

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

## شیمی (۲)

رشته‌های علوم تجربی – ریاضی و فیزیک

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه



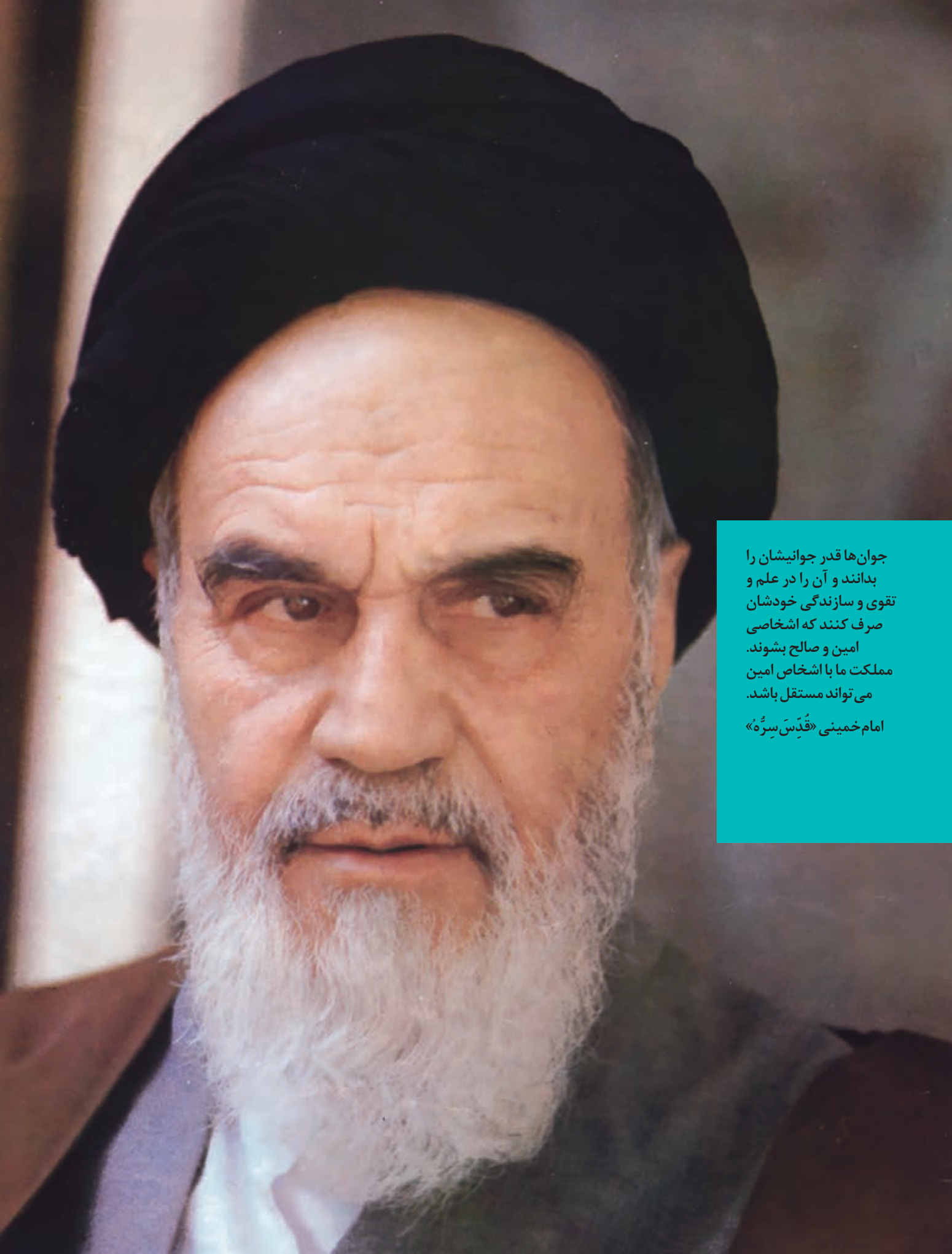


وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

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 (۲) - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۲۱۰  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری  
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، شریف کامیابی، رضا فارغی علمداری، سیروس جمالی، محمد قربان دکامین، رسول عبدالله میرزائی، منصور مختاری و کاظم شکفته (اعضای شورای برنامه‌ریزی)  
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، معصومه شاه‌محمدی اردبیلی، راضیه بنکدارسخی و حسین زمانی‌سیفی‌کار (اعضای گروه تألیف) - حسن حذرخانی (ویراستار علمی) - علی اکبر میرجعفری (ویراستار ادبی)  
اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی  
احمد رضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - مهدیه صفائی‌نیا (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) - مریم کیوان (طراح جلد) - سیده فاطمه طباطبائی، سوروش سعادت‌مندی، فاطمه‌گیتی جبین، زهرارشیدی‌مقدم، زینت‌بهشتی شیرازی، حمید ثابت کلاچاهی (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: 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 نهم ۱۴۰۴

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۸۱۲-۹  
ISBN: 978-964-05-2812-9



جوان‌ها قدر جوانیشان را  
بدانند و آن را در علم و  
تقوی و سازندگی خودشان  
صرف کنند که اشخاصی  
امین و صالح بشوند.  
مملکت ما با اشخاص امین  
می‌تواند مستقل باشد.  
امام خمینی «قُدَسِ 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: قدر هدایای زمینی را بدانیم ..... ۱



فصل دوم: در پی غذای سالم ..... ۵۱



فصل سوم: پوشاک، نیازی پایان ناپذیر ..... ۹۹



واژه‌نامه ..... ۱۲۴

منابع و مأخذ ..... ۱۲۶

## سخنی با دبیران ارجمند

علوم تجربی یکی از حوزه‌های یادگیری برنامه‌درسی ملی است که رسالت اصلی آن تربیت افرادی توانمند با ویژگی‌های زیر است:

- مسئولیت‌پذیر، نوع دوست، جمع‌گرا و جهان‌اندیش باشند.
- ضمن بهره‌برداری از منابع طبیعی، آنها را امانت الهی بدانند و این منابع را برای نسل‌های آینده حفظ کنند.
- از آموخته‌های خود در زندگی فردی و اجتماعی بهره‌گیرند تا زندگی سالم و با نشاطی برای خود و جامعه فراهم کنند.
- اخلاق مدار باشند و در همه حال خداوند را ناظر و حاضر بر اعمال خود بدانند.
- بر اساس این برنامه، دانش‌آموزان دوره‌دوم متوسطه باید به این شایستگی‌ها برسند:
- با درک ماهیت، روش و فرایند علوم تجربی، این علوم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده) به کار گیرند و محدودیت‌ها و توانمندی‌های این علوم را در حل مسائل گزارش کنند.
- با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، بتوانند اندیشه‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیت‌های علمی ارائه دهند و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت کنند.
- علوم تجربی حاصل تلاش انسان برای درک دنیای اطراف، روابط علت و معلولی بین اجزای مادی جهان هستی و در واقع به مثابه کشف مراتبی از فعل خداوند است که با ظهور شواهد و دلایل آشکار می‌شود. قلمرو علوم تجربی، سامانه‌ای به بزرگی عالم طبیعت است که خود از سامانه‌های خرد و کلان و گوناگونی تشکیل شده است. هر سامانه از اجزایی ساخته شده است که:
- ساختار و عملکرد ویژه‌ای دارند.
- با هم در ارتباط‌اند و بر یکدیگر اثر می‌گذارند.
- برای حفظ پایداری تغییر می‌کنند.

از این رو برنامه‌درسی نیز به گونه‌ای طراحی و تدوین شده است که مفاهیم اساسی مرتبط با این اندیشه‌های کلیدی را آموزش دهد. درس شیمی یکی از درس‌های این حوزه یادگیری است که به بررسی ساختار، رفتار و تغییر مواد می‌پردازد. این درس در دوره دوم متوسطه برای رشته‌های علوم تجربی و ریاضی و فیزیک 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، دومین کتاب شیمی در دوره دوم متوسطه است که با تلاش و کوشش مشتاقانه و دلسوزانه جمعی از استادان، کارشناسان و دبیران، تدوین و تألیف شده است. رسالت اصلی محتوا در این کتاب تربیت افرادی است که با کسب سواد علمی شیمی مبتنی بر اصول نقشه جامع علمی کشور، بتوانند زندگی خود را در همه سطح‌ها بهبود بخشند. بر همین اساس، رویکرد سازماندهی محتوا در این درس، زمینه محور، ارتباط با زندگی و توسعه پایدار و رویکرد آموزشی محتوا، یادگیری فعال و کشف مفهوم است. گفتنی است انتخاب رویکرد زمینه محور، سبب شده است تا از ارائه منسجم و متمرکز محتوا در یک پایه پرهیز شود. برای نمونه مبحث استوکیومتری و ساختار لوویس در هر سه پایه آموزش داده خواهد شد. ملاک انتخاب و گستره محتوا در این موارد، ارتباط آن موضوع با زندگی است.

برای تحقق رویکردهای انتخاب شده، در تدوین و تألیف محتوا از عنوان‌های گوناگونی مانند با هم بیندیشیم، کاوش کنید، پیوند با زندگی، پیوند با صنعت، پیوند با ریاضی، آیا می‌دانید، خود را بیازمایید و در میان تارنما، استفاده شده است.

یکی دیگر از ویژگی‌های کتاب شیمی یازدهم، تصویر محور بودن آن است. مؤلفان تلاش کرده‌اند تا حد امکان از تصویرها، نمودارها و شکل‌های گوناگونی استفاده کنند تا افزون بر ایجاد جذابیت و شادابی، یادگیری محتوا آسان‌تر و ماندگاری آن را بیشتر کنند. همچنین برای آشنایی شما همکاران گرامی با نمونه پرسش‌های ارزشیابی و مرور یافته‌های دانش‌آموزان، در پایان هر فصل تعدادی پرسش با عنوان «تمرین‌های دوره‌ای» طراحی و تألیف شده است.

گفتنی است که یادگیری همهٔ محتوای کتاب و تدریس آن ضروری است، اما ارزشیابی از «آیا می‌دانید» ممنوع است. در عین حال باید نکات اشاره شده در حاشیهٔ کتاب در خصوص حدود محتوا و ارزشیابی مورد توجه قرار گیرد.

همکاران گرامی به منظور کسب اطلاعات بیشتر به کتاب راهنمای معلم شیمی ۲ مراجعه کنید. 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 با رعایت معیارهای پیشرفت باشد. لذا، این گروه همچنین مشتاقانه منتظر پیشنهادهای، انتقادهای و نظرهای سازندهٔ شما همکاران گرامی و صاحب‌نظران آموزشی است.

توجه: طرح هرگونه پرسش از محتوای «آیا می‌دانید»، «تفکر نقادانه» و «در میان تارنما» در آزمون‌های هماهنگ کشوری، نهایی و کنکور سراسری ممنوع است.



نظرسنجی کتاب درسی

## سخنی با دانش‌آموزان گرامی

به دنبال کتاب شیمی ۱، این کتاب در دوره دوم متوسطه برای پایه یازدهم تألیف و چاپ شده است. در شیمی ۱ با پیدایش عنصرها و رفتار آنها، هواکره و اجزای سازنده و در پایان با اهمیت و نقش کلیدی آب در زندگی آشنا شدید. از آنجا که هوا و آب دو نیاز حیاتی برای زندگی و ادامه آن هستند می‌توان پس از این دو، برداشت از منابع زمینی برای تهیه غذا و پوشاک را برای زندگی ضروری دانست.

در این راستا کتاب پیش رو در سه فصل با عنوان‌های قدر هدایای زمینی را بدانیم، در پی غذای سالم و پوشاک نیازی پایان‌ناپذیر تألیف شده است. هر فصل با رویکرد زمینه محور به رشته تحریر درآمده و دانش شیمی بر اساس نیازها، تجربیات و رویدادهای زندگی آموزش داده می‌شود. برای تحقق این رویکرد در تدوین و تألیف شیمی ۲ از عنوان‌های گوناگونی استفاده شده که هر عنوان و نقش آن در فرایند آموزش به شرح زیر است:

● **با هم ببندیشیم:** در نظام آموزشی نوین به روش‌های فعال و تعاملی توجه ویژه‌ای می‌شود. در این محتوا در فعالیت گروهی با هم کلاسی‌ها، یک محیط یادگیری جذاب، با نشاط و فعال فراهم نموده تا یادگیری بهتر، عمیق‌تر و لذت‌بخش شود. در هر یک از این گروه‌ها با بهره‌گیری از مهارت‌های ذهنی، درباره یک یا چند مفهوم می‌اندیشید، با گفت و گوی علمی آن را بررسی، تجزیه و تحلیل می‌کنید و پس از کشف مفهوم، آن را توسعه و تعمیم می‌دهید یا تثبیت می‌کنید.

● **کاوش کنید:** واژه شیمی با انجام آزمایش‌های شوق‌انگیز عجین است. در این بخش با انجام فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی افزون بر کشف یا تعمیق یک مفهوم علمی به کسب مهارت‌های دست‌ورزی، مشاهده، ثبت نتایج و ارائه گزارش کار می‌پردازید.

● **پیوند با زندگی:** در زندگی روزمره با پدیده‌هایی روبه‌رو می‌شوید که برای درک، توصیف و تعمیم آن به سواد شیمی نیاز است. این محتوا از یک سو اهمیت و جایگاه دانش شیمی را در زندگی نشان می‌دهد و از سوی دیگر دقت شما را در مواد و فرایندهای پیرامون افزایش می‌دهد.

● **پیوند با صنعت:** یکی از مبانی پیشرفت صنعت، رشد و گسترش علوم تجربی و کاربردی است. شیمی به عنوان علم مواد، فرایندها و واکنش‌ها در این راستا اهمیت و جایگاه کلیدی دارد. 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 شما می‌آموزد که چگونه می‌توان مفاهیم و داده‌های شیمیایی را به کمک روابط ریاضی فرمول‌بندی کرد. این موضوع سبب خواهد شد تا 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 شما تألیف شده است.

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

● **در میان تارنما:** در این بخش با مراجعه به پایگاه‌های اینترنتی یا منابع علمی معتبر به اطلاعاتی درباره اهمیت، نقش و کاربردهای شیمی در زندگی، جامعه، صنعت و ... دست می‌یابید و می‌توانید آن را به صورت یک گزارش علمی در کلاس ارائه کنید.

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



# قدر هدایای زمینی را بدانیم

## فصل ۱



● **أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ... (سوره لقمان - آیه ۲۰)**  
آیا ندیدید خداوند آنچه را در آسمان ها و زمین است مسخر شما کرده و نعمت های آشکار و پنهان خود را به طور فراوان بر شما ارزانی داشته است.

زمین، خانه ماست. نه! زمین، تنها خانه ماست. در آن زاده می شویم و زندگی می کنیم. زمین سرشار از نعمت ها و هدایای پیدا و ناپیدای گوناگونی است که هر یک اندازه معینی دارد. هدایایی که انسان با شناخت و بهره گیری از آنها توانسته است با ساختن ابزار و دستگاه هایی به همه نقاط کره زمین از قطب شمال تا جنوب، اعماق دریاها و اقیانوس ها دست یابد و فضای دوردست و بی کران را نیز کشف کند. توانایی انسان در بیرون کشیدن موادی مانند نفت و فلزها به او این امکان را داده است تا سرپناهی ایمن و گرم برای زندگی خود فراهم سازد. دانش شیمی به ما کمک می کند تا ساختار دقیق این هدایا را شناسایی کنیم، به رفتار آنها پی ببریم و بهره برداری درست از آنها را بیاموزیم. باشد که دریابیم زمین، امانت خداست و دوستی با آن را باور کنیم.



● گسترش فناوری به میزان دسترسی به مواد مناسب وابسته است، به طوری که کشف و درک خواص یک ماده جدید پرچم‌دار توسعه فناوری است. برای نمونه گسترش صنعت خودرو مدیون شناخت و دسترسی به فولاد است. همچنین پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام نیمه‌رساناها ساخته می‌شوند.

## آیا می‌دانید

تمدن‌های آغازین را بر اساس گستره کاربری مواد به سه دوره سنگی، برنزی و آهنی نام‌گذاری می‌کنند. تاریخ آغاز این دوره‌ها به ترتیب به ۲/۵ میلیون، ۳۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال پیش از میلاد بر می‌گردد.

مواد در زندگی ما نقشی شگرف و مؤثر دارند به طوری که صنایع گوناگون مانند غذا، پوشاک، حمل‌ونقل، ساختمان، ارتباطات و هر بخش از زندگی ما کم‌وبیش تحت تأثیر مواد قرار دارند. اغراق نیست اگر رشد و گسترش تمدن بشری را در گرو کشف و شناخت مواد جدید بدانیم. بررسی تمدن‌ها از گذشته تا کنون نشان می‌دهد که توسعه جوامع انسانی به توانمندی افرادی هوشمند گره خورده است. آنان که توانسته‌اند برای رفع نیازهای خود و جامعه، موادی تولید کنند یا با دست‌کاری مواد، خواص آنها را تغییر دهند. انسان‌های پیشین فقط از برخی مواد طبیعی مانند چوب، سنگ، خاک، پشم و پوست بهره می‌بردند، اما با گذشت زمان توانستند موادی مانند سفال را تولید و برخی فلزها را نیز استخراج کنند که خواص مناسب‌تری داشتند.

با گسترش دانش تجربی، شیمی‌دان‌ها به رابطه میان خواص مواد با عنصرهای سازنده آنها پی بردند. آنها همچنین دریافتند که گرما دادن به مواد و افزودن آنها به یکدیگر سبب تغییر و گاهی بهبود خواص می‌شود. با این روند، آنها به توانایی انتخاب مناسب‌ترین ماده برای یک کاربرد معین دست یافتند تا جایی که می‌توانند موادی نو با ویژگی‌های منحصر به فرد و دلخواه طراحی کنند. امروزه با رشد و توسعه فناوری، هزاران ماده تهیه و تولید شده که زندگی مدرن و پیچیده امروزی را ممکن کرده است (شکل ۱).



**شکل ۱- شکوه و عظمت تمدن امروزی تا حدود زیادی مدیون مواد جدیدی است که از شیشه، پلاستیک، فلز، الیاف، سرامیک و... ساخته می‌شوند. آیا می‌دانید این مواد از کجا به دست می‌آیند؟**

۱- شکل زیر فرایند کلی تولید دوچرخه را نشان می دهد.

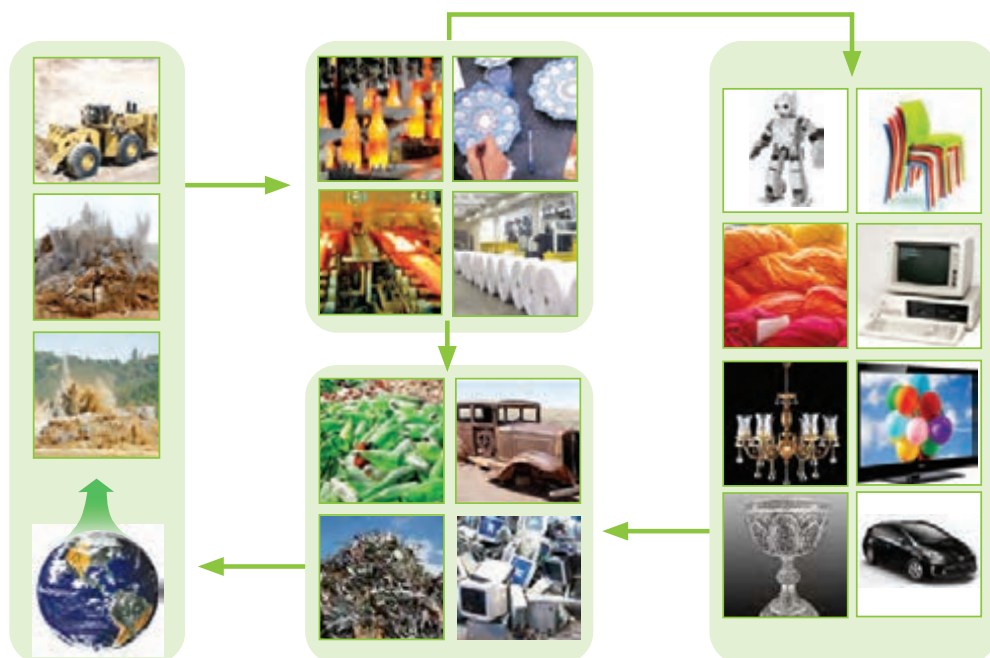


الف) درباره این فرایند گفت و گو کنید.

ب) آیا در فرایند تولید ورقه های فولادی و تایر دوچرخه، موادی دور ریخته می شوند؟

پ) با گذشت زمان چه اتفاقی برای قطعه های دوچرخه می افتد؟

۲- شکل زیر نمایی از چرخه مواد را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید:



الف) آیا جمله «همه مواد طبیعی<sup>۱</sup> و ساختگی<sup>۲</sup> از کره زمین به دست می آیند» درست

است؟ توضیح دهید.

۱- Natural Material

۲- Synthetic Material, Man Made

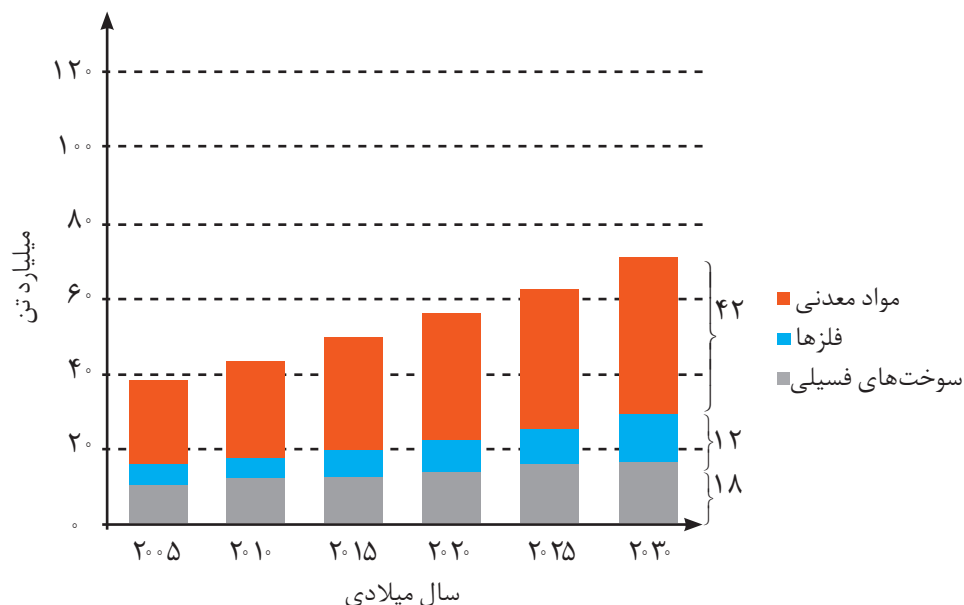


ب) موادی که از طبیعت به دست می‌آوریم، به چه شکلی به طبیعت بازمی‌گردند؟

پ) آیا به تقریب جرم کل مواد در کره زمین ثابت می‌ماند؟ چرا؟

ت) برخی بر این باورند که: «هر چه میزان بهره‌برداری از منابع یک کشور بیشتر باشد، آن کشور توسعه یافته‌تر است.» این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

۳- نمودار زیر برآورد میزان تولید یا مصرف نسبی برخی مواد را در جهان نشان می‌دهد.



## آیا می‌دانید

سالانه بیش از ۷۰ میلیارد تن از منابع انرژی، سوخت‌های فسیلی، فلز و منابع شیمیایی از زمین استخراج می‌شود. با این توصیف مصرف سرانه هدایای ذخیره شده در زمین، حدود ده تن است.

با توجه به نمودار:

الف) در سال ۲۰۱۵ به تقریب چند میلیارد تن فلز در جهان استخراج و مصرف شده است؟

ب) پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۳۰ به تقریب در مجموع چند میلیارد تن از این مواد استخراج و مصرف شوند؟

پ) درباره این جمله که: «زمین منبع عظیمی از هدایای ارزشمند و ضروری برای زندگی است» گفت‌وگو کنید.

دریافتید که زندگی روزانه ما به منابع شیمیایی وابسته است. صبحانه امروز خود را در نظر بگیرید، چای خود را با استکانی شیشه‌ای نوشیده‌اید که از شن و ماسه ساخته شده است، در ظرفی که از خاک چینی ساخته شده است، غذا خورده‌اید و برای هم زدن چای از قاشقی استفاده کرده‌اید که از فولاد زنگ‌نزن ساخته شده است. فولادی که پس از طی مراحل طولانی از سنگ معدن به دست می‌آید. همچنین برای طعم دادن به غذای خود، نمک به دست آمده از خشکی و دریا را روی آن پاشیده‌اید؛ سبزیجات و میوه‌هایی را خورده‌اید که با استفاده از کودهای پتاسیم، نیتروژن و فسفردار رشد کرده‌اند. از سوی دیگر، سوختی را که با

استفاده از آن خانه را گرم یا باک خودرو را پر می کنید، از دل زمین بیرون کشیده اند. با پیشرفت صنعت، شهرها و روستاها گسترش یافتند و سطح رفاه در جامعه بالاتر رفت. با این روند میزان مصرف منابع گوناگون نیز افزایش یافت، به گونه ای که امروزه همه افراد جامعه در پی استفاده از تلفن همراه، خودروی شخصی و انواع وسایل الکترونیکی هستند. تأمین این نیازها به همراه تولید انواع دستگاه ها و ابزارآلات صنعتی، نظامی، کشاورزی و دارویی، سبب شده است تا تقاضای جهانی برای استفاده از هدایای زمینی افزایش یابد، به گونه ای که سالانه حجم انبوهی از منابع شیمیایی بهره برداری می شود. با این توصیف باید باور کنیم که زمین انباری از ذخایر ارزشمند است که بی هیچ منتی به ما هدیه شده است (شکل ۲)، هر چند که این منابع به طور یکسان توزیع نشده اند.



شکل ۲- نمایش توزیع برخی عناصر در جهان. آیا پراکندگی چنین منابعی می تواند دلیلی بر پیدایش تجارت جهانی باشد؟ توضیح دهید.

## در میان تارنها

با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر درباره میزان مصرف منابع شیمیایی گوناگون در جهان اطلاعاتی را جمع آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

اکنون این پرسش مطرح می شود که این هدایای زمینی به چه شکلی استفاده می شوند؟ آیا آنها به همان شکل مصرف می شوند یا آنها را به عنصرهای سازنده تبدیل می کنند، سپس به کار می برند؟ چگونه می توان تشخیص داد که در یک نمونه سنگ معدن، کدام عناصر وجود

## آیا می دانید

برآورد مقدار برخی عناصر در جهان

| نام عنصر | مقدار (تن)            |
|----------|-----------------------|
| آلومینیم | $3/23 \times 10^{10}$ |
| آنتیمون  | $3/86 \times 10^6$    |
| کروم     | $7/79 \times 10^8$    |
| مس       | $9/37 \times 10^8$    |
| طلا      | $8/97 \times 10^4$    |
| هافنیم   | $1/12 \times 10^3$    |
| ایندیم   | $6/0 \times 10^3$     |
| سرب      | $1/44 \times 10^8$    |
| نیکل     | $1/43 \times 10^8$    |
| فسفر     | $4/97 \times 10^{10}$ |
| رودیم    | $7/98 \times 10^4$    |
| پلاتین   | $7/98 \times 10^4$    |
| نقره     | $5/69 \times 10^5$    |
| تیتان    | $1/53 \times 10^5$    |
| قلع      | $1/12 \times 10^7$    |
| اورانیم  | $3/30 \times 10^6$    |
| روی      | $4/60 \times 10^8$    |

دارد و به چه میزانی قابل استخراج است؟ روش‌های استخراج و تهیه یک عنصر چیست؟ استخراج یک ماده شیمیایی چه آثاری روی محیط‌زیست برجای می‌گذارد؟ آیا مصرف مواد به صورت خام مقرون به صرفه است یا فراوری شده؟ بهره‌برداری از هدایای زمینی بر چرخه‌های طبیعی چه اثری دارد؟ شیوه‌های حفظ و نگهداری این منابع ارزشمند برای آیندگان چیست؟ علم شیمی و شیمی‌دان‌ها چه نقشی در استفاده از این منابع مبتنی بر توسعه پایدار دارند؟ شیمی‌دان‌ها برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها، در پی کشف الگوها و روندهای موجود در رفتار مواد و عناصرها هستند.

## الگوها و روندها در رفتار مواد و عناصرها

شیمی‌دان‌ها با مشاهده مواد و انجام آزمایش‌های گوناگون، آنها را دقیق بررسی می‌کنند. هدف همه این بررسی‌ها، یافتن اطلاعات بیشتر و دقیق‌تر درباره ویژگی‌ها و خواص مواد است. اما برقراری ارتباط میان این داده‌ها و اطلاعات، همچنین یافتن الگوها و روندها گامی مهم‌تر و مؤثرتر در پیشرفت علم به شمار می‌آید زیرا بر اساس این روندها، الگوها و روابط می‌توان به رمز و راز هستی پی برد. علم شیمی را می‌توان مطالعه هدف‌دار، منظم و هوشمندانه رفتار عناصرها و مواد برای یافتن روندها و الگوهای رفتار فیزیکی و شیمیایی آنها دانست.

جدول دوره‌ای عناصرها، نمایشی بی‌نظیر از چیدمان عناصرها بوده و همانند یک نقشه راه برای شیمی‌دان‌هاست که به آنها کمک می‌کند حجم انبوهی از مشاهده‌ها را سازمان‌دهی و تجزیه و تحلیل کنند تا الگوهای پنهان در رفتار عناصرها را آشکار نمایند. در شیمی ۱ آموختید که عناصرها در جدول دوره‌ای بر اساس بنیادی‌ترین ویژگی آنها یعنی عدد اتمی ( $Z$ )، چیده شده‌اند. در این جدول، عنصرهایی که آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم آنها مشابه است، در یک گروه جای گرفته‌اند. این جدول شامل ۷ دوره و ۱۸ گروه است. همچنین دریافتید تعیین موقعیت (دوره و گروه) یک عنصر در جدول دوره‌ای، کمک شایانی به پیش‌بینی خواص و رفتار آن خواهد کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که عناصرهای جدول دوره‌ای را بر اساس رفتار آنها می‌توان در سه دسته شامل فلز، نافلز و شبه فلز<sup>۱</sup> جای داد. با برخی رفتار فلزها آشنا هستید (شکل ۳). با بررسی این رفتارها می‌توان ضمن دسته‌بندی عناصرها، به روندها و الگوهای موجود در خواص آنها پی برد. اکنون برای یافتن برخی از این موارد فعالیت‌های صفحه بعد را انجام دهید.

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

● هلیوم با اینکه در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای عناصرها جای دارد، اما عنصری از دسته s است و آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن با دیگر گازهای نجیب متفاوت است.



شکل ۳- برخی کاربرد فلزها مبتنی بر ویژگی آنها. هر کاربرد کدام ویژگی فلز را نشان می‌دهد؟

## با هم بیندیشیم

در شکل‌های زیر، عنصرهای گروه چهاردهم و عنصرهای دوره سوم جدول دوره‌ای همراه با برخی ویژگی‌های آنها نشان داده شده است. با بررسی آنها به پرسش‌ها پاسخ دهید.

- رسانایی الکتریکی کمی دارد.  
- در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد.  
- شکننده است و در اثر ضربه خرد می‌شود.

- سطح آن تیره است.  
- در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد.  
- در اثر ضربه خرد می‌شود.

- رسانایی الکتریکی کمی دارد.  
- در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد.  
- در اثر ضربه خرد می‌شود.

- جامدی شکل‌پذیر است.  
- رسانای خوب گرما و الکتریسیته است.  
- در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون از دست می‌دهد.

- رسانایی گرمایی و الکتریکی بالایی دارد.  
- در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون از دست می‌دهد.  
- در اثر ضربه شکل آن تغییر می‌کند اما خرد نمی‌شود.

الف) عنصرهای گروه ۱۴

سدیم



منیزیم



آلومینیم



فسفر



گوگرد



کلر



- رسانایی گرمایی و الکتریکی بالایی دارند.  
- در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون از دست می‌دهند.  
- در اثر ضربه تغییر شکل می‌دهند ولی خرد نمی‌شوند.  
- سطح درخشانی دارند.

- جریان برق و گرما را عبور نمی‌دهند.  
- در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارند یا می‌گیرند.  
- در اثر ضربه خرد می‌شوند.  
- سطح آنها درخشان نبوده بلکه کدر است.

|                           |                             |                               |                              |                          |                           |                          |                            |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| ۱۱<br>Na<br>سدیم<br>۲۲/۹۹ | ۱۲<br>Mg<br>منیزیم<br>۲۴/۳۱ | 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 |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|

(ب) عنصرهای دوره سوم

۱- در شکل «الف» سطح کدام عنصرها براق و صیقلی است؟

۲- در شکل «الف» کدام عنصرها ویژگی‌های مشترک بیشتری با یکدیگر دارند (رفتارهای فیزیکی و شیمیایی آنها شبیه هم هستند)؟

۳- شکل‌های «الف» و «ب» را با هم مقایسه و مشخص کنید رفتار کدام عنصرها به یکدیگر شباهت بیشتری دارند. نتیجه مقایسه خود را یادداشت کنید.

۴- با کامل کردن جدول صفحه بعد به یک جمع‌بندی از یافته‌های خود برسید و عنصرهای مشخص شده در بالا را در سه دسته فلز، نافلز و شبه فلز قرار دهید.



|                               |  |
|-------------------------------|--|
| ۳<br>Li<br>لیتیم<br>۶/۹۴      |  |
| ۱۱<br>Na<br>سدیم<br>۲۲/۹۹     |  |
| ۱۹<br>K<br>پتاسیم<br>۳۹/۱۰    |  |
| ۳۷<br>Rb<br>روبیدیم<br>۸۵/۴۷  |  |
| ۵۵<br>Cs<br>سزیم<br>۱۳۲/۹     |  |
| ۸۷<br>Fr<br>فرانسییم<br>[۲۲۳] |  |

● فلزهای قلیایی جدول دوره‌ای

| نماد شیمیایی |    |       |    |       |                |    |    |   |        |       | خواص فیزیکی یا شیمیایی                 |
|--------------|----|-------|----|-------|----------------|----|----|---|--------|-------|--|
| Ge           | Pb | P     | Mg | Cl    | Sn             | Al | Na | S | Si     | C     |  |
|              |    | ندارد |    |       |                |    |    |   |        | دارد  | رسانایی الکتریکی                       |
| دارد         |    |       |    | ندارد |                |    |    |   |        | ندارد | رسانایی گرمایی                         |
|              |    |       |    |       |                |    |    |   |        |       | سطح صیقلی                              |
|              |    |       |    |       |                |    |    |   |        |       | چکش خواری                              |
|              |    |       |    |       | الکترون می دهد |    |    |   | اشتراک |       | تمایل به دادن، گرفتن یا اشتراک الکترون |

۵- در گروه ۱۴ از بالا به پایین، خصلت فلزی چه تغییری کرده است؟

۶- روند تغییر خصلت فلزی<sup>۱</sup> و نافلزی<sup>۲</sup> در دوره سوم جدول را بررسی کنید.

۷- پیش‌بینی کنید کدام عنصر در گروه اول جدول دوره‌ای خصلت فلزی بیشتری دارد.

۸- عبارت زیر را با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، کامل کنید.

## آیا می‌دانید

گسترش صنایع الکترونیک و ساخت انواع وسایل و دستگاه‌های الکترونیکی مانند تلویزیون، رایانه، تلفن همراه و ماشین حساب مدیون ویژگی نیمه‌رسانایی عنصر سیلیسیم است.

در هر دوره از جدول دوره‌ای، از چپ به راست از خاصیت فلزی<sup>۱</sup> کاسته و به خاصیت نافلزی<sup>۲</sup> افزوده می‌شود. در گروه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ عنصرهای بالاتر<sup>۳</sup> خاصیت نافلزی بیشتری دارند زیرا از بالا به پایین خاصیت نافلزی<sup>۲</sup> زیاد می‌شود.

بیشتر عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند که به‌طور عمده در سمت چپ و مرکز جدول قرار دارند. اما نافلزها در سمت راست و بالای جدول چیده شده‌اند. شبه فلزها همانند مرزی بین فلزها و نافلزها قرار دارند. خواص فیزیکی شبه فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده در حالی که رفتار شیمیایی آنها همانند نافلزها است.

دیدید که خصلت فلزی در یک دوره از چپ به راست کاهش می‌یابد و در یک گروه از بالا به پایین افزایش می‌یابد. این روند در دیگر گروه‌ها و دوره‌ها نیز مشاهده می‌شود. به دیگر سخن خواص فیزیکی و شیمیایی عنصرها به‌صورت دوره‌ای تکرار می‌شود که به **قانون دوره‌ای عنصرها**<sup>۳</sup> معروف است.



۱- Metallic Property  
۲- Nonmetallic Property  
۳- Elements Periodic Law

|                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| $^1_1\text{H}$<br>هیدروجن<br>۱.۰۰۸ | $^2_2\text{He}$<br>هلیوم<br>۴.۰۰۳ |
| $^3_3\text{Li}$<br>لیتیم<br>۶.۹۴   | $^4_4\text{Be}$<br>بیریلم<br>۹.۰۱ |

خواهد بود؟»

# «جدول عنصرها در آینده به چه شکل خواهد بود؟»

|                                |                               |                                |                              |                                |                                 |                               |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ۱۲<br>Mg<br>منیزیم<br>۲۴٫۳۱    | ۱۱<br>Na<br>سدیم<br>۲۲٫۹۹     | ۱۰<br>Ne<br>نئون<br>۲۰٫۱۸      | ۹<br>F<br>فلور<br>۱۹٫۰۰      | ۸<br>O<br>اکسیژن<br>۱۶٫۰۰      | ۷<br>N<br>نیتروژن<br>۱۴٫۰۱      | ۶<br>C<br>کربن<br>۱۲٫۰۱       | ۵<br>B<br>بور<br>۱۰٫۸۰        |
| ۲۰<br>Ca<br>کلسیم<br>۴۰٫۰۸     | ۱۹<br>K<br>پتاسیم<br>۳۹٫۱۰    | ۱۸<br>Ar<br>آرگون<br>۳۹٫۹۵     | ۱۷<br>Cl<br>کلر<br>۳۵٫۴۵     | ۱۶<br>S<br>گوگرد<br>۳۲٫۰۷      | ۱۵<br>P<br>فسفر<br>۳۰٫۹۷        | ۱۴<br>Si<br>سیلیسیم<br>۲۸٫۰۹  | ۱۳<br>Al<br>آلومینیم<br>۲۶٫۹۸ |
| ۳۸<br>Sr<br>استرانسیم<br>۸۷٫۶۲ | ۳۷<br>Rb<br>روبینیم<br>۸۵٫۴۷  | ۳۶<br>Kr<br>کریپتون<br>۸۳٫۸۰   | ۳۵<br>Br<br>برم<br>۷۹٫۹۰     | ۳۴<br>Se<br>سelenیم<br>۷۸٫۹۶   | ۳۳<br>As<br>آرسنیک<br>۷۴٫۹۲     | ۳۲<br>Ge<br>ژرمانیم<br>۷۲٫۶۴  | ۳۱<br>Ga<br>گالیوم<br>۶۹٫۷۲   |
| ۵۶<br>Ba<br>باریم<br>۱۳۷٫۳     | ۵۵<br>Cs<br>سزیم<br>۱۳۲٫۹۰    | ۵۴<br>Xe<br>زنون<br>۱۳۱٫۲۰     | ۵۳<br>I<br>ید<br>۱۲۶٫۹۰      | ۵۲<br>Te<br>تلوریم<br>۱۲۷٫۶۰   | ۵۱<br>Sb<br>آنتیمون<br>۱۲۱٫۸۰   | ۵۰<br>Sn<br>قلع<br>۱۱۸٫۷۰     | ۴۹<br>In<br>آنتیمون<br>۱۱۴٫۸۰ |
| ۸۸<br>Ra<br>رادیوم<br>[۲۲۶]    | ۸۷<br>Fr<br>فرانسییم<br>[۲۲۳] | ۸۶<br>Rn<br>رادون<br>[۲۲۲]     | ۸۵<br>At<br>استاتین<br>[۲۱۰] | ۸۴<br>Po<br>پولونیوم<br>[۲۰۹]  | ۸۳<br>Bi<br>بیسموت<br>۲۰۸٫۹۸۰   | ۸۲<br>Pb<br>سرب<br>۲۰۷٫۲۰     | ۸۱<br>Tl<br>تالیوم<br>۲۰۴٫۳۸  |
| ۱۲۰<br>؟<br>[۲۹۶]              | ۱۱۹<br>؟<br>[۲۹۵]             | ۱۱۸<br>Og<br>اوگانسون<br>[۲۹۴] | ۱۱۷<br>Ts<br>تنسینه<br>[۲۹۶] | ۱۱۶<br>Lv<br>لومووریم<br>[۲۹۳] | ۱۱۵<br>Mc<br>مکسکوویوم<br>[۲۸۸] | ۱۱۴<br>Fl<br>فلرویوم<br>[۲۸۹] | ۱۱۳<br>Nh<br>نیوهیم<br>[۲۸۴]  |

|                                |                                  |                               |                               |                              |                              |                               |                                |                               |                                |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 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    | ۲۸<br>Ni<br>نیکل<br>۵۸٫۶۹      | ۲۹<br>Cu<br>مس<br>۶۳٫۵۵       | ۳۰<br>Zn<br>روی<br>۶۵٫۳۹       |
| ۳۹<br>Y<br>یتریم<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>روترنیم<br>۱۰۱٫۱ | ۴۵<br>Rh<br>رودرنیم<br>۱۰۲٫۹۰ | ۴۶<br>Pd<br>پالادیم<br>۱۰۶٫۴۰  | ۴۷<br>Ag<br>نقره<br>۱۰۷٫۹۰    | ۴۸<br>Cd<br>کادمیم<br>۱۱۲٫۴۰   |
| ۷۱<br>Lu<br>لوئسیوم<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>رhenیم<br>۱۸۶٫۲۰ | ۷۶<br>Os<br>اوسم<br>۱۹۰٫۲۰   | ۷۷<br>Ir<br>ایریدیم<br>۱۹۲٫۲۰ | ۷۸<br>Pt<br>پلاتین<br>۱۹۵٫۱    | ۷۹<br>Au<br>طلا<br>۱۹۷٫۰۰     | ۸۰<br>Hg<br>جیوه<br>۲۰۰٫۶۰     |
| ۱۰۳<br>Lr<br>لورنسیوم<br>[۲۶۱] | ۱۰۴<br>Rf<br>رافرفوریوم<br>[۲۶۱] | ۱۰۵<br>Db<br>داینبیم<br>[۲۶۸] | ۱۰۶<br>Sg<br>سیورگیم<br>[۲۷۱] | ۱۰۷<br>Bh<br>بوریم<br>[۲۷۲]  | ۱۰۸<br>Hs<br>هاسیم<br>[۲۷۷]  | ۱۰۹<br>Mt<br>ماتریوم<br>[۲۷۶] | ۱۱۰<br>Ds<br>دارشتنیم<br>[۲۸۱] | ۱۱۱<br>Rg<br>روگننیم<br>[۲۸۰] | ۱۱۲<br>Cn<br>کوپرنیسم<br>[۲۸۷] |

دسته d

دسته p

دسته s

(الف) دربارهٔ این طبقه‌بندی، ملاک آن، روندهای دوره‌ای، شمار عنصرهای دسته‌g و ... در کلاس گفت‌وگو و جدول را از جنبه‌های گوناگون نقد کنید.

(ب) شما چه جدولی پیشنهاد می‌کنید؟ توضیح دهید.

رفتارهای فیزیکی، فلزها شامل داشتن جلا، رسانایی الکتریکی و گرمایی، خاصیت

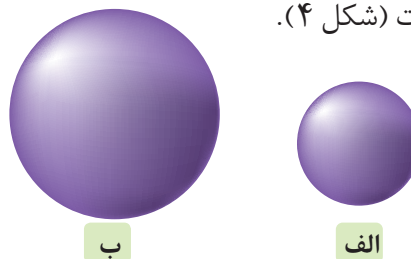


جدول پیشنهادی شارل ژانت (۱۸۴۹-۱۹۳۲ میلادی) با مدل کوانتومی همخوانی داشت. در دوردیف جدید این جدول، زیر لایه g به عنوان زیر لایه پنجم پس از زیر لایه های s، p، d و f پر می شود.

|                               |                             |                                   |                              |                              |                                |                               |                                 |                            |                                  |                                |                              |                               |                               |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ۵۷<br>La<br>لاتان<br>۱۳۸.۹۰   | ۵۸<br>Ce<br>سرم<br>۱۴۰.۱۰   | ۵۹<br>Pr<br>پراسودیوم<br>۱۴۰.۹۰   | ۶۰<br>Nd<br>نئودیم<br>۱۴۴.۲۰ | ۶۱<br>Pm<br>پرومتیم<br>[۱۴۵] | ۶۲<br>Sm<br>ساماریوم<br>۱۵۰.۴۰ | ۶۳<br>Eu<br>اوروپیم<br>۱۵۲.۰۰ | ۶۴<br>Gd<br>گادولینیم<br>۱۵۷.۳۰ | ۶۵<br>Tb<br>تریم<br>۱۵۸.۹۰ | ۶۶<br>Dy<br>دیسپروزیوم<br>۱۶۲.۵۰ | ۶۷<br>Ho<br>هولم<br>۱۶۴.۹۰     | ۶۸<br>Er<br>اریم<br>۱۶۷.۳۰   | ۶۹<br>Tm<br>تولیم<br>۱۶۸.۹۰   | ۷۰<br>Yb<br>ایتریم<br>۱۷۳.۰۰  |
| 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]  | ۹۵<br>Am<br>آمرسیوم<br>[۲۴۳]  | ۹۶<br>Cm<br>کوریوم<br>[۲۴۷]     | ۹۷<br>Bk<br>برکیم<br>[۲۴۷] | ۹۸<br>Cf<br>کالیفرنیم<br>[۲۵۱]   | ۹۹<br>Es<br>ایشتنینیم<br>[۲۵۲] | ۱۰۰<br>Fm<br>فرمیوم<br>[۲۵۷] | ۱۰۱<br>Md<br>مندلیوم<br>[۲۵۸] | ۱۰۲<br>No<br>نوبلیوم<br>[۲۵۹] |
| دسته f                        |                             |                                   |                              |                              |                                |                               |                                 |                            |                                  |                                |                              |                               |                               |
| دسته g                        |                             |                                   |                              |                              |                                |                               |                                 |                            |                                  |                                |                              |                               |                               |

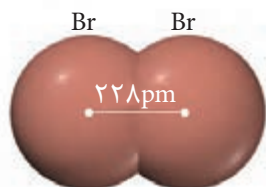
چکش خواری، شکل پذیری (مانند قابلیت ورقه و مفتول شدن) و... است. در حالی که رفتار شیمیایی فلزها به میزان توانایی اتم آنها به از دست دادن الکترون وابسته است. هر چه اتم فلزی در شرایط معین آسان تر الکترون از دست بدهد، خصلت فلزی بیشتری دارد و **فعالیت شیمیایی**<sup>۱</sup> آن بیشتر است.

روندهای تناوبی در جدول بر اساس کمیت های وابسته به اتم قابل توضیح است. یکی از این کمیت ها، شعاع اتمی است. در شیمی دهم آموختید که مطابق مدل کوانتومی، اتم را مانند کره ای در نظر می گیرند که الکترون ها پیرامون هسته و در لایه های الکترونی در حال حرکت اند. بنابراین می توان برای هر اتم شعاعی در نظر گرفت و آن را اندازه گیری کرد. بدیهی است که شعاع اتم های مختلف، یکسان نیست و هرچه شعاع یک اتم بزرگ تر باشد، اندازه آن اتم نیز بزرگ تر است (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه نسبی شعاع اتمی لیتیم (الف) و پتاسیم (ب).

**آیا می دانید**  
تعیین اندازه اتم همانند جرم آن بسیار دشوار است. برای برخی اتم ها نصف فاصله بین هسته های دو اتم یکسان در پیوند اشتراکی یگانه را شعاع اتم در نظر می گیرند. برای نمونه:



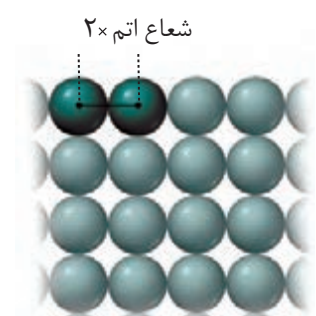
$$\frac{228 \text{ pm}}{2} = 114 \text{ pm} = \text{شعاع اتم برم}$$

$$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$$

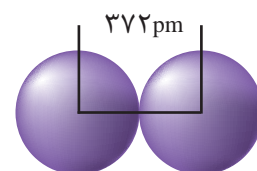
آیا میان شعاع اتم ها و خصلت فلزی یا نافلزی آنها رابطه ای هست؟ اکنون با انجام دادن فعالیت صفحه بعد به رابطه بین خصلت فلزی و نافلزی با شعاع اتم پی می برید.

## آیا می دانید

شعاع دسته دیگری از اتم‌ها به روش زیر اندازه گیری می شود.



برای نمونه شعاع اتم سدیم برابر با ۱۸۶ پیکومتر است.

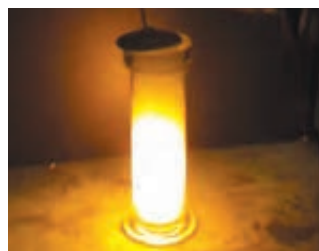


## با هم بیندیشیم

- ۱- با توجه به جایگاه عنصرهای لیتیم، سدیم و پتاسیم (فلزهای قلیایی<sup>۱</sup>) در جدول دوره‌ای، پیش بینی کنید در واکنش با گاز کلر، اتم‌های کدام یک آسان تر الکترون از دست خواهد داد؟ چرا؟
- ۲- تصویر زیر واکنش این فلزها با گاز کلر را در شرایط یکسان نشان می دهد. آیا داده های این تصویر پیش بینی شما را تأیید می کند؟ (راهنمایی: هرچه ماده ای سریع تر و شدیدتر واکنش بدهد، فعالیت شیمیایی بیشتری دارد).



