

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اللّٰهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَعَلَىٰ آلِ مُحَمَّدٍ وَتَعَزَّزْ لِرَبِّكَ

شیمی (۲)

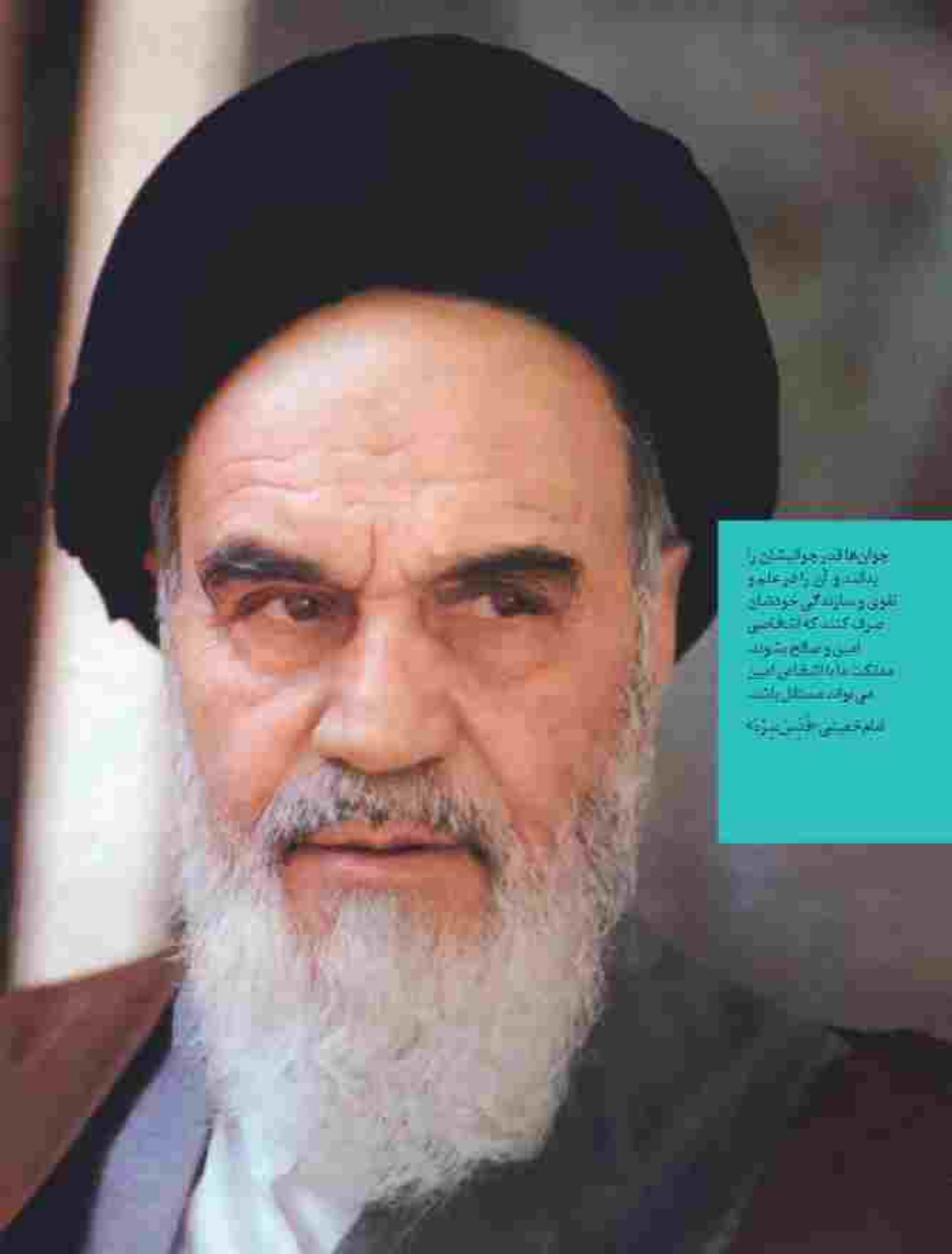
رشته های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

