van der Walls Forces | نیروهای وان در والس |
| ۶۱  | فرایندی است که در آن از یک یا چند ماده، مواد شیمیایی تازه ای تولید می شود. | Chemical Reaction    | واکنش شیمیایی       |
| ۶۱  | هریک از مواد آغازی واکنش را می گویند.                                      | Reactant             | واکنش دهنده         |
| ۴۶  | لایه ای از گازها که دور یک جرم آسمانی مانند زمین را احاطه می کند.          | Atmosphere           | هواکره              |
| ۳۸  | یونی که تنها از یک اتم تشکیل شده است.                                      | Monoatomic Ion       | یون تک اتمی         |
| ۹۱  | یونی که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده است.                              | Polyatomic Ion       | یون چند اتمی        |

## 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.