الف) لیتیم



ب) سدیم



پ) پتاسیم

- ۳- به نظر شما آیا جمله «هرچه شعاع اتمی یک فلز بزرگ تر باشد، آسان تر الکترون از دست می دهد» درست است؟ چرا؟

- ۴- جدول زیر را کامل کنید و توضیح دهید بین شمار لایه های الکترونی با شعاع اتم چه رابطه ای وجود دارد.

| نماد شیمیایی عنصر              | ${}^3\text{Li}$ | ${}^{11}\text{Na}$ | ${}^{19}\text{K}$ |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| آرایش الکترونی فشرده           |                 |                    |                   |
| نماد آخرین زیرلایه             |                 |                    |                   |
| تعداد لایه های الکترونی در اتم |                 |                    |                   |
| شعاع اتمی (pm)                 | ۱۵۲             | ۱۸۶                | ۲۳۱               |

- ۵- با توجه به جدول زیر، پیش بینی کنید اتم کدام یک از فلزهای گروه دوم (فلزهای قلیایی خاکی<sup>۲</sup>) جدول دوره ای در واکنش با نافلزها، آسان تر به کاتیون  $\text{M}^{2+}$  تبدیل می شود. چرا؟

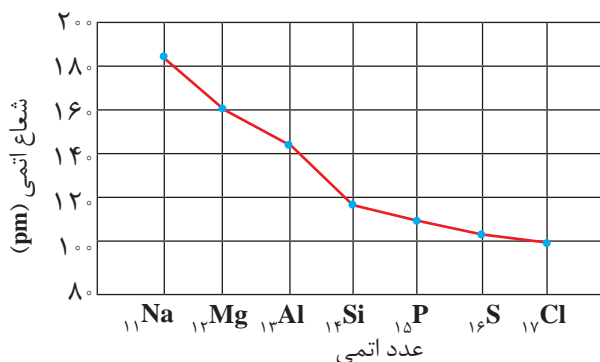
| نام و نماد شیمیایی فلز | Mg (منیزیم) | Ca (کلسیم) | Sr (استرانسیم) |
|------------------------|-------------|------------|----------------|
| شعاع اتمی (pm)         | ۱۶۰         | ۱۹۷        | ۲۱۵            |

● تولید نور، آزادسازی گرما، تشکیل رسوب و خروج گاز نشانه هایی از تغییر شیمیایی هستند. هرچه شدت نور یا آهنگ خروج گاز آزاد شده بیشتر باشد، واکنش شیمیایی سریع تر و شدیدتر بوده و واکنش دهنده فعالیت شیمیایی بیشتری دارد.

۱- Alkaline Metals

۲- Alkaline Earth Metals

یکی دیگر از روندهای تناوبی، روند تغییر شعاع اتمی عنصرهای جدول دوره‌ای است. در یک گروه، از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می‌یابد، زیرا تعداد لایه‌های الکترونی بیشتر می‌شود. در حالی که در یک دوره، شعاع اتمی عنصرها از چپ به راست کاهش می‌یابد؛ زیرا در یک دوره، تعداد لایه‌های الکترونی ثابت می‌ماند در حالی که تعداد پروتون‌های هسته افزایش می‌یابد. با افزایش تعداد پروتون‌ها، نیروی جاذبه‌ای که هسته به الکترون‌ها وارد می‌کند افزایش یافته و بدین ترتیب شعاع اتم کاهش می‌یابد (نمودار ۱).



نمودار ۱- تغییر شعاع اتمی در دوره سوم جدول دوره‌ای

نافلزها در واکنش‌های شیمیایی برخلاف فلزها تمایل دارند با گرفتن الکترون به آنیون تبدیل شوند. برای مثال نافلزهای گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) با گرفتن یک الکترون به آنیون با یک بار منفی (یون هالید<sup>۱</sup>) تبدیل می‌شوند.

## خود را بیازمایید

الف) جدول زیر را کامل کنید.

| نماد شیمیایی عنصر              | ${}^9\text{F}$ | ${}^{17}\text{Cl}$ | ${}^{35}\text{Br}$ |
|--------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| آرایش الکترونی فشرده           |                |                    |                    |
| نماد آخرین زیرلایه             |                |                    |                    |
| تعداد لایه‌های الکترونی در اتم |                |                    |                    |
| شعاع اتمی (pm)                 | ۷۱             | ۹۹                 | ۱۱۴                |



● در تولید لامپ چراغ‌های جلوی خودروها، از هالوژن‌ها استفاده می‌شود.

ب) پیش‌بینی کنید در شرایط یکسان کدام هالوژن واکنش‌پذیرتر است. چرا؟

پ) در جدول زیر شرایط واکنش این نافلزها با گاز هیدروژن نشان داده شده است. با توجه به آن، مشخص کنید آیا پیش‌بینی شما درست است.

| نام هالوژن | شرایط واکنش با گاز هیدروژن                                |
|------------|---|
| فلوئور     | حتی در دمای $200^{\circ}\text{C}$ - به سرعت واکنش می‌دهد. |
| کلر        | در دمای اتاق به آرامی واکنش می‌دهد.                       |
| برم        | در دمای $200^{\circ}\text{C}$ واکنش می‌دهد.               |
| ید         | در دمای بالاتر از $400^{\circ}\text{C}$ واکنش می‌دهد.     |

ت) توضیح دهید خصلت نافلزی با شعاع اتمی چه رابطه‌ای دارد.

اگرچه همه فلزها در حالت‌های کلی رفتارهای مشابهی دارند، اما تفاوت‌های قابل توجهی میان آنها وجود دارد، به‌طوری که هر فلز رفتارهای ویژه خود را دارد. برای نمونه، فلز سدیم نرم است و با چاقو بریده شده و به سرعت در هوا تیره می‌شود اما آهن فلزی محکم است و از آن برای ساخت در و پنجره فلزی استفاده می‌شود. این فلز با اکسیژن در هوای مرطوب به کندی واکنش می‌دهد و به زنگ آهن تبدیل می‌شود. این در حالی است که طلا در گذر زمان جلای فلزی خود را حفظ می‌کند و همچنان خوش‌رنگ و درخشان باقی می‌ماند (شکل ۵). فلزهای دسته d نیز رفتاری شبیه فلزهای دسته s و p دارند. آنها نیز رسانای جریان الکتریکی و گرما هستند، چکش‌خوارند و قابلیت ورقه شدن دارند. با وجود این، هر یک از این فلزها نیز رفتارهای ویژه‌ای دارند که در ادامه با برخی از آنها آشنا می‌شویم.

### دنیاپی رنگی با عنصرهای دسته d

یکی از اصیل‌ترین و ارزنده‌ترین صنایع دستی کشورمان شیشه‌گری است، صنعتی که پشتوانه و سابقه‌ای دیرینه دارد. گردن‌بندی با دانه‌های شیشه‌ای آبی رنگ متعلق به هزاران سال پیش که در ناحیه شمال غربی ایران کشف شده و قطعات شیشه‌ای مایل به سبزی که طی کاوش‌های باستان‌شناسی در لرستان و شوش به‌دست آمده است، نشان از وجود این صنعت در روزگاران بسیار دور دارد. شیشه‌های رنگی و طرح‌دار در معماری پر نقش و نگار ایرانی بخشی از فرهنگ غنی ما است؛ پنجره‌هایی که در مساجد و خانه‌های تاریخی ایران به فراوانی دیده می‌شوند و هنگامی که خورشید بر آنها می‌تابد، نقشی از طرح و رنگ‌های خیره‌کننده در فضا پدیدار می‌شود (شکل ۶).



شکل ۵- الف) جلای نقره‌ای فلز سدیم در مجاورت هوا به سرعت از بین می‌رود و سطح آن کدر می‌شود.



شکل ۵- ب) در معماری اسلامی، گنبد و گلدسته شماری از اماکن مقدس را با ورقه‌های نازکی از طلا تزئین می‌کنند.



● گردن‌بند ساخته شده از سنگ فیروزه



● نمونه‌ای از شیشه‌های باستانی



● بررسی آرایش الکترونی و رفتار  
عنصرهای با عدد اتمی بالاتر از  
۳۶ جزء اهداف این کتاب نیست  
و طرح هرگونه پرسش از این بخش  
در آزمون‌های پایانی، نهایی و آزمون  
سراسری (کنکور) ممنوع است.



**شکل ۶- الف)** مسجد نصیرالملک شیراز یکی از زیباترین مساجد ایران است. عبور نور از میان شیشه‌های رنگی این مسجد در هنگام صبح، زیبایی خاصی به آن می‌بخشد. **ب)** نمایی از یک خانهٔ قدیمی در کاشان.

یکی از هدایای زمینی، سنگ‌های گران‌بهای آن است که به‌دلیل رنگ‌های گوناگون و زیبای خود، کاربرد گسترده‌ای در جواهرسازی دارند. شاید از خودتان پرسیده باشید که این تنوع و زیبایی رنگ‌ها در شیشه به دلیل وجود چه موادی است؟ چه چیزی سبب سرخی **یا قوت**<sup>۱</sup> شده است؟ چرا زمرد سبز رنگ است؟ رنگ زیبای سنگ فیروزه به چه دلیل است؟ در پاسخی ساده می‌توان گفت که این رنگ‌های زیبا، نشانی از وجود برخی ترکیب‌های فلزهای واسطه است (شکل ۷).



(شکل ۷- الف) فیروزه، ب) یاقوت سرخ و پ) زمرد

## آیا می دانید

یاقوت همان آلومینیم اکسید است که در ساختار آن تعداد کمی از یون‌های آلومینیم با یون‌های  $\text{Cr}^{3+}$  جایگزین شده و رنگ سرخ زیبای یاقوت را ایجاد کرده است.



با عبور نور سفید از یک یاقوت، طول موج‌های بلندتر آن یعنی رنگ سرخ بازتاب می‌شود.

فلزهای دسته d، دسته ای از عنصرهای جدول دوره ای هستند که زیر لایه d اتم آنها در حال پر شدن است. در شکل زیر نخستین سری از این فلزها که در دوره چهارم جدول جای دارند، نشان داده شده است.

Diagram illustrating the d-block elements and their corresponding d-orbitals. The d-block is highlighted in blue, spanning groups 3 to 10. The d-orbitals are labeled above the block:  $3d^1$ ,  $3d^2$ ,  $3d^3$ ,  $3d^4$ ,  $3d^5$ ,  $3d^6$ ,  $3d^7$ ,  $3d^8$ ,  $3d^9$ , and  $3d^{10}$ . A bracket labeled 'd' is placed below the block, indicating the d-orbitals. The elements Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, and Zn are listed below the d-block.

اغلب این فلزها در طبیعت به شکل ترکیب‌های یونی همچون اکسیدها، کربنات‌ها و... یافت می‌شوند. برای نمونه آهن، دو اکسید طبیعی با فرمول‌های  $\text{FeO}$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  دارد. در این

## آیا می دانید

استفاده از نمک‌های گوناگون فلزهای واسطه در ساخت شیشه‌ها، رنگ‌های متنوعی ایجاد می‌کند.



کروم (III)  
Cr<sup>3+</sup>

نیکل (II)  
Ni<sup>2+</sup>



کبالت (II)  
Co<sup>2+</sup>

آهن (II)  
Fe<sup>2+</sup>



منگنز (III)  
Mn<sup>3+</sup>

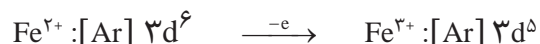
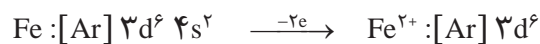
مس (II)  
Cu<sup>2+</sup>

## آیا می دانید

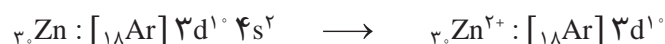
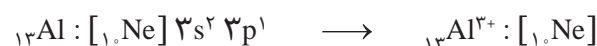
خرچنگ نعل اسبی<sup>۱</sup>، که به‌عنوان فسیل زنده شناخته می‌شود، خونی به رنگ آبی دارد، درحالی‌که خون انسان به رنگ قرمز است. رنگ خون به دلیل وجود یونی از فلزهای واسطه است. در خون خرچنگ نعل اسبی، یون Cu<sup>2+</sup> و در خون انسان یون Fe<sup>2+</sup> وجود دارد. خون این جانور کاربردهای زیادی در صنعت پزشکی دارد.



اکسیدها، کدام کاتیون‌های آهن وجود دارد؟ به نظر شما اتم آهن برای تشکیل این کاتیون‌ها، کدام الکترون‌های خود را از دست داده است؟ فلزهای دسته d نیز به هنگام تشکیل کاتیون، الکترون‌های بیرونی‌ترین زیر لایه خود را از دست می‌دهند. پس آرایش یون‌های Fe<sup>2+</sup> و Fe<sup>3+</sup> به صورت زیر خواهد بود:



همان گونه که می‌بینید آرایش الکترونی یون‌های Fe<sup>2+</sup> و Fe<sup>3+</sup> همانند آرایش الکترونی هیچ گاز نجیبی نیست. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اتم اغلب فلزهای واسطه با تشکیل کاتیون به آرایش گاز نجیب دست نمی‌یابند. در حالی که کاتیون حاصل از فلزهای اصلی اغلب به آرایش پایدار گاز نجیب می‌رسند، مانند:



آرایش الکترونی یون روی

شبیه هیچ گاز نجیبی نیست.

## خود را بیازمایید

۱- اسکاندیم (Sc<sub>21</sub>)، نخستین فلز واسطه در جدول دوره‌ای است که در وسایل خانه مانند تلویزیون رنگی و برخی شیشه‌ها وجود دارد.

الف) آرایش الکترونی اتم آن را بنویسید.

ب) کاتیون این فلز در ترکیب‌هایش، سه بار مثبت دارد. آرایش الکترونی فشرده کاتیون اسکاندیم را رسم کنید.

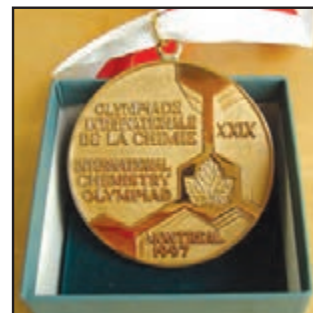
۲- جدول زیر را کامل کنید.

| نماد فلز / یون  | آرایش الکترونی                       | نماد فلز / یون   | آرایش الکترونی       |
|-----------------|--------------------------------------|------------------|----------------------|
| <sup>۲۳</sup> V | [Ar] 3d <sup>۳</sup> 4s <sup>۲</sup> | <sup>۲۴</sup> Cr | .....                |
| V <sup>۲+</sup> | .....                                | Cr <sup>۲+</sup> | [Ar] 3d <sup>۴</sup> |
| V <sup>۳+</sup> | .....                                | Cr <sup>۳+</sup> | .....                |



در خاک معدن طلای زرشوران، میزان طلا حدود ۴ppm است. به دیگر سخن در هر تن خاک این معدن، حدود ۴ گرم طلا وجود دارد. در مجتمع طلای مته اصفهان نیز سالانه حدود ۳۰۰ کیلوگرم طلا استخراج می شود.

هر کجا که هستید به اطراف خود نگاهی بیندازید، آیا جسم یا وسیله ای می بینید که از جنس طلا باشد یا در ساختن آن از طلا استفاده شده باشد؟ شاید به دنبال زیورآلاتی مانند گردن بند، انگشتر، دستبند، گنبد طلایی یا مواردی مشابه می گردید. آیا فلز طلا را می توان در وسایل دیگر نیز یافت؟ طلا فلزی ارزشمند و گران بها است که افزون بر ویژگی های مشترک فلزها، ویژگی های منحصر به فردی نیز دارد. فلز طلا به اندازه ای چکش خوار و نرم است که چند گرم از آن را می توان با چکش کاری به صفحه ای با مساحت چند متر مربع تبدیل کرد.



شکل ۸- برخی کاربردهای طلا

● طلا که پاک است چه منتش به خاک است» یک ضرب المثل ایرانی است اما یک مفهوم شیمیایی را بیان می کند. در مورد آن گفت و گو کنید.

به همین دلیل ساخت برکه ها و رشته سیم های بسیار نازک (نخ طلا) به راحتی امکان پذیر است. رسانایی الکتریکی بالای طلا و حفظ این رسانایی در شرایط دمایی گوناگون، همچنین واکنش ندادن آن با گازهای موجود در هواکره و مواد موجود در بدن انسان همراه با بازتاب زیاد پرتوهای خورشیدی از جمله ویژگی های خاص طلاست که سبب شده کاربردهای این فلز گسترش یافته و تقاضای جهانی آن روز به روز افزایش یابد (شکل ۸).

هر چند طلا در طبیعت به شکل فلزی و عنصری خود نیز یافت می شود، اما مقدار آن در معادن طلا بسیار کم است. به طوری که برای استخراج مقدار کمی از آن باید از حجم انبوهی خاک معدن استفاده کرد. به همین دلیل پسماند بسیار زیادی تولید می شود. برای نمونه، در تولید مقدار طلای مورد نیاز برای ساخت یک عدد حلقه عروسی حدود سه تن پسماند ایجاد می شود. از این رو استخراج طلا همانند دیگر فعالیت های صنعتی آثار زیان بار زیست محیطی بر جای می گذارد. امید است که در پیوند صنعت با دانشگاه و انجام پژوهش های مناسب، راه هایی برای استخراج فلزها پیدا شود که ضمن بهره برداری از منابع، منجر به کاهش رد پای محیط زیستی شده و هماهنگ با توسعه پایدار باشد. مجتمع طلای مته در اصفهان و زرشوران در آذربایجان غربی از منابع استخراج طلا در ایران هستند.

زیورآلات و جواهرات  
تن ۲۳۹۸/۷

الکترونیک  
تن ۳۱۰/۶

پشتوانه ارزی  
تن ۲۵۳/۳

صنایع دیگر  
تن ۷۵۰

دندان پزشکی  
تن ۵۷/۳

## آیا می دانید

بیشتر فلزها به شکل سولفید یا اکسید در طبیعت وجود دارند.



● رگه های طلا در طبیعت

## عنصرها به چه شکلی در طبیعت یافت می شوند؟

یافته ها نشان می دهد که اغلب عنصرها در طبیعت به شکل ترکیب یافت می شوند، هرچند برخی نافلزها مانند اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و... به شکل آزاد در طبیعت وجود دارند و وجود نمونه هایی از فلزهای نقره، مس، پلاتین نیز در طبیعت گزارش شده است. البته در میان فلزها، تنها طلا به شکل کلوخه ها یا رگه های زرد لابه لای خاک یافت می شود (شکل ۹).



شکل ۹- نمونه هایی از کانی ها (کلسیم کربنات، سدیم کلرید، منگنز (II) کربنات، گوگرد). فرمول شیمیایی هر یک از این مواد را بنویسید.

در دنیای مدرن و صنعتی امروزی، از فلزهای بسیار زیادی استفاده می شود آن چنان که چرخ های اقتصادی کشورها به تولید و مصرف این مواد گره خورده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- کاربرد فلزهای گوناگون در زندگی

آهن فلزی است که در سطح جهان بیشترین مصرف سالانه را در بین صنایع گوناگون دارد. در کشور ما نیز مصرف آهن بسیار زیاد است. همان طور که می دانید آهن اغلب در طبیعت به شکل اکسید یافت می شود. اکنون این پرسش مطرح می شود که چگونه می توان وجود آهن را در سنگ معدن شناسایی و به چه روشی می توان آن را استخراج کرد؟ شیمی دان ها با بررسی دقیق مواد، رفتار آنها را می شناسند تا پاسخ این گونه پرسش ها را بیابند. یکی از حوزه های پرکاربرد و اقتصادی علم شیمی، یافتن راه های گوناگون و مناسب برای استخراج و تولید عنصرها از طبیعت است.

## آیا می دانید

سالانه مقدار قابل توجهی فلز در سطح دنیا تولید و مصرف می شود. جدول زیر مقدار مصرف سالانه چند فلز را نشان می دهد.

| نام فلز   | مقدار مصرف (تن) |
|-----------|-----------------|
| آهن       | ۷۴۰۰۰۰۰۰۰       |
| آلومینیم  | ۴۰۰۰۰۰۰۰        |
| منیزیم    | ۲۲۰۰۰۰۰۰        |
| مس و کروم | ۸۰۰۰۰۰۰۰        |

شیمی تجزیه<sup>۱</sup>، شاخه‌ای از دانش شیمی است که به مطالعه روش‌های شناسایی، جداسازی و بررسی کمی و کیفی اجزای یک ماده می‌پردازد. شیمی تجزیه‌دان‌ها با استفاده از دانش خود و به کارگیری دستگاه‌ها، رایانه و علم آمار، مسائل گوناگون صنعتی و علمی را حل می‌کنند. برای نمونه کنترل کیفی و سلامت آب، دارو، غذا و اندازه‌گیری اجزای یک نمونه خون مثال‌هایی از قلمرو این رشته است.



● خانم دکتر صفوی یکی از چهره‌های ماندگار شیمی تجزیه



● تولید رسوب آهن (III) هیدروکسید و آهن (II) هیدروکسید

## کاوش کنید (۱)

در باره اینکه «چگونه می‌توان فلز موجود در یک نمونه را شناسایی کرد؟» کاوش کنید.

**وسایل و مواد مورد نیاز:** آهن (II) کلرید، آهن (III) کلرید، آب مقطر، سدیم هیدروکسید، محلول هیدروکلریک اسید، لوله آزمایش، قطره چکان، قاشقک.

### آزمایش ۱

الف) سه لوله آزمایش بردارید و آنها را شماره‌گذاری کنید.

ب) مقدار کمی از آهن (II) کلرید را با قاشقک بردارید و در لوله آزمایش شماره «۱» بریزید. سپس درون آن تا نیمه آب مقطر بریزید و آن را تکان دهید تا محلول شفافی به دست آید.

پ) مقدار کمی از سدیم هیدروکسید را با قاشقک بردارید و در لوله آزمایش شماره «۲» بریزید. سپس درون آن تا نیمه آب بریزید و آن را تکان دهید تا محلول شفافی به دست آید.

ت) با استفاده از قطره چکان در لوله آزمایش شماره «۳» در حدود یک میلی لیتر از محلول آهن (II) کلرید را بریزید و به آن قطره قطره محلول سدیم هیدروکسید بیفزایید.

ث) چه مشاهده می‌کنید؟ مشاهده‌های خود را بنویسید.

ج) در این واکنش، رسوب آهن (II) هیدروکسید و محلول سدیم کلرید تشکیل می‌شود. معادله نمادی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.

چ) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

### آزمایش ۲

الف) در آزمایش ۱ به جای آهن (II) کلرید، آهن (III) کلرید بردارید و آزمایش را تکرار کنید.

ب) مشاهده‌های خود را بنویسید.

پ) با توجه به اینکه فرآورده‌های این واکنش، رسوب آهن (III) هیدروکسید و محلول سدیم کلرید است، معادله نمادی واکنش شیمیایی انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.

ت) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

### آزمایش ۳

الف) یک میخ زنگ زده یا یک وسیله آهنی زنگ زده را بردارید و زنگ آهن سطح آن را با قاشقک خراش بدهید و جمع‌آوری کنید.

ب) زنگ آهن جمع‌آوری شده را در یک لوله آزمایش بریزید و قطره قطره محلول هیدروکلریک اسید به آن بیفزایید. این عمل را تا جایی ادامه دهید که همه زنگ آهن حل شود.

پ) قطره قطره محلول سدیم هیدروکسید به لوله بیفزایید، این عمل را تا جایی ادامه دهید

● واکنش‌پذیری هر فلز، تمایل آن را برای انجام واکنش شیمیایی نشان می‌دهد. هرچه فلز واکنش‌پذیرتر باشد، تمایل آن برای انجام واکنش بیشتر است.

که رسوب رنگی تشکیل شود.  
ت) مشاهده‌های خود را بنویسید.  
ث) در زنگ آهن کدام یون آهن وجود دارد؟ چرا؟

## کاوش کنید (۲)

در بارهٔ اینکه «کدام فلز واکنش‌پذیرتر است؟» کاوش کنید.

**مواد و وسایل:** میخ آهنی، مس (II) سولفات، آب مقطر، بشر.

- ۱- درون بشری تا یک سوم حجم آن آب بریزید و نصف قاشق چای خوری مس (II) سولفات به آن بیفزایید و آن را هم بزنید تا محلول آبی رنگ به دست آید.
- ۲- دو عدد میخ آهنی درون بشر بیندازید و مدتی صبر کنید.
- ۳- مشاهده‌های خود را بنویسید.
- ۴- اگر فراورده‌های واکنش انجام شده، فلز مس و محلول آهن (II) سولفات باشند، معادلهٔ نمادی واکنش را بنویسید.

۵- از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۶- به نظر شما کدام فلز واکنش‌پذیرتر است؟ برای درستی دلیل خود، شواهد تجربی ارائه کنید.

## آیا می‌دانید

فلزهای سدیم و پتاسیم در حدود ۲۰۰ سال پیش شناسایی شده است در حالی که استفاده از فلز روی به حدود ۱۵۰۰ سال پیش و فلزهای مس و طلا به چند هزار سال پیش برمی‌گردد.

## آیا می‌دانید

شیمی معدنی<sup>۱</sup>، شاخه‌ای از دانش شیمی است که ویژگی‌ها و رفتار ترکیب‌های معدنی شامل فلزها، مواد معدنی، ترکیب‌های آلی فلزی را بررسی می‌کند. به عبارت دیگر این بخش از دانش شیمی، به تحلیل و تفسیر خواص و واکنش‌های عناصر و ترکیب‌های آنها به جز ترکیب‌های کربن می‌پردازد.

## با هم بیندیشیم

در جدول زیر واکنش‌پذیری سه دسته از فلزها با هم مقایسه شده است. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

| واکنش‌پذیری   |          |              | رفتار   |
|---------------|----------|--------------|---------|
| ناچیز         | کم       | زیاد         |         |
| مس، نقره، طلا | آهن، روی | سدیم، پتاسیم | نام فلز |

الف) در شرایط یکسان کدام فلزها برای تبدیل شدن به کاتیون تمایل کمتری دارند؟

ب) در شرایط یکسان کدام فلز زیر در هوای مرطوب، سریع‌تر واکنش می‌دهد؟

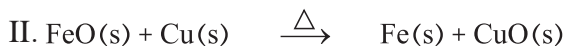
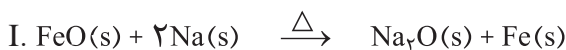
Ag □ و Na □ ، Zn □

پ) تأمین شرایط نگهداری کدام فلزها دشوارتر است؟ چرا؟

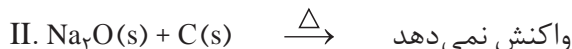
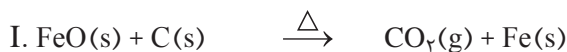
ت) دربارهٔ درستی جملهٔ صفحه بعد، نخست گفت‌وگو نموده سپس بر اساس آن مشخص

کنید کدام واکنش زیر (I یا II) انجام می‌شود؟ چرا؟

«به‌طور کلی در هر واکنش شیمیایی که به‌طور طبیعی انجام می‌شود، واکنش‌پذیری فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها کمتر است.»



ث) دانش‌آموزی با بررسی منابع علمی معتبر از دو واکنش زیر برای مقایسه واکنش‌پذیری آهن با سدیم بهره‌برده است، روش مقایسه را توضیح دهید.



واکنش‌پذیری هر عنصر به معنای تمایل اتم آن به انجام واکنش شیمیایی است. هرچه واکنش‌پذیری اتم‌های عنصری بیشتر باشد، در شرایط یکسان تمایل آن برای تبدیل شدن به ترکیب بیشتر است. هرچه فلز فعال‌تر باشد، میل بیشتری به ایجاد ترکیب دارد و ترکیب‌هایش پایدارتر از خودش است. به‌دیگر سخن هرچه واکنش‌پذیری فلزی بیشتر باشد، استخراج آن فلز دشوارتر است.

فلزها از جمله هدایای زمینی هستند که اغلب در طبیعت به شکل سنگ معدن یافت می‌شوند. در کشور ما فولاد مبارکه، مس سرچشمه، آلومینیم اراک و منیزیم خراسان جنوبی از جمله مجتمع‌های صنعتی هستند که برای استخراج فلزها بنا شده‌اند.

اکنون می‌خواهیم بررسی کنیم چگونه می‌توان فلز Fe را از  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  استخراج کرد. برای انجام این کار می‌توان از واکنش  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  با فلز سدیم یا عنصر کربن بهره‌برد. از آنجا که دسترسی به کربن آسان‌تر است و صرفه اقتصادی بیشتری دارد، در فولاد مبارکه مانند همه شرکت‌های فولاد جهان، برای استخراج آهن از کربن استفاده می‌شود. معادله واکنش کلی که منجر به تولید آهن می‌شود، به‌صورت زیر است:



در شیمی دهم با روش محاسبه مقدار فراورده از مقدار مشخصی واکنش‌دهنده آشنا شدید. بر اساس همان روابط می‌توان حساب کرد که به ازای مصرف مقدار معینی  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  تولید چه مقدار فلز آهن انتظار می‌رود.

## آیا می‌دانید

مهارت انسان در استفاده از فلز آهن، عمری بیش از ۳۰۰۰ سال دارد. با این حال، گسترش کاربرد آن به قرن ۱۴ باز می‌گردد، زمانی که کوره‌های ذوب گسترش پیدا کردند.

در شرکت‌های فولاد مبارکه، صنایع فولاد خوزستان و ذوب‌آهن اصفهان، سالانه میلیون‌ها تن آهن به شکل‌های گوناگون تولید می‌شود. در یکی از فرایندهای صنعتی تولید آهن، استخراج آهن در کوره بلند انجام می‌شود.



## آیا می‌دانید

معدن سنگ‌آهن چادرملو که در حال حاضر بزرگ‌ترین تولیدکننده کنسانتره سنگ‌آهن در کشور است با ذخیره قابل استخراج به مقدار ۳۲۰ میلیون تن در قلب کویر مرکزی ایران و در ۱۸۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان یزد واقع شده است.



## نمونه حل شده

با توجه به معادله واکنش صفحه پیش و با مراجعه به جدول دوره‌ای حساب کنید، از واکنش یک تن  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  با مقدار کافی از کربن، انتظار می‌رود چند تن آهن تولید شود.

پاسخ:

$$\begin{aligned} ? \text{ ton Fe} &= 1 \text{ ton Fe}_2\text{O}_3 \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} \times \\ &\frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 0.7 \text{ ton Fe} \end{aligned}$$

## خود را بیازمایید

مطابق واکنش بالا، از واکنش  $4^\circ$  گرم آهن (III) اکسید با مقدار کافی کربن، انتظار می‌رود چند گرم آهن به دست آید؟

## دنیای واقعی واکنش‌ها

دانشجویی در آزمایشگاه، واکنش زیر را سه بار در شرایط ایمن انجام داده است. او هر بار  $4^\circ$  گرم آهن (III) اکسید را با مقدار کافی کربن در شرایط مناسب وارد واکنش نموده است. جدول زیر نتایج آزمایش‌های او را نشان می‌دهد:

| شماره آزمایش | جرم واکنش دهنده، $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (گرم) | جرم فراورده‌ای که دانشجو به دست آورده است (گرم) |
|--------------|--|---|
| ۱            | $4^\circ$                                      | ۱۹/۵  |
| ۲            | $4^\circ$                                      | ۱۹/۶  |
| ۳            | $4^\circ$                                      | ۱۹/۷  |

این در حالی است که بر اساس محاسبه، انتظار می‌رفت  $28^\circ$  گرم فراورده (فلز آهن) تولید شود. اما هر بار جرمی که این دانشجو به دست آورده از جرم مورد انتظار کمتر است. به دیگر سخن مقدار عملی واکنش (۱۹/۶ گرم فلز آهن) از مقدار نظری واکنش ( $28^\circ$  گرم فلز آهن) کوچک‌تر است. برای توضیح این مسئله، می‌توان چنین بیان کرد که آهن (III) اکسید ناخالص است. شاید همه آن نیز وارد واکنش نشده یا دانشجو نتوانسته است همه آهن تولید شده را جداسازی و جمع‌آوری کند. آزمایش‌هایی از این دست بسیارند و نشان می‌دهند که باید شیمی‌دان‌ها روشی برای بیان میزان خلوص مواد واکنش دهنده، میزان کارایی و بازده هر واکنش را پیدا کنند تا بتوانند محاسبه‌های کمی را دقیق و درست انجام دهند.

اگر ۶۵ درصد از نوعی کیک را آرد تشکیل دهد، به این معناست که هر ۱۰۰ گرم کیک شامل ۶۵ گرم آرد و ۳۵ گرم از مواد دیگر است. با توجه به این مفهوم، پاسخ پرسش‌های زیر را بیابید.

۱- الف) آهن در طبیعت به صورت کانه هماتیت یافت می‌شود. اگر درصد خلوص<sup>۱</sup> این کانه برابر با ۷۰ باشد، معنی آن چیست؟

ب) رابطه‌ای برای درصد خلوص مواد بیابید.

۲- الف) شیمی‌دان‌ها برای محاسبه مقدار واقعی فراورده تولید شده در یک واکنش از مفهومی به نام بازده درصدی<sup>۲</sup> استفاده می‌کنند (کمیتی که کارایی یک واکنش را نشان می‌دهد)، رابطه‌ای برای آن بنویسید.

ب) با توجه به داده‌های جدول زیر، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

| نماد شیمیایی ماده                           | مقدار ماده (گرم) |
|---|------------------|
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$                     | ۴۰               |
| Fe (فراورده‌ای که دانشجو به دست آورده است)  | ۱۹/۶             |
| Fe (فراورده‌ای که انتظار داشتیم به دست آید) | ۲۸               |

واکنش‌های شیمیایی همیشه مطابق آنچه انتظار می‌رود پیش نمی‌روند، زیرا ممکن است واکنش دهنده‌ها ناخالص باشند یا ممکن است واکنش به طور کامل انجام نشود، حتی گاهی نیز هم‌زمان با آن، واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام می‌شود. با این توصیف مقدار واقعی فراورده از مقدار مورد انتظار کمتر است. در واقع بازده درصدی واکنش‌های شیمیایی از صد کمتر است.

### نمونه حل شده

۱- یکی از راه‌های تهیه سوخت سبز، استفاده از بقایای گیاهانی مانند نیشکر، سیب زمینی و ذرت است. واکنش بی‌هوازی تخمیر گلوکز، از جمله واکنش‌هایی است که در این فرایند رخ می‌دهد.



حساب کنید از تخمیر ۱/۵ تن گلوکز موجود در پسماندهای گیاهی، چند تن سوخت سبز (اتانول) تولید می‌شود. بازده واکنش را ۸۰ درصد در نظر بگیرید.

۱- Purity Percent  
۲- Percent Yield

پاسخ:

نخست با توجه به معادله واکنش، باید محاسبه شود چند تن فرآورده مورد انتظار است.

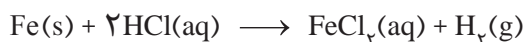
$$\begin{aligned} ? \text{ ton } C_7H_5OH &= 1/5 \text{ ton } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180 \text{ g } C_6H_{12}O_6} \\ &\times \frac{2 \text{ mol } C_7H_5OH}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{96 \text{ g } C_7H_5OH}{1 \text{ mol } C_7H_5OH} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 0.77 \text{ ton } C_7H_5OH \end{aligned}$$

اینک:

$$100 = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \text{بازده درصدی}$$

$$80 = \frac{x}{0.77} \times 100 \rightarrow x = 0.62 \text{ ton } C_7H_5OH$$

۲- فلز آهن طبق واکنش زیر با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می دهد. تیغه ای فولادی به جرم ۱۰ گرم با خلوص ۹۵٪ را در مقدار کافی محلول هیدروکلریک اسید می اندازیم. حجم گاز هیدروژن تولید شده توسط دو دانش آموز در STP محاسبه شده است. کدام یک درست است؟ چرا؟



$$? LH_2 = 10 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{22.4 \text{ LH}_2}{1 \text{ mol } H_2}$$

روش ۱

$$? LH_2 = 9/5 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{22.4 \text{ LH}_2}{1 \text{ mol } H_2}$$

روش ۲

پاسخ: روش ۲ درست است، زیرا در محاسبه های استوکیومتری باید مقدار خالص واکنش دهنده ها را در نظر گرفت.

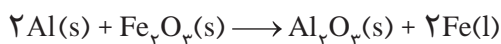


● امروزه مزارع زیادی را برای تهیه سوخت سبز، روغن و خوراک دام به کشت ذرت اختصاص می دهند.



## خود را بیازمایید

۱- یکی از واکنش هایی که در صنعت جوشکاری از آن استفاده می شود واکنش ترمیت است.



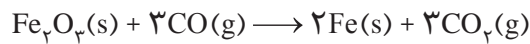
الف) مشخص کنید کدام فلز فعال تر است، آلومینیم یا آهن؟ چرا؟

ب) حساب کنید برای تولید ۲۷۹ گرم آهن، چند گرم آلومینیم با خلوص ۸۰ درصد لازم است.

● از آهن مذاب تولید شده در واکنش ترمیت برای جوش دادن خطوط راه آهن استفاده می شود.



۲- آهن (III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می‌رود. از واکنش ۱۰ کیلوگرم از این ماده با گاز کربن مونوکسید طبق معادله زیر، ۵۲۰۰ گرم آهن به دست آمده است. بازده درصدی واکنش را به دست آورید.



۳- یکی از روش‌های بیرون کشیدن فلز از لابه‌لای خاک، استفاده از گیاهان است. در این روش در معدن یا خاک دارای فلز، گیاهانی را می‌کارند که می‌توانند آن فلز را جذب کنند. سپس گیاه را برداشت می‌کنند، می‌سوزانند و از خاکستر حاصل، فلز را جداسازی می‌کنند. در جدول زیر، داده‌هایی درباره این روش ارائه شده است. با توجه به آن:

| نماد شیمیایی فلز | قیمت هر کیلوگرم فلز (ریال) | بیشترین مقدار فلز در یک کیلوگرم از گیاه (گرم) | درصد فلز در سنگ معدن |
|------------------|----------------------------|---|----------------------|
| Au               | ۱۲۰۰۰۰۰۰۰۰                 | ۰/۱   | ۰/۰۰۲                |
| Ni               | ۸۲۰۰۰۰                     | ۳۸  | ۲                    |
| Cu               | ۲۴۵۰۰۰                     | ۱۴  | ۰/۵                  |
| Zn               | ۱۵۵۰۰۰                     | ۴۰  | ۵                    |

## آیا می‌دانید

گیاه‌پالایی فرایندی است که در آن از گیاهان برای پالایش آب‌های سطحی، خاک و هوا استفاده می‌شود. ریشه‌های عمیق، برگ‌های پریش و قدرت جذب بالا به همراه باکتری‌های موجود در ریشه گیاهان به آنها اجازه می‌دهد تا آلاینده‌های موجود در آب را جذب، تغلیظ یا تجزیه کنند. بدیهی است یافتن گیاه مناسب برای پالایش هر آلاینده یکی از دشوارترین و مهم‌ترین مراحل این فرایند است. درخت سپیدار، گل همیشه بهار، سنبل آبی و گل ختمی نمونه‌هایی از گیاهان مناسب برای گیاه‌پالایی است.



● گل همیشه بهار

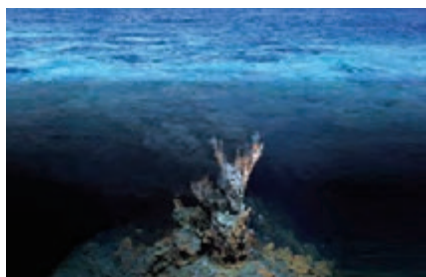
الف) در صورتی که در پالایش طلا به کمک گیاهان، در هر هکتار بتوان ۲۰ تن گیاه برداشت کرد؛ حساب کنید در هر هکتار چند گرم طلا از زمین بیرون کشیده می‌شود.  
 ب) یک کیلوگرم از گیاهی که برای پالایش نیکل به کار می‌رود، ۱۵۹ گرم خاکستر می‌دهد؛ درصد نیکل را در این خاکستر حساب کنید.  
 پ) این روش برای استخراج فلزهای روی و نیکل مقرون به صرفه نیست، در این مورد گفت‌وگو کنید.

## پیوند با صنعت

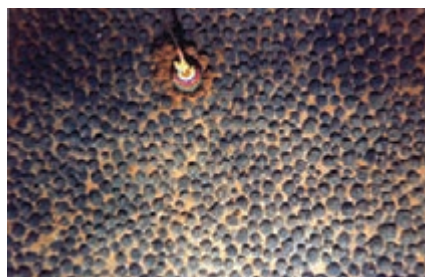
### گنج‌های اعماق دریا

شاید این عنوان شما را به یاد جواهرات و اشیای ارزشمندی بیندازد که به دلیل غرق شدن کشتی‌ها در بستر دریا دفن شده‌اند یا شاید یادآور مرواریدهای غلتان، زیبا و رنگارنگی باشد که در دل صدف‌ها رشد می‌کنند. اما این پاسخ ساده‌انگارانه است! زیرا بستر اقیانوس‌ها منبعی غنی از منابع فلزی گوناگون است. منابعی که انسان به تازگی آن را کشف کرده است. به دلیل نیاز روزافزون جهان به منابع شیمیایی و کاهش میزان این منابع در سنگ کره، شیمی‌دان‌ها

را بر آن داشت تا در جست‌وجوی منابع تازه باشند. این جست‌وجو از رازی پرده برداشت که نشان می‌داد گنجی عظیم در اعماق دریاها نهفته است. این گنج در برخی مناطق محتوی سولفید چندین فلز واسطه و در برخی مناطق دیگر به صورت کلوخه‌ها و پوسته‌هایی غنی از فلزهایی مانند منگنز، کبالت، آهن، نیکل، مس و ... یافت می‌شود (شکل ۱۱).



(پ)



(ب)



(الف)

**شکل ۱۱- الف)** جست‌وجو برای شناسایی بستر دریا (ب) کلوخه‌های غنی از منگنز و دیگر فلزهای واسطه (پ) ستون‌های سولفیدی

غلظت بیشتر گونه‌های فلزی موجود در کف اقیانوس نسبت به ذخایر زمینی، بهره‌برداری از این منابع را نوید می‌دهد. امروزه شرکت‌هایی از برخی کشورها طرح‌های استخراج این مواد را از بستر اقیانوس‌ها در دست دارند. پیش‌بینی می‌شود اکتشاف و بهره‌برداری از منابع شیمیایی بستر دریا به یکی از صنایع کلیدی و تأثیرگذار در روابط کشورها تبدیل شود. امید است با گسترش شرکت‌های دانش‌بنیان و تقویت دانش و فناوری، کشور ما نیز از این منابع عظیم خدادادی بهره‌مند شود.

## در میان تارنماها

با مراجعه به منابع معتبر دربارهٔ ذخایر بستر دریا (Seabed Minerals)، چگونگی تشکیل آنها و سازمان بین‌المللی بستر دریا (International Seabed Authority) اطلاعاتی جمع‌آوری و به کلاس گزارش کنید.

## جریان فلز بین محیط زیست و جامعه

طبیعت منشأ و منبع هدایای گران‌بهای است که خداوند مهربان آن را به انسان ارزانی داشته است. انسان نیز با بهره‌گیری از توانایی‌های وجودی خود که آن را نیز خداوند به وی عطا کرده است، از این هدایا برای برآورده کردن نیازهای خود به شکل‌های گوناگون استفاده می‌کند. استخراج فلز از سنگ معدن آن یکی از این روش‌ها است. دیدید که سالانه

## آیا می‌دانید

سازمان بین‌المللی بستر دریا، قوانین مربوط به بهره‌برداری از بستر دریا مانند مقررات زیست‌محیطی، تفاهم‌نامه‌های اجرایی و قوانین مالی تهیه و تنظیم می‌کند. حوزه نظارت و عملکرد این سازمان، خارج از حوزه قضایی ملی کشورهاست. این سازمان تاکنون چندین قرارداد با کشورهای گوناگون بسته است و استخراج بخشی از منابع فلزی شناخته شده را طبق قوانین موجود به آنها سپرده است.



● میلیون‌ها کلوخه در ناحیه‌ای از اقیانوس آرام در سطح بستر یا نیمه فرورفته در بستر پراکنده شده است.

صدها میلیون تن فلز از دل زمین استخراج می‌شود. سپس از این فلزها، ابزار، وسایل و مواد گوناگونی تهیه می‌شود. در شیمی دهم آموختید که براساس توسعه پایدار باید در تولید یک ماده یا عرضه خدمات، همه هزینه‌ها و ملاحظه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را در نظر گرفت. به طوری که اگر مجموع هزینه‌های بهره‌برداری از یک معدن با در نظر گرفتن این ملاحظه‌ها، کمترین مقدار ممکن باشد، در آن صورت در مسیر پیشرفت پایدار حرکت می‌کنیم؛ یعنی رفتارهای ما، آسیب کمتری به جامعه‌ای که در مسیر حفظ محیط زیست است، وارد می‌کند و ردپای زیست محیطی ما را کاهش می‌دهد. با این روند در استفاده درست از این هدایای زمینی و نگه‌داری آنها برای آیندگان موفق خواهیم شد.



جامعه‌ای در مسیر توسعه پایدار است که اقتصاد آن شکوفا باشد، در عین حال به محیط زیست آسیب کمتری بزند و مردم به اخلاق آراسته و به خوش‌نامی معروف باشند. امید است با گسترش شرکت‌های دانش‌بنیان با همت جوانان خلاق، متعهد و کوشای کشورمان بتوانیم در تحقق آرمان‌های نظام آموزشی کشورمان پیش برویم.



الف) آیا آهنگ مصرف و استخراج فلز با آهنگ بازگشت فلز به طبیعت به شکل سنگ معدن یکسان است؟ توضیح دهید.

ب) فلزها، منابعی تجدیدپذیرند یا تجدیدنپذیر؟ چرا؟

در استخراج ۱۰۰۰ کیلوگرم آهن، تقریباً ۲۰۰۰ کیلوگرم سنگ معدن آهن و ۱۰۰۰ کیلوگرم از منابع معدنی دیگر استفاده می‌شود.

در استخراج فلز تنها درصد کمی از سنگ معدن به فلز تبدیل می‌شود.



پسماند سرانه سالانه فولاد ۴۰ کیلوگرم است.

از بازگردانی هفت قوطی فولادی آنقدر انرژی ذخیره می‌شود که می‌توان یک لامپ ۶۰ وات را در حدود ۲۵ ساعت روشن نگه داشت.



پ) درباره شکل بالا گفت و گو و مشخص کنید کدام عبارت‌ها درست و کدام‌ها نادرست‌اند؟ چرا؟  
- بازیافت فلزها و از جمله فلز آهن:

- ردپای کربن دی‌اکسید را کاهش می‌دهد.
- سبب کاهش سرعت گرمایش جهانی می‌شود.
- گونه‌های زیستی بیشتری را از بین می‌برد.
- به توسعه پایدار کشور کمک می‌کند.

امروزه پژوهشگران از ارزیابی چرخه عمر<sup>۱</sup> برای میزان تأثیر یک فراورده بر محیط‌زیست در طول عمر آن بهره می‌برند؛ چرخه‌ای با پنج مرحله حاوی تهیه مواد خام و اولیه، تولید، توزیع، مصرف و دفع (نمودار ۲).



نمودار ۲- چرخه عمر یک فراورده

مقدار انرژی الکتریکی مصرف شده در چرخه عمر بطری‌های پلاستیکی و شیشه‌ای شیر چقدر است؟ جدول زیر برخی از این داده‌ها را نشان می‌دهد.

|  |   |                               |
|--|---|-------------------------------|
| انرژی الکتریکی<br>مصرف شده (MJ)<br>به ازای یک بطری<br>معمولی |   | نام<br>فرایند(ها)             |
| بطری<br>شیشه‌ای<br>(می‌تواند<br>دوباره<br>استفاده<br>شود)    | بطری<br>پلاستیکی<br>(نمی‌تواند<br>دوباره<br>استفاده<br>شود) |                               |
| ۷/۲  | ۴/۷   | تولید                         |
| ۲/۵  | ۲/۲   | شست‌وشو،<br>پر کردن،<br>توزیع |



شکل ۱۲- نفت خام مخلوطی از هیدروکربنهاست.

با بررسی این چرخه برای یک فرآورده، میزان آب و انرژی مصرفی، ادامه فرایند براساس تأمین مواد خام و اولیه، میزان زباله و پسماند؛ همچنین هزینه حمل و نقل در هر مرحله بررسی می‌شود. در واقع بررسی چنین چرخه‌ای کمک می‌کند تا صنایع گوناگون با بهره‌گیری از دانش فنی و تخصصی سازگارتر با محیط‌زیست در راستای دستیابی به توسعه پایدار پیش بروند. جدول زیر نمونه ساده‌ای از این چرخه برای یک کیسه پلاستیکی و پاکت کاغذی را نشان می‌دهد.

| کیسه پلاستیکی   | پاکت کاغذی   | مراحل چرخه عمر                         |
|---|--|--|
| نفت خام   | درخت   | ماده اولیه یا خام چیست؟                |
| ناپایدار - نفت تجدید نشدنی است  | نسبتاً پایدار - می توان تعداد زیادی درخت کاشت                                      | پایداری تأمین ماده اولیه و خام         |
| در استخراج نفت خام انرژی زیادی مصرف می شود.   | با بریدن درختان زیستگاه جانداران زیادی تخریب می شود.                               | تأثیر تولید ماده خام روی محیط زیست     |
| سبب آلودگی هوا، خاک و آب می شود.  | آلودگی هوا را به دنبال دارد.   | تأثیر حمل و نقل ماده خام روی محیط زیست |
| در پالایش نفت خام و واکنش پلیمری شدن انرژی زیادی مصرف می شود.                           | در تولید کاغذ آب به مقدار زیاد و برخی مواد شیمیایی مضر برای محیط زیست مصرف می شود. | تأثیر روی محیط زیست                    |
| سبب آلودگی هوا می شود.  | سبب آلودگی هوا می شود.   | تأثیر حمل و نقل ماده خام روی محیط زیست |
| تجزیه نمی شود و در زمین برای سالیان طولانی باقی می ماند.                                | تجزیه می شود اما گاز متان تولید می کند که آلاینده هوا است.                         | دفن کردن                               |
| سبب انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا می شود.  | سبب انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا می شود.                                   | سوزاندن زباله                          |
| حمل و نقل پسماندهای پلاستیکی و ذوب کردن آنها انرژی مصرف می کند و سبب آلودگی هوا می شود. | حمل و نقل پسماندهای کاغذی سبب آلودگی هوا می شود.                                   | بازیافت                                |

## نفت، هدیه‌ای شگفت‌انگیز

در اواخر سدهٔ ۱۸ میلادی شیمی‌دان‌ها با ماده‌ای روبه‌رو شدند که رفتار آن به مواد شناخته شده تا آن زمان شبیه نبود؛ ماده‌ای که بعدها **نفت خام**<sup>۱</sup> نامیده شد. این ماده یکی از سوخت‌های فسیلی است که به شکل مایع غلیظ سیاه رنگ یا قهوه‌ای متمایل به سبز از دل زمین بیرون کشیده می‌شود (شکل ۱۲).



شیمی دان‌ها در آن زمان نمی‌دانستند که در این مخلوط سیاه رنگ چه موادی وجود دارد، این مواد چه خواصی دارند و هنگام انجام آزمایش و بررسی آن، چه اتفاقاتی ممکن است رخ دهد.

دیری نپایید که برخی شیمی‌دان‌ها با بررسی نفت خام، موفق به شناسایی برخی مواد سازنده آن، ساختار و رفتار آنها شدند. این ویژگی‌ها و رفتارها، چنان جذاب و غیرمنتظره بود که سبب افزایش چشمگیر پژوهش‌ها در مورد نفت خام در سراسر جهان شد. پژوهش‌هایی که با یافتن کاربردهای جدید و مناسب برای مواد موجود در نفت خام، خبرهای خوشی را نوید می‌داد. حل مشکل حمل و نقل از شهری به شهر دیگر یا از کشوری به کشور دیگر و ساخت داروهای تازه برای درمان بیماری‌های گوناگون از جمله آنها بود. بدین ترتیب آن مایع سیاه، نه تنها ترسناک و ناشناخته نماند بلکه به کیمیایی شگفت‌انگیز تبدیل شد. کیمیایی که از دل زمین بیرون کشیده می‌شد و به دلیل رفتارهایش، نظر همهٔ جهانیان را به خود جلب کرد. امروزه این هدیهٔ زمینی ارزشمند را طلای سیاه می‌نامند.

امروزه نفت خام در دنیای کنونی دو نقش اساسی ایفا می‌کند. نقش نخست آن، منبع تأمین انرژی بوده و در نقش دوم، مادهٔ اولیه برای تهیهٔ بسیاری از مواد و کالاهایی است که در صنایع گوناگون از آنها استفاده می‌شود (شکل ۱۳).

## آیا می‌دانید

نخستین چاه نفت جهان در سال ۱۸۵۹ میلادی در ایالت پنسیلوانیای آمریکا حفر شد. این چاه ۲۱ متر عمق داشت و روزانه بین ۲۰ تا ۴۰ بشکه نفت از آن بیرون کشیده می‌شد. نخستین چاه نفت ایران نیز در سال ۱۲۸۷ خورشیدی (۱۹۰۸ میلادی) در شهر مسجد سلیمان حفر شد.

● هر بشکه نفت خام هم‌ارز با ۱۵۹ لیتر است.



شکل ۱۳- موارد مصرف طلای سیاه

پژوهش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که نفت خام، مخلوطی از هزاران ترکیب شیمیایی

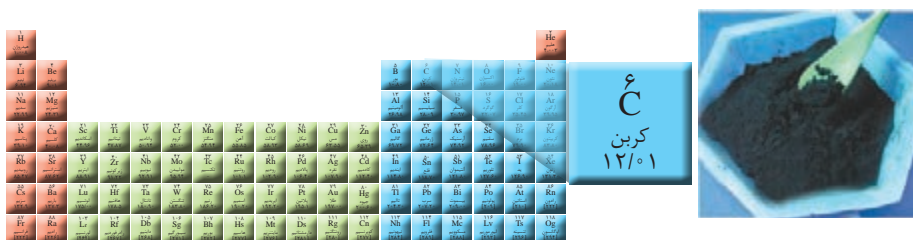
## آیا می‌دانید

اتم‌های کربن سازنده اصلی مولکول‌های زیستی و جهان زنده هستند. در حالی که در جهان غیرزنده، سیلیسیم عنصر اصلی سازنده مواد است.

است که بخش عمده آن را هیدروکربن‌های گوناگون تشکیل می‌دهند. ترکیب‌هایی که شامل هیدروژن و کربن هستند. از آنجا که عنصر اصلی سازنده نفت خام کربن است، برای پی بردن به ویژگی‌ها و خواص مواد سازنده نفت خام، نخست باید با رفتارها و ویژگی‌های اتم کربن آشنا شد.

## کربن، اساس استخوان بندی هیدروکربن‌ها

عنصر کربن در خانه شماره ۶ جدول دوره‌ای جای داشته و اتم آن در لایه ظرفیت خود چهار الکترون دارد. این اتم رفتارهای منحصر به فردی دارد که آن را از اتم دیگر عنصرهای جدول متمایز می‌سازد. به‌طوری که ترکیب‌های شناخته شده از اتم کربن، از مجموع ترکیب‌های شناخته شده از دیگر عنصرهای جدول دوره‌ای بیشتر است. دلیل این رفتار ویژه چیست؟



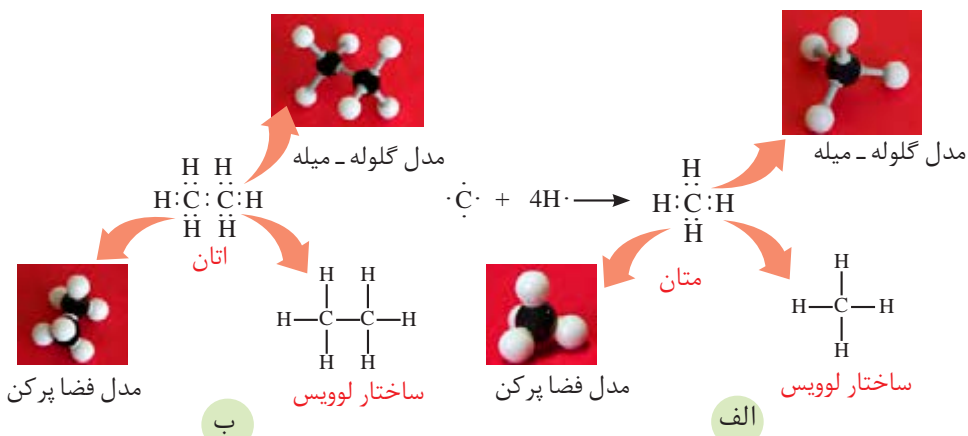
## خود را بیازمایید

الف) آرایش الکترونی اتم کربن را بنویسید.

ب) آرایش الکترون نقطه‌ای اتم کربن را رسم کنید.

پ) اتم کربن برای رسیدن به آرایش هشت‌تایی چند پیوند اشتراکی یگانه، دوگانه یا سه‌گانه می‌تواند تشکیل دهد؟

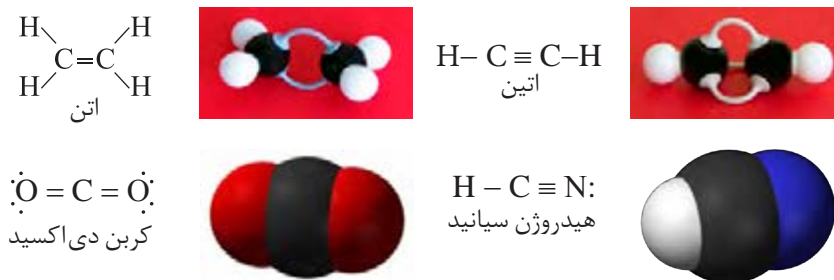
دیدید که اتم کربن می‌تواند الکترون‌هایش را با اتم‌های دیگر به اشتراک بگذارد و با رسیدن به آرایش هشت‌تایی، پایدار شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- پیوندهای اشتراکی یگانه اتم کربن در مولکول‌های متان (الف) و اتان (ب) و شیوه‌های گوناگون نمایش آنها

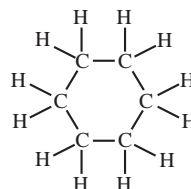
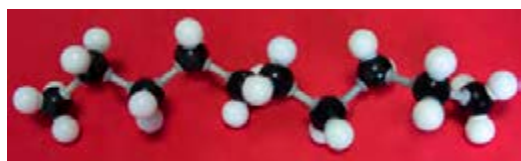
این رفتار کربن مشابه رفتار دیگر نافلزها (نیتروژن، فسفر، گوگرد و ...) است. برای مثال اتم نیتروژن ( $\gamma N$ ) سه پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد تا به آرایش هشت‌تایی برسد. اما تعداد ترکیب‌های شناخته شده از آن محدود است. اینک می‌پرسید چه چیزی سبب شده است تا اتم‌های کربن بتوانند میلیون‌ها ترکیب تشکیل دهند؟

اتم کربن افزون بر تشکیل پیوند اشتراکی یگانه، توانایی تشکیل پیوندهای اشتراکی دوگانه و سه‌گانه را با خود و برخی اتم‌های دیگر دارد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- ساختار لوویس و نمایشی از مولکول برخی ترکیب‌های کربن.

کربن همچنین توانایی تشکیل زنجیر و حلقه‌های کربنی را دارد، به دیگر سخن اتم‌های کربن می‌توانند با پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل شوند و زنجیرها و حلقه‌هایی در اندازه‌های گوناگون بسازند (شکل ۱۶).



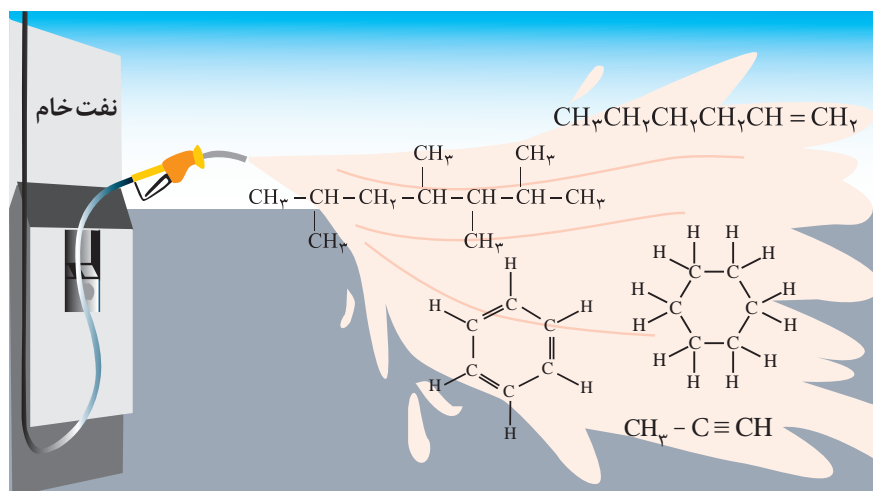
ب

الف

شکل ۱۶- الف) حلقه کربنی شش‌تایی و ب) زنجیر کربنی ده‌تایی.

نفت خام مخلوطی شامل شمار زیادی از انواع **هیدروکربن**‌ها است (شکل ۱۷). در این شکل پنج نوع از هیدروکربن‌ها نشان داده شده است. در برخی از آنها، بین اتم‌های کربن فقط پیوندهای یگانه وجود دارد، در حالی که برخی دیگر دارای یک پیوند سه‌گانه یا دارای یک یا چند پیوند دوگانه هستند. با توجه به ساختار متفاوت این هیدروکربن‌ها انتظار می‌رود که رفتار آنها نیز با هم تفاوت داشته باشد. در ادامه این فصل با بررسی ساختار و رفتار برخی هیدروکربن‌ها بیشتر آشنا می‌شوید.





شکل ۱۷- برخی هیدروکربن‌های سازنده نفت خام

البته اتم کربن می‌تواند با اتم عنصرهای هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و ... به شیوه‌های گوناگون متصل شده و مولکول شمار زیادی از مواد مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، آمینواسیدها، آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و ... را بسازد. این ویژگی‌های کربن سبب شده تا از این عنصر ترکیب‌های گوناگون و بسیار زیادی پدید آید. افزون بر این، اتم‌های کربن می‌توانند با یکدیگر به روش‌های گوناگون متصل شده و دگر شکل‌های متفاوتی مانند گرافیت، الماس و ... ایجاد کنند. با این دگر شکل‌ها که ساختارها و خواص متفاوتی دارند، در سال آینده آشنا می‌شوید.

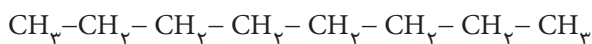
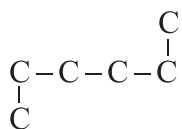
## آیا می‌دانید

گاز شهری مخلوطی از هیدروکربن‌های سبک است که متان بخش عمده آن را تشکیل می‌دهد. درحالی که کپسول گاز خانگی، به‌طور عمده شامل گازهای پروپان و بوتان است.

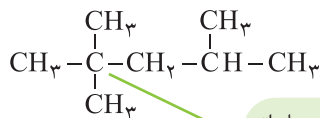


## آلکان‌ها، هیدروکربن‌هایی با پیوندهای یگانه

آلکان‌ها دسته‌ای از هیدروکربن‌ها هستند که در آنها هر اتم کربن با چهار پیوند یگانه به اتم‌های کناری متصل شده است. متان ( $\text{CH}_4$ ) ساده‌ترین و نخستین عضو خانواده آلکان‌هاست. اعضای دیگر این خانواده شامل مولکول‌هایی است که شمار اتم‌های کربن آنها از دو تا ده‌ها کربن متغیر است. اتم‌های کربن در ساختار آلکان‌ها می‌توانند پشت سرهم و همانند یک زنجیر به هم متصل شده باشند (شکل ۱۸- الف) هر چند که برخی از آنها به شکل شاخه‌جانبی به زنجیر متصل می‌شوند (شکل ۱۸- ب). با این توصیف در هر آلکان راست زنجیر هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است، درحالی که در آلکان شاخه‌دار، برخی کربن‌ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند.

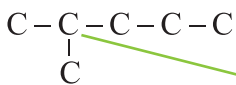


الف

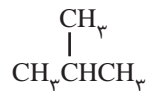
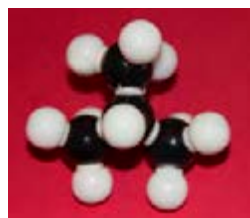


این اتم کربن به چهار اتم کربن دیگر متصل است

ب



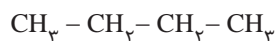
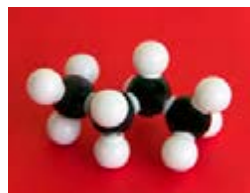
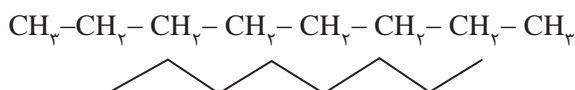
این اتم کربن به سه اتم کربن دیگر متصل است



۱

شکل ۱۸- الف) دو نمونه آلکان راست زنجیر و ب) دو نمونه آلکان شاخه‌دار

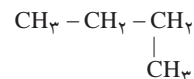
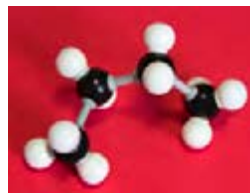
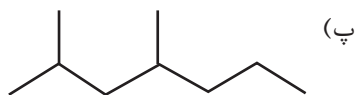
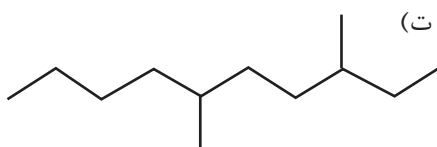
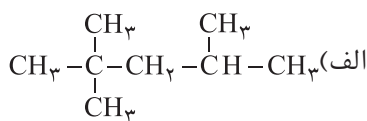
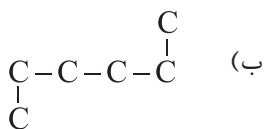
هر یک از ساختارهای نشان داده شده در شکل، فرمول ساختاری آلکان موردنظر را نشان می‌دهد. فرمولی که در آن تعداد و چگونگی اتصال اتم‌های کربن و هیدروژن نمایش داده می‌شود. البته در نمایشی ساده‌تر، فرمول پیوند - خط را به کار می‌برند. در این فرمول، پیوند بین اتم‌های کربن را با خط تیره نشان می‌دهند اما اتم‌های کربن و هیدروژن نشان داده نمی‌شوند. برای نمونه:



۲

## خود را بیازمایید

فرمول ساختاری یا پیوند - خط را برای هر هیدروکربن داده شده رسم کنید.



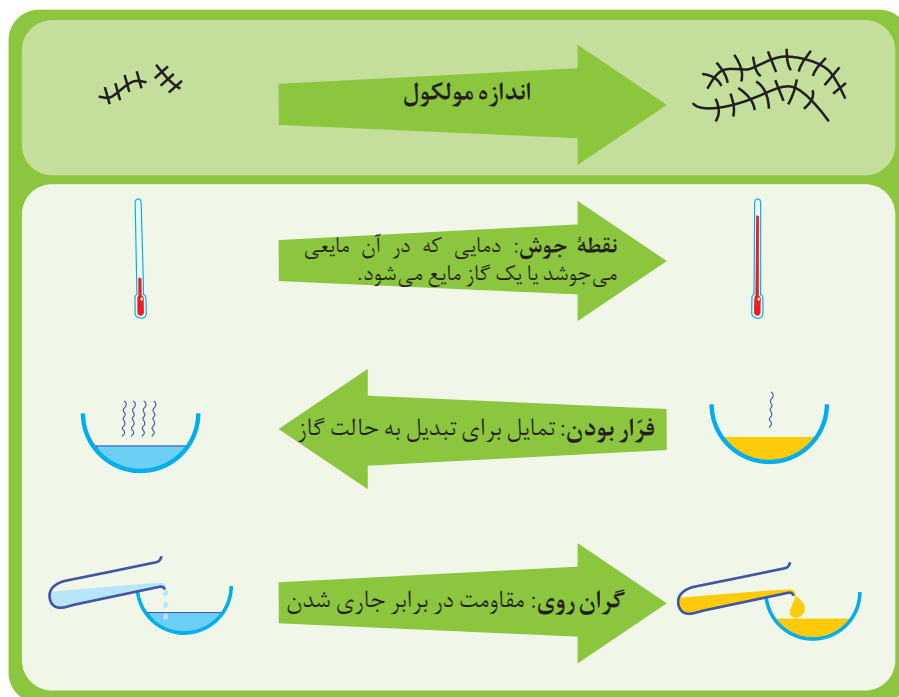
۳

● نمونه‌ای از آلکان شاخه‌دار (۱) و دو نمونه از آلکان‌های راست زنجیر (۲) و (۳). توجه کنید آلکان (۳) شاخه‌دار به نظر می‌آید، اما شاخه‌دار نبوده بلکه راست زنجیر است.

شمار اتم‌های کربن نقش مهمی در رفتار هیدروکربن‌ها دارد. به‌طوری‌که با تغییر تعداد اتم‌های کربن، اندازه و جرم مولکول‌های هیدروکربن تغییر می‌یابد و در پی آن نیروی بین مولکولی، نقطه جوش و... تغییر می‌کنند. با انجام دادن فعالیت صفحه بعد با برخی رفتارهای هیدروکربن‌ها آشنا می‌شوید.

## با هم ببیندیشیم

۱- شکل زیر برخی ویژگی‌ها و رفتارهای فیزیکی آلکان‌های راست زنجیر را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید:



الف) با افزایش شمار کربن‌ها، نقطه جوش آلکان‌ها در فشار یک اتمسفر چه تغییری می‌کند؟

ب) پیش‌بینی کنید نقطه جوش کدام آلکان بالاتر است؟



پ) در شرایط یکسان کدام آلکان فرارتر است؟ چرا؟



ت) پژوهش‌ها نشان می‌دهد که گشتاور دو قطبی آلکان‌ها حدود صفر است. با این توصیف

مولکول‌های این مواد، قطبی یا ناقطبی هستند؟

ث) نیروی بین مولکولی در آلکان‌ها از چه نوعی است؟ افزایش شمار اتم‌های کربن بر این

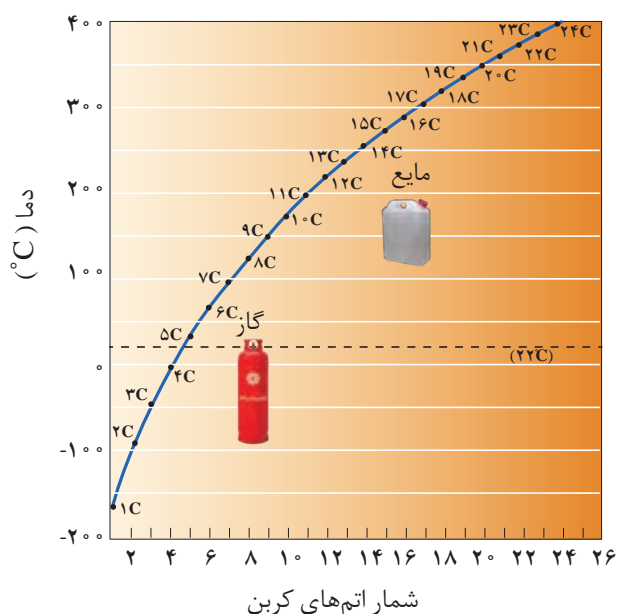
نیروها چه اثری دارد؟

ج) چرا با بزرگ‌تر شدن زنجیر کربنی، گران روی آلکان افزایش می‌یابد؟

چ) پیش‌بینی کنید کدام ماده چسبنده‌تر است؟ چرا؟



۲- نمودار زیر ترتیب نقطه جوش آلکان‌های راست‌زنجیر را نشان می‌دهد. با توجه به آن:



الف) کدام آلکان‌ها در دمای  $22^{\circ}\text{C}$  به حالت گاز هستند؟

ب) رابطه بین نقطه جوش و جرم مولی آلکان‌ها را توصیف کنید.

## آیا می‌دانید

وازلین نامی تجاری است که به مخلوطی از هیدروکربن‌های سنگین‌تر داده شده است. این هیدروکربن‌ها اغلب به‌عنوان نرم‌کننده و محافظ بدن استفاده می‌شوند. این مخلوط ویژگی روان‌کنندگی نیز دارد و در تهیه بیشتر مرطوب‌کننده‌ها، پمادها و مواد آرایشی به کار می‌رود.



## پیوند با ریاضی

در جدول زیر نام، فرمول مولکولی و شمار اتم‌های کربن و هیدروژن برای برخی اعضای خانواده آلکان‌ها داده شده است. جدول را کامل کنید و فرمول مولکولی عضو  $n$ ام را بیابید.

| شماره عضو | اول           | دوم                    | سوم                    | چهارم                     | پنجم                      | $n$ ام |
|-----------|---------------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| نام       | متان          | اتان                   | پروپان                 | بوتان                     | پنتان                     |        |
| شمار C    |               |                        |                        |                           |                           |        |
| شمار H    |               |                        |                        |                           |                           |        |
| فرمول     | $\text{CH}_4$ | $\text{C}_2\text{H}_6$ | $\text{C}_3\text{H}_8$ | $\text{C}_4\text{H}_{10}$ | $\text{C}_5\text{H}_{12}$ |        |



● سوخت این فندک، گاز بوتان بوده و تحت فشار پر شده است.

آلکان‌ها به دلیل ناقطبی بودن در آب نامحلول‌اند. این ویژگی سبب می‌شود تا بتوان از آنها برای حفاظت از فلزها استفاده کرد. به‌طوری‌که قرار دادن فلزها در آلکان‌های مایع یا اندود کردن سطح فلزها و وسایل فلزی با آنها، مانع از رسیدن آب به سطح فلز می‌شود و از

## آیا می دانید

از آلکان‌های با بیش از ۲۰ اتم کربن (پارافین‌ها) به عنوان پوشش محافظتی میوه‌ها استفاده می‌شود. این پوشش، از تبخیر آب میوه، چروکیدگی شدن آن و از رشد کپک روی میوه‌ها جلوگیری می‌کند و در عین حال میوه را براق می‌کند. از آلکان‌های  $C_{27}H_{56}$  و  $C_{29}H_{58}$  برای جلا دادن سیب استفاده می‌شود. البته رعایت استانداردهای سازمان غذا و دارو در میزان مصرف آلکان‌ها و کندن پوست میوه‌ها سبب کاهش آسیب به بدن می‌شود.



## آیا می دانید

هگزان یک آلکان به حالت مایع است که تنفس طولانی مدت آن سبب التهاب عصبی می‌شود.

خوردگی فلز جلوگیری می‌کند. ویژگی مهم و برجسته آلکان‌ها این است که در ساختار آنها هر اتم کربن با چهار پیوند اشتراکی به چهار اتم دیگر متصل بوده و به اصطلاح سیر شده هستند. از این رو آلکان‌ها تمایل چندانی به انجام واکنش‌های شیمیایی ندارند. این ویژگی سبب می‌شود تا میزان سمی بودن آنها کمتر شده و استنشاق آنها بر شش‌ها و بدن تأثیر چندانی نداشته باشد و تنها سبب کاهش مقدار اکسیژن در هوای دم می‌شوند. با وجود این هیچ‌گاه برای برداشتن بنزین از باک خودرو یا بشکه از مکیدن شیلنگ استفاده نکنید، زیرا بخارهای بنزین وارد شش‌ها شده و از انتقال گازهای تنفسی در شش‌ها جلوگیری می‌کند و نفس کشیدن دشوار می‌شود. اگر میزان بخارهای وارد شده به شش‌ها زیاد باشد، ممکن است سبب مرگ فرد شود. بنابراین هنگام کار کردن با این مواد باید نکات ایمنی را جدی بگیرید و رعایت کنید.

## خود را بیازمایید

تجربه نشان می‌دهد که گشتاور دو قطبی مولکول‌های سازنده چربی‌ها حدود صفر است. با توجه به آن:

الف) چرا افرادی که با گریس کار می‌کنند دستشان را با بنزین یا نفت (مخلوطی از هیدروکربن‌ها) می‌شویند؟

ب) توضیح دهید چرا پس از شستن دست با بنزین، پوست خشک می‌شود؟

پ) شستن پوست یا تماس آن با آلکان‌های مایع در دراز مدت به بافت‌های پوست آسیب می‌رساند. چرا؟

## نام گذاری آلکان‌ها

با نام آلکان‌هایی مانند متان ( $CH_4$ )، اتان ( $C_2H_6$ )، آشنا هستید. همان‌طور که می‌بینید نام آلکان‌ها به پسوند «آن» ختم می‌شود. جدول زیر نام و فرمول مولکولی ده آلکان راست زنجیر را نشان می‌دهد.

| فرمول مولکولی  | نام    |
|----------------|--------|
| $CH_4$         | متان   |
| $C_2H_6$       | اتان   |
| $C_3H_8$       | پروپان |
| $C_4H_{10}$    | بوتان  |
| $C_5H_{12}$    | پنتان  |
| $C_6H_{14}$    | هگزان  |
| $C_7H_{16}$    | هپتان  |
| $C_8H_{18}$    | اوکتان |
| $C_9H_{20}$    | نونان  |
| $C_{10}H_{22}$ | دکان   |



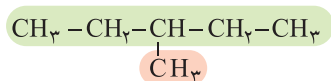
مطابق جدول بر اساس قواعد آیوپاک برای نامیدن آلکان راست‌زنجیر کافی است شمار اتم‌های کربن را با پیشوند معادل بیان کرده و پسوند «آن» را بیفزایید. توجه کنید که در چهار عضو نخست آلکان‌ها، پیشوندی که شمار اتم‌های کربن را معلوم کند، وجود ندارد و نام آنها براساس این روش انتخاب نشده است.

اما نام‌گذاری آلکان‌های شاخه‌دار کمی پیچیده‌تر است. از این رو آیوپاک قواعد بیشتری را برای نامیدن آلکان‌ها بنا نهاده است. در این قواعد چگونگی یافتن نوع و نام شاخه فرعی و جهت شماره‌گذاری زنجیر اصلی مشخص شده است.

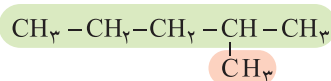
| پیشوند | تعداد کربن |
|--------|------------|
| پنت    | ۵          |
| هگز    | ۶          |
| هپت    | ۷          |
| اوکت   | ۸          |
| نون    | ۹          |
| دک     | ۱۰         |

## با هم بیندیشیم

۱- نام دو آلکان زیر را در نظر بگیرید.



۳- متیل پنتان



۲- متیل پنتان

الف) هر عدد و هر واژه در نام هیدروکربن نشان‌دهنده چیست؟

ب) تفاوت این دو ترکیب در چیست؟

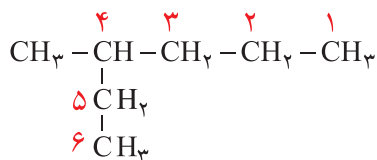
۲- ساختار ۳- متیل هگزان و ۴- متیل هپتان را رسم کنید.

۳- در ساختار ۳- متیل هگزان، سه زنجیر کربنی وجود دارد. نخست آنها را بیابید سپس از میان آنها زنجیر اصلی را انتخاب کنید.

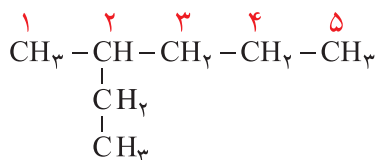
۴- با توجه به داده‌های زیر روشی برای تشخیص زنجیر اصلی (زنجیری که بیشترین تعداد اتم‌های کربن را دارد) و شماره‌گذاری کربن‌ها در این زنجیر بیابید.

| نام شاخه فرعی | فرمول شاخه فرعی (آلکیل)   |
|---------------|---------------------------|
| متیل          | $-\text{CH}_3$            |
| اتیل          | $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |

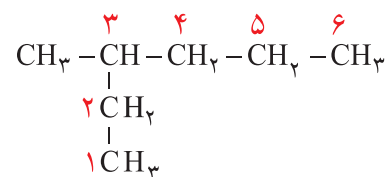
| پیشوند | معنی |
|--------|------|
| دی     | دو   |
| تری    | سه   |
| تترا   | چهار |



× ۴- متیل هگزان، این نام‌گذاری نادرست است.

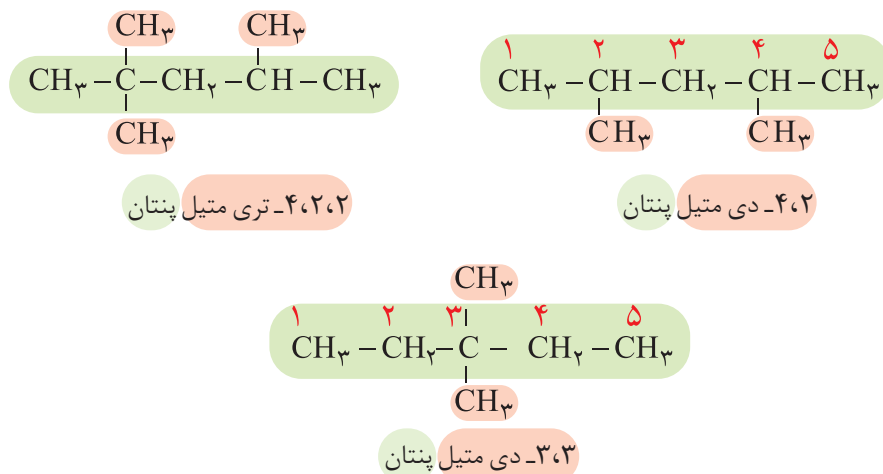


× ۲- اتیل پنتان، این نام‌گذاری نادرست است.



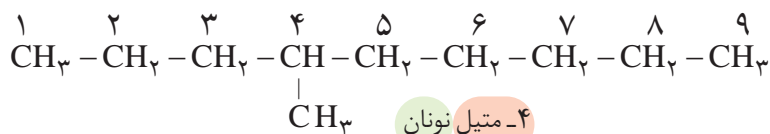
✓ ۳- متیل هگزان

۵- با توجه به نام گذاری زیر، روشی برای نامیدن آلکان‌های با بیش از یک شاخه فرعی را بیابید.



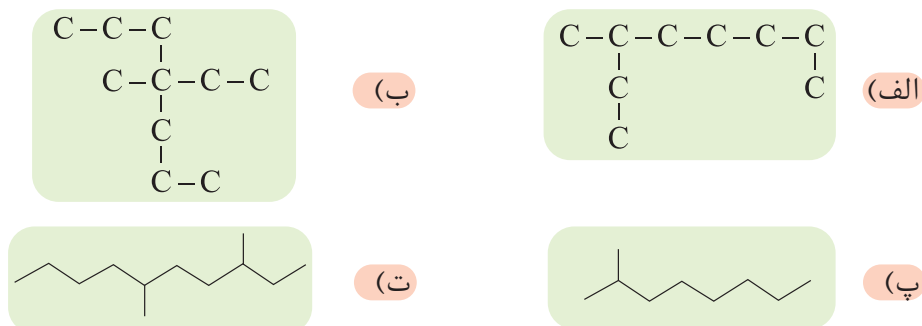
● در این کتاب فقط قواعد نام گذاری آلکان‌ها بررسی و تدریس می‌شود. بدیهی است نام گذاری دیگر مواد آلی هدف آموزشی نبوده و ارزشیابی از آنها ممنوع است.

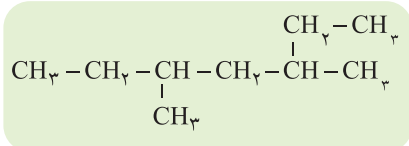
آموختید که برای نام گذاری آلکان‌ها باید نخست نام زنجیر اصلی را براساس نام آلکان راست زنجیر نوشته سپس نام شاخه فرعی را به صورت آلکیل پیش از نام زنجیر اصلی بنویسید. البته باید محل شاخه فرعی را با شماره کربنی که به آن متصل است، نیز پیش از نام شاخه فرعی مشخص کنید. برای نمونه، ۴-متیل نونان، آلکانی با زنجیر اصلی نه کربنی را نشان می‌دهد که به کربن شماره ۴ آن یک شاخه فرعی متیل متصل است.



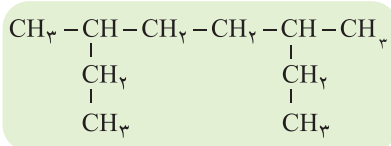
## خود را بیازمایید

۱- آلکان‌های زیر را نام گذاری کنید. (راهنمایی: در نام گذاری آلکان‌های شاخه دار، نوشتن نام اتیل بر متیل مقدم است).



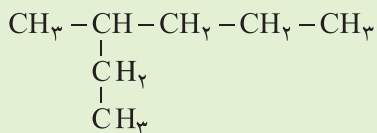


(ج)



(ث)

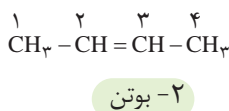
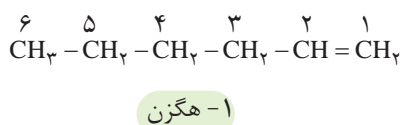
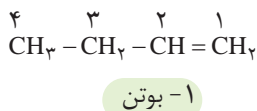
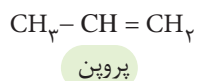
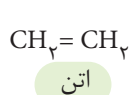
۲- چرا نام ۲- اتیل پنتان برای ترکیب زیر نادرست است؟



## آلکن‌ها، هیدروکربن‌هایی با یک پیوند دوگانه

این هیدروکربن‌ها در ساختار خود یک پیوند دوگانه کربن-کربن ( $\text{C}=\text{C}$ ) دارند. برای نام‌گذاری آلکن‌های راست زنجیر، کافی است پسوند «آن» را در نام آلکان راست زنجیر بردارید و به جای آن پسوند «ن» قرار دهید؛ سپس محل پیوند دوگانه را با شماره نخستین کربنی که به پیوند دوگانه متصل است، مشخص کنید (شکل ۱۹).

● در گذشته گاز اتن را با نام گاز اتیلن می‌خواندند.

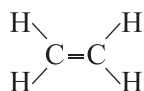


شکل ۱۹- نام و ساختار چند آلکن راست زنجیر

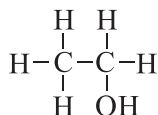
اتن نخستین عضو خانواده آلکن‌هاست. این ماده در بیشتر گیاهان وجود دارد. موز و گوجه‌فرنگی رسیده گاز اتن آزاد می‌کنند. اتن آزاد شده از یک موز یا گوجه‌فرنگی رسیده به نوبه خود موجب رسیدن سریع‌تر میوه‌های نارس می‌شود. به همین دلیل در کشاورزی، از گاز اتن به عنوان «عمل‌آورنده» استفاده می‌شود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- کاربردی از گاز اتن

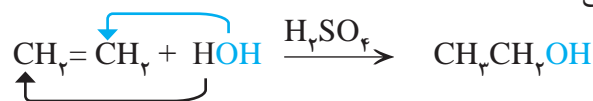


● اتانول، الکلی دوکربنی، بی رنگ و فرّار است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود. این الکل یکی از مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است که در تهیه مواد دارویی، بهداشتی و آرایشی به کار می‌رود. از اتانول در بیمارستان‌ها به عنوان ضد عفونی کننده استفاده می‌شود.



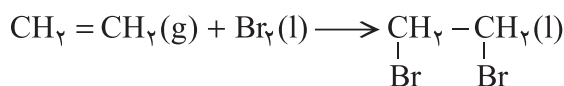
● صنعت پتروشیمی یکی از صنایع مهم جهان است. در این صنعت، ترکیب‌ها و مواد گوناگون از نفت یا گاز طبیعی به دست می‌آیند که به **فراورده‌های پتروشیمیایی**<sup>۱</sup> معروف هستند. در کشور ما نیز شرکت‌های پتروشیمی گوناگونی در حال فعالیت هستند. در این شرکت‌ها سالانه میلیون‌ها تن مواد شیمیایی مانند آمونیاک، پلی اتن، سولفوریک اسید و... تولید می‌شود.

رفتار آلکن‌ها همانند همهٔ مواد به ساختار آنها وابسته است. وجود پیوند دوگانه در آلکن‌ها سبب شده است تا رفتار آنها با آلکان‌ها تفاوت زیادی پیدا کند. به گونه‌ای که آلکن‌ها برخلاف آلکان‌ها، واکنش‌پذیری بیشتری دارند و در واکنش‌های گوناگونی شرکت می‌کنند. واکنش‌پذیری زیاد آلکن‌ها به این دلیل است که در ساختار آنها دو اتم کربن به سه اتم دیگر متصل بوده و از این رو «سیر نشده» هستند؛ این درحالی است که اتم کربن تمایل دارد تا از حداکثر امکان خود برای تشکیل پیوندهای یگانه استفاده کند و چهار پیوند یگانه تشکیل دهد. گاز اتن سنگ بنای صنایع پتروشیمی است؛ زیرا در این صنایع با استفاده از اتن حجم انبوهی از مواد گوناگون تولید می‌شود. برای نمونه با وارد کردن گاز اتن در مخلوط آب و اسید در شرایط مناسب، اتانول را در مقیاس صنعتی تولید می‌کنند. معادلهٔ زیر، واکنش شیمیایی انجام شده را نشان می‌دهد.



از مقایسهٔ مولکول اتانول با مولکول اتن، در می‌یابید که یکی از پیوندهای میان اتم‌های کربن-کربن در مولکول اتن شکسته شده و به یکی از آنها، اتم H و به دیگری، گروه OH متصل شده است. به دیگر سخن مولکول آب به اتم‌های کربن پیوند دوگانه افزوده شده و فرآوردهٔ سیر شده‌ای تولید شده است.

از دیگر واکنش‌های گاز اتن، ترکیب شدن آن با برم مایع است. به طوری که هر گاه گاز اتن را در محلولی از برم وارد کنیم، رنگ قرمز محلول از بین می‌رود. این تغییر رنگ، نشانه انجام واکنش شیمیایی زیر است:



۲،۱- دی برمواتان

در این واکنش نیز، مولکول برم به پیوند دوگانهٔ کربن-کربن در مولکول اتن افزوده می‌شود، و فرآورده‌ای سیر شده پدید آمده است. همهٔ آلکن‌ها در این واکنش شرکت می‌کنند به گونه‌ای که این واکنش یکی از روش‌های شناسایی آنها از هیدروکربن‌های سیر شده است.

## خود را بیازمایید

شکل زیر نمایی از واکنش تکه‌ای گوشت چرب با بخار برم را نشان می‌دهد. با توجه به آن پیش‌بینی کنید مولکول چربی موجود در این گوشت سیر شده است یا سیر نشده؟ چرا؟ (راهنمایی: در این واکنش تنها چربی موجود در گوشت با بخار برم واکنش می‌دهد).

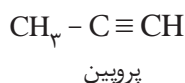


پلیمری شدن دسته دیگری از واکنش آلکن‌هاست که با استفاده از آن می‌توان انواع لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها، الیاف و پلیمرهای سودمند را تهیه کرد. این واکنش‌ها در فصل ۳ بررسی خواهد شد.

## آلکین‌ها، سیر نشده تر از آلکن‌ها

آیا واژه جوش کاربیدی را شنیده‌اید؟ در این جوشکاری از سوختن گاز اتین، دمای لازم برای جوش دادن قطعه‌های فلزی تأمین می‌شود. اتین هیدروکربنی است که در ساختار خود یک پیوند سه‌گانه کربن - کربن دارد.

به هیدروکربن‌های سیر نشده با یک پیوند سه‌گانه کربن - کربن، آلکین گفته می‌شود. برای نام‌گذاری آنها به جای پسوند «آن» در نام آلکان هم کربن، پسوند «ین» قرار می‌گیرد. اتین با فرمول مولکولی  $C_2H_2$ ، ساده‌ترین آلکین و پروپین دومین عضو خانواده آلکین‌ها است. از نام پروپین چنین برمی‌آید که هر مولکول آن سه کربن داشته و یک پیوند سه‌گانه میان دو کربن آن وجود دارد.



آلکین‌ها نیز واکنش‌پذیری زیادی دارند و با مواد شیمیایی مختلف واکنش می‌دهند.



● جوش کاری و برش کاری فلزها با سوزاندن گاز اتین

● در گذشته گاز اتین را با نام گاز استیلن می‌خواندند.



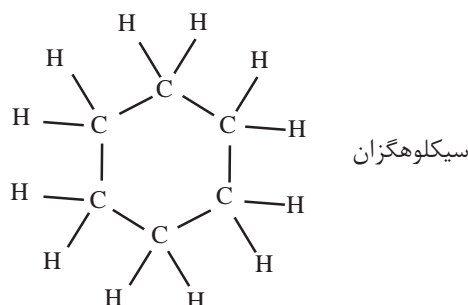
● نمایشی از مولکول اتین



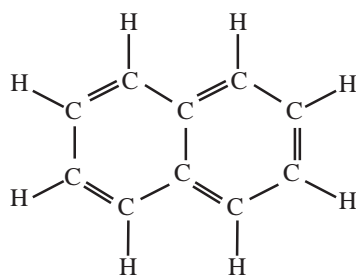
## هیدروکربن‌های حلقوی<sup>۱</sup>

● سیکلو (Cyclo) پیشوندی به معنای حلقوی است که برای نام‌گذاری برخی ترکیب‌های آلی حلقوی به کار می‌رود.

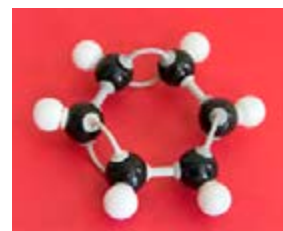
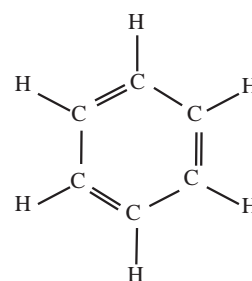
ترکیب‌های آلی بسیاری شناخته شده است که در آنها اتم‌های کربن طوری به یکدیگر متصل شده‌اند که ساختاری حلقوی به وجود آورده‌اند. سیکلوهگزان از آن جمله است. این نام نشان می‌دهد که این ماده، هیدروکربن سیر شده‌ای است که حلقه‌ای از شش اتم کربن دارد.



بنزن، هیدروکربنی سیر نشده با فرمول ساختاری زیر، سرگروه خانواده مهمی از هیدروکربن‌ها به نام **آروماتیک**<sup>۲</sup> است. نفتالین نیز از جمله این ترکیب‌هاست. نفتالین مدت‌ها به عنوان ضدبید برای نگهداری فرش و لباس کاربرد داشته است.



نفتالین



بنزن

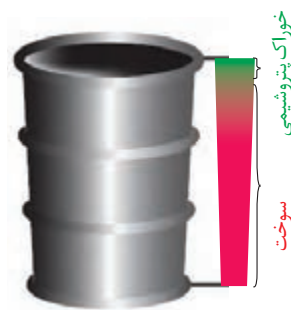
## خود را بیازمایید

- الف) فرمول مولکولی هر یک از هیدروکربن‌های حلقوی بالا را بنویسید.  
ب) فرمول پیوند - خط را برای هر یک از آنها رسم کنید.

۱- Cyclic Hydrocarbons  
۲- Aromatic

## نفت، ماده‌ای که اقتصاد جهان را دگرگون ساخت

نفت خام مخلوطی از هیدروکربن‌های گوناگون، برخی نمک‌ها، اسیدها، آب و... است. البته مقدار نمک و اسید در نفت خام کم بوده و در نواحی گوناگون متغیر است. (چرا؟) آلکان‌ها بخش عمده هیدروکربن‌های موجود در نفت خام را تشکیل می‌دهند و به دلیل واکنش‌پذیری کم اغلب به عنوان سوخت به کار می‌روند، به طوری که بیش از ۹۰ درصد نفت خام صرف سوزاندن و تأمین انرژی می‌شود و تنها مقدار کمی از آن به عنوان خوراک پتروشیمی در تولید مواد پتروشیمیایی به کار می‌رود. همان‌طور که در شکل روبه‌رو مشاهده می‌کنید، از نفت خام دسته‌های متفاوتی از هیدروکربن‌ها به دست می‌آید. ترکیب‌های موجود در این دسته‌ها چه ویژگی‌هایی دارند؟ جداسازی آنها از نفت خام بر چه مبنایی و با چه دستگاهی انجام می‌شود؟

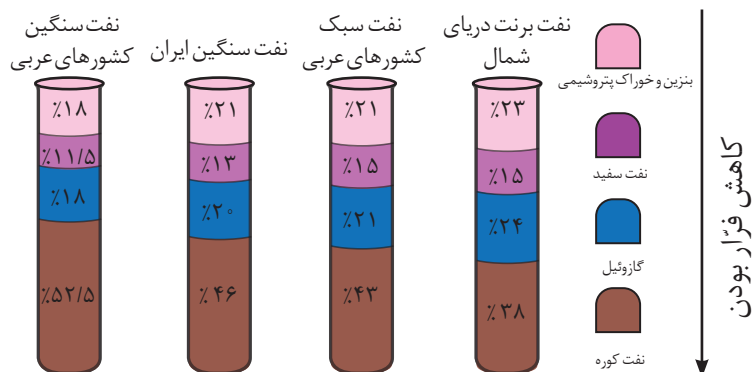


● نسبت میزان سوخت و خوراک پتروشیمی در یک بشکه از نفت خام



### با هم بیندیشیم

در شکل زیر چهار نوع نفت خام بر اساس درصد اجزای سازنده مقایسه شده‌اند. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



### آیا می‌دانید

خلیج فارس یکی از پررفت‌وآمدترین مناطق دریایی جهان است و سالانه هزاران کشتی اقیانوس‌پیما وارد این منطقه می‌شوند. سوخت این کشتی‌ها نفت کوره است و می‌توانند سوخت مورد نیاز خود را در شمال خلیج فارس دریافت کنند و به سفر دریایی خود ادامه دهند. از این‌رو سوخت‌رسانی به این کشتی‌های یکی از مهم‌ترین زمینه‌های ارزآوری و اشتغال‌زایی صنایع دریایی می‌تواند باشد. کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی ویژه در خلیج فارس می‌تواند سهم زیادی از این منافع را نصیب خود کند.

الف) اندازه مولکول‌های نفت کوره با بنزین چه تفاوتی دارد؟

ب) کدام دسته از مواد در نفت سنگین بیشتر از نفت سبک وجود دارد؟

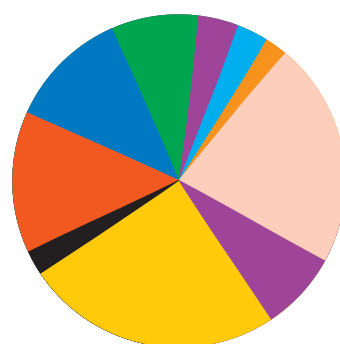
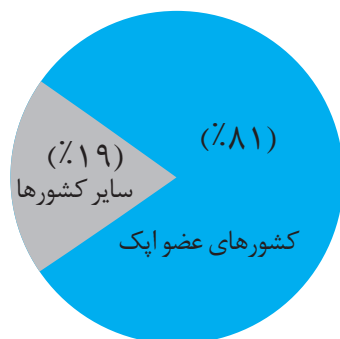
پ) ملاک دسته‌بندی نفت خام به دو دسته سبک و سنگین چیست؟

ت) چرا قیمت نفت برنت دریای شمال از دیگر نفت‌ها بیشتر اما قیمت نفت سنگین

کشورهای عربی کمتر است؟

## آیا می دانید

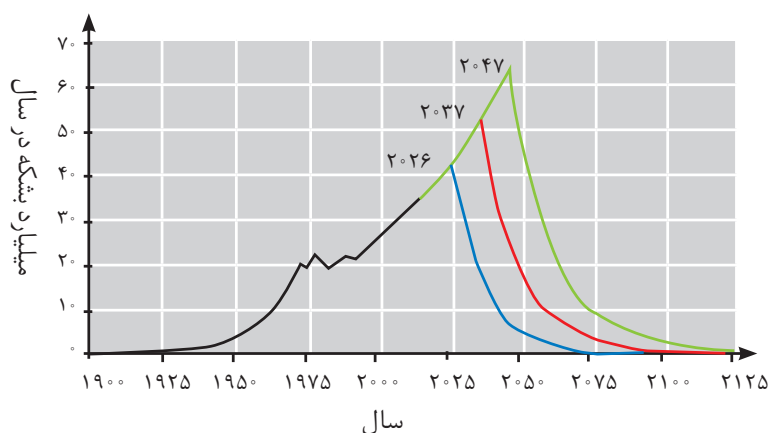
سهم کشورهای عضو ایک از ذخایر نفت جهان به شرح زیر است:



- الجزایر
- آنگولا
- اکوادور
- گابون
- اندونزی
- ایران
- عراق
- کویت
- لیبی
- نیجریه
- قطر
- عربستان سعودی
- امارات متحده عربی
- ونزوئلا

پس از جدا کردن نمک ها، اسیدها و آب، نفت خام را **پالایش** می کنند. درواقع با استفاده از تقطیر جزء به جزء، هیدروکربن های آن را به صورت مخلوط هایی با نقطه جوش نزدیک به هم جدا می کنند. برای این کار، نفت خام را درون محفظه ای بزرگ گرما می دهند و آن را به برج تقطیر هدایت می کنند. برجی که در آن از پایین به بالا دما کاهش می یابد. هنگامی که نفت خام داغ به قسمت پایین برج وارد می شود، مولکول های سبک تر و فرارتر از جمله مواد پتروشیمیایی، از مایع بیرون آمده و به سوی بالای برج حرکت می کنند. به تدریج که این مولکول ها بالاتر می روند، سرد شده و به مایع تبدیل می شوند و در سینی هایی که در فاصله های گوناگون برج قرار دارند وارد شده و از برج خارج می شوند. بدین ترتیب مخلوط هایی با نقطه جوش نزدیک به هم از نفت خام جداسازی می شوند.

دستیابی به دانش و فناوری پالایش نفت خام، سبب ایجاد تحولی بزرگ در صنعت حمل و نقل، پتروشیمی و دیگر صنایع شد. پالایش نفت خام، از سویی سوخت ارزان و مناسب را در اختیار صنایع قرار می داد و از سوی دیگر، منجر به تولید انرژی الکتریکی ارزان قیمت می شد. همه این روند سبب شد تا ارزش و اهمیت طلای سیاه روز به روز بیشتر شود تا جایی که استفاده و شناخت بیشتر آن، چهره زندگی را آشکارا تغییر داد. این هدیه الهی در سده گذشته کانون توجه و تحولات اجتماعی، سیاسی و اقتصادی در سطح جهان بود. اما استخراج و مصرف بی حساب این منبع خدادادی سبب شده تا این اندوخته رو به پایان باشد (نمودار ۲).



**نمودار ۲-** مقدار نفت خام تولید شده (خط سیاه) و برآورد شده (خط های آبی، قرمز و سبز). خط آبی کمترین، خط سبز بیشترین و خط قرمز میانگین برآورد.

## در میان تارنماها

● با مراجعه به وبگاه [www.worldmeters.info/fa](http://www.worldmeters.info/fa) مصرف لحظه ای نفت خام و سوخت های فسیلی را مشاهده کنید.

## آیا می دانید

فرمول کلی زغال سنگ را به صورت  $C_{۳۵}H_{۹۶}O_4NS$  برآورد می کنند.

زغال سنگ، پراکندگی نسبیه مناسبی در سراسر جهان دارد و تقریباً در همه کشورها یافت می شود. جزء اصلی سازنده زغال سنگ کربن است. به طوری که بیش از ۸۰ درصد آن را کربن تشکیل می دهد. زغال سنگ نیز مخلوطی از ترکیب های گوناگون است که به مقدار قابل توجهی عنصرهای دیگری مانند گوگرد، نیتروژن و اکسیژن نیز دارد. البته در زغال سنگ مقادیر کمی از فلزهای گوناگون مانند نیکل، مس، آلومینیم، سرب، آرسنیک، جیوه و... وجود دارد.

مقدار جیوه در زغال سنگ ۲۰۰-۵۰۰ ppm است. با این توصیف، نیروگاه هایی که زغال سنگ می سوزانند روزانه هزاران گرم جیوه به هوا کره وارد می کنند.

## آیا می دانید

برای ایجاد اشتعال و انفجار، مقدار گاز متان در هوای معادن زغال سنگ باید بیشتر از ۵ درصد و کمتر از ۱۷ درصد باشد. به دیگر سخن، اگر مقدار گاز متان در هوای یک معدن کمتر از ۵ درصد یا بیشتر از ۱۷ درصد باشد تقریباً انفجاری رخ نخواهد داد.

همچنین توجه داشته باشید که به دلیل سبک بودن گاز متان، این گاز عمدتاً در طبقات بالای معادن زغال سنگ انباشته می شود.

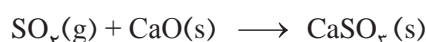
زغال سنگ یکی از سوخت های فسیلی است. برآوردها نشان می دهد که طول عمر ذخایر زغال سنگ به ۵۰۰ سال می رسد. از این رو زغال سنگ می تواند به عنوان سوخت، جایگزین نفت شود. اما جایگزینی نفت با زغال سنگ سبب ورود مقدار بیشتری از انواع آلاینده ها به هوا کره شده و تشدید اثر گلخانه ای می شود (جدول ۱). چرا؟

جدول ۱- مقایسه بنزین با زغال سنگ

| نام سوخت | گرمای آزاد شده (kJ/g) | فرآورده های سوختن            | مقدار کربن دی اکسید به ازای هر کیلوژول انرژی تولید شده (g) |
|----------|-----------------------|------------------------------|--|
| بنزین    | ۴۸                    | $CO_2, CO, H_2O$             | ۰/۰۶۵  |
| زغال سنگ | ۳۰                    | $SO_2, CO_2, NO_2, CO, H_2O$ | ۰/۱۰۴  |

بنابراین باید به دنبال راه های بهبود کارایی زغال سنگ مانند موارد زیر باشیم.

- شست و شوی زغال سنگ به منظور حذف گوگرد و ناخالصی های دیگر
- به دام انداختن گاز گوگرد دی اکسید خارج شده از نیروگاه ها با عبور گازهای خروجی از روی کلسیم اکسید



یکی از مشکلات زغال سنگ، شرایط دشوار استخراج آن است. به گونه ای که در سده اخیر بیش از ۵۰۰۰۰۰ نفر در سطح جهان در اثر انفجار یا فروریختن معدن جان خود را از دست داده اند. این انفجارها اغلب به دلیل تجمع گاز متان آزاد شده از زغال سنگ در معدن رخ می دهد. متان گازی سبک، بی بو و بی رنگ است و هرگاه مقدار آن در هوای معدن به بیش از ۵ درصد برسد، احتمال انفجار وجود دارد. البته با افزایش درصد متان تا مقدار معینی، همچنان احتمال انفجار وجود خواهد داشت. بنابراین ضروری است استانداردها و اصول ایمنی در معدن به طور دقیق رعایت و مقدار گاز متان در هوای معدن پیوسته اندازه گیری و کنترل شود. البته یکی از راه های کاهش متان در هوای معدن استفاده از تهویه مناسب و قوی است.

## پیوند با صنعت

حمل و نقل هوایی سریع ترین حالت حمل و نقل بوده و مزایای آن مانند عدم نیاز به جاده سازی و تعمیرات آن، مسافرت آسان، خدمات رسانی خوب در مواقع اضطراری حتی در نقاط دور دست و ... است. اما به دلیل هزینه بسیار زیاد آن، برخی شرکت ها مانند پست و همچنین شمار محدودی از افراد جامعه می توانند از آن استفاده کنند. با وجود این مسئله، این صنعت روبه

گسترش است و رقابت زیادی بین شرکت‌های هواپیمایی گوناگون در ساخت و بهره‌گیری از هواپیما وجود دارد. این روند اهمیت سوخت هواپیما را نشان می‌دهد.

● نفت سفید شامل آلکان‌هایی با ده تا پانزده کربن است.

سوخت هواپیما از پالایش نفت خام در برج‌های تقطیر پالایشگاه‌ها تولید می‌شود. این سوخت به‌طور عمده از نفت سفید که مخلوطی از آلکان‌هاست تهیه می‌شود. امروزه تولید سوخت هواپیما یکی از صنایع مهم و ارزآور است که به دانش فنی بالایی نیز احتیاج دارد. از این‌رو شرکت‌های دانش بنیان می‌توانند با ورود به این عرصه کارآفرینی کرده و در شکوفایی اقتصاد کشور قدم‌های مؤثری را بردارند.

یکی از مسائل مهم در تأمین سوخت، انتقال آن به مراکز توزیع و استفاده آن است که در حدود ۶۶ درصد آن از طریق خطوط لوله و بقیه با استفاده از راه‌آهن، نفتکش جاده‌پیما و کشتی‌های نفتی انجام می‌شود (شکل ۲۱).

## ۸ آیا می‌دانید

انتقال فراورده‌های نفتی توسط شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت از طریق چهارده هزار کیلومتر خطوط لوله انجام می‌شود. به‌طوری که در سال ۱۳۹۵ خورشیدی بیش از ۱۲۰ میلیارد لیتر فراورده‌های نفتی به سراسر کشور انتقال داده شده است که سوخت هواپیما نزدیک به ۲/۲ میلیارد لیتر از این مقدار را به خود اختصاص داده است.



شکل ۲۱- نمایی از خطوط انتقال سوخت

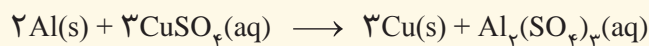
## در میان تارنماها

با مراجعه به منابع معتبر و پایگاه‌های اینترنتی شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران اطلاعاتی درباره مشکلات، نکات ایمنی، مسائل زیست‌محیطی و... مرتبط با انتقال فراورده‌های نفتی و خوردگی لوله‌های نفتی تهیه و آن را به کلاس گزارش کنید.



۱- یون سولفات موجود در ۲/۴۵ g از نمونه‌ای کود شیمیایی را با استفاده از یون باریم، جداسازی کرده و ۲/۱۸ گرم باریم سولفات به دست آمده است. درصد خلوص کود شیمیایی را بر حسب یون سولفات حساب کنید.

۲- از واکنش ۸/۱ گرم فلز آلومینیم با خلوص ۹۰ درصد با محلول مس (II) سولفات مطابق واکنش زیر، چند گرم فلز مس آزاد می‌شود؟



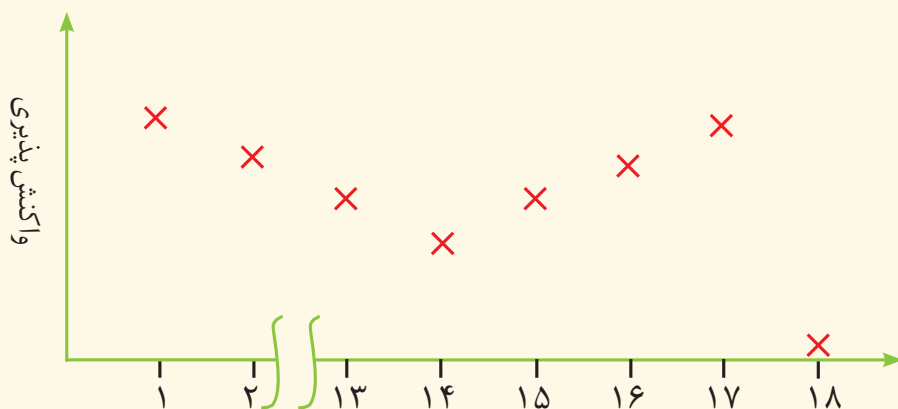
۳- سیلیسیم عنصر اصلی سازنده سلول‌های خورشیدی است که از واکنش زیر تهیه می‌شود.



الف) واکنش پذیری کربن را با سیلیسیم مقایسه کنید.

ب) مقدار ناخالصی در ۱۰۰ گرم سیلیسیم مصرفی در صنایع الکترونیک ۱/۰۰۰ گرم است. درصد خلوص آن را حساب کنید.

۴- نمودار زیر روند کلی تغییر واکنش پذیری عنصرهای دوره دوم جدول دوره‌ای را نشان می‌دهد.

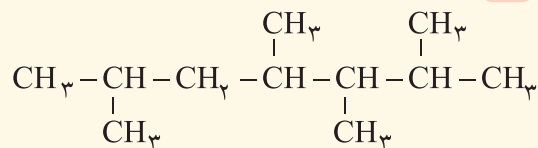


الف) چرا واکنش پذیری عنصرهای گروه ۱۸ در حدود صفر است؟

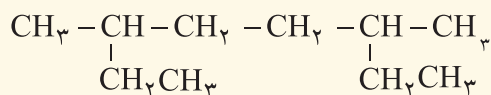
ب) روند تغییر واکنش پذیری را توضیح دهید.

۵- هر یک از هیدروکربن‌های زیر را به روش آیوپاک نام‌گذاری کنید.

(الف)



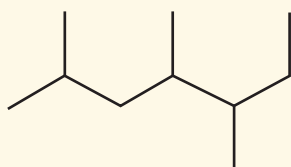
(ب)



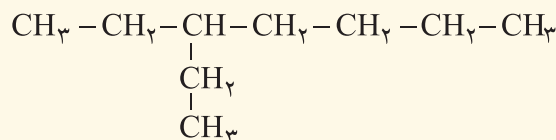
(ث)



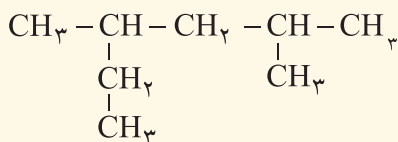
(ج)



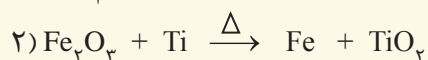
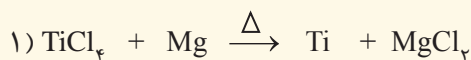
(پ)



(ت)



۶- با توجه به واکنش‌های زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

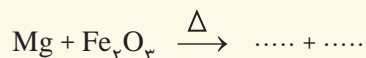


(الف) هر یک از آنها را موازنه کنید.

(ب) ترتیب واکنش‌پذیری عنصرهای Mg، Fe، Ti را مشخص کنید.

(پ) برای تهیه فلز تیتانیم، باید واکنش شماره (۱) را در حضور گاز آرگون انجام داد. چرا وجود گازهای اکسیژن و نیتروژن در محیط واکنش مانع از انجام واکنش می‌شود؟ (توجه: گاز نیتروژن به جو بی اثر معروف است)

(ت) پیش‌بینی کنید آیا واکنش زیر در شرایط مناسب انجام می‌شود؟ چرا؟ در صورت انجام، آن را کامل و موازنه کنید.



(ث) تیتانیم فلزی محکم، با چگالی کم و مقاوم در برابر خوردگی است. یکی از کاربردهای آن استفاده در بدنه دوچرخه است. اگر در کارخانه‌ای از مصرف  $۱.۰ \times ۳/۵۴$  گرم تیتانیم (IV) کلرید،  $۱.۰ \times ۷/۹۱$  گرم فلز تیتانیم به دست آید، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

۷- معدن مس سرچشمه کرمان، یکی از بزرگ‌ترین مجتمع‌های صنعتی معدنی جهان به‌شمار می‌رود و بزرگ‌ترین تولیدکننده مس است. برای تهیه مس خام از سنگ معدن آن، واکنش زیر انجام می‌شود.



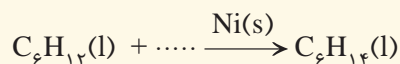
الف) با مصرف ۴۰۰ kg مس (I) سولفید با خلوص ۸۵٪ حدود ۱۹۰/۵۴ kg مس خام تهیه می‌شود. بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

ب) چرا این واکنش روی محیط زیست تأثیر زیان‌باری دارد؟

۸- هگزان ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) و ۱- هگزن ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ) دو مایع بی‌رنگ هستند.

الف) روشی برای تشخیص این دو مایع پیشنهاد کنید.

ب) جای خالی را در واکنش زیر پر کنید.



۹- هیدروکربنی به فرمول  $\text{C}_x\text{H}_y$  شناسایی شده است. افزودن چند قطره از آن به مقدار کمی از محلول برم در یک حلال آلی، سبب بی‌رنگ شدن محلول می‌شود.

الف) این هیدروکربن جزو آلکان‌ها، آلکن‌ها یا سیکلوآلکان‌هاست؟ چرا؟

ب) نسبت جرمی کربن به هیدروژن در آن برابر با ۶ و جرم مولی آن برابر با ۱۴۰/۲ گرم است. فرمول مولکولی آن را بیابید.

پ) با مراجعه به نمودار صفحه ۳۶، حالت فیزیکی این هیدروکربن را پیش‌بینی کنید.



● **فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ .** (سوره عبس - آیه ۲۴)

انسان باید به غذای خویش (و آفرینش آن) بنگرد.

دانشمندان اجزای بنیادی جهان مادی را ماده و انرژی می‌دانند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که انرژی از راه‌های گوناگون با ماده ارتباط دارد؛ آن‌چنان‌که کاهش جرم خورشید به عنوان تنها منبع حیات‌بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تأیید می‌کند. از سوی دیگر نیاز به انرژی برای انجام هر فعالیت با هر آهنگی، وجود یک منبع انرژی نزدیک‌تر را آشکار می‌سازد؛ منبعی که در آن تغییرهای فیزیکی و به ویژه واکنش‌های شیمیایی انجام می‌شود. تأمین انرژی از سوزاندن سوخت‌ها و نیز گوارش غذا در بدن را می‌توان گواهی بر این مدعا دانست. امید است با بررسی و درک واکنش‌های گرماشیمیایی و سرعت انجام آنها، در استفاده درست و مناسب از دو منبع سوخت و غذا تلاش کنیم.



## آیا می دانید

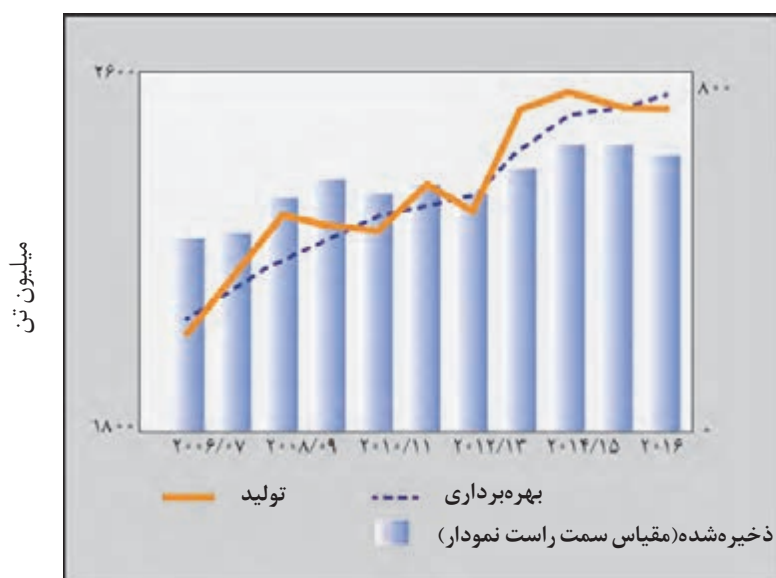
میزان تولید گندم ایران در سال ۹۹ به بیش از ۱۴ میلیون تن رسید.



میزان تولید برنج ایران در سال ۹۹ به حدود ۲/۲ میلیون تن رسید.



غذا<sup>۱</sup> همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نیاکان ما بیشتر وقت خود را صرف تهیه وعده‌های غذایی می‌کردند؛ آن‌چنان که در طول روز اغلب در جست‌وجوی غذا و جمع‌آوری دانه‌های خوراکی بودند. آنها به تدریج یاد گرفتند که دانه‌ها را بکارند و فراورده‌ها را درو کنند. فرایندی که نخستین انقلاب در کشاورزی بود و باعث شد انسان‌ها حبوبات، غلات و... را به مقدار زیادی تولید کنند. اما افزایش جمعیت جهان عاملی تعیین‌کننده بوده و هست، به‌طوری‌که امروزه تأمین غذای حدود ۷/۵ میلیارد نفر ساکن کره زمین بسیار پیچیده و دشوار است، زیرا برای انجام این مهم سالانه بایستی حجم انبوهی از غلات، حبوبات، مواد پروتئینی و... تولید شود. نمودار ۱ تولید و مصرف جهانی غلات را در یک دهه اخیر نشان می‌دهد.



نمودار ۱- تولید و مصرف جهانی غلات در دهه اخیر

اینک می‌پذیرید که یکی از مهم‌ترین و شاید دشوارترین مسئولیت هر دولت، تأمین غذای افراد جامعه است. مسئولیتی که یکی از چالش‌های نگران‌کننده در عصر کنونی است. برای تولید غذا در حجم انبوه به فعالیت‌های صنعتی گوناگونی مانند تولید، حمل‌ونقل، نگهداری، فراوری و... نیاز است؛ مجموعه حوزه‌هایی که صنایع غذایی نامیده می‌شوند. در این صنعت نیز همانند دیگر صنایع منابع شیمیایی بسیاری، سطح وسیعی از زمین‌های بایر و حجم عظیمی از آب‌های قابل استفاده در کشاورزی مصرف می‌شود. این نیازها تأیید می‌کند که یکی از مهم‌ترین و شاید سنگین‌ترین مسئولیت‌های هر دولت، تأمین غذای افراد جامعه است. مسئولیتی که در گذشته با قحطی و جنگ غذا تهدید می‌شد و امروزه نیز چالشی نگران‌کننده به شمار می‌رود.

● پیشرفت دانش و فناوری موجب شده است که تولید فراورده‌های کشاورزی و دامی افزایش یابد و غذا به روش صنعتی تولید شود. در تولید انبوه، به دلیل فساد مواد غذایی و دشواری نگهداری آنها، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی اهمیت بسزایی دارد.



## خود را بیازمایید

| سرانه مصرف (kg) |      | خوراکی     |
|-----------------|------|------------|
| ایران           | جهان |            |
| ۱۱۵             | ۲۵   | نان        |
| ۳۷              | ۲۲   | برنج       |
| ۱۲              | ۲۲   | حبوبات     |
| ۱۰۰             | ۱۳۰  | سبزیجات    |
| ۹۵              | ۱۴۵  | میوه       |
| ۱۹              | ۳۷   | گوشت قرمز  |
| ۹               | ۱۹   | ماهی       |
| ۹               | ۲۴   | تخم مرغ    |
| ۹۰              | ۳۰۰  | شیر        |
| ۳۰              | ۵    | شکر        |
| ۶               | ۳    | نمک خوراکی |
| ۱۹              | ۱۴   | روغن       |

● سرانه مصرف ماده غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گستره زمانی معین نشان می‌دهد.

## آیا می‌دانید

سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (FAO)<sup>۴</sup> در راستای بالا بردن سطح زندگی و بهبود تغذیه، توزیع مناسب مواد غذایی و ایجاد امنیت غذایی در جهان فعالیت می‌کند. این سازمان در شهر رم، پایتخت کشور ایتالیا قرار دارد. برخی آمارهای این سازمان براساس مصرف سرانه مواد غذایی است.



جدول روبه‌رو، سرانه مصرف سالانه برخی مواد خوراکی را نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

الف) دیابت بزرگسالی یکی از بیماری‌های شایع در ایران است. مصرف بی‌رویه کدام مواد در گسترش این بیماری نقش دارد؟

ب) گوشت قرمز و ماهی افزون بر پروتئین<sup>۱</sup>، محتوی انواع ویتامین<sup>۲</sup> و مواد معدنی<sup>۳</sup> است. چه پیشنهادهایی برای گنجاندن آنها در برنامه غذایی خانواده خود دارید؟

پ) شیر و فراورده‌های آن، منبع مهمی برای تأمین پروتئین و به‌ویژه کلسیم است. کارشناسان تغذیه بر مصرف مناسب آنها برای پیشگیری و ترمیم پوکی استخوان تأکید دارند. اگر شما یک مدیر تصمیم‌گیرنده در کشور باشید، چه راهکارهایی برای افزایش مصرف آنها ارائه می‌کنید؟

ت) کارشناسان تغذیه بر مصرف حبوبات مانند نخود، لوبیا، عدس و... در برنامه غذایی تأکید دارند زیرا سرشار از مواد مغذی هستند. براساس برنامه غذایی خانواده خود چه پیشنهادی برای افزایش مصرف آنها دارید؟



آیا تاکنون اندیشیده‌اید که نقش غذا در بدن چیست؟ آیا غذا چیزی فراتر از یک پاسخ به احساس گرسنگی است؟ پژوهش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که مصرف غذا، انرژی مورد نیاز بدن برای حرکت ماهیچه‌ها، ارسال پیام‌های عصبی، جابه‌جایی یون‌ها و مولکول‌ها از دیواره هر یاخته را تأمین می‌کند. غذا همچنین مواد اولیه برای ساخت و رشد بخش‌های گوناگون بدن مانند سلول‌های خونی، استخوان، پوست، مو، ماهیچه‌ها، آنزیم‌ها و... را فراهم می‌کند. همه این فرایندها

۱- Protein

۲- Vitamin

۳- Minerals

۴- Food and Agriculture Organization

## آیا می دانید

علوم و صنایع غذایی به مجموعه‌ای از علوم و فنون گفته می‌شود که به بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی فرآورده‌های کشاورزی و دامی و شیلات از لحاظ تولید، تبدیل، فراوری، نگهداری و حمل و نقل می‌پردازد به گونه‌ای که از مواد خام تا غذای آماده مصرف را پوشش می‌دهد.

## آیا می دانید

شمار اتم‌های تشکیل دهنده بدن یک فرد  $70 \times 10^{27}$  کیلوگرمی در حدود  $3/5$  برآورد می‌شود.



● هنگام روزه داری به ویژه نزدیک افطار اغلب احساس گرسنگی و سرما می‌کنید. در این شرایط، بدن نیاز به ماده و انرژی دارد تا دمای خود را کنترل کند. پس از افطار احساس گرمی دلچسبی خواهید داشت زیرا انرژی مواد غذایی در حال آزاد شدن است.

وابسته به انجام واکنش‌های شیمیایی هستند که هر یک آهنگ ویژه‌ای دارند؛ واکنش‌هایی که دمای بدن را نیز کنترل و تنظیم می‌کنند.

غذا به عنوان معجونی از مواد شیمیایی، محتوی ذره‌های گوناگون است. بخش عمده اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌های موجود در بدن شما از غذایی که می‌خورید، تأمین می‌شود. با این توصیف، تغذیه درست شامل وعده‌های غذایی است که مخلوط مناسبی از انواع ذره‌ها را در برمی‌گیرد و سوء تغذیه هنگامی خودنمایی می‌کند که وعده‌های غذایی با کمبود نوع خاصی از آنها همراه باشد. در این شرایط، بدن به تدریج ضعیف شده و شرایط بیماری فراهم خواهد شد. بدیهی است که افزایش نامتناسب برخی مولکول‌ها و یون‌ها در وعده‌های غذایی سبب افزایش وزن و دیگر بیماری‌ها خواهد شد.

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که محتوای انرژی مواد غذایی گوناگون چقدر است؟ مواد مغذی موجود در خوراکی‌ها از چه نوعی هستند و به چه مقدار وجود دارند؟ برای افزایش زمان ماندگاری و ارزش غذایی خوراکی‌ها چه باید کرد؟ چگونه می‌توان بو و مزه مواد خوراکی را تغییر داد یا بهبود بخشید؟ برای تولید بیشتر و سریع‌تر مواد غذایی چه راه‌هایی وجود دارد؟ آیا انرژی موجود در مواد غذایی یکسان است؟

علم شیمی برای هر یک از این پرسش‌ها پاسخی دارد. **گرماشیمی<sup>۱</sup> و سینتیک شیمیایی<sup>۲</sup>** شاخه‌هایی از علم شیمی هستند که می‌توان پاسخ پرسش‌هایی از این دست را در آنها جست‌وجو کرد.

## غذا، ماده و انرژی<sup>۳</sup>

شاید برای شما هم پیش آمده باشد که بدون خوردن صبحانه به مدرسه بروید، پیاده‌روی یا ورزش کنید! پس از مدت کوتاهی احساس گرسنگی و بی‌حالی به شما دست می‌دهد به طوری که توانایی کافی برای تمرکز، فکر کردن و انجام فعالیت‌های ورزشی را نخواهید داشت. در این حال با خوردن کمی غذا یا تکه‌ای شیرینی، سر حال خواهید شد زیرا بدن شما انرژی کسب کرده است. بدن ما برای انجام فعالیت‌های ارادی و غیرارادی گوناگون به ماده و انرژی نیاز دارد. برای نمونه هنگامی که قند خون پایین باشد می‌توان با خوردن سیب یا نوشیدن شربت آبلیمو و عسل و هنگامی که بدن دچار کمبود آهن باشد می‌توان با خوردن اسفناج و عدسی بدن را به حالت طبیعی بازگرداند. توجه کنید که ارزش مواد غذایی در تأمین ماده و انرژی مورد نیاز بدن یکسان نیست.

۱- Thermochemistry

۲- Chemical Kinetics

۳- Energy

اسفناج و عدس، منبع غنی از آهن هستند و خوردن آنها از شما در برابر کم خونی محافظت می کنند.



تخم مرغ سرشار از انواع آمینواسیدهاست که گنجاندن آن در برنامه غذایی به ساخت پروتئین ها در بافت های بدن کمک می کند.



گوشت ماهی به دلیل داشتن امگا ۳ سبب کاهش کلسترول خون شده و احتمال بیماری های قلبی را کاهش می دهد.



ماست منبعی غنی از منیزیم و کلسیم است.



درباره «اثر نوع و مقدار ماده بر انرژی آن» کاوش کنید.

**وسایل و مواد مورد نیاز:** چراغ الکلی یا شمع، لوله آزمایش بزرگ، دماسنج، پایه، میله، گیره، انبر، ماکارونی و مغز گردو.

**هشدار:** از عینک ایمنی استفاده نموده و نکات ایمنی را هنگام کار با چراغ بونزن رعایت کنید.

۱- یک لوله آزمایش بزرگ را با گیره به پایه و میله وصل کنید.

۲- درون آن تا ۶۰ mL آب بریزید و دمای آن را اندازه گیری کنید (توجه داشته باشید که دماسنج با بدنه یا ته لوله تماس نداشته باشد).

۳- یک گرم یا  $\frac{1}{4}$  مغز گردو بردارید و آن را با انبر یا میله نازک تا شعله ور شدن روی شعله بگیرید. بلافاصله آن را تا سوختن کامل زیر لوله آزمایش نگهدارید. پس از سوختن کامل و خاموش شدن شعله، دمای پایانی آب را یادداشت کنید.

۴- آزمایش را جداگانه با دو گرم یا  $\frac{1}{2}$  مغز گردو و همچنین با دو گرم ماکارونی تکرار و جدول زیر را کامل کنید سپس به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

| شماره آزمایش | ماده غذایی                       | دمای آغازی آب (°C) | دمای پایانی آب (°C) |
|--------------|----------------------------------|--------------------|---------------------|
| ۱            | یک گرم یا $\frac{1}{4}$ مغز گردو |                    |                     |
| ۲            | دو گرم یا $\frac{1}{2}$ مغز گردو |                    |                     |
| ۳            | دو گرم ماکارونی                  |                    |                     |

(الف) با توجه به اینکه در آزمایش ۱ و ۲، نوع ماده ای که می سوزد یکسان است، چرا تغییر دمای آب تفاوت دارد؟

(ب) با توجه به اینکه در آزمایش ۲ و ۳، مقدار ماده ای که می سوزد یکسان است، چرا تغییر دمای آب تفاوت دارد؟

(پ) یافته های خود را از این آزمایش جمع بندی کنید.

یکی از راه های آزاد شدن انرژی مواد، سوزاندن آنهاست. سوخت هایی مانند گاز شهری، بنزین، الکل و زغال هنگام سوختن انرژی آزاد می کنند و این انرژی برای گرم کردن خانه، پخت و پز و نیز به حرکت درآوردن خودروها مصرف می شود. همچنین مواد غذایی مانند

ماکارونی و گردو نیز هنگام سوختن، انرژی آزاد می‌کنند. در واقع هر ماده غذایی انرژی دارد و میزان انرژی آن به جرمی بستگی دارد که می‌سوزد، انرژی‌ای که می‌تواند باعث تغییر دما شود. اما اینکه دمای یک ماده چه چیزی را نشان می‌دهد و با انرژی چه رابطه‌ای دارد، هدفی است که در ادامه دنبال خواهد شد.

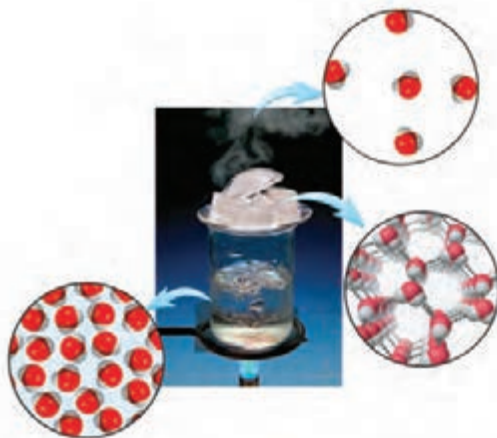


• کاکائو و خوراکی‌های محتوی آن باید در جای خنک نگهداری شوند. هنگامی که چنین خوراکی‌هایی را در جیب خود بگذارید یا در دست بگیرید، پس از مدتی ذوب شده و حالت خمیری و روان به خود می‌گیرند، زیرا دمای آنها افزایش یافته و جنبش ذره‌های سازنده آنها شدیدتر می‌شود.

در فیزیک پایه دهم، مفاهیم دما و گرما و کاربرد آنها در زندگی و برخی از فناوری‌ها را آموختید. در این فصل مفهوم دما و گرما را در فرایندها و واکنش‌های شیمیایی در موقعیت‌های گوناگون زندگی بررسی می‌کنید.

## دمای یک ماده از چه خبر می‌دهد؟

نوشیدن چای داغ و آب خنک به ترتیب در هوای سرد و هوای گرم، لذت‌بخش است. در این تجربه‌های خوشایند «داغی یا خنکی نوشیدنی» و «سردی یا گرمی هوا» نشانه‌ای از تفاوت میان دمای آنهاست، کمیتی که میزان گرمی و سردی مواد را نشان می‌دهد. از آنجا که در شیمی بررسی ساختار مواد و فرایندها از دیدگاه ذره‌ای اهمیت و جایگاه ویژه‌ای دارد، نخست باید با مفهوم **دما**<sup>۱</sup> از این دیدگاه آشنا شوید. برای درک آسان‌تر آن، تجربه زیر را به دقت بررسی کنید (شکل ۱).



شکل ۱- اثر دما بر میزان جنبش مولکول‌ها

مطابق شکل ۱، هنگامی که به ظرف محتوی آب گرما داده می‌شود، به تدریج دمای آن افزایش می‌یابد تا اینکه سرانجام آب می‌جوشد و یخ موجود در بالای آن نیز ذوب می‌شود. آیا می‌دانید جنب‌وجوش مولکول‌ها در این فرایند چه تغییری می‌کند؟ جنب‌وجوش مولکول‌ها در کدام حالت فیزیکی شدیدتر است؟

بررسی شکل ۱ نشان می‌دهد با اینکه ذره‌های سازنده یک ماده در سه حالت فیزیکی یکسان بوده و پیوسته در جنب‌وجوش هستند اما میزان جنبش ذره‌ها متفاوت از یکدیگر است، به طوری که جنبش‌های نامنظم ذره‌ها در حالت گاز شدیدتر از مایع و آن هم شدیدتر از حالت جامد است. همچنین هر چه دما بالاتر باشد، جنبش‌های نامنظم ذره‌های آن شدیدتر است. برای نمونه این جنبش‌ها در آب گرم شدیدتر از آب سرد است.



• بوی غذای گرم آسان‌تر و سریع‌تر از غذای سرد به مشام می‌رسد. (چرا؟)

با بررسی این تجربه اینک می‌پذیرید که در دمای معین یک ویژگی مشترک مواد با هر حالت فیزیکی، وجود جنبش‌های نامنظم ذره‌های سازنده آنها است. هر چه دمای ماده بالاتر باشد، میانگین **تندی**<sup>۱</sup> و میانگین انرژی جنبشی<sup>۲</sup> ذره‌های سازنده آن بیشتر است. به دیگر سخن دمای یک ماده، معیاری برای توصیف میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن است.

## آیا می‌دانید

هر جرم «m» که با تندی «v» حرکت می‌کند، دارای انرژی جنبشی  $\frac{1}{2}mv^2$  است.

## با هم بیندیشیم

۱- شکل زیر دو نمونه از هوای صاف شهر شما را با جرم یکسان نشان می‌دهد. با توجه به آن در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت را کامل کنید.



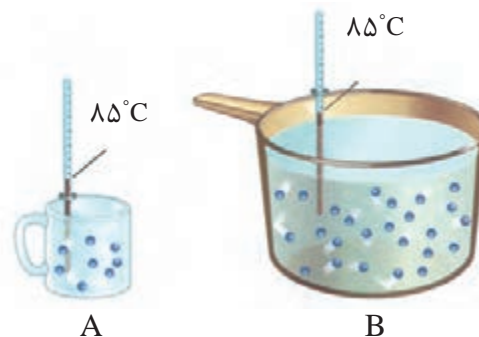
الف) شکل A، نمونه‌ای از هوا را در  $\frac{\text{ظهر}}{\text{شب}}$  نشان می‌دهد.

ب) شکل B، نمونه‌ای از هوا را در یک روز  $\frac{\text{تابستانی}}{\text{زمستانی}}$  نشان می‌دهد.

پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک نمونه ماده، هم‌ارز با **انرژی گرمایی**<sup>۳</sup> آن باشد، انرژی گرمایی  $\frac{A}{B}$  بیشتر بوده زیرا  $\frac{\text{شمار مولکول‌های}}{\text{دمای}}$  آن بیشتر است.

● یکای رایج دما، درجه سلسیوس ( $^{\circ}\text{C}$ )، در حالی که یکای دما در «SI»، کلون (K) است.

۲- با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



● نماد دما برحسب سلسیوس، « $\theta$ » و نماد دما برحسب کلون، «T» است.

الف) میانگین تندی مولکول‌های آب را در دو ظرف مقایسه کنید.

ب) انرژی گرمایی آب موجود در کدام ظرف بیشتر است؟ چرا؟

۱- Speed  
۲- Kinetic Energy  
۳- Thermal Energy



اینک دما را کمیتی می‌دانید که افزون بر میزان سردی و گرمی یک نمونه ماده، از میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن خبر می‌دهد. همچنین آموختید که انرژی گرمایی یک نمونه ماده، کمیتی است که هم به دما و هم به جرم ماده بستگی دارد.

● ارزش دمایی « $1^{\circ}\text{C}$ » برابر با « $1\text{K}$ » است؛ از این‌رو، در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند، « $\Delta\theta = \Delta T$ » خواهد بود.

## تهیه غذای آب‌پز، تجربه تفاوت دما و گرما<sup>۱</sup>

آب‌پز کردن روشی ساده و مفید برای تهیه بسیاری غذاها از جمله پختن تخم‌مرغ است. درون یک ظرف فلزی مقداری آب با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  بریزید سپس درون آن یک تخم مرغ قرار دهید. بدیهی است که با گذشت زمان تخم‌مرغ در این دما نمی‌پزد مگر آنکه ظرف را روی شعله اجاق گاز قرار داده و به آن گرما بدهید. در این شرایط به تدریج دما افزایش یافته تا اینکه تخم‌مرغ بپزد. در این تجربه،  $25^{\circ}\text{C}$  تنها یک کمیت به نام دما را برای آب نشان می‌دهد. در واقع بیان دما، توصیف یک ویژگی از ماده است، در حالی که برای افزایش دما و پختن تخم‌مرغ به ظرف گرما داده شد، فرایندی که دمای آب را به  $75^{\circ}\text{C}$  رساند. تغییر دما در این فرایند برابر است با:

$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i = 75^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

مواردی از این دست نشان می‌دهد که تغییر دما برای توصیف یک فرایند به کار می‌رود، در واقع انجام فرایند است که می‌تواند باعث تغییر دما شود.

در این تجربه دمای ماده با جذب گرما افزایش یافته است، به دیگر سخن دادوستد گرما می‌تواند باعث تغییر دما شود. توجه کنید که گرما از ویژگی‌های یک نمونه ماده نیست و نباید برای توصیف آن به کار رود.

هنگام آشپزی نیز می‌توان به رابطه میان دما و گرما پی برد. تصور کنید ظرفی محتوی  $20^{\circ}\text{C}$  گرم روغن زیتون را با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  در اختیار دارید. آیا برای افزایش دمای آن به  $50^{\circ}\text{C}$  یا  $75^{\circ}\text{C}$ ، گرمای یکسانی نیاز است؟ پاسخ منفی به این پرسش نشان می‌دهد که برای رساندن دمای روغن به  $75^{\circ}\text{C}$  باید گرمای بیشتری مصرف شود.

اینک دو ظرف فلزی یکسان در دمای اتاق ( $25^{\circ}\text{C}$ ) در نظر بگیرید که یکی محتوی  $20^{\circ}\text{C}$  گرم آب و دیگری محتوی  $20^{\circ}\text{C}$  گرم روغن زیتون است. اگر با گرما دادن، دمای هر یک را به  $75^{\circ}\text{C}$  برسانید و هم زمان محتویات تخم‌مرغی را به آرامی به هر یک بیفزایید با پدیده جالبی روبه‌رو خواهید شد (شکل ۲).

● روغن و چربی از جمله ترکیب‌های آلی هستند که به دلیل تفاوت در ساختار، رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند. روغن دارای حالت فیزیکی مایع بوده اما چربی جامد است. از دیدگاه شیمیایی، در ساختار مولکول‌های روغن، پیوندهای دوگانه بیشتری وجود داشته و واکنش‌پذیری بیشتری نیز دارد.

## آیا می‌دانید

بررسی و توصیف ماده و همچنین تغییر (فیزیکی و شیمیایی) آن یکی از مهم‌ترین قلمروهای دانش شیمی است، به‌طوری که پس از بررسی یک نمونه ماده، برای توصیف آن از کمیت‌هایی مانند دما ( $T$ )، حجم ( $V$ )، مول ( $n$ )، آنتالپی ( $H$ ) و ... استفاده می‌شود. این درحالی است که اگر ماده در فرایندی دچار تغییر فیزیکی یا شیمیایی شود، برای توصیف فرایند از تغییر کمیت‌هایی مانند  $\Delta T$ ،  $\Delta V$ ،  $\Delta n$ ،  $\Delta H$  و ... استفاده می‌شود. برای مثال یک مول آب در دمای اتاق با  $T = 298\text{K}$  و  $V = 18\text{mL}$  اما تبخیر آن با  $\Delta T$  و  $\Delta V$  توصیف می‌شود.





شکل ۲- تخم مرغ درون آب (الف) و روغن زیتون (ب) با دمای  $75^{\circ}\text{C}$

تخم مرغ در این دما درون آب پخته می شود اما درون روغن زیتون تغییر محسوسی نخواهد کرد. آیا می دانید علت این پدیده چیست؟

● گرما را با نماد «Q» نشان می دهند و یکای اندازه گیری آن در «SI»، ژول «J» است.  $1\text{J} = 1\text{kg m}^2\text{s}^{-2}$

● هنوز در برخی موارد از یکای کالری (cal) برای بیان مقدار گرما استفاده می شود.  $1\text{cal} = 4.18\text{J}$

## با هم بیندیشیم

با توجه به شکل های داده شده، به پرسش های زیر پاسخ دهید.



$200\text{ g}$  روغن زیتون ( $75^{\circ}\text{C}$ )  $\xrightarrow{19700\text{ J}}$   $200\text{ g}$  روغن زیتون ( $25^{\circ}\text{C}$ )



$200\text{ g}$  آب ( $75^{\circ}\text{C}$ )  $\xrightarrow{41800\text{ J}}$   $200\text{ g}$  آب ( $25^{\circ}\text{C}$ )

(الف) توضیح دهید چرا تخم مرغ در آب می پزد اما در روغن زیتون تغییر محسوسی نمی کند؟  
(ب) می دانید که ظرفیت گرمایی<sup>۱</sup> ماده هم ارز با گرمای لازم برای افزایش دمای آن به اندازه یک درجه سلسیوس است. با این توصیف ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

(پ) ظرفیت گرمایی ماده به چه عواملی بستگی دارد؟

(ت) در فیزیک دهم آموختید که ظرفیت گرمایی یک گرم ماده، ظرفیت گرمایی ویژه یا گرمای ویژه<sup>۲</sup> (c) آن ماده را نشان می دهد، مقدار این کمیت را برای آب و روغن زیتون حساب و باهم مقایسه کنید.

(ث) رابطه ای میان ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه یک ماده بیابید.

اینک می توان پختن تخم مرغ در آب  $75^{\circ}\text{C}$  در مقایسه با روغن زیتون در همین دما را توضیح داد. با اینکه جرم هر دو مایع در این آزمایش برابر است اما آب به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی

۱- Heat Capacity

۲- Specific Heat

بیشتر برای این میزان از تغییر دما، گرمای بیشتری جذب کرده است و همین گرمای بیشتر سبب پختن تخم مرغ شده است. در واقع روغن زیتون با ظرفیت گرمایی کمتر توانایی پختن تخم مرغ را با این تغییر دما در همین زمان نخواهد داشت. برای حساب کردن گرمای جذب یا آزاد شده در چنین فرایندهایی می‌توان از رابطه  $Q = mc\Delta\theta$  استفاده کرد. این تجربه نشان می‌دهد که ظرفیت گرمایی در دما و فشار اتاق، افزون بر نوع ماده به مقدار آن نیز بستگی دارد. در حالی که گرمای ویژه در این شرایط، تنها به نوع ماده وابسته است. جدول ۱، گرمای ویژه برخی مواد خالص را در دما و فشار اتاق نشان می‌دهد.

جدول ۱- گرمای ویژه برخی مواد خالص در  $25^{\circ}\text{C}$  و  $1\text{ atm}$

| ماده          | گرمای ویژه ( $\text{Jg}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) | ماده     | گرمای ویژه ( $\text{Jg}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) |
|---------------|--|----------|--|
| آب            | ۴/۱۸۴  | آلومینیم | ۰/۹۰۰  |
| سدیم کلرید    | ۰/۸۵۰  | نقره     | ۰/۲۳۶  |
| اتانول        | ۲/۴۳۰  | طلا      | ۰/۱۲۸  |
| کربن دی‌اکسید | ۰/۸۴۰  | اکسیژن   | ۰/۹۲۰  |

## خود را بیازمایید

۱- یک استکان چای با دمای  $9^{\circ}\text{C}$  درون اتاقی با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قرار دارد. با گذشت زمان، دما و انرژی گرمایی آن چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

۲- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.  
 گرما را می‌توان هم‌ارز با آن مقدار  $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دمایی}}$  دانست که به دلیل تفاوت در  $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دما}}$  جاری می‌شود.

۳- تکه‌ای نان و تکه‌ای سیب‌زمینی را با جرم و سطح یکسان در دمای  $6^{\circ}\text{C}$  در نظر بگیرید. اگر آنها را هم‌زمان در محیطی با دمای  $2^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم کدامیک زودتر با محیط هم‌دما می‌شود؟ درستی پاسخ خود را در منزل بررسی کنید.

## جاری شدن انرژی گرمایی

تجربه خوردن شیر گرم در یک روز سرد زمستانی تجربه خوشایندی است، تجربه‌ای لذت‌بخش که به بدن انرژی می‌بخشد. اگر دمای شیر گرم در حدود  $6^{\circ}\text{C}$  باشد پس از ورود به بدن، نخست



● شیر اشرف نوشیدنی‌ها، غذایی که مصرف آن برای همگان مفید است.

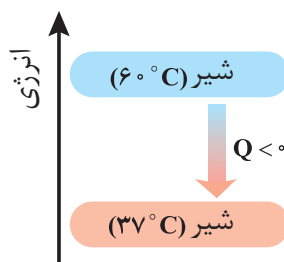


● بستنی یک خوراکی دوست‌داشتنی، خنک و سرشار از مواد مغذی و انرژی‌زاست. فرایند هم دما شدن آن در بدن با جذب انرژی، در حالی که گوارش و سوخت و ساز آن با آزاد شدن انرژی همراه است.

مقداری انرژی به شکل گرما از دست می‌دهد تا با بدن هم‌دما شود. شیمی‌دان‌ها برای درک آسان‌تر جاری شدن انرژی گرمایی در فرایندهایی از این دست، شیر گرم را **سامانه**<sup>۱</sup> و بدن را **محیط**<sup>۲</sup> پیرامون آن در نظر می‌گیرند، با این توصیف در این فرایند با جاری شدن انرژی از سامانه به محیط، دمای سامانه کاهش می‌یابد ( $\Delta\theta < 0$ ). این ویژگی نشان می‌دهد که  $Q < 0$  بوده و با فرایندی **گرما ده**<sup>۳</sup> سروکار داریم. الگوی نوشتاری این فرایند به صورت زیر است:

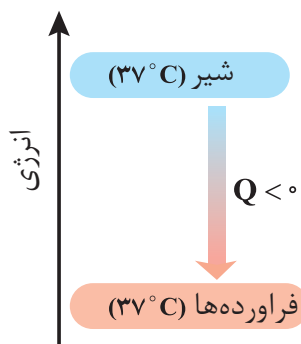
گرما + شیر ( $37^{\circ}\text{C}$ ) → شیر ( $6^{\circ}\text{C}$ )

انجام این فرایند را از دیدگاه انرژی می‌توان با نمودار ۲ نشان داد.



نمودار ۲- فرایند هم‌دما شدن شیر در بدن

اما بخش عمده انرژی موجود در شیر هنگام فرایند گوارش و سوخت‌وساز به بدن می‌رسد. فرایندهایی که با انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگونی همراه است. به دیگر سخن، انجام مجموعه این واکنش‌ها منجر به تولید انرژی و مواد اولیه مورد نیاز سوخت‌وساز یاخته‌ها خواهد شد. نمودار ۳، تغییر انرژی وابسته به مجموعه این واکنش‌ها را نشان می‌دهد.



نمودار ۳- آزاد شدن انرژی در فرایند گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن

در این واکنش‌ها با اینکه دما ثابت است ( $37^{\circ}\text{C}$ )، اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی دادوستد می‌شود.

۱- System

۲- Surroundings

۳- Exothermic

## آیا می‌دانید

شیمی فیزیک<sup>۱</sup>، شاخه‌ای از علم شیمی است که این علم تجربی را بر مبنای مفاهیم فیزیکی و زبان ریاضی بنا نهاده و گسترش می‌دهد. این شاخه همه شیمی را به یکدیگر مرتبط می‌کند به طوری که با اصول علمی آن می‌توان ساختار و تغییر ماده را درک کرد. سینتیک شیمیایی، طیف‌سنجی، الکتروشیمی و ... از جمله مباحث آن است.

## گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرماشیمی)

می‌دانید که هر واکنش شیمیایی ممکن است با تغییر رنگ، تولید رسوب، آزاد شدن گاز و ایجاد نور و صدا همراه باشد اما یک ویژگی بنیادی در همه آنها داد و ستد گرما با محیط پیرامون است. از این رو هر واکنش شیمیایی ممکن است گرماده یا گرماگیر باشد. بررسی و مطالعه این ویژگی در واکنش‌ها، منجر به پیدایش ترموشیمی (گرماشیمی) شد؛ شاخه‌ای از علم شیمی که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می‌پردازد. از آنجا که روزانه واکنش‌های شیمیایی بسیاری در اطراف ما و حتی درون بدن ما رخ می‌دهد، می‌توان به وسعت قلمرو ترموشیمی پی برد؛ شما نیز با کمی دقت درمی‌یابید که امروزه گرماشیمی نقش و اهمیت بسیاری در زندگی دارد. شکل ۳ نمونه‌هایی از آنها را نشان می‌دهد.



(پ)



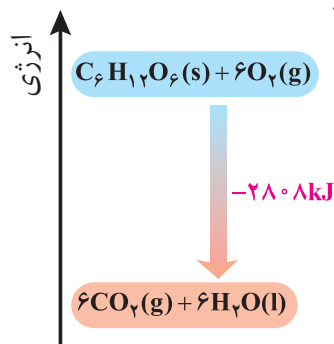
(ب)



(الف)

شکل ۳- الف) مواد غذایی پس از گوارش، انرژی لازم برای سوخت‌وساز یاخته‌ها را در بدن تأمین می‌کنند. ب) سوختن سوخت‌ها، انرژی لازم برای حمل و نقل و نیز گرمایش محیط‌های گوناگون را فراهم می‌کنند. پ) زغال کک، واکنش‌دهنده‌ای رایج در استخراج آهن و تأمین‌کننده انرژی لازم برای انجام واکنش است.

منبع انرژی در بدن غذا است. منبعی که انرژی آن پس از انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون به بدن می‌رسد. بدیهی است که هر یک از این واکنش‌ها می‌تواند گرماده یا گرماگیر باشد؛ واکنش‌هایی که برای انجام شدن باید گرما از دست بدهند یا جذب کنند. نمودار ۴ یکی از این واکنش‌ها را نشان می‌دهد.



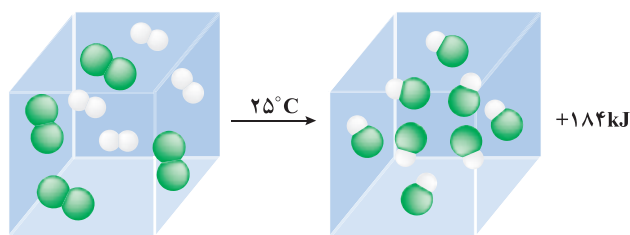
نمودار ۴- اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن

جالب اینکه با وجود تولید انرژی در واکنش اکسایش گلوکز، دمای بدن تغییر محسوسی

● در برخی منابع از انرژی پتانسیل<sup>۱</sup> موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی شیمیایی<sup>۲</sup> یاد می‌شود.

نمی‌کند، زیرا دمای مواد واکنش دهنده پیش از آغاز واکنش با دمای مواد فراورده پس از پایان واکنش برابر است ( $\Delta\theta=0$ )، در واقع واکنش در دمای ثابت انجام می‌شود، اما چرا با وجود دادوستد گرما میان سامانه واکنش و محیط پیرامون، دما ثابت می‌ماند؟

برای پاسخ به این پرسش، یک واکنش میان مولکول‌های دو اتمی<sup>۳</sup> را بررسی می‌کنیم. سامانه‌ای محتوی یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز کلر را با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  در نظر بگیرید. با انجام واکنش میان آنها افزون بر گاز هیدروژن کلرید، گرمای زیادی نیز تولید می‌شود. آزمایش نشان می‌دهد هنگامی که دمای سامانه پس از انجام واکنش به  $25^{\circ}\text{C}$  می‌رسد، گرمای اندازه‌گیری شده پس از تولید دو مول گاز هیدروژن کلرید برابر با  $184\text{kJ}$  است (شکل ۴).



شکل ۴- نمونه‌ای از انجام یک واکنش گرماده در دمای ثابت

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این مقدار گرمای آزاد شده ناشی از تفاوت انرژی گرمایی (مجموع انرژی جنبشی ذره‌ها) در مواد واکنش دهنده و فراورده نیست! زیرا در دمای ثابت، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آنها وجود ندارد. شیمی‌دان‌ها گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فراورده می‌دانند. با این توصیف، انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی نهفته شده در آن است، انرژی‌ای که ناشی از نیروهای نگه‌دارنده ذره‌های سازنده آن است.

برای درک این مفهوم، به ساختار مولکول‌های گازی مواد شرکت‌کننده در واکنش یاد شده توجه کنید.



در هر مولکول از این مواد، تنها دو اتم با یک پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل‌اند، اما نوع اتم‌های متصل به هم در هر مولکول متفاوت از دیگری است؛ به دیگر سخن نیروهای نگهدارنده اتم در هر مولکول و در نتیجه استحکام پیوندها از یکدیگر متفاوت خواهد بود.

این الگو نشان می‌دهد که با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آنها ایجاد می‌شود؛ تفاوت انرژی‌ای که در واکنش‌ها به شکل گرما ظاهر می‌شود.

۱- Potential Energy

۲- Chemical Energy

۳- Diatomic Molecules

## ۸ آیا می‌دانید

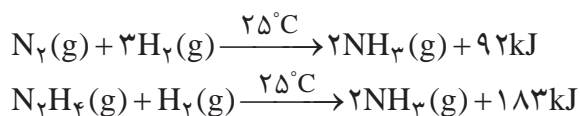
افتادن سیب از درخت بر روی زمین نتیجه نیروی گرانش بوده و نشانه‌ای از وجود پتانسیل گرانشی است در حالی که رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت نتیجه نیروی جاذبه میان یون‌ها و قطب‌های ناهمنام بوده و نشانه‌ای از وجود پتانسیل الکتریکی است. در واقع پتانسیل‌ها نتیجه‌ای از برهم‌کنش‌های گوناگون هستند.

## آیا می دانید

$N_2H_4$ ، هیدرازین نامیده می شود، ماده ای پرانرژی که به عنوان سوخت موشک استفاده می شود.

## با هم بیندیشیم

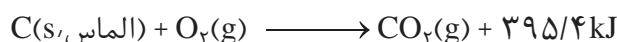
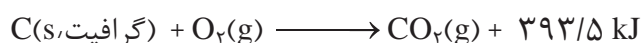
۱- با توجه به واکنش های زیر پاسخ دهید:



الف) چرا گرمای آزاد شده در دو واکنش متفاوت است؟ توضیح دهید.

ب) در کدام واکنش، مواد واکنش دهنده پایدارتر است؟ چرا؟

۲- گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فراورده واکنش سوختن کامل آنها، گاز کربن دی اکسید است.



الف) چرا گرمای حاصل از سوختن یک مول گرافیت متفاوت از یک مول الماس است؟

ب) الماس پایدارتر است یا گرافیت؟ چرا؟

پ) از سوختن کامل ۷/۲ g گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

۳- با توجه به واکنش  $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 484kJ$ ، پیش بینی کنید گرمای واکنش

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$  کدام است (+۴۲۲ kJ، -۴۲۲ kJ، +۵۷۲ kJ، -۵۷۲ kJ)؟

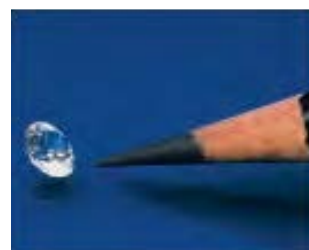
چرا؟

دریافتید که گرمای یک واکنش در دما و فشار ثابت، به نوع و مقدار واکنش دهنده ها، نوع فراورده ها و حالت فیزیکی آنها بستگی دارد. کمیتی که یکی از ویژگی های کاربردی و بنیادی هر واکنش به شمار می رود.

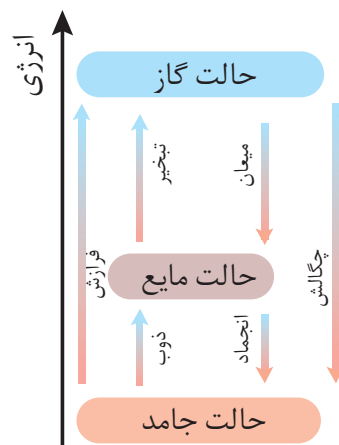
## پیوند با صنعت

بسیاری از مردم کشور نیجریه در مناطق خشک، بیابانی و بادخیز زندگی می کنند. مناطقی که تهیه غذا در آنها دشوار اما نگهداری آن دشوارتر است. محمد باه آبا، معلم نیجریایی با طراحی و ساخت دستگاهی ساده و ارزان به مردم کشورش خدمتی ارزنده ارائه کرد. دستگاهی که همانند یک یخچال اما بدون نیاز به انرژی الکتریکی، غذا را خنک و برای مدت طولانی تری

• در شیمی ۱ آموختید که اتم ها در حالت پایه با جذب انرژی به اتم های برانگیخته تبدیل می شوند. اتم های برانگیخته، پرانرژی تر و ناپایدارترند.



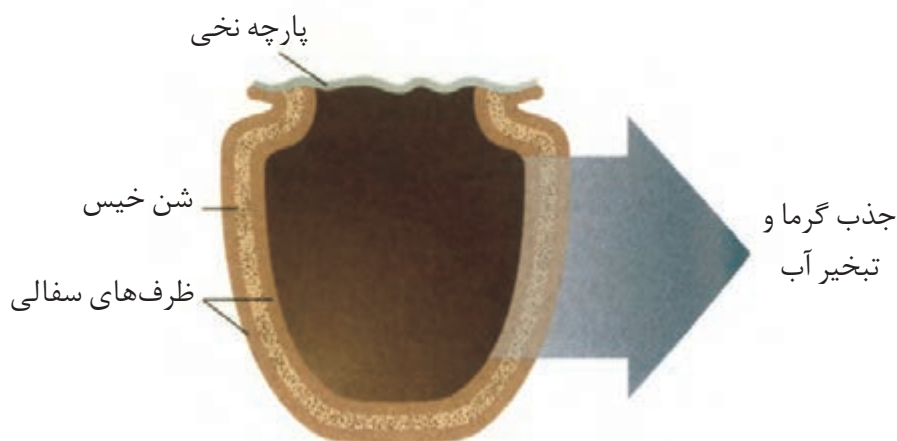
• الماس و گرافیت، دو آلوتروپ کربن



• تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است.



نگه می‌دارد (شکل ۵).



شکل ۵- ساختار یخچال صحرایی

● آیا تاکنون آبی گوارا و خنک از کوزه نوشیده‌اید؟ کوزه، ظرفی سفالی است که ایرانیان از گذشته‌های دور برای نگهداری آب آشامیدنی از آن استفاده می‌کردند. این سفالینه نیز از خاک رس تهیه می‌شود و در بدنه خود روزنه‌های بسیار ریزی دارد. هنگامی که کوزه حاوی آب باشد، آب به آسانی به دیواره آن نفوذ کرده تا جایی که حتی سطح بیرونی آن را نیز نمناک می‌کند. در این شرایط، به تدریج آب از سطح بیرونی کوزه تبخیر شده و گرمای لازم برای این فرایند از محتویات کوزه تأمین می‌شود. فرایندی که باعث کاهش دما و خنک شدن آب خواهد شد.

مطابق شکل ۵، او برای ساخت این دستگاه، دو ظرف سفالی (ساخته شده از خاک رس) را درون یکدیگر قرار داد و فضای میان آنها را با شن خیس پر کرد. درپوش این مجموعه، پوششی نخی و مرطوب است که تهویه را به آسانی انجام می‌دهد. آب در بدنه سفالی ظرف بیرونی نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می‌شود، معادله انجام این فرایند به صورت زیر است:



این معادله نشان می‌دهد که برای تبخیر یک مول آب به ۴۴/۱ کیلوژول گرما نیاز است. جذب گرما در این فرایند باعث افت دما شده و فضای درونی دستگاه همراه با محتویات آن را خنک می‌کند؛ شرایطی که برای سالم نگهداشتن غذا به مدت طولانی‌تر مناسب است.

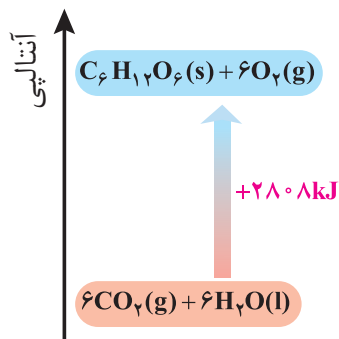
## آنتالپی<sup>۱</sup>، همان محتوای انرژی است؟

هر نمونه ماده شامل مجموعه‌ای از شمار بسیار زیادی ذره‌های سازنده است. این ذره‌ها افزون بر جنبش‌های نامنظم، با یکدیگر برهم‌کنش نیز دارند. در واقع، ذره‌های سازنده یک نمونه ماده افزون بر انرژی جنبشی، دارای انرژی پتانسیل نیز هستند. می‌دانید که یک نمونه ماده با مقدار آن در دما و فشار معین توصیف می‌شود، به طوری که ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار اتاق را می‌توان یک نمونه ماده دانست. اینک ظرفی را در نظر بگیرید که محتوی این نمونه ماده باشد، چنین مجموعه‌ای یک سامانه به شمار می‌رود.

۱- Enthalpy

• همهٔ مواد پیرامون ما در دما و فشار اتاق، آنتالپی معینی دارند.

شیمی دان‌ها انرژی کل چنین سامانه‌ای را هم‌ارز با محتوای انرژی یا آنتالپی آن می‌دانند. با این توصیف هر سامانه در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد. بدیهی است که با انجام واکنش شیمیایی گرماگیر در یک سامانه، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) کمتر به موادی با انرژی (آنتالپی) بیشتر تبدیل می‌شوند (نمودار ۵).



نمودار ۵- آنتالپی واکنش در فتوسنتز

• در بسیاری از منابع علمی معتبر از آنتالپی با نام **محتوای گرمایی** یاد می‌شود.

انجام این واکنش، برخلاف اکسایش گلوکز با جذب انرژی همراه است. از آنجا که دادو ستد انرژی در واکنش‌ها به‌طور عمده به شکل گرما ظاهر می‌شود، شیمی دان‌ها تغییر آنتالپی هر واکنش را هم‌ارز با گرمایی می‌دانند که در فشار ثابت با محیط پیرامون دادوستد می‌کند و آن را با  $Q_p$  نشان می‌دهند.

• برای یک واکنش اغلب به جای تغییر آنتالپی واکنش، واژهٔ آنتالپی واکنش به کار می‌رود.

نماد آنتالپی، «H» است در حالی که نماد تغییر آنتالپی، « $\Delta H$ » می‌باشد؛ کمیتی که با رابطه زیر بیان می‌شود:

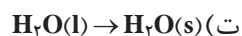
$$Q_p = H(\text{مواد واکنش دهنده}) - H(\text{مواد فرآورده}) = \Delta H(\text{واکنش})$$

## خود را بیازمایید

۱- نماد  $Q$  را در هر معادله وارد کرده سپس علامت « $\Delta H$ » را در هر مورد مشخص کنید.



● مقدار عددی « $\Delta H$ »، یک فرایند بزرگی آن را نشان می‌دهد، درحالی که علامت مثبت و منفی تنها نشان‌دهنده گرماگیر و گرماده بودن آن است.



(پ)

۲- اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازه  $143 \text{ kJ}$  افزایش یابد، آنتالپی واکنش  $3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{O}_3(\text{g})$  را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.

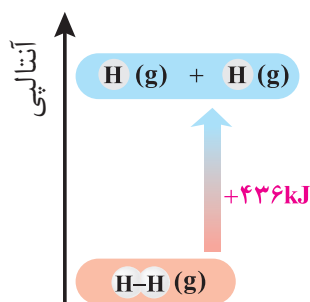
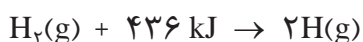
## آنتالپی پیوند و میانگین آن

انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ای از تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در ساختار و خواص مواد منجر می‌شود. یکی از خواصی که در واکنش‌های شیمیایی تغییر می‌کند، محتوای انرژی مواد است. این توصیف از واکنش، اهمیت پیوندهای شیمیایی و نقش انرژی وابسته به آنها را در گرمای یک واکنش نشان می‌دهد. برای درک انرژی پیوند می‌توان بحث را با پیوند میان ساده‌ترین اتم‌ها ادامه داد.

یک نمونه گاز هیدروژن، مجموعه‌ای از شمار بسیار زیادی مولکول‌های دواتمی بوده و هر مولکول شامل دو اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی است. انتظار می‌رود برای تبدیل این مولکول‌ها به اتم‌های جدا از هم انرژی صرف شود. شواهد تجربی نشان می‌دهد که انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول  $\text{H}_2(\text{g})$  و تبدیل آن به دو مول  $\text{H}(\text{g})$ ، حدود  $436 \text{ kJ}$  است (نمودار ۶).

جدول ۲- آنتالپی برخی پیوندها

| پيوند | آنتالپی<br>( $\text{kJ mol}^{-1}$ ) |
|-------|-------------------------------------|
| Cl-Cl | ۲۴۲                                 |
| Br-Br | ۱۹۳                                 |
| I-I   | ۱۵۱                                 |
| H-F   | ۵۶۷                                 |
| H-Cl  | ۴۳۱                                 |
| O=O   | ۴۹۵                                 |
| N≡N   | ۹۴۵                                 |



نمودار ۶- آنتالپی پیوند H-H

جدول ۳- میانگین آنتالپی  
برخی پیوندها

| پیوند | میانگین<br>آنتالپی<br>(kJ mol <sup>-1</sup> ) |
|-------|---|
| C-O   | ۳۸۰   |
| N-H   | ۳۹۱   |
| O-H   | ۴۶۳   |
| C-C   | ۳۴۸   |
| C=C   | ۶۱۴   |
| C≡C   | ۸۳۹   |
| C=O   | ۷۹۹   |
| N-N   | ۱۶۳   |
| O-O   | ۱۴۶   |

در ترموشیمی به مقدار ۴۳۶kJ آنتالپی پیوند «H-H» می‌گویند و آن را با نماد  $\Delta H (H-H) = 436 \text{ kJ mol}^{-1}$  نشان می‌دهند. جدول ۲، آنتالپی برخی پیوندها را نشان می‌دهد. اینک شاید بپرسید که شیمی‌دان‌ها چگونه آنتالپی پیوند را برای مولکول‌های چنداتمی مانند  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{NH}_3$  و  $\text{CH}_4$  تعیین و گزارش می‌کنند؟ در مولکول‌هایی از این دست، اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که برای چنین مولکول‌هایی به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است. برای نمونه براساس واکنش:



میانگین آنتالپی پیوند «C-H» در جدول‌ها،  $415 \text{ kJ mol}^{-1}$  درج شده (چرا؟)، به دیگر سخن  $\Delta H(\text{C-H}) = 415 \text{ kJ mol}^{-1}$  است. جدول ۳، میانگین آنتالپی برخی پیوندها را نشان می‌دهد.

### خود را بیازمایید

با استفاده از داده‌های جدول ۳، آنتالپی هریک از واکنش‌های زیر را پیش‌بینی کنید.



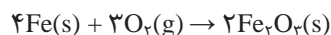
آموختید که انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی منجر به تغییر محتوای انرژی مواد می‌شود، از این رو انجام هریک از آنها با جذب یا از دست دادن گرما همراه است. تجربه نشان می‌دهد که گرمای تولید یا مصرف شده در واکنش‌های شیمیایی قابل اندازه‌گیری بوده و یکی از هدف‌هایی است که در ترموشیمی دنبال می‌شود.

### آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین $\Delta H$ واکنش

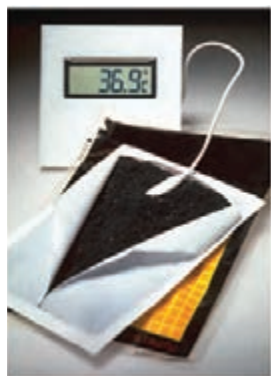
شیمی‌دان‌ها به کار بردن آنتالپی پیوند و میانگین آن را روشی برای تعیین آنتالپی یک واکنش می‌دانند. به دیگر سخن آنتالپی‌های پیوند کمک می‌کند تا از یک روش محاسباتی برای تعیین  $\Delta H$  برخی واکنش‌ها بهره برد؛ راهی که در آن تصور می‌شود شماری از پیوندهای اشتراکی در مولکول‌های مواد واکنش دهنده، شکسته شده سپس شماری پیوند جدید تشکیل می‌شود تا مولکول‌های فراورده پدید آیند؛ با این توصیف دوباره به واکنش میان گازهای هیدروژن و کلر توجه کنید (نمودار ۷). این بار با این تصور که با شکسته شدن پیوندهای اشتراکی در مواد واکنش دهنده و تشکیل پیوندهای جدید، تنها فراورده این واکنش تولید می‌شود.

## آیا می دانید

در هوای سرد زمستان برای گرم نگه داشتن دست ها می توان از کیسه های گرمازا استفاده کرد. این کیسه ها حاوی مواد شیمیایی هستند که در اثر مخلوط شدن با یکدیگر واکنش می دهند و گرما آزاد می شود. در برخی از این کیسه ها از واکنش اکسایش آهن برای تولید گرما استفاده می شود.

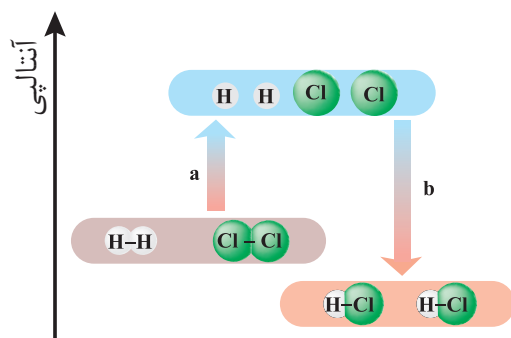
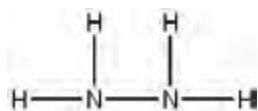


دمای محتویات کیسه پیش از انجام واکنش شیمیایی



دمای محتویات کیسه پس از انجام واکنش شیمیایی

● در ارزشیابی های پایانی، نهایی و آزمون های سراسری در این گونه پرسش ها باید فرمول ساختاری مواد شرکت کننده داده شود.



نمودار ۷- الگویی برای واکنش  $\text{H}_2$  با  $\text{Cl}_2$  و تولید  $\text{HCl}$

کمیت a در نمودار ۷، انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی  $\text{H-H}$  و  $\text{Cl-Cl}$  را در یک مول از هر کدام آنها نشان می دهد، به طوری که این مقدار انرژی هم ارز با مجموع آنتالپی این پیوندهاست:

$$a = (\text{1 mol} \times 436 \text{ kJ mol}^{-1}) + (\text{1 mol} \times 242 \text{ kJ mol}^{-1}) = 678 \text{ kJ}$$

کمیت b در این نمودار، انرژی حاصل از تشکیل پیوندهای اشتراکی  $\text{H-Cl}$  را در دو مول از آن نشان می دهد، از این رو کمیت b هم ارز با دو برابر آنتالپی این پیوند اما با علامت منفی است:

$$b = -(\text{2 mol} \times 431 \text{ kJ mol}^{-1}) = -862 \text{ kJ}$$

اینک از جمع جبری کمیت های a و b، آنتالپی واکنش به دست می آید:

$$\Delta H(\text{واکنش}) = a + b = 678 \text{ kJ} + (-862 \text{ kJ}) = -184 \text{ kJ}$$

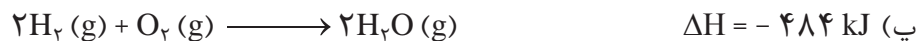
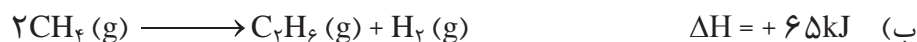
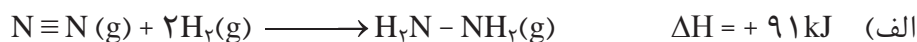
شیمی دان ها به کار بردن آنتالپی های پیوند را برای تعیین  $\Delta H$  واکنش هایی مناسب می دانند که همه مواد شرکت کننده در آنها به حالت گازند. در چنین واکنش هایی هر چه مولکول های مواد شرکت کننده ساده تر باشند، آنتالپی واکنش محاسبه شده با داده های تجربی همخوانی بیشتری دارد. به دیگر سخن به کار بردن میانگین آنتالپی پیوندها برای تعیین  $\Delta H$  واکنش های گازی با مولکول های پیچیده تر اغلب در مقایسه با داده های تجربی، تفاوتی آشکار نشان می دهد.

## خود را بیازمایید

۱- دانش آموزی برای تعیین آنتالپی یک واکنش گازی از رابطه زیر استفاده کرده است، درستی این رابطه را بررسی کنید.

$$\Delta H(\text{واکنش}) = \left[ \begin{array}{c} \text{مجموع آنتالپی پیوندها} \\ \text{در مواد واکنش دهنده} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{مجموع آنتالپی پیوندها} \\ \text{در مواد فراورده} \end{array} \right]$$

۲- با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوندها،  $\Delta H$  هر یک از واکنش های ترموشیمیایی زیر را حساب نموده و با  $\Delta H$  داده شده مقایسه کنید.



## پیوند با زندگی



ادویه ها نقش جالبی در تمدن و تاریخ ملت ها دارند به طوری که بو و مزه لذت بخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل افزودن ادویه های ویژه ای به آنها است. این مواد افزون بر رنگ، بو و مزه خوشایندی که به غذا می دهند، مصرف دارویی نیز دارند آن چنان که امروزه این مواد برای جلوگیری از گرسنگی، افزایش سوخت و ساز، جلوگیری از التهاب، پیشگیری از سرطان و گاهی بهبود یا رفع آن به کار می روند.

یافته های تجربی نشان می دهند که چنین خواصی در ادویه ها به طور عمده وابسته به ترکیب های آلی موجود در آنها است؛ ترکیب هایی که در ساختار خود افزون بر اتم های هیدروژن و کربن، اتم های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند. شواهد تجربی نشان می دهد که تفاوت در خواص ادویه ها به دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است. بررسی مواد آلی موجود در آنها نشان می دهد که وجود آرایش ویژه ای از اتم ها به نام **گروه عاملی**<sup>۱</sup> نقش تعیین کننده ای در خواص آنها دارد. در هر یک از این گروه ها شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر یا پیوند میان آنها اهمیت ویژه ای دارد. برای نمونه آرایش اتم های کربن و اکسیژن با پیوند دوگانه ( $C=O$ ) نشانه وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل**<sup>۲</sup> است، گروهی که به آلدهیدها و کتون ها خواص

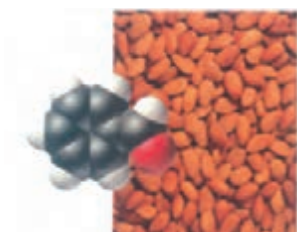
● گروه عاملی، آرایش منظمی از اتم ها است که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می بخشد.

۱- Functional Group

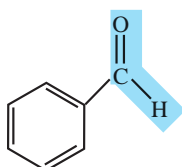
۲- Carbonyl



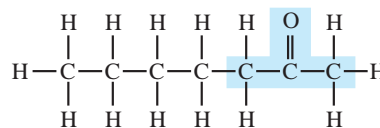
ویژه‌ای می‌بخشد (شکل ۶).



بادام



(ب) بنزآلدهید



(الف) ۲- هپتانون



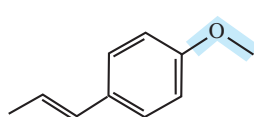
میخک

**شکل ۶-** نمایش گروه عاملی کربونیل در ۲- هپتانون و بنزآلدهید .  
چه تفاوت و چه شباهتی میان گروه عاملی آلدهیدی و کتونی وجود دارد؟

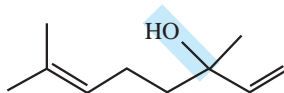
اما در ساختار برخی ادویه‌ها گروه‌های عاملی دیگری نیز وجود دارد. گروه‌هایی که در آنها اتم اکسیژن به یک یا دو اتم کربن با پیوند یگانه متصل است. این گروه‌های عاملی به ترتیب **هیدروکسیل** <sup>۱</sup> (O-H -) و **تری** (O-) نام دارند. برای نمونه طعم و بوی گشنیز و رازیانه به طور عمده وابسته به وجود این گروه‌های عاملی است (شکل ۷).



رازیانه



(ب)



(الف)



گشنیز

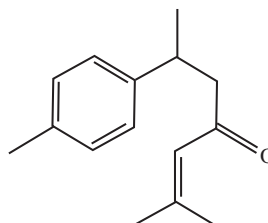
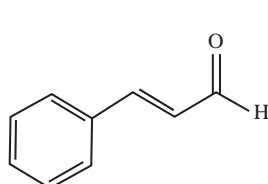
**شکل ۷-** نمونه‌ای از ترکیب‌های آلی موجود در (الف) گشنیز و (ب) رازیانه

## خود را بیازمایید

۱- هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می‌دهد. گروه‌های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید.

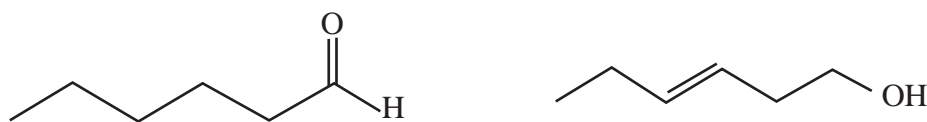


دارچین



زردچوبه

۲- با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) شمار و نوع اتم‌های سازنده آنها را با یکدیگر مقایسه کنید.

ب) آیا خواص فیزیکی و شیمیایی آنها یکسان است؟ چرا؟

پ) آیا محتوای انرژی آنها را یکسان پیش‌بینی می‌کنید؟ توضیح دهید.

● شیمی‌دان‌ها به موادی که فرمول مولکولی یکسان اما ساختار متفاوتی دارند، ایزومر (همپار) می‌گویند.



● هنگام کباب کردن گوشت و خوردن آن نقش و اهمیت ترموشیمی را احساس می‌کنید.

## آیا می‌دانید

واکنش سوختن پروتئین‌ها در آزمایشگاه با واکنش اکسایش آنها در بدن متفاوت است، زیرا پروتئین‌ها مواد آلی نیتروژن دارند که از سوختن کامل آنها افزون بر  $H_2O$ ،  $CO_2$  و انرژی، گاز  $N_2$  نیز تولید می‌شود. در حالی که از اکسایش آنها در بدن، نیتروژن به طور عمد به شکل اوره درمی‌آید.

● با اینکه همه واکنش‌های سوختن گرماده است؛ اما ارزش سوختی در منابع معتبر علمی بدون علامت منفی گزارش شده است.

## آیا می‌دانید

هر کیلوگرم از بدن به طور میانگین به  $100$  کیلوژول انرژی در شبانه‌روز نیاز دارد تا وظایف خود را در پایین‌ترین سطح انجام دهد. این در حالی است که آهنگ مصرف انرژی در یک فرد  $70$  کیلوگرمی هنگام فعالیت سبکی مانند باغبانی یا پیاده‌روی حدود  $800$  کیلوژول و هنگام دویدن حدود  $2000$  کیلوژول در هر ساعت است.

## آنتالپی سوختن، تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی

کباب کردن انواع گوشت، نمونه‌ای کاربردی و خوشایند از ترموشیمی به ویژه آنتالپی سوختن در زندگی است. انرژی لازم برای پختن گوشت در این فرایند از سوختن زغال یا گاز شهری فراهم می‌شود و از سوی دیگر خوردن کباب، مواد و انرژی لازم برای انجام فعالیت‌های بدن را تأمین می‌کند.

این دیدگاه شیمیایی در تهیه غذا کمک می‌کند تا افزون بر درک و تعیین آنتالپی واکنش سوختن مواد، به ارزش غذایی انواع خوراکی‌ها نیز توجه شود.

بدن ما از غذا، مواد گوناگونی دریافت می‌کند. این مواد شامل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها، آب، ویتامین‌ها و مواد معدنی بوده که سه ماده نخست، افزون بر تأمین مواد اولیه برای سوخت و ساز یاخته‌ها، منابعی برای تأمین انرژی آنها نیز هستند. در این میان تنها کربوهیدرات‌ها هستند که در بدن به گلوکز شکسته شده و گلوکز حاصل از آنها در خون حل می‌شود. خون این ماده را به یاخته‌ها می‌رساند (گلوکز، قند خون است) و این ماده هنگام اکسایش در یاخته‌ها، انرژی تولید می‌کند؛ این روند به آسانی انرژی مورد نیاز یاخته‌ها را تأمین می‌کند. اما پرسش این است که چرا بدن ما، چربی را بیشتر ذخیره می‌کند؟

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که چربی ارزش سوختی بیشتری از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها نیز دارد. به دیگر سخن، انرژی حاصل از اکسایش یک گرم چربی بیشتر از دو ماده غذایی دیگر است (جدول ۴).

جدول ۴- ارزش سوختی سه ماده غذایی

| ماده غذایی                 | کربوهیدرات | چربی | پروتئین |
|----------------------------|------------|------|---------|
| ارزش سوختی ( $kJ g^{-1}$ ) | ۱۷         | ۳۸   | ۱۷      |

با این الگو می‌توان مقدار انرژی‌ای که با مصرف مقدار معینی از هر غذا به بدن می‌رسد را

**جدول ۵-** ارزش سوختی برخی خوراکی‌ها که محتوی کربوهیدرات، چربی و پروتئین هستند.

| خوراکی      | ارزش سوختی (kJ g <sup>-1</sup> ) |
|-------------|----------------------------------|
| نان         | ۱۱/۵                             |
| پنیر        | ۲۰/۰                             |
| تخم مرغ     | ۶/۰                              |
| شکلات       | ۱۸/۰                             |
| شیر         | ۳/۰                              |
| بادام زمینی | ۲۳                               |

حساب کرد. برای این کار می‌توان از جدول‌هایی همانند جدول ۵ که در منابع علمی معتبر موجود است، استفاده کرد. باید توجه داشت که میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به وزن، سن و میزان فعالیت‌های روزانه او بستگی دارد. هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به‌طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می‌شود. آشکار است که تهیه هر غذای گرمی به انرژی نیاز دارد، انرژی‌ای که به‌طور عمده از واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. یکی از این سوخت‌ها متان است که بخش عمده گاز شهری را تشکیل می‌دهد. این ماده در حضور اکسیژن کافی به‌طور کامل می‌سوزد و افزون بر  $\text{CO}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ، مقدار زیادی انرژی تولید می‌کند. این ویژگی در واکنش‌های سوختن باعث شده که سوخت‌های فسیلی تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی در صنعت، کشاورزی و زندگی روزانه باشند.

شیمی‌دان‌ها بر اساس این واکنش‌ها، آنتالپی سوختن یک ماده را هم‌ارز با آنتالپی واکنشی می‌دانند که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به‌طور کامل می‌سوزد. جدول ۶، آنتالپی سوختن برخی ترکیب‌های آلی را در  $25^\circ\text{C}$  نشان می‌دهد.

**جدول ۶-** آنتالپی سوختن برخی ترکیب‌های آلی در  $25^\circ\text{C}$

| ماده آلی                                  | آنتالپی سوختن (kJ mol <sup>-1</sup> ) | ماده آلی                                  | آنتالپی سوختن (kJ mol <sup>-1</sup> ) |
|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| $\text{CH}_4(\text{g})$                   | -۸۹۰                                  | $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$          | -۱۳۰۰                                 |
| $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$          | -۱۵۶۰                                 | $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$          | -۱۹۳۸                                 |
| $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ | -۱۴۱۰                                 | $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$          | -۷۲۶                                  |
| $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$          | -۲۰۵۸                                 | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ | -۱۳۶۸                                 |

• یکی از فرآورده‌های سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق،  $\text{H}_2\text{O}$  است و حالت مایع دارد.

## آیا می‌دانید

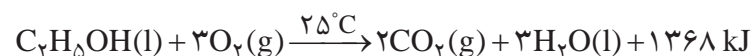
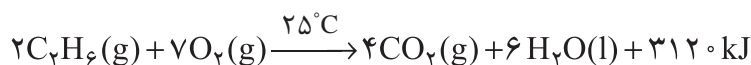
برای اندازه‌گیری دقیق گرمای سوختن یک ماده می‌توان از گرماسنج بمبی استفاده کرد.



## خود را بیازمایید

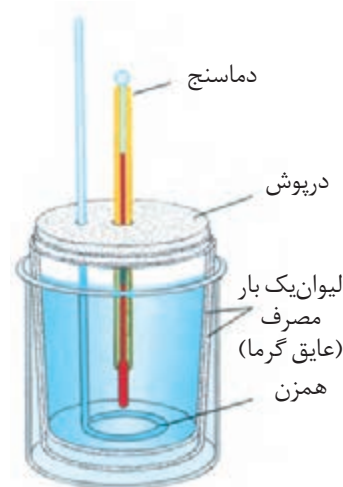
۱- با توجه به جدول ۶ آنتالپی سوختن پروپان ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) و ۱- بوتن ( $\text{C}_4\text{H}_8$ ) را پیش‌بینی کرده سپس با مراجعه به منابع علمی معتبر درستی پیش‌بینی خود را بررسی کنید.

۲- با توجه به معادله واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.



الف) ارزش سوختی هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

● سوخت‌های سبز در ساختار خود افزون بر هیدروژن و کربن، اکسیژن نیز دارند و از پسماندهای گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند.



**شکل ۸- ساختار گرماسنج لیوانی.** دستگاهی که به کمک آن می‌توان گرمای واکنش را در فشار ثابت به روش تجربی تعیین کرد. این گرماسنج برای تعیین  $\Delta H$  فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است.

● اگر واکنش شیمیایی با  $\Delta H$  وابسته به آن بیان شود، به آن **واکنش گرما (ترموشیمیایی)** می‌گویند.

ب) جرم  $\text{CO}_2$  حاصل از سوختن یک گرم از هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.  
پ) توضیح دهید چرا اتانول **سوخت سبز**<sup>۱</sup> به شمار می‌رود؟

## در میان تارنماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر گزارشی از مواد انرژی‌زا یا نیروزا در ورزش‌های قهرمانی و آثار زیان‌بار آنها بر بدن تهیه و در کلاس ارائه کنید.

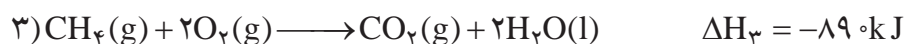
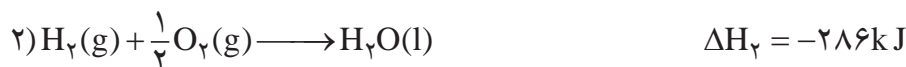
## جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس<sup>۲</sup>

آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان به روش تجربی (شکل ۸) اندازه‌گیری کرد، زیرا برخی از آنها مرحله‌ای از یک واکنش پیچیده هستند و برخی دیگر به آسانی انجام نمی‌شوند. آشکار است که تأمین شرایط بهینه برای انجام آنها بسیار دشوار است. شیمی‌دان‌ها برای تعیین  $\Delta H$  چنین واکنش‌هایی از روش‌های دقیق دیگری همانند قانون هس بهره می‌برند.

می‌دانید که متان، ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان‌ها است و بخش عمده گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد. این گاز از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری‌های بی‌هوازی نیز در زیر آب تولید می‌شود. (شکل ۹) شاید تصور کنید که گاز متان را می‌توان مطابق معادله زیر از واکنش میان گرافیت و گاز هیدروژن در آزمایشگاه تهیه کرد:



آزمایش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که تأمین شرایط بهینه برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پرهزینه است، به همین دلیل برای تعیین  $\Delta H$  این واکنش می‌توان از واکنش‌های دیگری بهره برد که  $\Delta H$  آنها پیش از این تعیین شده است. این واکنش‌های ترموشیمیایی می‌توانند واکنش سوختن یک مول گرافیت، یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز متان باشند که معادله هریک از آنها در  $25^\circ\text{C}$  به صورت زیر است:



۱- Green Fuel

۲- Hess's Law

۳- Thermochemical Reaction

با کمی دقت درمی‌یابید که به آسانی نمی‌توان از جمع سه واکنش ترموشیمیایی صفحه قبل به واکنش موردنظر رسید. در این شرایط باید از قواعد رایج در ترموشیمی بهره برد.

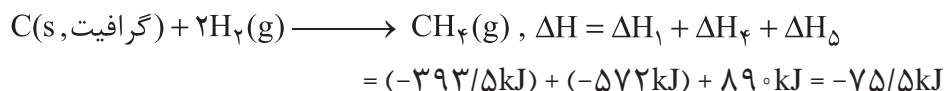
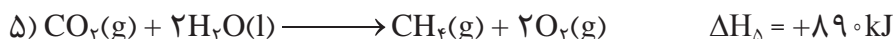
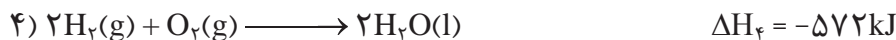
در واکنش موردنظر، نخستین واکنش دهنده گرافیت با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است که در معادله نخست نیز با همان ویژگی‌ها دیده می‌شود. دومین واکنش دهنده، گاز هیدروژن با ضریب استوکیومتری برابر با ۲ است که در معادله دوم نیز واکنش دهنده اما با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است؛ از این‌رو، باید این معادله ترموشیمیایی در ۲ ضرب شود.



سومین ماده در واکنش موردنظر،  $CH_4(g)$  بوده که تنها فراورده با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است، ماده‌ای که در سومین معادله، واکنش دهنده با همان ضریب استوکیومتری است. وارونه کردن این معادله هدف ما را تأمین می‌کند.

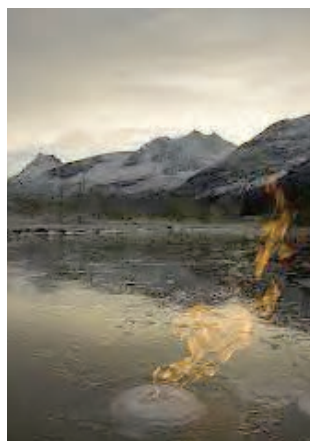


اینک از جمع معادله‌های ۱، ۴ و ۵ می‌توان به معادله ترموشیمیایی مورد نظر رسید. این روند نشان می‌دهد که  $\Delta H$  آن برابر با جمع جبری  $\Delta H_1$ ،  $\Delta H_f$  و  $\Delta H_d$  خواهد بود.



نخستین بار هنری هس دریافت که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن درپیش گرفته می‌شود، وابسته نیست. به دیگر سخن با استفاده از  $\Delta H$  دو یا چند واکنش دیگر می‌توان  $\Delta H$  یک واکنش معین را به دست آورد، به شرطی که شرایط انجام همه واکنش‌ها یکسان باشد. امروزه از این نتیجه با نام قانون هس یاد می‌شود، قانونی که به جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها معروف است. بیان علمی قانون هس براساس مفهوم  $\Delta H$ ، به صورت زیر است:

«اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد،  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش‌ها به دست می‌آید.»



**شکل ۹- سوختن متان در سطح مرداب.** گاز متان نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شده، از این‌رو به گاز مرداب معروف است.

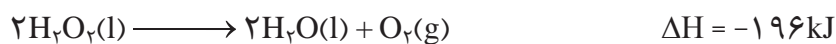
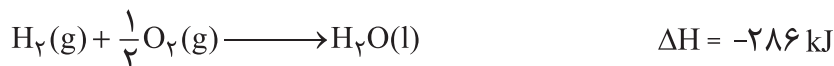
## آیا می‌دانید

یکی از منابع باور نکردنی اما به اثبات رسیده تولید گاز متان، موریانه‌ها هستند. هنگامی که این حشره چوب را می‌خورد، سلولز آن پس از گوارش به برخی مواد از جمله متان تبدیل می‌شود. این حشره سالانه بیش از ۱۷۰ میلیون تن متان تولید می‌کند.

محلول رقیق آب اکسیژنه یک محلول ضد عفونی کننده است که خاصیت رنگ بری و لکه بری نیز دارد.



۱- هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) ماده ای است که با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می رسد. الف) با استفاده از واکنش های زیر، آنتالپی واکنش  $H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$  را حساب کنید.

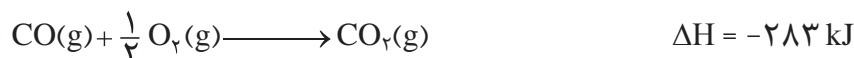


ب) توضیح دهید چرا تهیه این ماده از واکنش مستقیم گاز هیدروژن با اکسیژن ممکن نیست؟

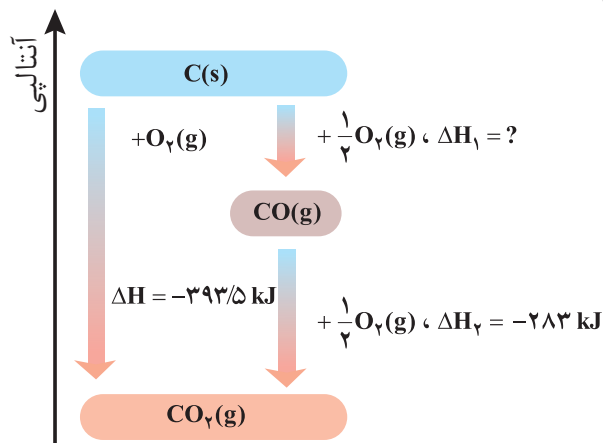
۲- در شیمی ۱ آموختید که گازهای آلاینده مانند NO و CO از آگروز خودروها به هوا کره وارد می شوند. شیمی دان های هوا کره انجام واکنش زیر را برای تبدیل این آلاینده ها به گازهایی پایدارتر و با آلاینده گی کمتر، طراحی کرده اند.



آنتالپی واکنش بالا را با استفاده از واکنش های ترموشیمیایی زیر حساب کنید.



۳- واکنش سوختن کامل گرافیت را می توان مجموعه ای از دو واکنش پی در پی مطابق نمودار زیر دانست.

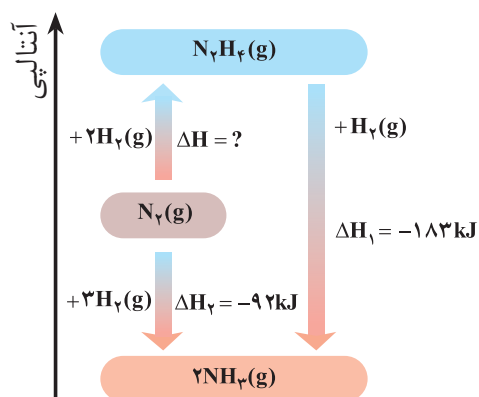


الف) شواهد نشان می دهد که  $\Delta H$  واکنش تولید  $CO(g)$  را نمی توان به روش تجربی تعیین کرد. درباره علت آن گفت و گو کنید.

ب)  $\Delta H$  واکنش تولید  $CO(g)$  را از گرافیت و گاز اکسیژن حساب کنید.



۴- شواهد تجربی نشان می‌دهند که تهیه آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار زیر یک واکنش دو مرحله‌ای است.



الف) در شرایط یکسان، هیدرازین پایدارتر است یا آمونیاک؟ چرا؟  
ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

تا اینجا با تغییر محتوای انرژی مواد شرکت کننده از جمله سوخت ها و مواد غذایی در واکنش ها آشنا شدید. اما از دیگر ویژگی های مهم یک واکنش، آهنگ انجام آن است؛ کمیتی که در تهیه و نگهداری مواد غذایی سالم نقش کلیدی و تعیین کننده دارد.

## غذای سالم

همهٔ خوراکی ها و غذاها تاریخ مصرف دارند. آیا تاکنون اندیشیده اید که تاریخ مصرف مواد چه معنایی دارد؟ تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می‌دهد که چه مدتی سالم می‌ماند و قابل مصرف است. انسان همواره در طول تاریخ در جست‌وجوی روش‌هایی بوده که بتواند مادهٔ غذایی را برای مدت‌های طولانی‌تری سالم نگه دارد و ذخیره کند. شکل ۱ برخی روش‌های نگهداری آنها را نشان می‌دهد.



پ) نمک سود کردن



ب) تهیه ترشی



الف) خشک کردن میوه‌ها

شکل ۱- برخی روش‌های افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی

## آیا می دانید

بیماری غذازاد از سه منبع فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی موجود در ماده غذایی ناشی می‌شود. ماده غذایی ممکن است شامل سنگ‌ریزه و برخی ناخالصی‌ها باشد. وجود مواد شیمیایی مانند آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها و سموم می‌تواند بیماری‌های گوناگونی را ایجاد کند. همچنین وجود جانداران ذره‌بینی می‌تواند سبب فساد ماده غذایی شده و منجر به ایجاد بیماری شود. غذای سالم، غذایی است که از نگاه فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی برای بدن ضرر ندارد.

(الف)



(ب)



(پ)



• برای نگهداری سالم برخی خوراکی‌ها، آنها را با خالی کردن هوای درون ظرف بسته‌بندی می‌کنند (چرا؟).

تجربه نشان می‌دهد که محیط سرد، خشک و تاریک برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب‌تر از محیط گرم، روشن و مرطوب است. نگهداری اغلب مواد غذایی در سردخانه‌ها تأییدی بر این تجربه است. در واقع عوامل محیطی مانند رطوبت، اکسیژن، نور و دما در چگونگی و زمان نگهداری غذا مؤثرند. در محیط مرطوب، میکروب‌ها شروع به رشد و تکثیر نموده تا جایی که ماده غذایی کپک زده و سرانجام فاسد می‌شود. اما در محیط خشک امکان رشد این جانداران ذره‌بینی وجود ندارد، از این رو می‌توان خشکبار را آسان‌تر و به مدت طولانی‌تری در این محیط نگهداری کرد. نیاکان ما نیز بر همین اساس بسیاری از میوه‌ها را در فصل برداشت خشک می‌کردند تا آنها را برای مصرف در فصل‌های دیگر ذخیره کنند.

در شیمی دهم آموختید که اکسیژن گازی واکنش‌پذیر است و تمایل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. براساس این ویژگی، مواد غذایی در هوای آزاد و در معرض اکسیژن، سریع‌تر فاسد می‌شوند. وجود پوست و پوشش میوه‌ها و خشکبار یک عامل طبیعی برای افزایش زمان ماندگاری است زیرا مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره‌بینی به درون آنها می‌شود. این ویژگی نشان می‌دهد که حذف اکسیژن از محیط نگهداری مواد غذایی و خوراکی‌ها سبب افزایش زمان ماندگاری و بهبود کیفیت آنها خواهد شد. آیا می‌دانید برای حذف اکسیژن از این محیط‌ها چه باید کرد؟

## خود را بیازمایید

هر یک از موارد زیر نقش چه عاملی را در سرعت واکنش نشان می‌دهد؛ توضیح دهید.

(الف) برای نگهداری طولانی مدت فراورده‌های گوشتی و پروتئینی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند.

(ب) روغن‌های مایع که در ظرف مات و کدر بسته‌بندی شده‌اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.

(پ) قاووت گردی مغزی و تهیه شده از مغز آفتاب‌گردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود.

پیشرفت علوم تجربی سبب شده تا برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی و بهبود کیفیت آنها از روش‌های گوناگونی مانند تهیه کنسرو، بسته‌بندی نوین، افزودن نگهدارنده‌ها و ... استفاده شود. در این راستا یخچال‌های صنعتی، سردخانه‌ها و ... تکمیل‌کننده این فرایند هستند. اکنون باید به این پرسش پاسخ داد که نقش دانش شیمی در نگهداری مواد غذایی

## آیا می دانید

اگر گندم در محیطی سرد و خشک نگهداری شود تا ۲۵ سال کیفیت خود را حفظ می کند و سالم می ماند؛ در حالی که در محیط گرم و خشک تا ۵ سال سالم می ماند! امروزه گندم در مقیاس صنعتی در مکان هایی تاریک، خنک و خشک به نام سیلو نگهداری می شود. روشی که حضرت یوسف علیه السلام از آن بهره برده بود.

چيست؟ چرا افزایش دما سبب کاهش زمان ماندگاری اغلب مواد غذایی می شود؟ اکسیژن چه رفتاری با مواد غذایی دارد؟ چرا مواد غذایی را باید در محلی تاریک و دور از تابش مستقیم نور خورشید نگه داشت؟ پاسخ به این پرسش ها را می توان در رفتار مواد با یکدیگر و اثر عوامل گوناگون روی رفتار آنها جست وجو کرد. در واقع سینتیک شیمیایی به عنوان شاخه ای از علم شیمی افزون بر بررسی آهنگ تغییر شیمیایی در واکنش ها، عوامل مؤثر بر این آهنگ را نیز بررسی می کند. با آشنایی و درک چنین مفاهیمی می توان روش های گوناگون نگهداری سالم مواد غذایی را یافت و آنها را گسترش داد.

## آهنگ واکنش

تهیه و تولید سریع تر یا کندتر یک فراورده صنعتی، دارویی یا غذایی بر کیفیت و زمان ماندگاری آن نقش تعیین کننده ای دارد. **آهنگ واکنش**<sup>۱</sup> معیاری برای زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره ای از زمان رخ می دهد. هرچه گستره زمان انجام آنها کوچک تر باشد، آهنگ انجام تندتر است و واکنش سریع تر انجام می شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- مقایسه آهنگ چند فرایند طبیعی

این شکل فرایندهایی را نشان می دهد که تفاوت آهنگ انجام آنها آشکار بوده و مقایسه آنها به صورت کیفی آسان است. شیمی دان ها آهنگ واکنش را در گستره معینی از زمان با نام سرعت واکنش بیان می کنند. توجه کنید که گستره زمان انجام واکنش ها از چند صدم ثانیه تا چند سده را در بر می گیرد (شکل ۱۲).

## آیا می دانید

در انفجار مواد شیمیایی، انبساط بسیار سریع گازهای آزاد شده، شوک موجی بسیار قوی با فشار بیش از  $700,000$  اتمسفر در سرتاسر محیط پیرامون منتشر کرده که با سرعتی بیش از  $9000 \text{ ms}^{-1}$  باعث تخریب فیزیکی بناها می شود.



ب) افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات باعث تشکیل سریع رسوب سفیدرنگ نقره کلرید می شود.



الف) انفجار، واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن از مقدار کمی ماده منفجر شونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می شود.



ت) بسیاری از کتاب های قدیمی در گذر زمان زرد و پوسیده می شود. این پدیده نشان می دهد که واکنش تجزیه سلولز کاغذ بسیار کند رخ می دهد.



پ) اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می زنند. زنگار تولید شده در این واکنش ترد و شکننده است و فرو می ریزد.

شکل ۱۲- انجام برخی واکنش های شیمیایی با سرعت های گوناگون

بررسی ها نشان می دهد که زمان انجام واکنش ها به عوامل گوناگونی وابسته است. به گونه ای که برای کاهش یا افزایش سرعت انجام واکنش ها می توان عواملی مانند دما، غلظت، نوع مواد واکنش دهنده، کاتالیزگر و سطح تماس واکنش دهنده ها را تغییر داد.

## کاوش کنید

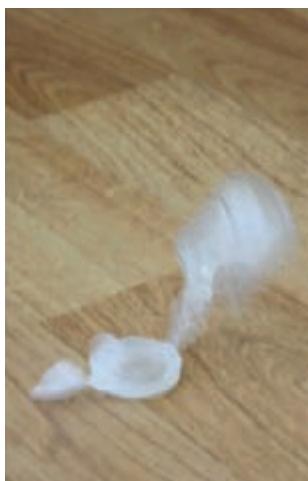
درباره «عوامل مؤثر بر سرعت واکنش» کاوش کنید.

مواد و ابزار لازم: عینک ایمنی، قرص جوشان، آب، قوطی فیلم عکاسی، استوانه مدرج، هاون چینی، دماسنج و زمان سنج.  
نکات ایمنی: به دلیل پرتاب شدن قوطی فیلم عکاسی، آزمایش را در فاصله مناسبی از خود و هم کلاسی ها انجام دهید.



## آزمایش ۱

الف) درون قوطی فیلم عکاسی ۵mL آب با دمای  $^{\circ}\text{C}$  بریزید.



ب) به آن  $\frac{1}{4}$  قرص جوشان بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.

پ) زمان لازم برای پرتاب شدن قوطی را با استفاده از زمان سنج اندازه گیری و در جدول داده شده یادداشت کنید.

ت) همین آزمایش را با  $\frac{1}{4}$  قرص جوشان تکرار و زمان را یادداشت کنید. از مشاهددهای خود چه نتیجه ای می گیرید؟

## آزمایش ۲

الف) این بار درون قوطی فیلم عکاسی ۵mL آب با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  بریزید.

ب) به آن  $\frac{1}{4}$  قرص جوشان بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.

پ) زمان پرتاب شدن قوطی را اندازه گیری و در جدول یادداشت کنید.

ت) این آزمایش را در دمای  $10^{\circ}\text{C}$  تکرار و نتیجه را در جدول بنویسید.

از مشاهددهای خود چه نتیجه ای می گیرید؟

| آزمایش | مقدار قرص جوشان | شکل قرص جوشان  | دمای آب | زمان پرتاب شدن قوطی (ثانیه) |
|--------|-----------------|--|---------|-----------------------------|
| ۱- الف |                 |  |         |                             |
| ۱- ب   |                 |  |         |                             |
| ۲- الف |                 |  |         |                             |
| ۲- ب   |                 |  |         |                             |
| ۳      |                 |  |         |                             |

## آیا می دانید

در اغلب قرص های جوشان افزون بر ویتامین ث، جوش شیرین، سیتریک اسید، تارتاریک اسید و... وجود دارد.



### آزمایش ۳



الف) نیمی از قرص را به خوبی در هاون چینی بسایید.  
 ب) آن را به درون قوطی فیلم عکاسی محتوی ۵mL آب با دمای  $^{\circ}\text{C}$  بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.  
 پ) زمان پرتاب شدن قوطی را اندازه گیری و در جدول صفحه قبل یادداشت کنید.  
 از مشاهده های خود چه نتیجه ای می گیرید؟  
 یافته های خود را از این آزمایش ها جمع بندی کنید و در چند سطر بنویسید.

• زمان حل شدن قرص سوء هاضمه در مقدار یکسانی از آب با دماهای متفاوت، می تواند تأثیر دما بر سرعت واکنش را نشان بدهد. جدول زیر زمان حل شدن یک عدد از این قرص را در سه دمای متفاوت نشان می دهد.

| زمان پایان یافتن خروج گاز (s) | دمای آب ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|-------------------------------|--------------------------------|
| ۷۸                            | ۱۳                             |
| ۴۲                            | ۲۴                             |
| ۲۲                            | ۴۱                             |

انجام آزمایش های بالا نشان داد که با افزایش دما، افزایش مقدار واکنش دهنده ها و افزایش سطح تماس می توان سرعت انجام واکنش ها را افزایش داد. همچنین از پیش می دانید که واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه سریع تر است زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش وجود دارد. البته باید توجه داشت که مواد واکنش دهنده گوناگون با سرعت های متفاوتی در واکنش شرکت می کنند (در فصل اول با واکنش پذیری متفاوت فلزها آشنا شدید).

### خود را بیازمایید

در هر یک از موارد زیر با توجه به شکل، علت اختلاف در سرعت واکنش را توضیح دهید.  
 الف) فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد به شدت واکنش می دهند، اما سرعت واکنش ها متفاوت است.



ب) شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می شود.





پ) محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود.



● بیماران که مشکلات تنفسی دارند در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند.



ت) الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی‌سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف آهن داغ و سرخ شده در یک ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد.



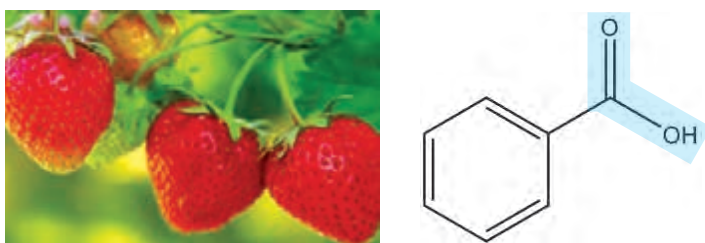
● برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می‌شوند زیرا فاقد آنزیمی هستند که آنها را کامل و سریع هضم کند.

ث) محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد.



## پیوند با صنعت

با آغاز قرن بیستم، گرایش مردم به شهرنشینی به ویژه در کشورهای صنعتی، باعث پدید آمدن شهرهای بزرگ تر شد. شهرهایی که در آنها تهیه و تولید غذا به روش سنتی، دیگر پاسخگوی نیازها نبود. در چنین شرایطی ذخیره سازی و صادرات غذا به عنوان صنعتی نو خودنمایی کرد. صنعتی که با بهره گیری از فناوری های گوناگون از جمله بسته بندی، کنسروسازی، انجماد و... به سرعت در سرتاسر جهان گسترش یافت. اما هنوز شرکت های صنایع غذایی با چالش هایی در نگهداری و ماندگاری غذا روبه رو هستند. افزون بر این فناوری ها، استفاده از مواد شیمیایی با ویژگی های خاص به عنوان افزودنی ها سبب افزایش زمان ماندگاری و کیفیت مواد غذایی شد. افزودنی ها، مواد شیمیایی مانند نگهدارنده، رنگ دهنده، طعم دهنده و... هستند که به صورت هدفمند به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می شوند. برای نمونه نگهدارنده ها، سرعت واکنش های شیمیایی که منجر به فساد ماده غذایی می شود را کاهش می دهند. یکی از این مواد، بنزوئیک اسید است که در تمشک و توت فرنگی وجود دارد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- بنزوئیک اسید، یک کربوکسیلیک اسید آروماتیک است.

این ترکیب آلی عضوی از خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست. خانواده ای که در ساختار هر عضو آن یک یا چند گروه عاملی کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) وجود دارد. آشناترین عضو آن، اتانویک (استیک) اسید با فرمول  $\text{CH}_3\text{COOH}$  است.

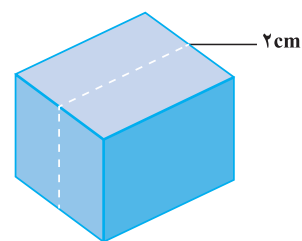
## آیا می دانید

در صنایع غذایی برای مواد افزودنی از نمادی به نام عدد E استفاده می شود. عددی که نوع ماده افزودنی را نشان می دهد. برای نمونه بنزوئیک اسید با  $\text{E210}$  و نمک سدیم آن با  $\text{E212}$  مشخص می شود.

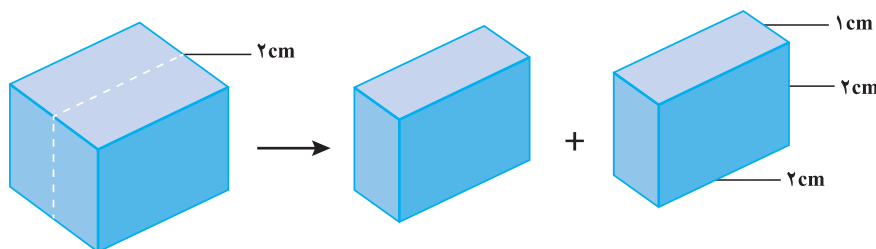
## پیوند با ریاضی

یک تکه زغال چوب به شکل مکعب با طول ضلع  $2\text{ cm}$  در نظر بگیرید. حجم این تکه زغال برابر با  $8\text{ cm}^3$ ، در حالی که مساحت کل آن برابر با  $24\text{ cm}^2$  است (چرا؟).

۱- کدام کمیت (حجم یا مساحت کل)، سطح تماس این تکه زغال را با شعله هنگام سوختن نشان می دهد؟ توضیح دهید.



۲- اگر این مکعب از وسط یک ضلع برش بخورد و به دو مکعب مستطیل تقسیم شود، حساب کنید حجم زغال و سطح تماس آن چه تغییری می کند؟



۳- براساس تحلیل خود از پرسش های بالا، علت تفاوت در سرعت واکنش سوختن تکه زغال با گرد آن را توضیح دهید.

اینک می پذیرید که واکنش های شیمیایی در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه با سرعت های متفاوتی انجام می شوند. برخی از این واکنش ها مانند گوارش، تنفس، تهیه داروها و تولید فراورده های صنعتی مفید و ضروری هستند اما برخی دیگر مانند خوردگی وسایل آهنی، تولید آلاینده ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب، زیان بار و ناخواسته اند. شیمی دان ها از یک سو در پی یافتن راه هایی برای کاهش سرعت یا توقف واکنش های ناخواسته اند و از سوی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش هایی هستند که بتوانند فراورده های گوناگونی با صرفه اقتصادی تولید کنند. برای دستیابی به چنین اهدافی باید درباره شرایط و چگونگی انجام واکنش های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آنها آگاهی داشته باشند. سینتیک شیمیایی<sup>۱</sup> شاخه ای از شیمی است که این آگاهی را در اختیار ما می گذارد.

## سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش از دیدگاه کمی

سرعت واکنش در پژوهش های علمی، فناوری های نو، تولید فراورده های دارویی و... آن چنان اهمیت دارد که باید با دقت اندازه گیری و گزارش شود. به دیگر سخن مقایسه دقیق میان سرعت واکنش ها هنگامی از صحت و اعتبار علمی برخوردار است که به شکل کمی بیان شود.

از آنجا که در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، واکنش دهنده ها مصرف و فراورده ها تولید می شوند، می توان آهنگ مصرف واکنش دهنده ها و تولید فراورده ها را در بازه ای از زمان

اندازه‌گیری کرد (شکل ۱۴).



(پ)

(ب)

(الف)

شکل ۱۴ - واکنش محلول سفیدکننده با ۰/۵ مول نوعی رنگ غذا

در این واکنش با گذشت زمان به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته شده تا اینکه در پایان واکنش، محلول تا مرز بی‌رنگ شدن پیش رفته است. این ویژگی بیانگر آن است که مقدار رنگ غذا کاهش می‌یابد و مقدار آن تقریباً به صفر می‌رسد.

## خود را بیازمایید

۱- بر اساس شکل ۱۴، آهنگ مصرف رنگ غذا را برحسب مول بر دقیقه ( $\text{mol min}^{-1}$ ) حساب کنید.

۲- دانش‌آموزی درون یک محلول محتوی ۰/۳ مول مس (II) سولفات، تیغه‌ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش  $\text{Zn(s)}$  با  $\text{CuSO}_4\text{(aq)}$  را در این آزمایش نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



• سرعت مصرف با تولید یک ماده شرکت کننده در واکنش در گستره زمانی قابل اندازه‌گیری را سرعت متوسط آن ماده می‌گویند و آن را با  $\bar{R}$  نمایش می‌دهند. از این رو،  $\bar{R}(A)$  سرعت متوسط تولید یا مصرف ماده A را نشان می‌دهد.

(الف) واکنش‌پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

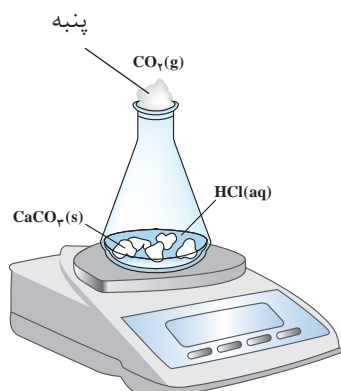
(ب) با گذشت زمان مقدار  $\text{Cu}^{2+}\text{(aq)}$  و  $\text{Cu(s)}$  چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

(پ) اگر شمار مول‌های مصرف شده از هر واکنش‌دهنده در واحد زمان بیانگر سرعت مصرف آن باشد، سرعت مصرف  $\text{Cu}^{2+}\text{(aq)}$  را برحسب  $\text{mol min}^{-1}$  حساب کنید.

تجربه نشان می‌دهد که سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت‌کننده را می‌توان با اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند جرم، فشار و... تعیین کرد.

## با هم بیندیشیم

۱- واکنش کلسیم کربنات را با محلول هیدروکلریک اسید در دما و فشار اتاق مطابق شکل روبه‌رو در نظر بگیرید.



جدول زیر، جرم مخلوط واکنش را برحسب زمان برای این آزمایش نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های جدول، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

| زمان (ثانیه)            | ۰     | ۱۰    | ۲۰    | ۳۰    | ۴۰    | ۵۰    | ۶۰    |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| جرم مخلوط واکنش (گرم)   | ۶۵/۹۸ | ۶۵/۳۲ | ۶۴/۸۸ | ۶۴/۶۶ | ۶۴/۵۵ | ۶۴/۵۰ | ۶۴/۵۰ |
| جرم کربن دی‌اکسید (گرم) | ۰     | ۰/۶۶  | ۱/۱۰  | ..... | ..... | ..... | ..... |

الف) چرا با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود؟

ب) جدول را کامل کنید.

پ) با گذشت زمان جرم گاز آزاد شده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

ت) در چه زمانی واکنش به پایان می‌رسد؟ چرا؟

۲- جدول صفحه بعد را کامل کنید. ( $1\text{ mol CO}_2 = 44\text{ g}$ )

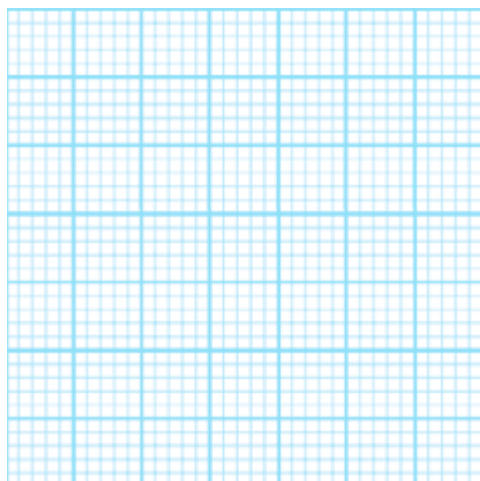
● اگر شمار مول‌های یک ماده را با  $n$  نمایش دهیم،  $\Delta n = n_2 - n_1$  تغییر تعداد مول‌های آن ماده را نشان می‌دهد.  $\Delta n > 0$ ، افزایش شمار مول‌های فراورده و  $\Delta n < 0$ ، کاهش شمار مول‌های واکنش‌دهنده را در واکنش نشان می‌دهد.

## آیا می‌دانید

R حرف اول واژه Rate به معنای نرخ، آهنگ یا سرعت است.

| $\bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t}$ , (mols <sup>-1</sup> ) | $\Delta n(\text{CO}_2)$ , (mol) | $n(\text{CO}_2)$ , (mol)   | زمان (s) |
|---|---------------------------------|--|----------|
| $1/50 \times 10^{-3}$   | $1/50 \times 10^{-2}$           | $\left[ \begin{array}{l} 0 \\ 1/50 \times 10^{-2} \end{array} \right]$                   | 0        |
| $1/00 \times 10^{-3}$   | $1/00 \times 10^{-2}$           | $\left[ \begin{array}{l} 1/50 \times 10^{-2} \\ 2/50 \times 10^{-2} \end{array} \right]$ | 10       |
| .....   | .....                           | $\left[ \begin{array}{l} 2/50 \times 10^{-2} \\ 3/00 \times 10^{-2} \end{array} \right]$ | 20       |
| .....   | .....                           | $\left[ \begin{array}{l} 3/00 \times 10^{-2} \\ \dots\dots\dots \end{array} \right]$     | 30       |
| .....   | .....                           | $\left[ \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right]$         | 40       |
|   |                                 |  | 50       |

۳- نمودار مول - زمان را برای گاز  $\text{CO}_2$  بر روی کاغذ میلی‌متری زیر رسم کنید.



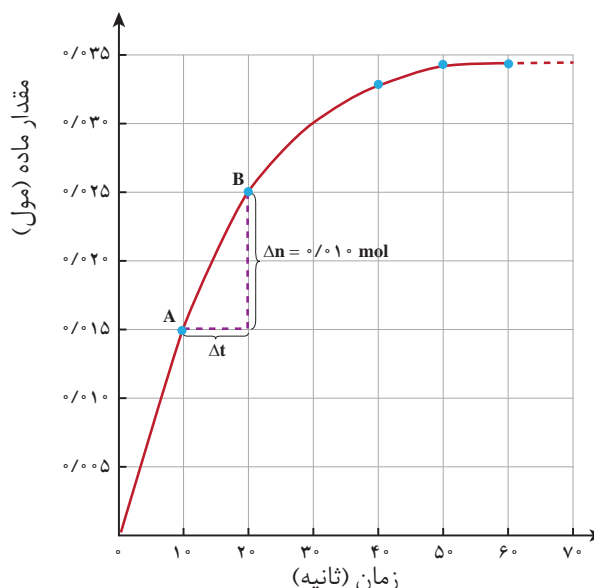
۴- سرعت متوسط تولید  $\text{CO}_2$  با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

۵- آزمایش نشان می‌دهد که نمودار مول - زمان برای هر سه فراورده در واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید از هر لحاظ یکسان است. چرا؟

## سرعت متوسط و شیب نمودار مول - زمان

با چگونگی محاسبهٔ سرعت متوسط تولید فراورده در یک واکنش شیمیایی آشنا شدید. نمودار ۸، نمودار مول - زمان را برای کلسیم کلرید تولید شده در واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید نشان می‌دهد.





نمودار ۸- نمودار مول - زمان برای فراورده

در نمودار ۸، نقطه A نشان می‌دهد که در زمان  $t_1 = 10\text{ s}$ ، مول‌های کلسیم کلرید برابر با  $n_1 = 0.15\text{ mol}$  و نقطه B نشان می‌دهد که در زمان  $t_2 = 20\text{ s}$ ، مول‌های این ماده برابر با  $n_2 = 0.25\text{ mol}$  است. از این‌رو:

$$\Delta n(\text{CaCl}_2) = n_2 - n_1 = 0.25\text{ mol} - 0.15\text{ mol} = 0.10\text{ mol}$$

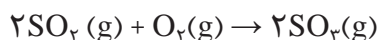
این مقدار، تغییر مول‌های کلسیم کلرید را در گستره زمانی  $10$  تا  $20$  ثانیه نشان می‌دهد. نسبت  $\frac{\Delta n}{\Delta t}$ ، شیب خط AB در نمودار مول-زمان است. این نسبت علامت مثبت دارد و سرعت متوسط تولید کلسیم کلرید را در بازه زمانی  $10$  تا  $20$  ثانیه مشخص می‌کند.

نمودار ۸ همچنین نشان می‌دهد هر چه واکنش به پایان آن نزدیک‌تر می‌شود، شیب نمودار مول - زمان کندتر شده تا اینکه از ثانیه  $50$  به بعد برابر با صفر می‌شود. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت این واکنش با گذشت  $50$  ثانیه به پایان رسیده است و پس از آن دیگر فراورده‌ای تولید نمی‌شود.

## خود را بیازمایید

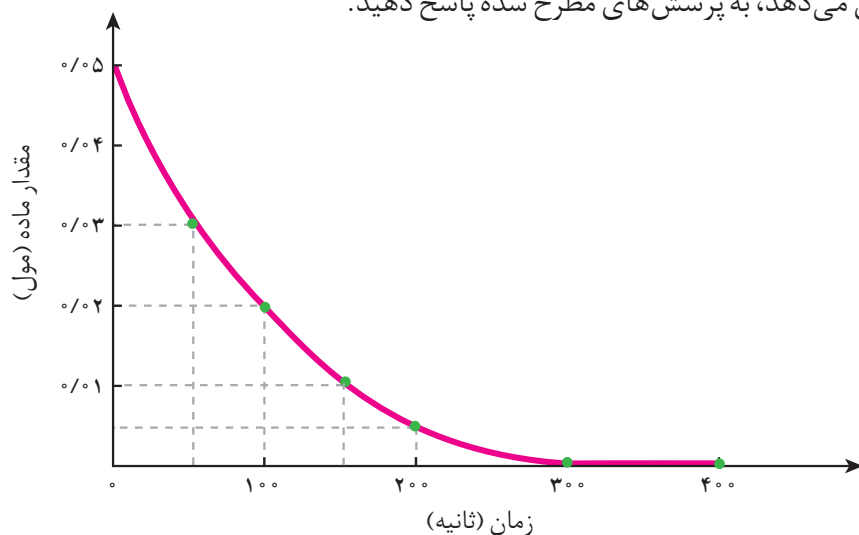
۱- در واکنش  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  با  $\text{HCl}(\text{aq})$ ، چه رابطه‌ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.

۲- یکی از آلاینده‌های هوا که باعث تولید باران اسیدی می‌شود، گاز گوگرد تری اکسید است که مطابق واکنش زیر تولید می‌شود:



اگر در شرایط معین  $\bar{R}(\text{O}_2) = 0.01 \text{ mol s}^{-1}$  باشد،  $\bar{R}(\text{SO}_2)$  و  $\bar{R}(\text{SO}_3)$  را بر حسب  $\text{mol min}^{-1}$  حساب کنید.

۳- با توجه به نمودار زیر که تغییر مول‌های نوعی رنگ غذا در واکنش بایک محلول سفید کننده را نشان می‌دهد، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) مول‌های واکنش دهنده (رنگ غذا) با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

ب) شیب نمودار مول - زمان چه علامتی دارد؟ چرا؟

پ) توضیح دهید چرا علامت منفی در رابطه زیر نوشته می‌شود.

$$\bar{R}(\text{واکنش دهنده}) = - \frac{\Delta n(\text{واکنش دهنده})}{\Delta t}$$

ت) سرعت متوسط مصرف رنگ غذا را بر حسب مول بر دقیقه حساب کنید.

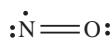
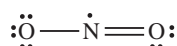
## پیوند با زندگی

### خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌هایی مفید و مؤثر

یافته‌ها و شواهد تجربی نشان می‌دهد که برنامه غذایی محتوی سبزیجات و میوه‌های گوناگون، نقش بازدارندگی مؤثری در برابر سرطان‌ها و پیری زودرس دارند. این یافته‌ها

## آیا می دانید

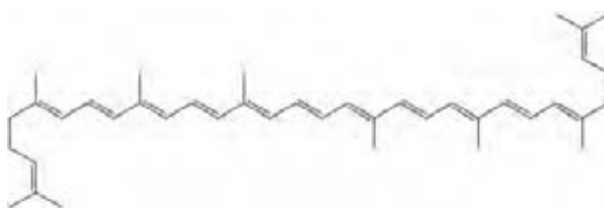
رادیکال‌ها نه تنها در بدن بلکه در محیط زندگی نیز وجود دارند. برای نمونه هوای آلوده دارای رادیکال‌های NO و NO<sub>2</sub> با ساختارهای لوویس زیر است.



دانشمندان و شیمی‌دان‌ها را بر آن داشت تا بررسی کنند چه موادی در سبزیجات و میوه‌ها این مهم را به عهده دارند. نتیجه پژوهش‌های علمی نشان داد که این خوراکی‌ها محتوی ترکیب‌های آلی سیرنشده‌ای به نام ریز مغذی‌ها هستند، ترکیب‌هایی که در حفظ سلامت بافت‌ها و اندام‌ها دخالت دارند، هر چند نقش کامل این مواد هنوز به‌طور دقیق مشخص نشده است اما برخی از آنها به عنوان بازدارنده از انجام واکنش نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال‌ها جلوگیری می‌کنند.

رادیکال، گونه فعال و ناپایداری است که در ساختار خود، الکترون جفت نشده دارد، در واقع محتوی اتم‌هایی است که از قاعده هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند. بدیهی است که رادیکال‌ها واکنش‌پذیری بالایی دارند.

در بدن ما به دلیل انجام واکنش‌های متنوع و پیچیده، رادیکال‌هایی به وجود می‌آیند که اگر به وسیله باز دارنده‌ها جذب نشوند، می‌توانند با انجام واکنش‌های سریع به بافت‌های بدن آسیب برسانند. با این توصیف مصرف خوراکی‌های محتوی بازدارنده‌ها سبب خواهد شد که رادیکال‌ها به دام بیفتند تا با کاهش مقدار آنها از سرعت واکنش‌های ناخواسته کاسته شود (شکل ۱۵).



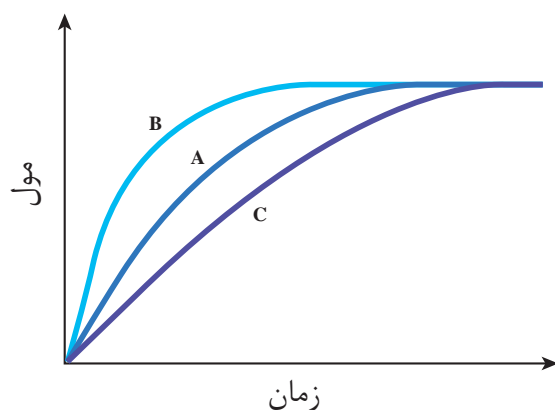
شکل ۱۵- هندوانه و گوجه‌فرنگی محتوی لیکوپن بوده که فعالیت رادیکال‌ها را کاهش می‌دهد.

## در میان تارنماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره ساختار و نقش بازدارنده‌هایی مانند فلاونوئید، آنتوسیانین، بتاکاروتن و ... در میوه‌ها و سبزیجات محتوی آنها اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

## خود را بیازمایید

در نمودار داده شده، منحنی A نشان دهنده تغییر مول‌های یکی از مواد فراورده در واکنش فرضی است. با دلیل مشخص کنید کدام منحنی (B یا C) نشان دهنده افزودن بازدارنده و کدام یک نشان دهنده افزودن کاتالیزگر به سامانه واکنش است؟

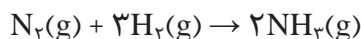


## سرعت واکنش

دریافتید که شیب نمودار مول-زمان برای هر یک از شرکت کننده‌ها در واکنش، متناسب با ضریب استوکیومتری آن است. به طوری که اگر ضریب استوکیومتری شرکت کننده‌ها یکسان نباشد، سرعت متوسط آنها متفاوت خواهد بود. شیمی دان‌ها برای درک آسان پیشرفت واکنش در واحد زمان، از یک مفهوم کاربردی به نام سرعت واکنش استفاده می‌کنند.

### با هم بیندیشیم

۱- سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گستره زمانی معینی برابر با  $4 \times 10^{-2} \text{ mol s}^{-1}$  است.



الف) سرعت متوسط مصرف  $\text{N}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2(\text{g})$  را در این گستره زمانی حساب کنید.

ب) سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت کننده را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. از حاصل این تقسیم‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پ) حاصل تقسیم در قسمت ب، سرعت واکنش نام دارد. برای این واکنش با استفاده از سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت کننده، رابطه سرعت واکنش را بنویسید.

ت) ارتباط معادله شیمیایی موازنه شده واکنش را با رابطه زیر توضیح دهید.

ث) سرعت متوسط کدام ماده با سرعت واکنش برابر است؟ توضیح دهید.

$$R(\text{واکنش}) = + \frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{2\Delta t} = - \frac{\Delta n(\text{H}_2)}{3\Delta t} = - \frac{\Delta n(\text{N}_2)}{\Delta t}$$



• سمنو که از جوانه گندم تهیه می شود  
محتوی مواد غذایی گوناگونی از جمله  
مالتوز است.

• برای شرکت کننده ها در فاز گاز  
و محلول، می توان سرعت متوسط  
مصرف یا تولید را افزون بر یکای  
مول بر زمان بایکای مول بر لیتر بر  
زمان نیز گزارش کرد.

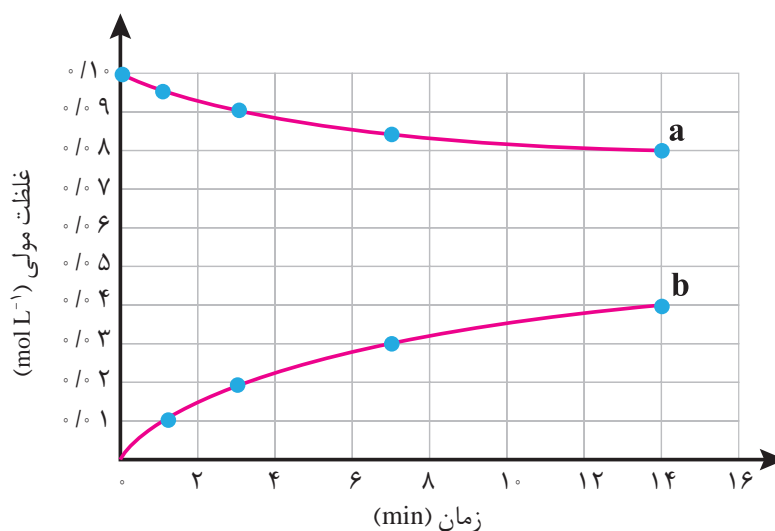
• غلظت مولی یک ماده را با نوشتن  
فرمول شیمیایی آن درون یک کروشه  
نمایش می دهند.  
غلظت مولی  $[A] = A$

۲- قند موجود در جوانه گندم (مالتوز) مطابق واکنش زیر به گلوکز تبدیل می شود.



این واکنش در دمای ثابت و شرایط معین بررسی شده و جدول زیر، داده های تجربی آن را  
نشان می دهد. با توجه به آن و نمودار داده شده، به پرسش های زیر پاسخ دهید.

| زمان (دقیقه)                     | ۰    | ۱     | ۳    | ۷     | ۱۴   |
|----------------------------------|------|-------|------|-------|------|
| غلظت مولی (mol L <sup>-1</sup> ) |      |       |      |       |      |
| $[C_6H_{12}O_6]$                 | ۰    | ۰/۰۱  | ۰/۰۲ | ۰/۰۳  | ۰/۰۴ |
| $[C_{12}H_{22}O_{11}]$           | ۰/۱۰ | ۰/۰۹۵ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۸ |



(الف) در سه دقیقه نخست، (گلوکز)  $\bar{R}$  و (مالتوز)  $\bar{R}$  را بر حسب  $\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$  حساب کنید.  
(ب) سرعت واکنش را در هفت دقیقه نخست و هفت دقیقه دوم حساب کنید. کدام یک  
بیشتر است؟ چرا؟  
(پ) هر یک از منحنی های a و b مربوط به کدام ماده شرکت کننده است؟ توضیح دهید.

## غذا، پسماند و رد پای آن

زندگی ما و ادامه آن بر روی زمین به تأمین نیازهای ضروری مانند هوا، آب، غذا و... وابسته  
است. اما میزان نیاز و بهره مندی از این منابع برای همه یکسان نیست. دلیل این تفاوت را باید

## آیا می‌دانید

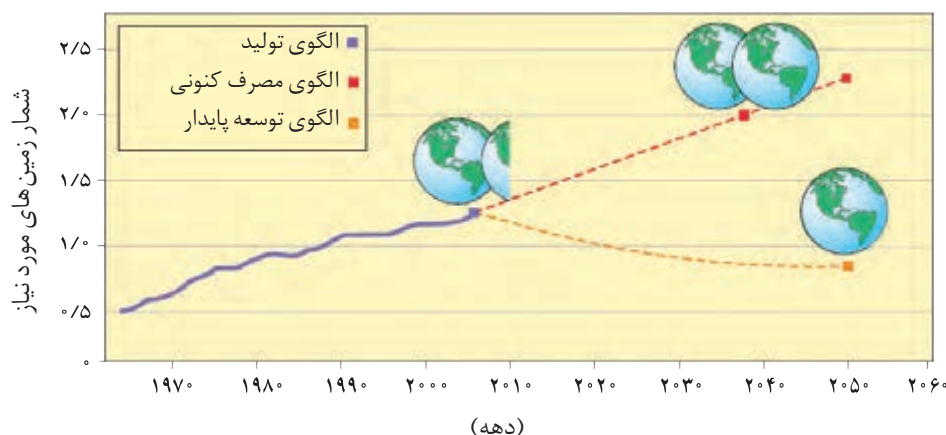
فائو برآورد می‌کند که ۳۰٪ مواد غذایی تولید شده یعنی حدود ۱/۳ میلیارد تن در سال از بین رفته یا به زباله تبدیل می‌شود.

در سبک زندگی هر فرد جستجو کرد زیرا هر انسان در طول عمر خود، ردپاهای متفاوتی در محیط‌زیست برجای می‌گذارد.

در شیمی دهم با ردپای کربن دی‌اکسید و آب آشنا شدید. ردپاهایی که دو چهره آشکار و پنهان دارند. پدیده دو چهره دیگری از این دست، ردپای غذا است. چهره آشکار آن نشان می‌دهد که سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود. این درحالی است که آمارها نشان می‌دهد که به ازای هر هفت نفر در جهان، یک نفر گرسنه است! خبری که هدررفتن منابع اقتصادی را آشکار می‌سازد. اما چهره پنهان این ردپا شامل همه منابعی است که در تهیه غذا از آغاز تا سر سفره سهم داشته‌اند. مدیریت منابع، نیروی انسانی برای تولید و تأمین مواد اولیه و انرژی، فراوری، ابزار و دستگاه‌های مورد نیاز، بسته‌بندی، حمل و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین‌های بایر و... از جمله این منابع هستند.

چهره پنهان این ردپا، تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن دی‌اکسید است، آن چنان که سهم تولید این گاز در ردپای غذا به مراتب بیش از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و... است.

از آنجا که جمعیت جهان، رشد اقتصادی، سطح رفاه و... رو به افزایش است، تقاضا برای غذا نیز پیوسته افزایش می‌یابد. تقاضایی که برای تأمین آن، منابع آب، انرژی، مواد اولیه و زمین بیشتری را می‌طلبد. بدیهی است که با این روند ردپای غذا روی محیط‌زیست سنگین‌تر شده و مساحت کل مورد نیاز برای تأمین اقلام ضروری زندگی بیشتر خواهد شد (نمودار ۹).



نمودار ۹- پیش‌بینی مساحت زمین مورد نیاز برای تأمین غذا

با توجه به الگوی تولید و مصرف غذا انتظار می‌رود مدیران جامعه جهانی با طراحی و انتخاب راه‌حل‌های اجرایی مناسب و هماهنگ، بهره‌وری را در مراحل تولید و تأمین غذا



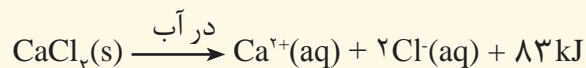
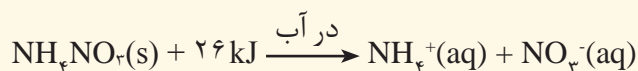
افزایش دهند تا ردپای آن کاهش یابد. آشکار است که اجرای هریک از این برنامه‌ها در گرو همت و تلاش یکایک ساکنان زمین است.

## خود را بیازمایید

ستون سمت راست در جدول زیر چهار الگو برای کاهش ردپای غذا را نشان می‌دهد. در گفت‌وگو با یکدیگر مشخص کنید هر بیانی از اصل شیمی سبز در ستون سمت چپ با کدام الگو همخوانی بیشتری دارد.

| الگوی کاهش ردپای غذا          | بیانی از اصل شیمی سبز                        |
|-------------------------------|--|
| خرید به اندازه نیاز           | کاهش مصرف انرژی                              |
| کاهش مصرف گوشت و لبنیات       | طراحی مواد و فراورده‌های شیمیایی سالم‌تر     |
| استفاده از غذاهای بومی و فصلی | کاهش تولید زباله و پسماند                    |
| کاهش مصرف غذاهای فراوری شده   | کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست |

۱- اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب‌دیدگی‌های خود از بسته‌هایی استفاده می‌کنند که به سرعت گرما را انتقال می‌دهند. اساس کار این بسته‌ها، انحلال برخی ترکیب‌های یونی در آب است. با توجه به معادله‌های ترموشیمیایی زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:



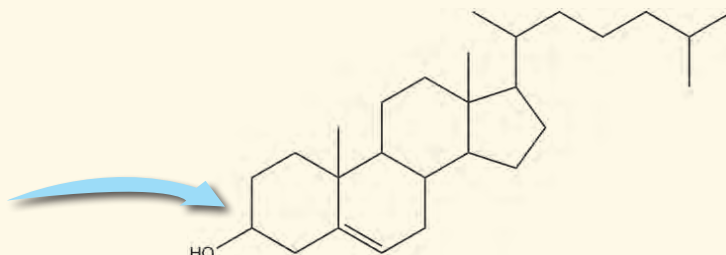
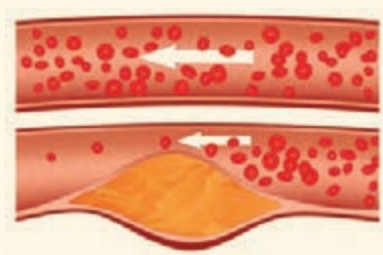
الف) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محل آسیب‌دیدگی مناسب است؟ چرا؟  
ب) از انحلال کامل ۲/۲۲ g کلسیم کلرید خشک در آب چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

۲- چربی ذخیره شده در کوهان شتر هنگام اکسایش افزون بر آب مورد نیاز، انرژی لازم برای فعالیت‌های جانور را نیز تأمین می‌کند. واکنش ترموشیمیایی آن به صورت زیر است:



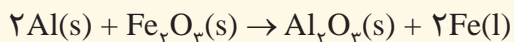
حساب کنید از اکسایش هر کیلوگرم چربی، چند کیلوژول انرژی آزاد می‌شود؟

۳- کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیوارهٔ رگ‌ها رسوب می‌کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ‌ها و سکت می‌شود. با توجه به ساختار آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) توضیح دهید چرا شیمی‌دان‌ها آن را یک الکل سیر نشده می‌دانند؟  
ب) با توجه به جدول شماره ۳، در شرایط یکسان کدام پیوندهای اشتراکی یگانه در ساختار کلسترول آسان‌تر شکسته می‌شود؟ چرا؟

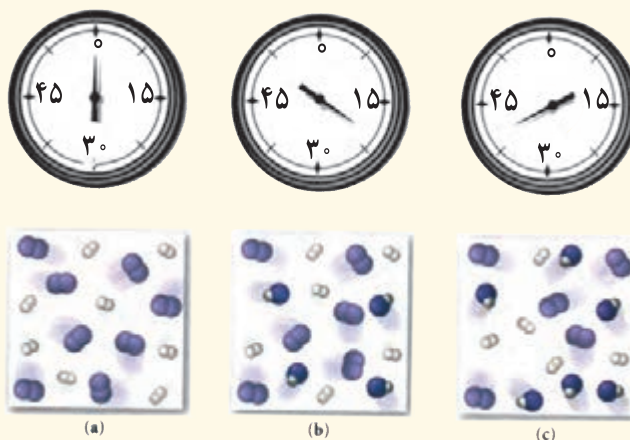
۴- از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت،  $15/24 \text{ kJ}$  گرما آزاد می‌شود.



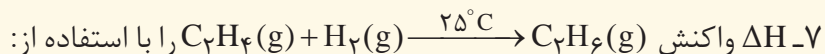
الف) این مقدار گرما، دمای صدگرم آب خالص را چند درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهد؟  
ب)  $\Delta H$  واکنش ترمیت را حساب کنید.

۵- با توجه به واکنش ترموشیمیایی:  $\text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(s)} + 53 \text{ kJ} \rightarrow 2\text{HI(g)}$ ، آنتالپی واکنش  $\text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{HI(g)}$  را حساب کنید (راهنمایی: آنتالپی فرازش (تصعید)  $\text{I}_2$  را  $62/5 \text{ kJ mol}^{-1}$  در نظر بگیرید).

۶- شکل زیر واکنش میان گاز هیدروژن و بخار بنفش رنگ ید را در دمای معینی نشان می‌دهد.



اگر هر ذره هم‌ارز با  $1^\circ \text{C}$  از ماده و سامانه دو لیتری باشد، سرعت واکنش را پس از  $2^\circ$  دقیقه (b) و پس از  $4^\circ$  دقیقه (c) برحسب  $\text{mol L}^{-1} \text{h}^{-1}$  حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.



الف) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

ب) آنتالپی سوختن اتن، اتان و هیدروژن که به ترتیب برابر با  $-141^\circ$ ،  $-156^\circ$  و  $-286^\circ$  کیلو ژول بر مول است، حساب کنید.

پ)  $\Delta H$  محاسبه شده از کدام قسمت را برای یک گزارش علمی انتخاب می‌کنید؟ توضیح دهید.

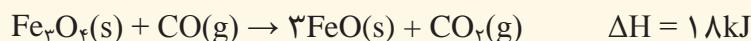
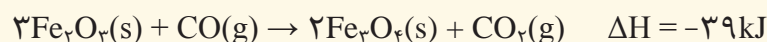
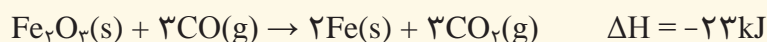
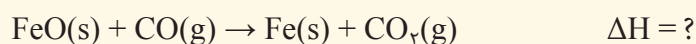
| بادام | سیب   | برگه زردآلو | ۱۰۰g خوراکی<br>ارزش غذایی (kcal) |
|-------|-------|-------------|----------------------------------|
| ۵۷۹   | ۵۲    | ۲۴۱         | ماده غذایی                       |
| ۴۹/۹۰ | ۰/۱۷  | ۰/۵۱        | چربی (گرم)                       |
| -     | -     | -           | کلسترول (میلی گرم)               |
| ۲۵/۹۰ | ۲۴/۲۰ | ۷۸/۷۰       | کربوهیدرات (گرم)                 |
| ۲۱/۲۰ | ۰/۲۶  | ۳/۳۹        | پروتئین (گرم)                    |

۸- با توجه به جدول روبه‌رو به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

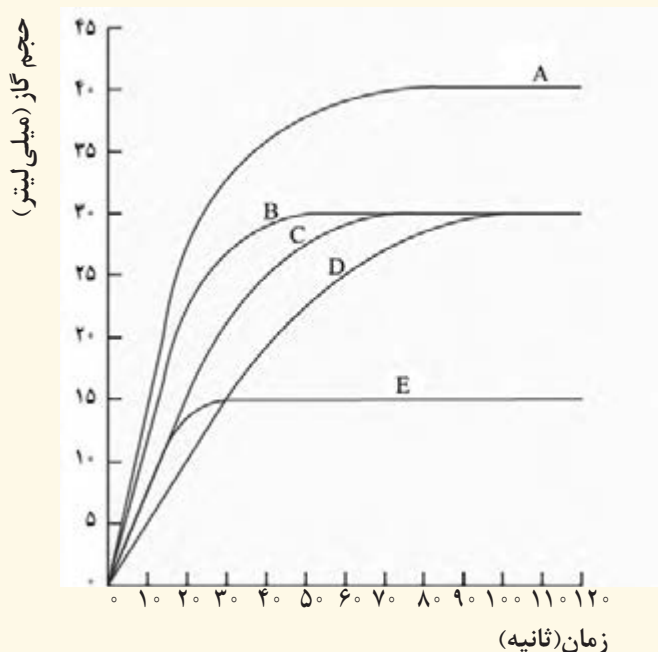
الف) اگر بدن فردی نیاز فوری و ضروری به تأمین انرژی داشته باشد، کدام خوراکی را پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟  
ب) مصرف کدام خوراکی را برای فعالیت‌های فیزیکی که در مدت طولانی‌تری انجام می‌شوند، مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

پ) اگر یک فرد ۷۰ کیلوگرمی، ۲۵ گرم بادام خورده باشد، برای مصرف انرژی حاصل از آن چه مدت باید پیاده‌روی کند؟  
آهنگ مصرف انرژی در پیاده‌روی را  $۱۹۰ \text{ kcal h}^{-1}$  در نظر بگیرید.

۹- با توجه به اطلاعات داده شده، آنتالپی واکنش زیر را حساب کنید.



۱۰- در نمودار زیر، منحنی C مربوط به واکنش ۵/ گرم نوار منیزیم با مقدار کافی از هیدروکلریک اسید در دمای اتاق است. منحنی‌های دیگر مربوط به همین واکنش اما در شرایط متفاوتی است. با توجه به پرسش‌ها پاسخ دهید.



الف) سرعت واکنش را برای آزمایش‌های C و D برحسب لیتر بر ساعت حساب کنید.

ب) کدام منحنی مربوط به واکنشی است که در آن ۵/ گرم پودر منیزیم به جای نوار منیزیم استفاده شده است؟ (بقیه شرایط واکنش تغییر نکرده است). دلیل خود را توضیح دهید.

پ) کدام منحنی مربوط به واکنش ۵/ گرم نوار منیزیم با مقدار کافی از هیدروکلریک اسید در دمای ۵ درجه سلسیوس است؟ چرا؟



..... ● یٰبَنِیَّادَمَ قَدْ اَنْزَلْنَا عَلَیْكُمْ لِبَاسًا یُّوَارِیْ سَوْآتِکُمْ وَرِیْشًا... (سوره اعراف - آیه ۲۶)

ای فرزندان آدم! لباسی برای شما فرو فرستادیم که شما را می پوشاند و مایه زینت شماست و...

خداوند یکتا و آفریدگار هستی، جانوران را با پوشش هایی مانند پشم، پر، فلس و... آفریده است. انسان با بهره مندی از هوش و تجربه های برگرفته از طبیعت توانست نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست جانوران تهیه کند. او با گذشت زمان از بافت های گیاهی نیز برای پوشش خود استفاده کرد. در گذر زمان با تشکیل جوامع بشری، پوشش انسان ها افزون بر پیشرفت و تبدیل شدن به صنعتی به نام پوشاک، دچار تنوع و گوناگونی شد، به طوری که امروزه پوشاک به شرایط آب و هوایی، فرهنگ، آداب و رسوم، باورها و... در هر جامعه بستگی دارد. اما اینکه پوشاک از چه موادی و چگونه تهیه می شوند؟ نقش دانش و فناوری در صنعت پوشاک چیست؟ ما را بر آن می دارد تا با بهره گیری از دانش شیمی در این فصل، در صدد یافتن پاسخ پرسش هایی از این دست باشیم.



## آیا می‌دانید

یافته‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهد که پیشینهٔ ریسندگی و بافندگی از الیافی مانند پشم، ابریشم، پنبه و کتان به هزاران سال پیش برمی‌گردد. به دیگر سخن، نساجی از کهن‌ترین صنایع در تمدن بشری است که با دوک نخ‌ریسی پایه عرصهٔ ظهور گذاشت.



انسان در طول تاریخ، همواره به دنبال تهیهٔ پوشاک مناسب بوده است. پوشاک افزون بر پوشش بدن، در تمدن بشری نقش بزرگی داشته است آن‌چنان که نوع پوشاک در هر قوم، نشان‌دهندهٔ توانایی و مهارت دستی، هنر، تصویرگری، دانش، فناوری و نیز آداب و رسوم آن قوم است. پوشاک، بدن را در برابر عوامل محیطی گوناگون مانند سرما و گرما، نور خورشید، باران، تگرگ، گزند حشرات و... نیز محافظت می‌کند. برای مثال کلاه لبه‌دار، سر و صورت را در برابر تابش نور خورشید و آفتاب سوختگی و نیز پوشیدن کفش، پاها را در برابر خاک، سنگ، اشیای سخت، سردی و داغی زمین محافظت می‌کند (شکل ۱).



شکل ۱- برخی پوشش‌ها برای حفاظت بدن در برابر عوامل محیطی

با رشد و گسترش دانش و فناوری در صنایع و ایجاد نیازهای جدید و خاص، پوشاک گوناگونی مانند انواع کلاه ایمنی، کفش پنجه فولادی، عینک ایمنی و... تولید شد. پوشش‌هایی که هر کدام ایمنی فیزیکی بدن را در شرایط دشوار و خطرناک به‌ویژه هنگام انجام فعالیت‌ها افزایش می‌دهد. به تازگی بشر با تکیه بر دانش و فناوری‌های نو توانسته است انواع تازه‌ای از پوشاک تولید کند که از بدن در برابر مواد شیمیایی مانند اسیدها، سموم، بخارهای سمی و غلیظ، پرتوها، آلودگی‌های عفونی، آتش، گلوله و... محافظت می‌کند (شکل ۲).



(پ)

(ب)

(الف)

شکل ۲- چند نمونه پوشاک، (الف) لباس غواصی، (ب) لباس فضانورد، (پ) لباس آتش نشان

انسان در گذشته پوشاک خود را از مواد طبیعی مانند پشم گوسفند و شتر، پوست و چرم، پنبه و... تهیه می‌کرد. با رشد جمعیت جهان، مصرف پوشاک به میزان چشمگیری افزایش یافت، به طوری که روش‌های سنتی تولید پوشاک دیگر پاسخگوی نیازهای جامعه نبود.

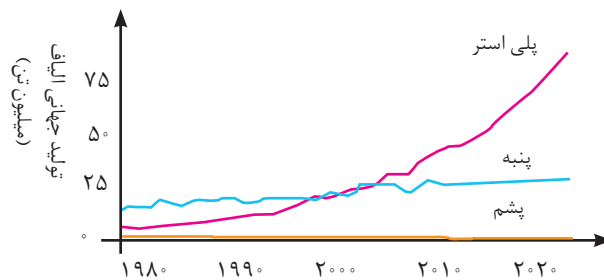
## آیا می‌دانید

سنگ نگاره‌ای با قدمتی حدود ۳۰۰۰ سال، تصویر یک زن عیلامی را در حال نخ‌ریسی نشان می‌دهد که خدمتگزاری در حال باد زدن اوست.





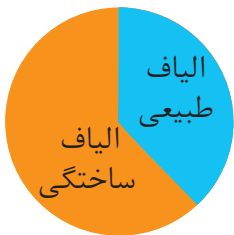
به همین دلیل صنعت نساجی به شکل صنعتی و امروزی پدیدار شد، صنعتی که با بهره‌گیری از فناوری‌های نو به تولید پوشاک پرداخت. اما موفقیت این صنعت در گرو تأمین الیاف<sup>۱</sup> مورد نیاز بود. از آنجا که منابع طبیعی محدود بود، الیاف تولید شده پاسخگوی نیاز صنایع نساجی و جامعه نبود. گویی زمان آن رسیده بود که شیمی‌دان‌ها طلای سیاه را به کار بگیرند و الیافی جدید تولید کرده و راهی شرکت‌های نساجی کنند. با گذشت زمان تلاش شیمی‌دان‌ها نتیجه داد و در طول چند دهه، انواع گوناگونی از الیاف ساختگی بر پایه نفت، شناسایی و تولید شد؛ الیافی که جایگزین الیاف طبیعی شد و امروزه بخش عمده پوشاک را تشکیل می‌دهد. آمارها نشان می‌دهند که در سال ۲۰۱۴ میلادی نزدیک به صد میلیون تن انواع الیاف در جهان تولید و مصرف شده است (نمودار ۱).



نمودار ۱- روند تولید الیاف پشمی، نخی و پلی استری در جهان.

## آیا می‌دانید

الیاف جمع لیف است. لیف رشته‌های نازک، بلند و موماندی با استحکام و انعطاف‌پذیری مناسب است. از کنار هم قرار گرفتن این رشته‌ها، الیاف به دست می‌آید. در واقع با تنیدن لیف‌ها، الیاف را تولید می‌کنند.



● میزان نسبی الیاف تولید شده در جهان

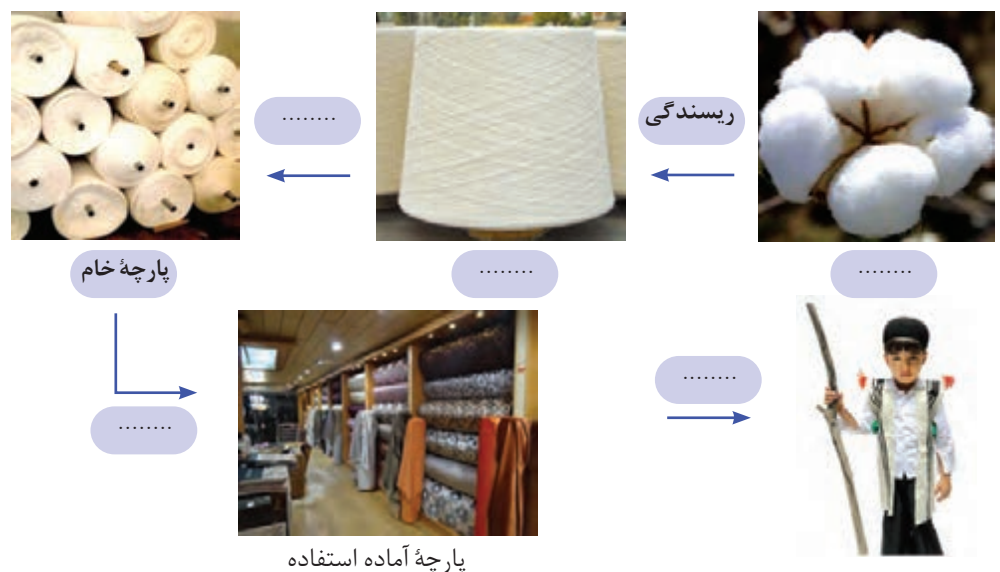
## آیا می‌دانید



● با وجود گسترش صنعت نساجی و پوشاک، تولید فرآورده‌های دستی به دلیل بی‌نظیر، محدود و خاص بودن اهمیت و جایگاه ویژه‌ای در زندگی انسان‌ها دارند. کفش گیوه اورامانات یکی از این موارد است. کفشی که دست‌دوز بوده و همتایی ندارد. این پوشش بسیار انعطاف‌پذیر، سبک و محکم است و امکان جابه‌جایی هوا دارد. این کفش در زبان محلی به کِلاش معروف است.

## خود را بیازمایید

در هریک از جاهای خالی یکی از واژه‌های «نخ<sup>۲</sup>، الیاف، دوزندگی، فراوری و بافندگی» را قرار دهید.



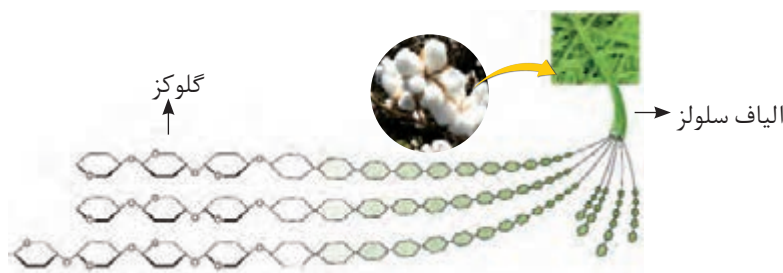
با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر درباره نام و ویژگی‌های برخی پوشاک اقوام ایرانی اطلاعاتی جمع‌آوری و به کلاس گزارش کنید.

الیاف ساختگی، الیافی هستند که در طبیعت یافت نمی‌شود بلکه از واکنش بین مواد شیمیایی در شرکت‌های پتروشیمی تولید می‌شوند. در واقع اغلب فراورده‌های پتروشیمیایی برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی‌استر، نایلون و... به کار می‌روند. از این الیاف افزون بر تهیه پارچه و پوشاک، به طور گسترده‌ای در تهیه انواع پوشش‌ها، ظروف نجسب، یکبار مصرف و پلاستیکی، فرش، پرده و... استفاده می‌شود.

اکنون این پرسش‌ها مطرح می‌شوند که الیاف ساختگی چه موادی هستند؟ چه ساختاری دارند؟ چه رابطه‌ای بین ساختار و رفتار آنها وجود دارد؟ آیا شناخت ویژگی‌های ماده و به‌ویژه ترکیب‌های آلی می‌تواند به تولید الیاف جدید منجر شود؟ آیا می‌توان الیافی تهیه کرد که در پزشکی به کار آید؟ واکنش‌های شیمیایی تولید الیاف در چه شرایطی انجام می‌شوند؟ مولکول‌های سازنده الیاف چه ویژگی‌هایی دارند؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها و پرسش‌هایی از این دست با ما همراه شوید.

### الیاف و درشت مولکول‌ها<sup>۱</sup>

پنبه یکی از الیاف طبیعی است که در تولید پوشاک سهم قابل توجهی دارد. آمارها نشان می‌دهد که حدود نیمی از لباس‌های تولیدی در جهان از پنبه تهیه می‌شود. از پنبه افزون بر تولید پوشاک در تولید روبه‌مبل، پرده، تور ماهیگیری، گاز استریل و... استفاده می‌شود. می‌دانید که الیاف پنبه از سلولز تشکیل شده، زنجیری بسیار بلند که از اتصال شمار بسیار زیادی مولکول گلوکز به یکدیگر ساخته می‌شود (شکل ۳). با این توصیف شمار اتم‌های سازنده هر مولکول سلولز، بسیار زیاد بوده و اندازه مولکول آن بزرگ است.



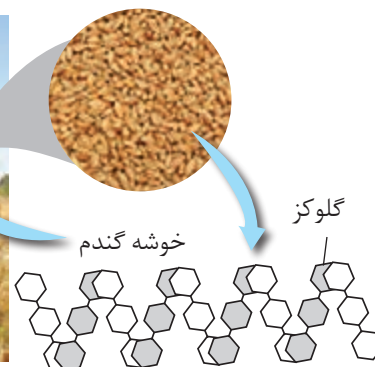
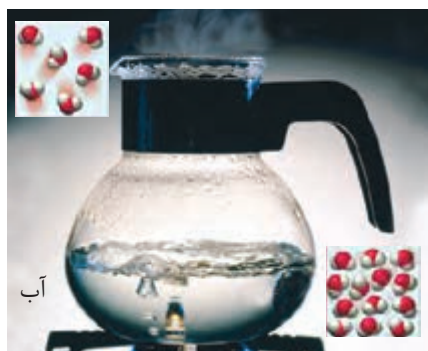
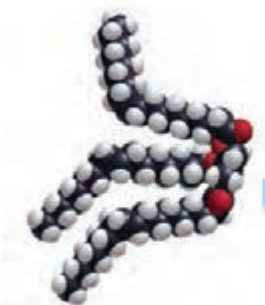
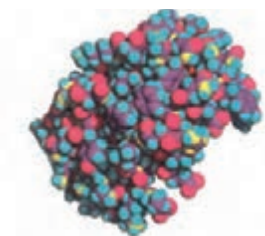
شکل ۳- نمایی ساده از الیاف سلولز و مولکول‌های سازنده آن در پنبه

### آیا می‌دانید

سلولز از اتصال حدود ۳۰۰۰ مولکول گلوکز به یکدیگر تشکیل می‌شود، از این رو فرمول مولکولی آن به تقریب  $C_{18000}H_{36000}O_{18000}$  است. با این توصیف جرم مولی سلولز در حدود ۴۸۷۰۰۰ گرم است. توجه کنید هر مولکول سلولز هنوز آن قدر کوچک است که قابل دیدن نیست.

## آیا می دانید

انسولین، هورمون تنظیم کننده قند خون است. شکل زیر نمایی از ساختار این هورمون را نشان می دهد.



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

● گلوز سازنده مولکول های نشاسته و سلولز است، اما به دلیل تفاوت ساختار مولکول های نشاسته و سلولز، خواص آنها متفاوت است.

الف) جدول را کامل کنید.

| نام ماده    | اندازه مولکول |            | جرم مولی    |            | شمار اتم ها |            |
|-------------|---------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|             | کوچک یا متوسط | بسیار بزرگ | کم یا متوسط | بسیار زیاد | کم یا متوسط | بسیار زیاد |
| آب          |               |            |             |            |             |            |
| پلی اتن     |               |            |             |            |             |            |
| پروپان      |               |            |             |            |             |            |
| نشاسته گندم |               |            |             |            |             |            |
| انسولین     |               | *          |             | *          |             | *          |
| سلولز       |               |            |             |            |             |            |
| روغن زیتون  |               |            |             |            |             |            |

## آیا می دانید

| نام ماده | جرم مولی ( $\text{gmol}^{-1}$ ) |
|----------|---------------------------------|
| اتن      | ۲۸/۰۵                           |
| اتانول   | ۴۶/۰۷                           |
| انسولین  | ۵۸۳۱/۶۵                         |
| نایلون   | ۱۰۴-۱۰۶                         |
| پلی اتن  | ۱۰۴-۱۰۵                         |

ب) به دسته ای از ترکیب های جدول، درشت مولکول می گویند. این مفهوم را در یک سطر

تعریف کنید.

پ) درشت مولکول‌های جدول صفحهٔ پیش را با هم مقایسه کنید. چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دارند؟

ت) در کدام مولکول‌ها بخش‌هایی هست که در سرتاسر مولکول تکرار شده است؟  
ث) سلولز و نشاسته، پلیمر (بسیار) اند، با توجه به ساختار آنها پلیمر را تعریف کنید.  
ج) پیش‌بینی کنید نیروی بین مولکولی در کدام دسته از مواد قوی‌تر است؟ چرا؟

● واژهٔ پلیمر از واژهٔ یونانی polys، به معنای «بسیار» و meros به معنای «پاره» گرفته شده است.

## آیا می‌دانید

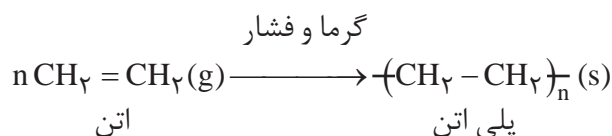
می‌دانید که مادهٔ مولکولی، ماده‌ای است که ذره‌های سازندهٔ آن مولکول‌ها هستند. برای مثال کربن دی اکسید ( $\text{CO}_2$ )، برم ( $\text{Br}_2$ )، متان ( $\text{CH}_4$ )، آب ( $\text{H}_2\text{O}$ )، آمونیاک ( $\text{NH}_3$ )، گوگرد تری اکسید ( $\text{SO}_3$ )، هیدروکربن‌ها و... نمونه‌هایی از این ترکیب‌ها هستند. این مولکول‌ها کوچک‌اند و شمار اتم‌های سازندهٔ آنها کم، در نتیجه جرم مولی آنها کم تا متوسط است. در حالی که مولکول برخی ترکیب‌ها مانند سلولز، نشاسته و پروتئین موجود در پشم، ابریشم و... بسیار بزرگ است به طوری که شمار اتم‌های آنها به ده‌ها هزار می‌رسد، از این‌رو به درشت مولکول معروف‌اند. درشت مولکول‌های دیگری مانند پلی‌اتن، نایلون، تفلون و... نیز وجود دارند که در طبیعت یافت نمی‌شوند و ساختگی هستند. این مواد از واکنش پلیمری شدن (بسیارش) تهیه می‌شوند.

## آیا می‌دانید

شیمی آلی<sup>۱</sup> به مطالعهٔ ساختار، خواص، ترکیب‌ها، واکنش‌ها و تهیهٔ مواد کربن‌داری می‌پردازد که نه تنها شامل هیدروکربن‌ها می‌شود بلکه در ساختار این مواد، اتم عنصرهای دیگری مانند اکسیژن، نیتروژن، هالوژن، فسفر و گوگرد نیز وجود دارد. این شاخه از علم شیمی در آغاز محدود به ترکیب‌های تولیدشده توسط موجودات زنده بود اما امروزه مواد ساختهٔ بشر همانند انواع پلاستیک‌ها نیز گسترش یافته است.

## پلیمری شدن<sup>۲</sup> (بسیارش)

پلیمری شدن واکنشی است که در آن مولکول‌های کوچک در شرایط مناسب به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول‌هایی با زنجیرهای بلند و جرم مولی زیاد تولید می‌کنند. برای نمونه هرگاه گاز اتن را در فشار بالا گرما دهیم، جامد سفیدرنگی به دست می‌آید. بررسی‌ها نشان می‌دهد که جرم مولی این فراورده، اغلب ده‌ها هزار گرم بر مول است. زیاد بودن جرم مولی بیانگر این است که در ساختار هر مولکول آن هزاران اتم کربن و هیدروژن وجود دارد. معادلهٔ زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می‌کند.

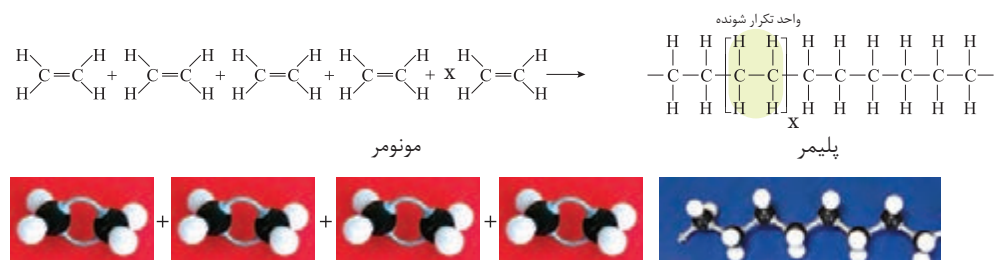


با دقت در ساختار پلی‌اتن (فراورده) درمی‌یابید که هیدروکربنی سیر شده است زیرا هر اتم کربن در آن با چهار پیوند اشتراکی یگانه به چهار اتم دیگر متصل است، در حالی که در یک مولکول اتن هر اتم کربن به سه اتم دیگر متصل است. با این توصیف در طی این واکنش یکی

## آیا می دانید

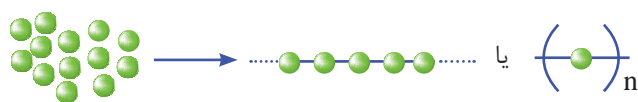
سالانه در حدود ۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلوگرم بسیار در شرکت های پتروشیمی در سراسر دنیا تولید می شود، به طوری که سرانه آن به ازای هر نفر حدود ۱۵ کیلوگرم برآورد می شود. تاکنون حدود ۶۰۰۰۰ نوع پلیمر ساختگی تولید شده است.

از پیوندهای دوگانه در اتن شکسته شده و مولکول های اتن از سوی اتم های کربن به یکدیگر متصل می شوند. با ادامه این روند، شمار زیادی از مولکول های اتن به یکدیگر افزوده شده و مولکول هایی با زنجیر کربنی بلند ایجاد می شوند (شکل ۴).



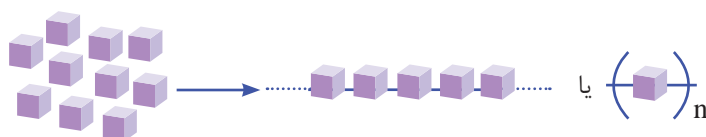
شکل ۴- نمایی از واکنش تشکیل پلی اتن

به واکنش دهنده ها در واکنش پلیمری شدن، **مونومر**<sup>۱</sup> (تک پار) می گویند. در این واکنش ها شمار زیادی از مونومرها با یکدیگر واکنش می دهند و پلیمر را می سازند. مطابق شکل ۴ مونومرهای اتن به یکدیگر افزوده می شوند و پلی اتن را پدید می آورند. با دقت در ساختار پلی اتن در می یابید که این ترکیب از تکرار مجموعه ای از اتم های کربن و هیدروژن به نام واحد تکرار شونده پدید آمده است. توجه کنید که تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است. به همین دلیل برای پلیمرها نمی توان فرمول مولکولی دقیقی نوشت. شیمی دان ها برای نمایش آنها، واحد تکرار شونده را درون کمانک نوشته و زیروند n را جلوی آن می نویسند (شکل ۵- الف و ب).



شکل ۵- الف) الگوی تشکیل یک پلیمر

بدیهی است که براساس الگوی بالا با تغییر مونومر، پلیمری جدید با ساختار و خواص متفاوت می توان تهیه کرد (شکل ۵- ب).



شکل ۵- ب) الگوی تشکیل یک پلیمر دیگر



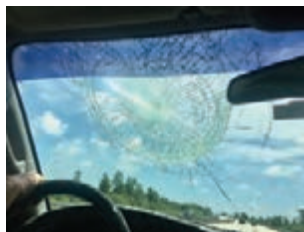
## آیا می دانید

پلی وینیل استات پلیمری است که در تهیه انواع پاستیل به کار می رود.



## آیا می دانید

قرار دادن لایه ای از پلی وینیل کلرید بین دو صفحه شیشه ای مانع از فرو ریختن خرده های آن در اثر ضربه می شود.



به یاد داشته باشید هر ترکیب آلی که در ساختار خود پیوند دوگانه کربن-کربن ( $C=C$ ) در زنجیر کربنی داشته باشد، می تواند در این نوع واکنش پلیمری شدن شرکت کند. بر همین اساس، ترکیب های سیر نشده و حاوی چنین پیوندی در زنجیر کربنی می توانند در صنایع پتروشیمی با تأمین شرایط مناسب واکنش داده و پلیمرهای گوناگونی تولید کنند.

## خود را بیازمایید

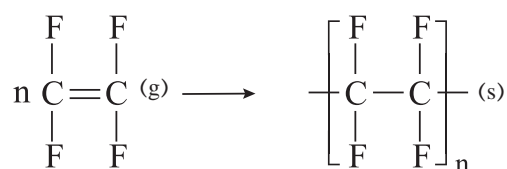
در جدول زیر هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

| نام و ساختار مونومر  | نام و ساختار پلیمر   | کاربرد پلیمر           |
|--|--|------------------------|
| .....<br>.....   | $\left[ \begin{array}{c} H \\   \\ CH_2 - C \\   \\ CN \end{array} \right]_n$ <p>پلی سیانواتن</p>    | <p>پتو</p>             |
| $CH_2 = \begin{array}{c} H \\ \diagup \\ C \\ \diagdown \\ CH_3 \end{array}$ <p>پروپن</p>                                | .....<br>پلی پروپن   | <p>سرنگ</p>            |
| .....<br>استیرن  | $\left[ \begin{array}{c} H \\   \\ CH_2 - C \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$      | <p>ظروف یکبار مصرف</p> |
| $\begin{array}{c} F & & F \\ & \diagdown & / \\ & C = C \\ & / & \diagdown \\ F & & F \end{array}$ <p>تترافلوئورواتن</p> | .....<br>تفلون   | <p>نخ دندان</p>        |
| .....<br>.....   | $\left[ \begin{array}{c} H \\   \\ CH_2 - C \\   \\ Cl \end{array} \right]_n$ <p>پلی وینیل کلرید</p> | <p>کیسه خون</p>        |



### «بخت، یار ذهن‌های آماده است»

تفلون نام تجاری پلیمری است که کشف اتفاقی آن، پلانکت را به شهرت و ثروت رساند. ماجرا در دهه ۱۹۳۰ میلادی اتفاق افتاد. پلانکت و گروه پژوهشی او در حال بررسی و مطالعه انواع سردکننده‌ها بودند. یکی از گازهایی که آنها مصرف می‌کردند، تترافلوئورواتن بود. یک روز هنگامی که پلانکت شیر کپسول گاز را باز کرد، متوجه شد که گاز خارج نمی‌شود. او تصور کرد که مسیر خروج گاز بسته است، از این‌رو تلاش کرد تا مسیر را باز کند، اما هیچ چیز نبود و او تعجب کرد. کنجکاوی وی سبب شد موضوع را بیشتر پیگیری کند. پلانکت برای یافتن دلیل آن، جرم کپسول را اندازه‌گیری کرد و با نتیجه غیرمنتظره‌ای روبه‌رو شد. جرم کپسول مورد نظر با کپسول پر از گاز برابر بود! پافشاری وی برای حل مسئله، باعث شد تا او کپسول را برش دهد و داخل آن را مشاهده کند. او پس از برش کپسول با منظره تازه‌ای روبه‌رو شد. لایه نازکی از یک ماده جامد ته کپسول تشکیل شده بود. بررسی دقیق‌تر نشان داد که این ماده جامد از پلیمری شدن تترافلوئورواتن به دست آمده است.



ناخودآگاه توفیق بزرگی نصیب پلانکت شده بود زیرا تفلون در مدت کوتاهی کاربردهای گسترده‌ای در صنعت و زندگی یافت (شکل ۶).



شکل ۶- برخی کاربردهای تفلون

تفلون، نقطه ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است. این پلیمر از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد، در حلال‌های آلی حل نمی‌شود و نجسب است. این ویژگی‌ها دلیل کاربرد وسیع این پلیمر است.

به نظر شما شانس و اتفاق تا چه اندازه در پیشبرد علم سهم دارند؟

پلی اتن یکی از مهم ترین پلیمرهای ساختگی است که سالانه میلیون ها تن از آن در شرکت های پتروشیمی تولید شده و برای ساخت وسایل گوناگون استفاده می شود (شکل ۷).



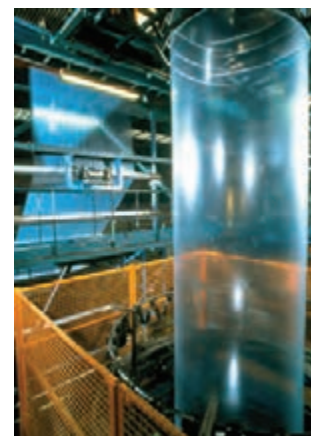
شکل ۷- برخی کاربردهای پلی اتن

همان طور که مشاهده می کنید کالاهای ساخته شده از پلی اتن ویژگی های گوناگونی دارند. برخی مانند کیسه پلاستیک موجود در مغازه ها و فروشگاه ها شفاف بوده و کمی انعطاف پذیرند در حالی که برخی دیگر مانند لوله های پلاستیکی، دبه های آب یا بطری کدر شیر، سخت تر و محکم تر هستند. یک تفاوت آشکار دیگر بین آنها تفاوت در چگالی است. آیا می دانید چگونه ممکن است این مواد از یک نوع پلیمر با مونومرهای یکسان تولید شوند، اما ویژگی های متفاوت و گاهی متضاد داشته باشند؟ آیا ساختار مولکول های سازنده این کالاهای یکسان است؟

یافته های تجربی نشان داد که اتن در شرایط گوناگون، با انجام واکنش پلیمری شدن فراورده هایی با ساختار متفاوت پدید می آورد. نوعی پلی اتن، چگالی کمتری داشته و شفاف است، از این رو به **پلی اتن سبک**<sup>۱</sup> معروف است در حالی که **پلی اتن سنگین**<sup>۲</sup>، چگالی بیشتری داشته و کدر است. شکل ۸ ساختار کلی این پلی اتن ها را نشان می دهد.

همان طور که در شکل ۸ می بینید، مولکول های اتن می توانند به دو صورت به یکدیگر افزوده شوند و دو فراورده متفاوت ایجاد کنند. مولکول های اتن در شرایط معین پشت سرهم به یکدیگر متصل شده و زنجیرهای بلند و بدون شاخه ایجاد می شود. اما در شرایطی دیگر برخی مولکول های اتن از کناره ها به یکدیگر افزوده شده و زنجیرهای شاخه دار تولید می شود.

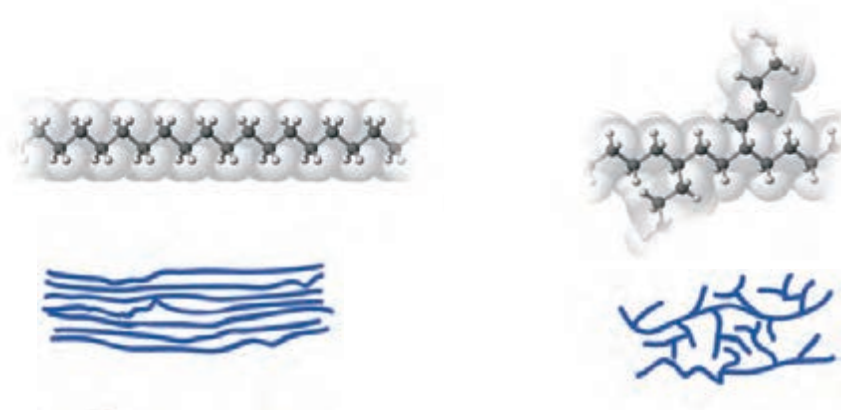
یافتن روش مناسب و شرایط بهینه برای انجام واکنش های شیمیایی آن قدر مهم است که به مناسب ترین روش ها جایزه نوبل اختصاص می دهند. یافتن روش مناسب برای تولید پلی اتن سنگین (بدون شاخه) سال ها طول کشید و در نهایت دو شیمی دان آلمانی و ایتالیایی به نام های کارل زیگلر (Karl Ziegler، ۱۹۷۳-۱۸۹۸) و گیولیو ناتا (Giulio Natta، ۱۹۷۹-۱۹۰۳) برنده جایزه نوبل شیمی شدند. آنها موفق شدند کاتالیزگری بیابند که واکنش پلیمری شدن اتن را بدون ایجاد شاخه فرعی پیش می برد.



● پلی اتن مذاب را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا به ورقه نازک پلاستیکی تبدیل می کنند.

۱- Low Density Poly Ethene (LDPE)

۲- High Density Poly Ethene (HDPE)



پلی اتن بدون شاخه

پلی اتن شاخه دار

شکل ۸- ساختار دو نوع پلی اتن

## آیا می دانید

پلی اتن سبک از پلیمری شدن گاز اتن در دمای  $200^{\circ}\text{C}$  و در فشار  $2000\text{ atm}$  و در حضور مقدار ناچیزی از گاز اکسیژن به دست می آید. در حالی که پلی اتن سنگین از پلیمری شدن گاز اتن در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  و فشار  $20\text{ atm}$  و در حضور مقدار کمی از کاتالیزگر زیگلر - ناتا تولید می شود.

## آیا می دانید

مقدار  $n$  در ساختار یک پلیمر نشان می دهد که چه تعداد از مولکول های مونومر باهم واکنش داده و مولکول آن پلیمر را ساخته اند. مقدار  $n$  برای تعدادی از پلیمرها در جدول زیر نشان داده شده است.

| نام پلیمر       | $n$               |
|-----------------|-------------------|
| پلی اتن سبک     | $1 \times 10^4$   |
| پلی اتن سنگین   | $2 \times 10^5$   |
| پلی استیرن      | $3 \times 10^3$   |
| پلی وینیل کلرید | $1/5 \times 10^3$ |

## خود را بیازمایید

داده های تجربی نشان می دهد که چگالی پلی اتن های نشان داده شده در شکل ۸ برابر با  $97\%$  و  $92\%$  گرم بر سانتی متر مکعب است.

الف) کدام چگالی به کدام پلی اتن تعلق دارد؟ چرا؟

ب) کدام پلی اتن سبک و کدام سنگین است؟

پ) نیروی بین مولکولی در پلی اتن چیست؟

ت) چرا استحکام پلی اتن سنگین از سبک بیشتر است؟

تاکنون با پلیمرهایی آشنا شدید که از واکنش مونومرهای دارای پیوند دوگانه کربن-کربن در زنجیر کربنی به دست می آیند. افزون بر آنها در صنعت، پلیمرهای دیگری نیز ساخته شده است، پلیمرهایی که در ساختار آنها افزون بر اتم های کربن و هیدروژن، اتم های دیگری مانند اکسیژن، نیتروژن و... وجود دارند. در ادامه با تهیه، ساختار و کاربرد این پلیمرها آشنا می شوید.

## پلی استرها

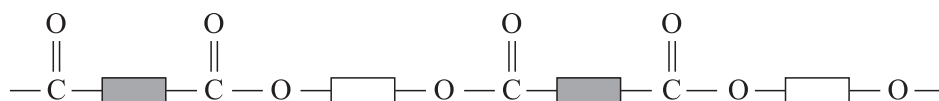
نیاز به تولید پوشاک بیشتر و با کاربردهای گسترده تر، شیمی دان ها را برای یافتن پلیمرهای جدید تشویق می کرد. آنها با بررسی رفتار انواع مواد آلی، موفق به تهیه و ساخت پلیمرهایی شدند که در ساختار آنها اتم های اکسیژن و نیتروژن نیز وجود داشت. پلی استرها دسته ای از آنها هستند که از اتم های  $\text{C}$ ،  $\text{H}$  و  $\text{O}$  تشکیل شده اند. از این پلیمرها می توان الیاف، نخ و

## آیا می‌دانید

بوی خوش گل یاسمن به دلیل وجود نوعی استر است.

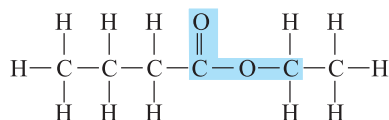


در نهایت پارچه‌های پلی استری تولید کرد. شکل ۹ نمایی از ساختار کلی پلی استرها را نشان می‌دهد.



شکل ۹- الگویی از ساختار پلی استرها

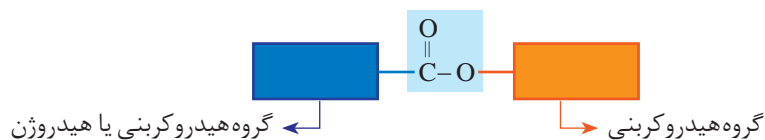
برای اینکه بدانید چنین پلیمرهایی از چه موادی تهیه می‌شوند، افزون بر گروه عاملی هیدروکسیل باید با گروه عاملی کربوکسیل و به‌ویژه گروه عاملی استر و برخی رفتار آنها بیشتر آشنا شوید. استرها دسته‌ای از مواد آلی هستند که منشأ بوی خوش شکوفه‌ها، گل‌ها، عطرها و نیز بو و طعم میوه‌ها هستند. برای نمونه، بو و طعم خوش آناناس به دلیل وجود اتیل بوتانوات در آن است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن اتیل بوتانوات

با دقت در ساختار مولکول استر در می‌یابید که به گروه عاملی آن دو بخش یا دو زنجیر هیدروکربنی متصل است. در یک سوی آن گروه هیدروکربنی به اتم اکسیژن و در سوی دیگر آن به اتم کربن این گروه متصل است. در ادامه خواهید دید که گروه عاملی استری از واکنش یک الکل با یک کربوکسیلیک اسید ایجاد می‌شود (شکل ۱۱).

گروه عاملی استر



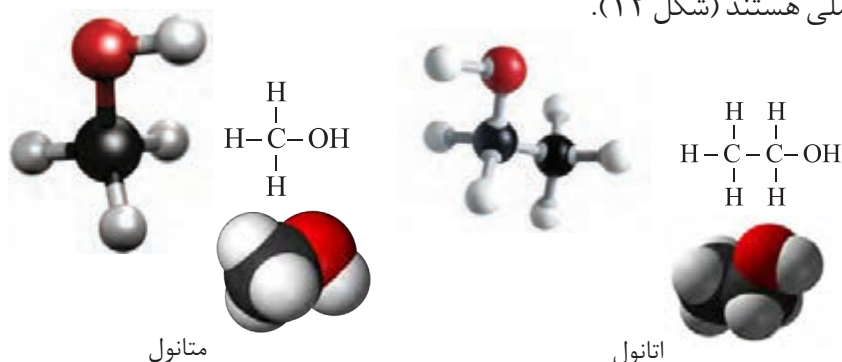
شکل ۱۱- نمایش گروه عاملی استر

## الکل‌ها و اسیدها

### آیا می‌دانید

متانوائیک اسید ساده‌ترین اسید آلی است که در سال ۱۶۷۰ کشف شد و چون از تقطیر مورچه سرخ به دست می‌آمد، نام فورمیک اسید یا جوهر مورچه بر آن نهادند. در زبان لاتین به مورچه فورمیکا می‌گویند.

آموختید الکل‌ها، ترکیب‌هایی هستند که در ساختار آنها یک یا چند گروه هیدروکسیل ( $\text{OH}$ ) با یک پیوند اشتراکی به اتم کربن متصل است. متانول و اتانول دو عضو خانواده الکل‌های یک عاملی هستند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- فرمول ساختاری، مدل فضاپرکن و گلوله-میله برای متانول و اتانول

الکل‌های یک عاملی را می‌توان با فرمول  $\text{ROH}$  نشان داد که در آن،  $\text{R}$  یک زنجیر هیدروکربنی است.

کربوکسیلیک اسیدها نیز دسته‌ای دیگر از ترکیب‌های آلی هستند که گروه عاملی کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) دارند. این ترکیب‌ها مزه ترش دارند به طوری که مزه ترش میوه‌هایی مانند انگور، لیمو ترش، کیوی، گوجه سبز و... ناشی از وجود چنین مولکول‌هایی در آنهاست. متانوائیک (فورمیک) اسید،  $\text{HCOOH}$ ، اولین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست که بر اثر گزش مورچه سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود. اتانوائیک اسید (استیک اسید) یک اسید دو کربنی است که یکی از پرکاربردترین اسیدها در زندگی روزانه است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- فرمول ساختاری استیک اسید و کاربردی از آن

کربوکسیلیک اسیدهای یک عاملی را می‌توان با فرمول  $\text{RCOOH}$  یا  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$  نشان داد که در آن  $\text{R}$ ، یک زنجیر هیدروکربنی یا هیدروژن است.

## با هم بیندیشیم

با توجه به دو ساختار داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید:



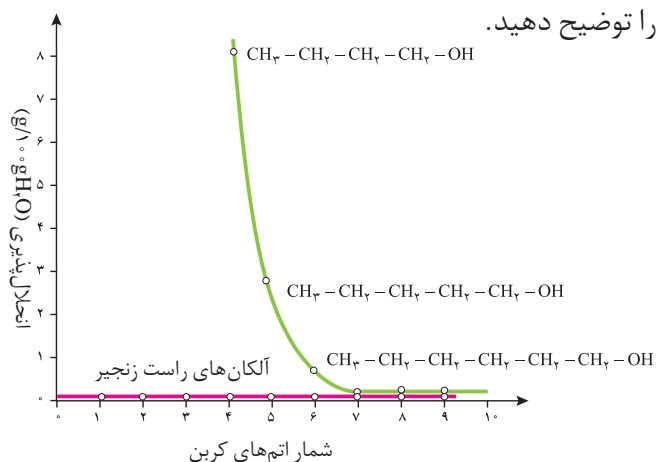
- الف) پیش‌بینی کنید چه نوع نیروهای بین مولکولی در این دو الکل وجود دارد؟  
 ب) مولکول این الکل‌ها دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی هیدروکربن‌ها حدود صفر است، این دو بخش را در هر مولکول بالا مشخص کنید.  
 پ) پیش‌بینی کنید در شرایط یکسان انحلال‌پذیری کدام الکل در آب بیشتر است؟  
 ت) درستی پیش‌بینی خود را با توجه به داده‌های جدول زیر بررسی کنید.

| فرمول الکل   | انحلال‌پذیری (g/100 g H <sub>2</sub> O) |
|--|---|
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH   | به هر نسبتی حل می‌شود                   |
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH | ۴۶٪                                     |

ث) درباره‌ی درستی جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها، نیروی وان‌دروالس بر هیدروژنی غلبه می‌کند و ویژگی ناقطبی الکل افزایش می‌یابد.»

ج) نمودار زیر انحلال‌پذیری الکل‌ها را در مقایسه با هیدروکربن‌ها در آب نشان می‌دهد. روند تغییر آنها را توضیح دهید.

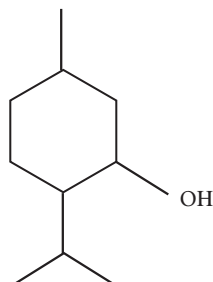


دریافتید که مولکول الکل‌ها دو بخش قطبی و ناقطبی دارد. زنجیر هیدروکربنی، بخش ناقطبی مولکول و گروه عاملی هیدروکسیل، بخش قطبی مولکول را تشکیل می‌دهد. بنابراین



## آیا می دانید

منتول الکلی با فرمول ساختاری زیر است که بوی نعناع و سوسنبر ناشی از آن است. از منتول در تهیه برخی آدامس‌ها، آب‌نبات‌ها و داروها استفاده می‌شود.



در الکل‌ها دو نوع نیروی بین مولکولی هیدروژنی و وان دروالسی وجود دارد. به طوری که در الکل‌های کوچک و تا پنج کربن، بخش قطبی بر ناقطبی غلبه دارد و الکل در آب محلول است. به دیگر سخن، نیروی بین مولکولی غالب در الکل‌ها تا پنج کربن از نوع هیدروژنی بوده و به همین دلیل به خوبی در آب حل می‌شوند. اما با افزایش شمار اتم‌های کربن، بخش ناقطبی مولکول بزرگ‌تر شده و میزان قطبیت مولکول کاهش می‌یابد. این روند سبب می‌شود که الکل‌های بزرگ‌تر در آب حل نشوند بلکه در چربی حل شوند. از این رو ویژگی چربی دوستی الکل‌ها با افزایش شمار اتم‌های کربن، افزایش می‌یابد. به بیان دیگر، هرچه شمار اتم‌های کربن الکل‌ها بیشتر شود، ویژگی آب‌گریزی آنها افزایش می‌یابد.

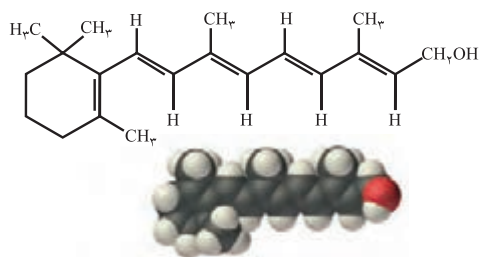
## خود را بیازمایید

۱- کدام ویتامین‌های زیر در آب و کدام‌ها در چربی حل می‌شود؟ چرا؟

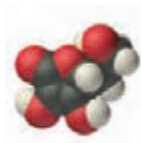
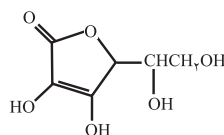
(الف) ویتامین آ



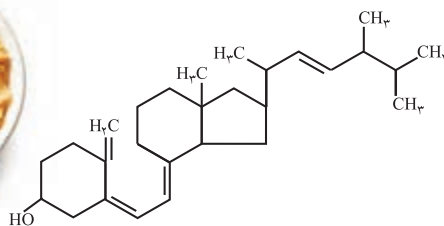
شاید تاکنون با افرادی روبه‌رو شده‌اید که از گرفتگی عضلات، کمردرد، دردهای عضلانی و درد مفاصل رنج می‌برند. این افراد برای کاهش درد خود از پمادهای موضعی گوناگونی استفاده می‌کنند که دارای چندین ماده آلی هستند. یکی از ترکیب‌های آلی موجود در برخی از آنها منتول است.



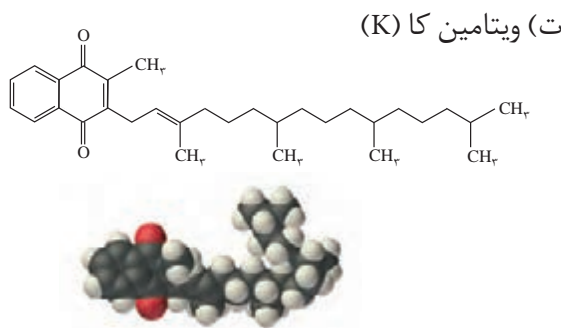
(ب) ویتامین ث



(پ) ویتامین دی



حفظ کردن فرمول شیمیایی مواد آلی و ارزشیابی از آنها، جزو اهداف کتاب نیست و نباید در آزمون‌های نهایی و کنکور سراسری مورد ارزیابی قرار گیرد.



۲- مصرف بیش از اندازه کدام دسته از ویتامین‌ها برای بدن مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند؟ چرا؟

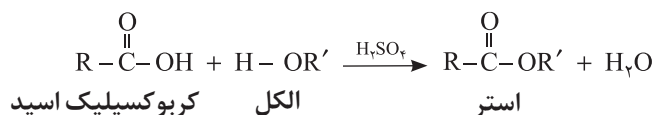
۳- گروه‌های عاملی موجود در هر یک از ترکیب‌های بالا را مشخص کنید.

۴- عبارت زیر را با خط زدن واژه نادرست در هر مورد کامل کنید.

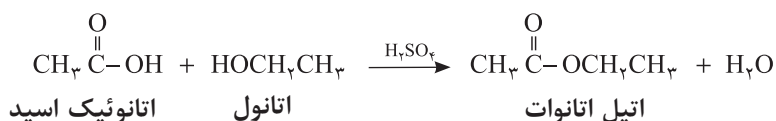
در ترکیب‌های آلی مانند الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها که دو بخش قطبی و ناقطبی دارند، با افزایش طول زنجیر کربنی بخش  $\frac{\text{ناقطبی}}{\text{قطبی}}$  بزرگ‌تر می‌شود، قطبیت مولکول  $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$  می‌یابد و انحلال‌پذیری آن در آب  $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$  می‌شود.

## واکنش استری شدن

یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها، واکنش میان آنهاست. این مواد در شرایط مناسب واکنش می‌دهند و با از دست دادن آب، به استر تبدیل می‌شوند. معادله زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می‌کند.



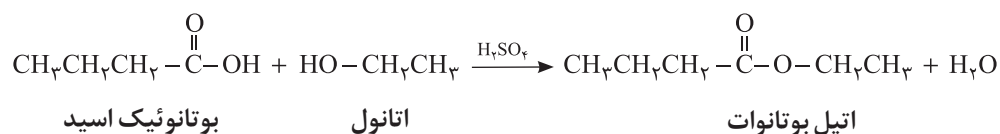
با این توصیف از واکنش استیک اسید با اتانول، طبق معادله زیر اتیل استات به دست می‌آید.



## آیا می‌دانید


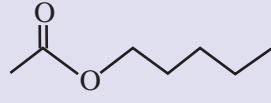

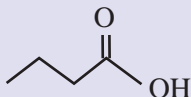

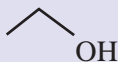
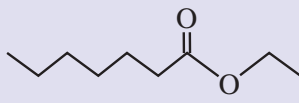
طعم یک ماده غذایی و میوه از کنار هم قرار گرفتن شمار زیادی از ترکیب‌های شیمیایی ایجاد می‌شود. برای مثال، پرتقال دارای ۲۵۰ نوع ماده شیمیایی است که با هم طعم آن را می‌سازند. استرها از مواد اصلی سازنده طعم و بوی مواد غذایی هستند. شیمی‌دان‌ها با شناسایی اجزای سازنده طعم‌های گوناگون، آنها را در آزمایشگاه و صنعت تهیه و تولید می‌کنند.

به همین ترتیب می‌توان اتیل بوتانات را در مقیاس صنعتی تولید و از آن برای تولید شوینده با بوی آناناس استفاده کرد.



## خود را بیازمایید

با رسم ساختار الکل و اسید سازنده برای هر استر، جدول زیر را کامل کنید.

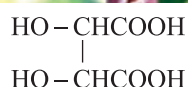
| نام میوه  | ساختار الکل سازنده  | ساختار اسید سازنده   | ساختار استر   |
|---|---|--|---|
|  |   |  |  |
|  | $\text{CH}_3\text{OH}$  |  |   |
|  |  |  |  |

## آیا می‌دانید

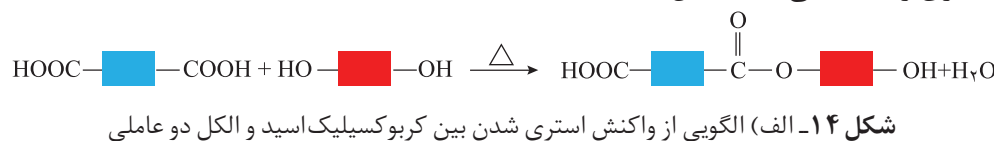
اسیدهای موجود در انگور و ریواس به ترتیب تارتاریک اسید و اگزالیک اسید نام دارند.



HOOC-COOH



اکنون با توجه به واکنش استری شدن، می‌توان نتیجه گرفت که از واکنش یک کربوکسیلیک اسید دو عاملی با یک الکل دو عاملی در شرایط مناسب، یک پلی‌استر تولید می‌شود. در مرحله نخست این واکنش، یکی از گروه‌های هیدروکسیل موجود در الکل با یکی از گروه‌های کربوکسیل موجود در اسید ترکیب شده و با از دست دادن آب، گروه عاملی استری را ایجاد می‌کند (شکل ۱۴-الف).

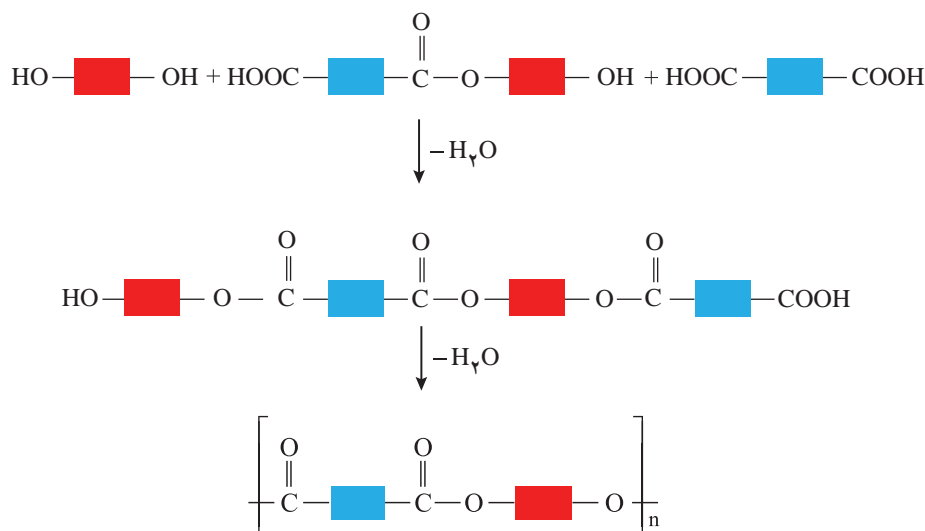


همان‌طور که در شکل ۱۴-الف می‌بینید در ساختار فراورده، همچنان یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد. این ساختار نوید می‌دهد که واکنش استری شدن می‌تواند ادامه پیدا کند، آن‌چنان که از یک سو با عامل اسیدی و از سوی دیگر با عامل الکلی در واکنش شرکت می‌کند. با ادامه این روند مولکول‌های بیشتر و بیشتری با یکدیگر واکنش می‌دهند و سرانجام مولکول‌هایی با زنجیر بلند و شمار زیادی عامل استری تشکیل می‌شود. فراورده‌ای که **پلی‌استر**<sup>۱</sup> نامیده می‌شود (شکل ۱۴-ب).

<sup>۱</sup> Polyester

## آیا می‌دانید

نخ‌های خیاطی از جنس پلی‌استر هستند. هر چه مولکول سازنده پلی‌استر طولانی‌تر باشد، نیروی بین آنها قوی‌تر و استحکام نخ آن بیشتر است.



شکل ۱۴- ب) الگوی واکنش تشکیل پلی‌استر

می‌دانید که رفتار و ویژگی‌های مواد به ساختار آنها بستگی دارد. بنابراین با استفاده از کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌های دو عاملی گوناگون، پلی‌استرهایی با ساختار متفاوت و گوناگون می‌توان تهیه کرد. پلیمرهایی که به دلیل داشتن خواص معین و منحصر به فرد، کاربردهای ویژه‌ای دارند. گوناگونی رفتار پلیمرها سبب شد تا شیمی‌دان‌های بیشتری به بررسی واکنش پلیمری شدن علاقه‌مند شوند. نتیجه این بررسی‌ها شناسایی دسته تازه‌ای از پلیمرها بود.

## پلی‌آمیدها

پلیمرهای طبیعی زیادی شناسایی شده است که در ساختار آنها اتم‌های C، H، O و N وجود دارد. مو، ناخن، پوست بدن ما همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه‌ای از این پلیمرهای طبیعی هستند. در این دسته از پلیمرها گروه عاملی آمید  $\left( \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{N}- \\ | \end{array} \right)$  در طول زنجیر کربنی تکرار شده است (شکل ۱۵).

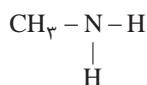


شکل ۱۵- نمونه‌هایی از پلیمرهای طبیعی

عامل آمیدی از واکنش اسید آلی با آمین به دست می‌آید. آمین، ترکیبی آلی است که در ساختار آنها اتم‌های C، H و N وجود دارد. متیل آمین، ساده‌ترین آمین است. وجود اتم نیتروژن، خواص شیمیایی و فیزیکی منحصر به فردی به آمین‌ها داده است (شکل ۱۶). به طوری که بوی ماهی ناشی از آمین‌های موجود در آن است.

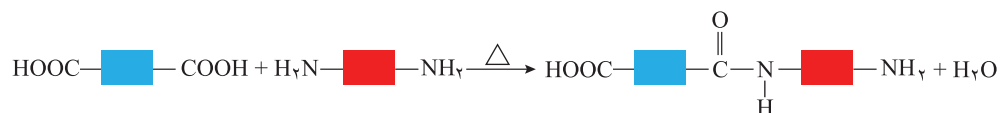
● بوی ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین‌های دیگر است.





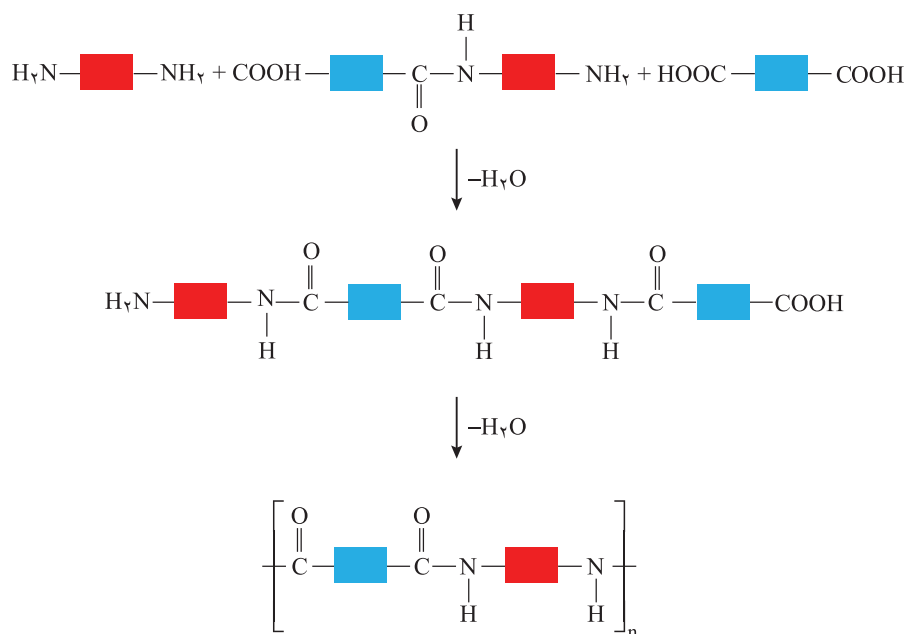
شکل ۱۶- فرمول ساختاری، مدل گلوله - میله و فضا پرکن متیل آمین

واکنش تولید پلی آمید شبیه به تولید پلی استر است با این تفاوت که به جای گروه عاملی الکل، گروه عاملی آمین با گروه کربوکسیل واکنش می دهد (شکل ۱۷- الف).



شکل ۱۷- الف) تشکیل گروه آمیدی

با ادامه واکنش، گروه های آمیدی بیشتری تشکیل شده و سرانجام پلی آمید<sup>۱</sup> تولید می شود (شکل ۱۷- ب).



شکل ۱۷- ب) الگوی واکنش تشکیل پلی آمید



● پوشاک دوخته شده از کولار سبک و بسیار محکم بوده و در برابر ضربه، خراش و بریدگی مقاوم است. این پلیمر تاکنون جان میلیون ها انسان را در حوادث گوناگون نجات داده است.

پلی آمیدهای ساختگی را در صنایع پتروشیمی از واکنش دی آمین ها با دی اسیدها تولید می کنند. کولار<sup>۲</sup> یکی از معروف ترین پلی آمیدها است. این پلیمر از فولاد هم جرم خود پنج برابر مقاوم تر است. از کولار در تهیه تیر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس های مخصوص مسابقه موتورسواری و جلیقه های ضد گلوله استفاده می شود (شکل ۱۸).

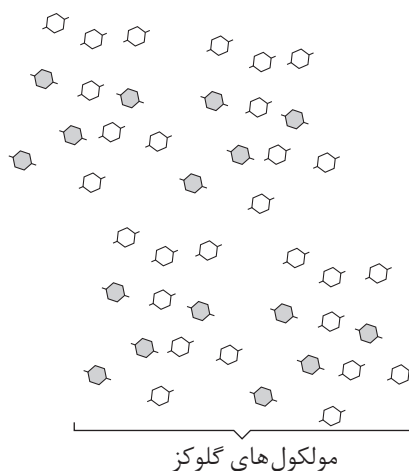
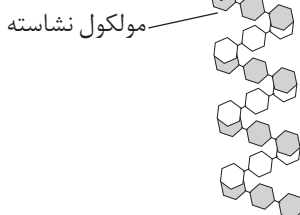


شکل ۱۸- برخی کاربردهای کولار

## پلیمرها، ماندگار یا تخریب پذیر

آیا نان یا سیب زمینی مزه‌ای شیرین دارد؟ نان و سیب زمینی از نشاسته غنی هستند. نشاسته، پلی ساکاریدی است که از اتصال مولکول‌های گلوکز به یکدیگر تشکیل شده است. اینک پاسخ شما به پرسش بالا چیست؟ واقعیت این است که اگر نان را برای مدت طولانی‌تری در دهان بجوید، مزه‌ای شیرین احساس خواهید کرد. سیب زمینی پخته نیز اندکی مزه شیرین دارد. این مزه شیرین ناشی از چیست؟

شیمی دان‌ها بر اساس یافته‌های تجربی دریافته‌اند که مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به آرامی به مونومرهای سازنده (گلوکز) تبدیل می‌شوند و مزه شیرین ایجاد می‌کنند. نشاسته هنگام گوارش (که از دهان آغاز می‌شود) به گلوکز تبدیل می‌گردد. در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی تبدیل آن است که به کمک آنزیم‌ها تسریع می‌شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- الگوی تبدیل نشاسته به مونومرهای سازنده آن

استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به الکل و اسید آلی سازنده تبدیل می‌شوند. این واکنش به آبکافت استرها معروف است. برای نمونه معادله صفحه بعد آبکافت

## آیا می‌دانید

برخی میوه‌های کال و نارس نشاسته دارند. این نشاسته هم‌زمان با رسیدن میوه به گلوکز تبدیل می‌شود و مزه شیرین آن را ایجاد می‌کند. البته شیرینی میوه‌ها به دلیل وجود دیگر قندهای ساده از جمله فروکتوز نیز هست.





$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OH} + \text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$$

اتیل بوتائوات
بوتانوائیک اسید
اتانول

سازنده تبدیل می شوند (شکل ۲°).

$$\left[ \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array} \text{---} \text{[Blue Box]} \text{---} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array} \text{---} \text{N} \begin{array}{c} \text{H} \\ | \end{array} \text{---} \text{[Red Box]} \text{---} \text{N} \begin{array}{c} \text{H} \\ | \end{array} \right]_n + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow n \text{HOOC} \text{---} \text{[Blue Box]} \text{---} \text{COOH} + n \text{H}_2\text{N} \text{---} \text{[Red Box]} \text{---} \text{NH}_2$$

(الف)

$$\left[ \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array} \text{---} \text{[Blue Box]} \text{---} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array} \text{---} \text{O} \text{---} \text{[Red Box]} \text{---} \text{O} \right]_n + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow n \text{HOOC} \text{---} \text{[Blue Box]} \text{---} \text{COOH} + n \text{HO} \text{---} \text{[Red Box]} \text{---} \text{OH}$$

(ب)

با توجه به اینکه هر نوع پوشاک تاریخ مصرفی دارد می‌توان گفت پس از مدتی تار و پود آنها سست و پوسیده می‌شوند زیرا مولکول‌های پلیمر سازندهٔ آنها با مولکول‌های موجود در محیط پیرامون واکنش می‌دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آنها مانند پیوند استری یا آمیدی شکسته می‌شوند. با شکستن این پیوندها، استحکام الیاف پارچه کم شده و تار و پود آن به سادگی گسسته می‌شود. بدیهی است که هرچه آهنگ شکستن این پیوندها سریع‌تر باشد، فرایند پوسیده شدن پارچه سریع‌تر رخ می‌دهد.

۴- برای شستن تمیزتر لباس‌ها از شوینده‌ها و سفیدکننده‌ها استفاده می‌کنند. اگر سفیدکننده‌ها را به‌طور مستقیم روی لباس بریزند، رنگ لباس در محل تماس به سرعت از بین می‌رود. اما اگر سفیدکننده را در آب بریزید سپس لباس را درون محلول فرو ببرید، تغییر

119

محسوسی در رنگ لباس ایجاد نمی‌شود. چرا؟

۵- لباس‌های پلی‌استری در اثر عوامل محیطی در طول زمان پوسیده می‌شوند. این پوسیده شدن به معنی شکستن پیوندهای استری و سست شدن تار و پود لباس است. جدول زیر داده‌های مربوط به واکنش آبکافت یک نوع استر را در حضور اسید نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

| [استر]   | ۰/۵۵ | ۰/۴۲ | ۰/۳۱ | ۰/۲۳ | ۰/۱۷ | ۰/۱۲ | ۰/۰۸ |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| زمان (s) | ۰    | ۱۵   | ۳۰   | ۴۵   | ۶۰   | ۷۵   | ۹۰   |

الف) نمودار تغییر غلظت استر بر حسب زمان را رسم کنید.







ب) سرعت متوسط آبکافت استر در بازه زمانی صفر تا ۳۰ ثانیه چند مول بر لیتر بر ثانیه است؟

پ) سرعت واکنش در کدام بازه زمانی بیشتر است؟ چرا؟  
صفر تا ۲۰ ثانیه      ۶۰ تا ۹۰ ثانیه

هرچند پلی‌استرها و پلی‌آمیدها شکسته می‌شوند، اما آهنگ این واکنش‌ها به ساختار مونومرهای سازنده بستگی دارد. بنابراین جنس لباس، در مدت زمان استفاده از آن مؤثر است. تجربه نشان می‌دهد که به‌طور کلی واکنش آبکافت پلی‌استرها و پلی‌آمیدها کند است. به همین دلیل لباس‌های تهیه شده از این نوع پارچه‌ها برای مدت‌های طولانی قابل استفاده است زیرا استحکام خود را حفظ می‌کنند. این در حالی است که پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده، به انجام واکنش تمایلی ندارند و از این رو پوشاک و پوشش‌های تهیه شده از این مواد در طبیعت تجزیه نمی‌شوند و برای سالیان طولانی دست نخورده باقی می‌مانند. در واقع پلیمرهای ماندگارند. علت این است که این پلیمرها، ساختاری شبیه به آلکان‌ها دارند و سیر شده هستند. هر چند استفاده از این پلیمرها صرفه اقتصادی دارد، اما از نگاه پیشرفت پایدار، تولید و استفاده از این پلیمرها الگوی مصرف مطلوبی نیست زیرا ماندگاری دراز مدت این مواد در طبیعت سبب ایجاد مشکلات فراوانی مانند تبدیل محیط‌زیست به گورستان زباله، کثیف شدن چهره شهرها و محیط‌زیست، آسیب زدن به زندگی جانداران و... می‌شود که هزینه‌های تحمیل شده به اقتصاد یک جامعه را خیلی بالا می‌برد. بدیهی است بازیافت این مواد یکی از راهکارهای عملی است که به حفظ و بهره‌برداری بهینه از منابع منجر خواهد شد. به منظور آسان‌سازی و افزایش کارایی بازیافت و افزایش کیفیت فرآورده‌های حاصل از بازیافت، برای هر پلیمر نشانه‌ای در نظر گرفته‌اند که بر روی کالاها حک می‌شود.

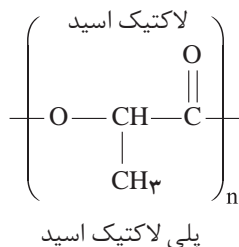
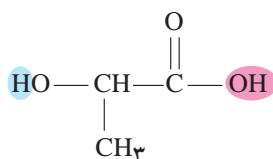
## آیا می‌دانید

مصرف برخی پلیمرها در صنایع گوناگون بیشتر است. به طوری که شش پلیمر نشان داده شده در جدول زیر نزدیک به ۷۵ درصد پلیمرهای ساختگی را تشکیل می‌دهند.

| نام پلیمر          | نشانه پلیمر   |
|--------------------|---|
| پلی اتیلن ترفتالات |  PET         |
| پلی اتن سنگین      |  HDPE      |
| پلی وینیل کلرید    |  PVC, or V |
| پلی اتن سبک        |  LDPE      |
| پلی پروپن          |  PP        |
| پلی استیرن         |  PS        |

## آیا می دانید

ساختارهای لاکتیک اسید و پلی لاکتیک اسید به شکل زیر است:



● شیر ترش شده دارای لاکتیک اسید است.

## آیا می دانید

از پلیمرهای زیست تخریب پذیر برای بخیه زدن استفاده می شود.



این نشانه شامل عددی است که درون یک مثلث قرار دارد. از این رو انتظار می رود که این نشانه روی همه کالاهای ایرانی نیز حک شود تا فرایند بازیافت آنها آسان تر شود. جایگزینی پلیمرهای ساختگی با پایه نفتی با پلیمرهای زیست تخریب پذیر، راهکار دیگری است که در دو دهه اخیر مورد توجه همه جهانیان قرار گرفته است.

## پلیمر سبز<sup>۱</sup>

شیمی دان ها با انجام پژوهش های گسترده، موفق به ساخت دسته ای از پلیمرها شدند که توسط جانداران ذره بینی تجزیه می شوند. هرگاه این پلیمرها و کالاهای ساخته شده از آنها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول های ساده مانند آب و کربن دی اکسید تبدیل می شوند. چنین پلیمرهایی دوستدار محیط زیست بوده و به پلیمرهای سبز معروف هستند. این پلیمرها را از فراورده های کشاورزی مانند سیب زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می کنند. به طوری که نخست نشاسته موجود در این مواد را به لاکتیک اسید تبدیل کرده سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، **پلی لاکتیک اسید<sup>۲</sup>** تولید می کنند. از پلی لاکتیک اسید انواع ظرف های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و... تولید شده و کاربرد آنها رو به گسترش است. این پلاستیک ها امکان تبدیل شدن به کود را دارند به همین دلیل ردپای کوچک تری در محیط زیست برجای می گذارند.

## در میان تارنماها

شیمی دان ها همچنان در جستجوی پلیمرهای جدید با کاربردهای ویژه ای هستند. برخی از آنها عبارت اند از:

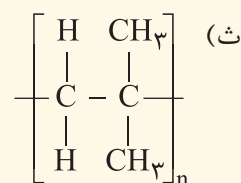
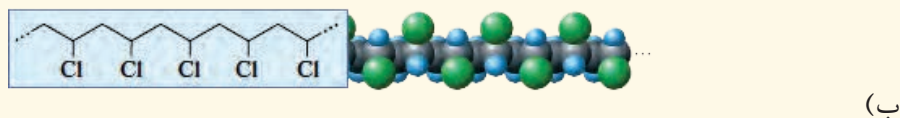
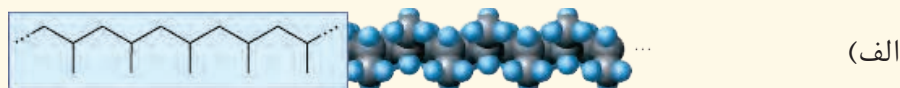
- مواد پرکننده دندان
- آستر نرم برای دندان مصنوعی
- پوشاک ضد آب
- پلاستیک های رسانا
- نخ بخیه هوشمند

با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر درباره آنها اطلاعات جمع آوری و در کلاس ارائه کنید.

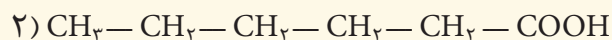
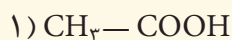
۱- Green Polymer

۲- Poly Lactic Acid (PLA)

۱- در هر یک از موارد زیر ساختار پلیمر یا مونومر خواسته شده را مشخص کنید.



۲- در شرایط یکسان انحلال پذیری کدام کربوکسیلیک اسید در آب بیشتر است؟ چرا؟



۳- برای استری با فرمول  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ :

(الف) ساختار آن را رسم کنید.

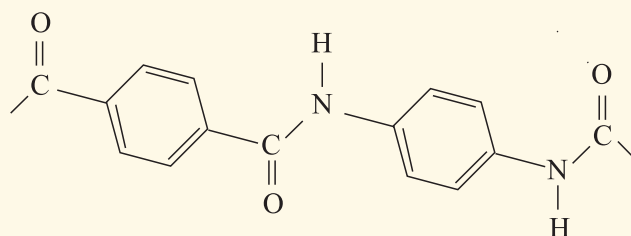
(ب) ساختار الکل و اسید سازنده آن را رسم کنید.

(پ) نیروی بین مولکولی را مشخص کنید.

(ت) جرم مولی را حساب کنید.

(ث) نقطه جوش آن را با بیان دلیل با اتانوائیک اسید مقایسه کنید.

۴- بخشی از ساختار مولکول سازنده یک پلیمر در شکل زیر ارائه شده است. با توجه به آن:



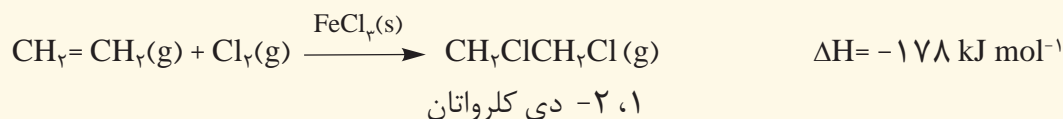
الف) این پلیمر به کدام دسته از پلیمرها تعلق دارد؟

ب) نیروی بین مولکول‌های این پلیمر از چه نوعی است؟

پ) واحدهای سازنده این پلیمر کدام گروه از مواد زیر است؟

- دی‌آمین و دی‌اسید      ● دی‌الکل و دی‌اسید      ● آمین و اسید

۵- با توجه به معادله واکنش زیر به پرسش‌های خواسته شده پاسخ دهید.



الف) ساختار لوویس فراورده را رسم کنید.

ب) نمودار آنتالپی واکنش را رسم کنید.

پ) حساب کنید از واکنش ۴۲ گرم گاز اتن با مقدار کافی از گاز کلر، چند کیلو ژول گرما مبادله می‌شود؟

۶- واکنش پلیمری شدن اتن در شرایط گوناگونی به تولید پلی اتن‌هایی با جرم مولی میانگین متفاوت منجر می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که جرم مولی میانگین به مقدار کاتالیزگرهای واکنش بستگی دارد. در جدول زیر نتایج یک پژوهش تجربی در این مورد داده شده است.

| جرم مولی میانگین پلیمر (گرم) | شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی آلومینیم (شماره ۲) | شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی تیتانیوم (شماره ۱) |
|------------------------------|---|---|
| ۲۷۲۰۰۰                       | ۱۲  | ۱   |
| ۲۹۲۰۰۰                       | ۶   | ۱   |
| ۲۹۸۰۰۰                       | ۳   | ۱   |
| ۲۸۴۰۰۰                       | ۱   | ۱   |
| ۱۶۰۰۰۰                       | ۰/۶۳  | ۱   |
| ۴۰۰۰۰                        | ۰/۵۳  | ۱   |
| ۲۱۰۰۰                        | ۰/۵۰  | ۱   |
| ۳۱۰۰۰                        | ۰/۲۰  | ۱   |

الف) در چه نسبت مولی از این دو کاتالیزگر پلی اتن با بیشترین جرم مولی تولید می‌شود؟

ب) تغییر جرم مولی پلیمر را برحسب نسبت مولی کاتالیزگر شماره ۱ به ۲ رسم کنید.

پ) در نسبت مولی ۸ به ۱ از این کاتالیزگرها جرم مولی را پیش‌بینی کنید.

ت) تحلیل خود از داده‌های جدول و نمودار رسم شده را بیان کنید.

# .....واژه‌نامه.....

|                         |     |                         |  |
|-------------------------|-----|-------------------------|--|
| ارزیابی چرخه عمر        | ۲۸  | Life Cycle Assessment   | شاخصی برای ارزیابی میزان تأثیر یک فراورده بر روی محیط‌زیست در مدت طول عمر آن است.                                  |
| آلکان                   | ۳۲  | Alkane                  | خانواده‌ای از هیدروکربن‌های سیرشده که میل ترکیبی زیادی ندارند و به فراوانی در نفت خام یافت می‌شوند.                |
| آلکان راست زنجیر        | ۳۲  | Straight – Chain Alkane | آلکانی که هر اتم کربن در ساختار آن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است.   |
| آلکان شاخه‌دار          | ۳۲  | Branched Alkane         | آلکانی که در ساختار آنها یک یا چند اتم کربن با سه یا چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد.                          |
| آلکن                    | ۳۹  | Alkene                  | هیدروکربن سیر نشده‌ای که دو اتم کربن آن با پیوند کووالانسی دوگانه به هم متصل شده‌اند.                              |
| آلکین                   | ۴۱  | Alkyne                  | هیدروکربن سیر نشده‌ای که دو اتم کربن آن با پیوند کووالانسی سه‌گانه به هم متصل شده‌اند.                             |
| گران روی                | ۳۴  | Viscosity               | مقاومت یک سیال (شاره) را در برابر جاری شدن نشان می‌دهد.  |
| آهنگ واکنش              | ۷۷  | Reaction Rate           | کمیتی که نشان می‌دهد یک واکنش شیمیایی در چه گستره‌ای از زمان انجام می‌شود.   |
| بَسپار یا پلیمر         | ۱۰۲ | Polymer                 | مولکول بزرگی که از به هم پیوستن یک صد تا چند هزار تک پار به وجود می‌آید.   |
| پالایش                  | ۴۴  | Refine                  | فرایندی که در آن اجزای نفت خام را از یکدیگر جدا می‌کند.  |
| تک‌پار                  | ۱۰۳ | Monomer                 | مولکول ساده‌ای که از به هم پیوستن آنها بَسپار (پلیمر) به وجود می‌آید.  |
| تقطیر جزء به جزء        | ۴۴  | Fractional Distillation | روشی برای جداسازی اجزای مخلوط چند مایع که دارای نقطه جوش متفاوت هستند.   |
| زیست تخریب‌پذیر         | ۱۱۷ | Biodegradable           | موادی که در محیط‌زیست به کمک باکتری‌ها به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند.   |
| سوخت                    | ۴   | Fuel                    | ماده‌ای سوختنی است که تنها برای تأمین انرژی سوزانده می‌شود.  |
| سوخت فسیلی              | ۴   | Fossil Fuel             | موادی مانند زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی که طی میلیون‌ها سال از تجزیه گیاهان و جانوران به وجود می‌آیند.           |
| واکنش سوختن             | ۶۲  | Combustion Reaction     | واکنش اکسایشی که سریع روی می‌دهد و با ایجاد شعله و آزاد کردن مقدار زیادی انرژی همراه است.                          |
| انرژی گرمایی            | ۵۵  | Thermal Energy          | به مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک نمونه ماده گفته می‌شود.   |
| فراورده‌های پتروشیمیایی | ۴۰  | Petrochemical Products  | ترکیب‌ها و مواد آلی گوناگون که از نفت یا گاز طبیعی تهیه می‌شوند.   |
| سوختن کامل              | ۶۲  | Complete Combustion     | سوختن یک ترکیب آلی در حضور اکسیژن کافی که کربن دی‌اکسید و آب تولید می‌کند.   |
| شبه فلز                 | ۶   | Metalloide              | عنصری که برخی خواص فیزیکی آن شبیه فلزها اما خواص شیمیایی آنها شبیه نافلزهاست.                                      |
| شیمی آلی                | ۱۰۲ | Organic Chemistry       | شاخه‌ای از شیمی که به بررسی ترکیب‌های آلی می‌پردازد و به آن شیمی ترکیب‌های کربن نیز گفته می‌شود.                   |
| طلای سیاه               | ۲۹  | Black Gold              | عنوانی که به نفت خام نسبت می‌دهند و ارزش اقتصادی آن را یادآور می‌شود.  |
| فلز                     | ۱۲  | Metal                   | عنصری با جلالی فلزی و خاصیت چکش‌خواری که اغلب نقطه ذوب و جوش بالایی دارد و جریان برق و گرما را از خود عبور می‌دهد. |
| فلزهای قلیایی           | ۱۲  | Alkali Metals           | فلزهای گروه اول جدول دوره‌ای عنصرها که شامل Li, Na, K, Rb, Cs و Fr است.  |
| فتوسنتز                 | ۶۴  | Photosynthesis          | واکنشی که در آن گیاه از کربن دی‌اکسید، آب و نور خورشید، گلوکز و اکسیژن می‌سازد.                                    |



|                     |                         |     |   |
|---------------------|-------------------------|-----|---|
| رادیکال             | Radical                 | ۸۹  | گونه پرنرژی و ناپایدار که در ساختار خود الکترون جفت نشده دارد.  |
| هالوژن              | Halogen                 | ۱۳  | به هر یک از عنصرهای گروه ۱۷ جدول دوره‌ای شامل فلوئور، کلر، برم، ید و استاتین گفته می‌شود.   |
| کاتالیزگر           | Catalyst                | ۸۹  | ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد.   |
| فلز واسطه           | Transition Metal        | ۱۶  | همان فلزهای دسته d هستند که در اتم آنها زیر لایه d در حال پر شدن است.   |
| واکنش ترمیت         | Thermite Reaction       | ۲۴  | واکنشی بسیار گرماده میان فلز آلومینیم و آهن (III) اکسید که از آهن مذاب تولید شده در آن برای جوشکاری خطوط راه‌آهن استفاده می‌شود.            |
| منبع تجدیدپذیر      | Renewable Resource      | ۲۷  | منبعی که از طریق فرایندهای طبیعی تشکیل یا از نو تولید می‌شوند.  |
| منبع تجدیدناپذیر    | Nonrenewable Resource   | ۲۷  | منبعی که تشکیل و جایگزین شدن آن از طریق فرایندهای طبیعی عملی نیست یا سرعت آنها بسیار کم است.  |
| نفت خام             | Petroleum               | ۲۸  | مایعی غلیظ، سیاه‌رنگ یا قهوه‌ای مایل به سبز که مخلوطی طبیعی از صدها هیدروکربن و ترکیب آلی است.  |
| واکنش‌پذیری شیمیایی | Chemical Reactivity     | ۱۱  | به تمایل برای انجام واکنش شیمیایی می‌گویند.   |
| همپار               | Isomer                  | ۷۰  | موادی که فرمول مولکولی یکسان اما فرمول ساختاری متفاوتی دارند.   |
| هیدروکربن           | Hydrocarbon             | ۲۸  | ترکیب‌هایی که از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند.  |
| هیدروکربن سیرشده    | Saturated Hydrocarbon   | ۴۰  | هیدروکربنی که در آن اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی به چهار اتم دیگر متصل شده است.   |
| هیدروکربن سیرنشده   | Unsaturated Hydrocarbon | ۴۱  | هیدروکربنی که در آن بین اتم‌های کربن پیوند دو یا سه‌گانه وجود دارد.   |
| هیدروکربن حلقوی     | Cyclic Hydrocarbon      | ۴۲  | هیدروکربن با بیش از دو اتم کربن که ساختاری حلقوی دارد.  |
| گروه آلکیل          | Alkyl Group             | ۳۷  | گونه‌ای که با برداشتن یک اتم هیدروژن از یک مولکول آلکان به‌دست می‌آید.  |
| گروه عاملی          | Functional Group        | ۶۸  | اتم یا گروهی از اتم‌ها که وجود آنها در مولکول‌های اعضای یک خانواده از مواد آلی، خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه و منحصر به فردی به آنها می‌بخشد. |
| نیروهای وان دروالس  | Van der Waals Forces    | ۱۱۱ | نوعی نیروی جاذبه بین مولکولی که در میان همه مولکول‌ها وجود دارد.  |
| پلیمر شدن           | Polymerization          | ۱۰۲ | مجموعه‌ای از واکنش‌ها که در آن شمار بسیاری مولکول کوچک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و درشت مولکول‌هایی به نام پلیمر یا بسپار تولید می‌کنند.      |
| مقدار نظری          | Theoretical Yield       | ۲۲  | مقدار فراورده مورد انتظار که از محاسبه‌های استوکیومتری به‌دست می‌آید.   |
| مقدار عملی          | Actual Yield            | ۲۲  | مقدار فراورده‌ای که در عمل تولید می‌شود.  |
| بازده درصدی         | Percent Yield           | ۲۳  | نسبت مقدار عملی فراورده یک واکنش به مقدار نظری آن است که به صورت درصد بیان می‌شود.  |
| گرماشیمی            | Thermochemistry         | ۶۰  | شاخه‌ای از علم شیمی که به مطالعه کمی و کیفی انرژی گرمایی مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی می‌پردازد.   |
| گرما                | Heat                    | ۵۶  | انرژی گرمایی که به دلیل اختلاف دما جاری می‌شود.   |
| ظرفیت گرمایی        | Heat Capacity           | ۵۷  | مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای ماده به اندازه یک درجه سلسیوس را نشان می‌دهد.  |
| گرمای ویژه          | Specific Heat           | ۵۷  | مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک گرم ماده به اندازه یک درجه سلسیوس را نشان می‌دهد.   |
| سامانه              | System                  | ۵۹  | بخشی از جهان که برای مطالعه انتخاب می‌شود.  |
| محیط                | Surrounding             | ۵۹  | هر چیزی که در پیرامون سامانه باشد، محیط نامیده می‌شود.  |
| آنتالپی واکنش       | Reaction Enthalpy       | ۶۴  | به تغییر محتوای انرژی یک سامانه شیمیایی در فشار ثابت، آنتالپی واکنش گفته می‌شود.  |

|   |    |                          |                |
|---|----|--------------------------|----------------|
| گرمای آزاد شده در فشار ثابت هنگام سوختن یک مول از ماده در مقدار کافی اکسیژن را نشان می‌دهد.                                       | ۷۰ | Enthalpy of Combustion   | آنتالپی سوختن  |
| گرمای مصرف شده در فشار ثابت هنگام تبدیل یک مول مایع به بخار را در دمای معین نشان می‌دهد.  | ۶۳ | Enthalpy of Vaporization | آنتالپی تبخیر  |
| تغییر آنتالپی هنگام تصعید شدن یک مول ماده جامد را نشان می‌دهد.  | ۹۵ | Enthalpy of Sublimation  | آنتالپی تصعید  |
| مقدار انرژی مصرف شده در فشار ثابت هنگام شکستن یک مول پیوند بین دو اتم گازی و تبدیل آنها به اتم‌های گازی جدا از یکدیگر.            | ۶۵ | Bond Enthalpy            | آنتالپی پیوند  |
| روش تجربی برای اندازه‌گیری گرمای آزاد یا جذب شده در یک فرایند است.  | ۷۲ | Calorimetry              | گرماسنجی       |
| دستگاهی که برای اندازه‌گیری گرمای یک واکنش در فشار ثابت به کار می‌رود.  | ۷۲ | Coffee - Cup Calorimeter | گرماسنج لیوانی |
| دستگاهی که برای اندازه‌گیری دقیق گرمای سوختن یک ماده به کار می‌رود.   | ۷۱ | Bomb Calorimeter         | گرماسنج بمبی   |
| $\Delta H$ یک واکنش را می‌توان از جمع جبری $\Delta H$ چند واکنش دیگر به دست آورد.   | ۷۲ | Hess's Law               | قانون هس       |
| فرایندی که در آن گرما آزاد می‌شود و آنتالپی سامانه کاهش می‌یابد.  | ۵۹ | Exothermic Process       | فرایند گرماده  |
| فرایندی که در آن گرما جذب می‌شود و آنتالپی سامانه افزایش می‌یابد.   | ۵۹ | Endothermic Process      | فرایند گرماگیر |
| ویتامین ث؛ جامد سفید رنگ و بلوری که به خوبی در آب حل می‌شود.  | ۷۹ | Ascorbic Acid            | آسکوربیک اسید  |
| کمیتی تجربی که برای یک واکنش شیمیایی نسبت تغییر ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری واکنش‌دهنده(ها) یا فراورده(ها) را به زمان نشان می‌دهد. | ۷۷ | Reaction Rate            | سرعت واکنش     |
| شاخه‌ای از علم شیمی که دربارهٔ سرعت واکنش‌های شیمیایی، عوامل مؤثر بر سرعت و نحوهٔ انجام آنها گفت‌وگو می‌کند.                      | ۸۳ | Chemical Kinetics        | سینتیک شیمیایی |

## منابع و مآخذ

- 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- Kotz, John C. ; Treichel, Paul M.; Weaver, Gabriela C., Chemistry & Chemical Reactivity , 2006,Thomson - Brooks/Cole.
- 4- Ebbing, Darrell D.; Gammon, Steven D., General Chemistry, 2009, Brooks/Cole.
- 5- Tro, Nivaldo J., Principles of Chemistry, A Molecular Approach, 2010, Pearson.
- 6- Russo, S.; Silver, M., Introductory Chemistry, 2011, Prentice Hall.
- 7- Phillips, J.S.; Strozak, V.S.; Wistrom, C.; Zike, D. Chemistry, Concepts and Applications, 2009, Glencoe McGraw- will.
- 8- Gilbert, T.R.; kirss, R.V., Foster, N.; Davies, Chemistry, the science context, 2009, W.W. Norton & Company.
- 9- Middlecamp Catherine H. [et al.] Chemistry In Context: Applying Chemistry To Society, 2012.
- 10- Seager Spencer L., Slabaugh Micheal R., Chemistry for Today General, Organic, and Biochemistry, 2014.
- 11- Tro Nivaldi J., Chemistry in Focus, A Molecular View of Our World, 2009.
- 12- Chang Raymond, Chemistry. 2010.



# جدول دوره‌ای عناصرها

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

|                             |                                |                               |                               |                             |                              |                            |                            |                             |                               |                            |                              |                               |                              |                               |                              |                          |                              |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| ۱                           | ۲                              | ۳                             | ۴                             | ۵                           | ۶                            | ۷                          | ۸                          | ۹                           | ۱۰                            | ۱۱                         | ۱۲                           | ۱۳                            | ۱۴                           | ۱۵                            | ۱۶                           | ۱۷                       | ۱۸                           |
| ۱<br>H<br>هیدروژن<br>۱٫۰۰۸  | ۲<br>He<br>هلیوم<br>۴٫۰۰۳      | ۳<br>Li<br>لیتیم<br>۶٫۹۴      | ۴<br>Be<br>بهریم<br>۹٫۰۱      | ۵<br>B<br>بور<br>۱۰٫۸۰      | ۶<br>C<br>کربن<br>۱۲٫۰۱      | ۷<br>N<br>نیتروژن<br>۱۴٫۰۱ | ۸<br>O<br>اکسیژن<br>۱۶٫۰۰  | ۹<br>F<br>فلورین<br>۱۹٫۰۰   | ۱۰<br>Ne<br>نئون<br>۲۰٫۱۸     | ۱۱<br>Na<br>سدیم<br>۲۲٫۹۹  | ۱۲<br>Mg<br>منیزیم<br>۲۴٫۳۱  | 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   |
| 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>کوبالت<br>۵۸٫۹۳ | ۲۸<br>Ni<br>نیکل<br>۵۸٫۹۰     | ۲۹<br>Cu<br>مس<br>۶۳٫۵۵    | ۳۰<br>Zn<br>کادمیم<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 |
| ۳۷<br>Rb<br>روبیوم<br>۸۵٫۴۷ | ۳۸<br>Sr<br>استرونسیم<br>۸۷٫۶۲ | ۳۹<br>Y<br>ایتریم<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>روتنم<br>۱۰۱٫۱ | ۴۵<br>Rh<br>روئیم<br>۱۰۱٫۰۷ | 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>سرب<br>۱۱۸٫۷۰    | ۵۱<br>Sb<br>آنتیمون<br>۱۲۱٫۸۰ | ۵۲<br>Te<br>تلوریم<br>۱۲۷٫۶۰ | ۵۳<br>I<br>یود<br>۱۲۶٫۹۰ | ۵۴<br>Xe<br>زنون<br>۱۳۱٫۳۰   |
| ۵۵<br>Cs<br>سزیم<br>۱۳۲٫۹   | ۵۶<br>Ba<br>باریم<br>۱۳۷٫۳     | ۵۷<br>La<br>لانتان            | ۵۸<br>Ce<br>سرمه              | ۵۹<br>Pr<br>پراسمیتیم       | ۶۰<br>Nd<br>نئودیم           | ۶۱<br>Pm<br>پرمیتیم        | ۶۲<br>Sm<br>ساماریوم       | ۶۳<br>Eu<br>اوروپیم         | ۶۴<br>Gd<br>گادولینیم         | ۶۵<br>Tb<br>تریم           | ۶۶<br>Dy<br>دیسپروزیوم       | ۶۷<br>Ho<br>هولم              | ۶۸<br>Er<br>اریم             | ۶۹<br>Tm<br>تولیم             | ۷۰<br>Yb<br>ایتریم           | ۷۱<br>Lu<br>لوئسیوم      | ۷۲<br>Hf<br>هافنیم           |
| ۷۳<br>Fr<br>فرانسیوم        | ۷۴<br>Ra<br>رادیوم             | ۷۵<br>Ac<br>اکتیوم            | ۷۶<br>Th<br>توریم             | ۷۷<br>Pa<br>پروتاکتینیم     | ۷۸<br>U<br>اورانیم           | ۷۹<br>Np<br>نپتونیم        | ۸۰<br>Pu<br>پلوتونیم       | ۸۱<br>Am<br>آمریسیم         | ۸۲<br>Cm<br>کوریوم            | ۸۳<br>Bk<br>برکلیوم        | ۸۴<br>Cf<br>کالیفرنیم        | ۸۵<br>Es<br>ایشتیم            | ۸۶<br>Fm<br>فرمیوم           | ۸۷<br>Md<br>مندلیم            | ۸۸<br>No<br>نوبلیوم          | ۸۹<br>Lr<br>لوئرسیوم     | ۹۰<br>La<br>لانتان           |

|                               |                               |                              |                             |                                  |                              |                               |                               |                                 |                              |                              |                                   |                             |                              |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ۷۰<br>Yb<br>ایتریم<br>۱۷۳.۰۰  | ۶۹<br>Tm<br>تولیم<br>۱۶۸.۹۰   | ۶۸<br>Er<br>اریم<br>۱۶۷.۳۰   | ۶۷<br>Ho<br>هولم<br>۱۶۴.۹۰  | ۶۶<br>Dy<br>دیسپروزیوم<br>۱۶۲.۵۰ | ۶۵<br>Tb<br>تریم<br>۱۵۸.۹۰   | ۶۴<br>Gd<br>گادولیم<br>۱۵۷.۳۰ | ۶۳<br>Eu<br>اوروپیم<br>۱۵۲.۰۰ | ۶۲<br>Sm<br>ساماریوم<br>۱۵۰.۰۴۰ | ۶۱<br>Pm<br>پرمیتیم<br>[۱۷۵] | ۶۰<br>Nd<br>نئودیم<br>۱۴۴.۲۰ | ۵۹<br>Pr<br>پراسمیتیم<br>۱۴۰.۹۰   | ۵۸<br>Ce<br>سرمه<br>۱۴۰.۱۰  | ۵۷<br>La<br>لانتان<br>۱۳۸.۹۰ |
| ۱۰۲<br>No<br>نوبلیوم<br>[۲۵۹] | ۱۰۱<br>Md<br>مندلیوم<br>[۲۵۸] | ۱۰۰<br>Fm<br>فرمیوم<br>[۲۵۷] | ۹۹<br>Es<br>ایشتیم<br>[۲۵۶] | ۹۸<br>Cf<br>کالیفرنیم<br>[۲۵۵]   | ۹۷<br>Bk<br>برکلیوم<br>[۲۴۷] | ۹۶<br>Cm<br>کوریوم<br>[۲۴۷]   | ۹۵<br>Am<br>آمریسیم<br>[۲۴۳]  | ۹۴<br>Pu<br>پلوتونیم<br>[۲۴۴]   | ۹۳<br>Np<br>نپتونیم<br>[۲۲۷] | ۹۲<br>U<br>اورانیم<br>۲۳۸.۰۰ | ۹۱<br>Pa<br>پروتاکتینیم<br>۲۳۱.۰۰ | ۹۰<br>Th<br>توریم<br>۲۳۲.۰۰ | ۸۹<br>Ac<br>اکتیوم<br>[۲۲۷]  |

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی، دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

## کتاب شیمی ۲- کد ۱۱۱۲۱۰

| ردیف | نام و نام خانوادگی  | استان محل خدمت    | ردیف | نام و نام خانوادگی     | استان محل خدمت      |
|------|---------------------|-------------------|------|------------------------|---------------------|
| ۱    | سوسن نادری          | مرکزی             | ۲۷   | مریم قربانی            | خراسان شمالی        |
| ۲    | فاطمه رنجینه خجسته  | آذربایجان شرقی    | ۲۸   | حسن کاشی               | اصفهان              |
| ۳    | هما غفاری           | کردستان           | ۲۹   | فاطمه شفاهی            | سمنان               |
| ۴    | شمسی حیدری          | کرمانشاه          | ۳۰   | رقیه پور قبادی         | لرستان              |
| ۵    | منور احمدی          | قزوین             | ۳۱   | کامیار کامل شیخ رجه    | مازندران            |
| ۶    | طوبی زارع           | مازندران          | ۳۲   | مژگان حسین پور         | گیلان               |
| ۷    | افسانه آیین         | بوشهر             | ۳۳   | سمانه حبیب الهی        | شهر تهران           |
| ۸    | آریتا معصوم پور     | سمنان             | ۳۴   | علیرضا رضایی           | همدان               |
| ۹    | فریبا مرسلی         | آذربایجان شرقی    | ۳۵   | عبدالمجید منتیان       | ایلام               |
| ۱۰   | ژیلا توتونچی        | آذربایجان شرقی    | ۳۶   | امیر خلیل زاده         | آذربایجان غربی      |
| ۱۱   | لیلا فانی           | یزد               | ۳۷   | فرزین خرسندی           | البرز               |
| ۱۲   | صبح شیری            | ایلام             | ۳۸   | امید رضوانی راد        | سیستان و بلوچستان   |
| ۱۳   | هادی نجار زاده      | قزوین             | ۳۹   | مسعود اشتري            | شهر تهران           |
| ۱۴   | مهناز خراشادی زاده  | خراسان جنوبی      | ۴۰   | سید فیروز عسگری ارجنکی | چهارمحال و بختیاری  |
| ۱۵   | حسین کاووسی         | خراسان جنوبی      | ۴۱   | مهدی شیری              | خراسان رضوی         |
| ۱۶   | طاهره پالیزدار      | البرز             | ۴۲   | عزیز گرمودی            | خراسان رضوی         |
| ۱۷   | مهری طاهری          | هرمزگان           | ۴۳   | نادر منصوری            | خراسان شمالی        |
| ۱۸   | اورنگ باقی          | گیلان             | ۴۴   | مسعود راستیانی منش     | کهگیلویه و بویراحمد |
| ۱۹   | شهلا مهدوی          | اصفهان            | ۴۵   | عباسعلی صمدی           | گلستان              |
| ۲۰   | منوچهر اسماعیل زاده | کرمان             | ۴۶   | ناصر بالکانه           | کردستان             |
| ۲۱   | رضا همتی            | آذربایجان غربی    | ۴۷   | محمد قادر پناه         | لرستان              |
| ۲۲   | زهره شمالی          | زنجان             | ۴۸   | محمد سعید همایونی      | فارس                |
| ۲۳   | فریده سلطانی اصل    | شهرستان‌های تهران | ۴۹   | فرهاد سیاوشی فر        | اردبیل              |
| ۲۴   | مژگان مصلحیون       | همدان             | ۵۰   | اکبر رضایی             | شهرستان‌های تهران   |
| ۲۵   | محمدعلی اسلامی نیا  | کرمان             | ۵۱   | علی شهروی              | شهرستان‌های تهران   |
| ۲۶   | علی مویدی           | شهرستان‌های تهران |      |                        |                     |