پایان دهم

دوره دوم متوسطه







خواناها لقب جوگیتار  
یداند و آن را حق علم و  
تقوی و سزایندگی خودشان  
صرف کنند که اشخاص  
اصیل و صالح بنویسند  
مفادکند با دانشهای این  
می بودند مستقل و یک  
ایلم تعینی چنین میزدند

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه ریزی 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، تکثیر، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

## ..... فهرست .....

### مقدمه

۱ فصل اول: قدر هدایای زمینی را بدانیم



۵۱ فصل دوم: هر یق غذایی سالم



۹۹ فصل سوم: پوشاک، ترازوی پایان ناپدید



۱۲۲ واژهنامه

۱۲۶ منابع و مآخذ

## 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، خلاق، دوست، جمع‌گرا و جهان‌اندیش باشند.
- حسن 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 بهره‌بردارند 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، دانش آموزان دوره متوسطه باید به این شایستگی‌ها برسند:
- با درک ماهیت، روش و فرایند علوم تجربی، این علوم را در حل مسائل واقعی زندگی (مثال 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 اندیشه‌های مبتنی بر تجارت 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 فضای اطراف، روابط علت و معلولی بین اجزای مادی جهان هستی و در واقع به مثابه کشف مرئی از فعل خداوند است که با ظهور شواهد و دلایل آشکار می‌شود. 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 ارتباط اند 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 نه 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 نهم، 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 نهم دو ساعت و در پایه یازدهم یک ساعت خواهد بود.

کتابی که پیش روی شماست، دهمین کتاب شیمی در دوره دوم متوسطه است که با تلاش و کوشش متفکرانه و دلسوزانه جمعی از استادان، کارجوهای 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 نقشه‌چای علمی کشور، بتوانند زندگی خود را در همه سطوح‌ها بهبود بخشند. بر همین اساس، رویکرد سازمندی محتوا در این درس، زمینه‌ساز ارتباط با زندگی و توسعه پایدار و رویکرد آموزشی محتوا، یادگیری فعال و کشف مفهوم است. گفتنی است انتخاب رویکرد زمینه‌ساز، سبب شده است تا از ارائه مستقیم و منفرد محتوا در یک پایه بهره‌بردار شود. برای نمونه بحث استوکیومتری و ساختار لووس 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 بیاندیشیم، گایش کنید، پیوند با زندگی، پیوند با سلامت، پیوند با ریاضی، آیا می‌توانید، خود را بیازمایید و در میان تاریخچه استفاده شده است.

یکی دیگر از ویژگی‌های کتاب شیمی باردهم، 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 نحوه پرست‌های ارزشیابی و مرور یافته‌های دانش‌آموزان، در پایان هر فصل تعادلی پرست یا جدول «نمرن‌های دوره‌ای» طراحی و تألیف شده است.

گفتنی است که یادگیری همه محتوای کتاب و تدریس آن ضروری است، اما ارزشیابی از آیامی دانیده ممنوع است. در عین حال باید نکات اشاره شده در خلاصه 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 کتب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری امیدوار است که آموزش این کتاب گامی در جهت تحقق اهداف برنامه درسی، تربیت شهروندان مسئول و آگاه و بهبود سطح زندگی با رعایت تغییرهای پیشرفت باشد. لذا این گروه همچنین مسئولانه منتظر پیشنهادها، انتقادها و نظرات سازنده شما همکاران گرامی و صاحب نظران آموزشی است.

توجه: طرح هرگونه پرست از محتوای آیامی دانیده، «تفکر نقادانه» و «در میان نارتعا» در آزمون‌های هماهنگ کشوری، نهایی و کنکور سراسری ممنوع است.

## سختی با دانش آموزان گرامی

به دنبال کتاب شیمی ۱، این کتاب در دوره دوم متوسطه برای پایه یازدهم تألیف و چاپ شده است. در شیمی ۱ با پیشانی‌های عصرها 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 قدر‌هایایی زمینی را بدانییم، در پی غذای سالم و پوشاک سازی پایان پذیر 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 بخش آن در فرایند آموزش به شرح زیر است:

● با هم بیندیشیم: در نظام آموزشی نوین نه 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 بیشتر، عمیق‌تر و مستحضر شود. در هر یک از این گروه‌ها با بهره‌گیری از مهارت‌های ذهنی، در یادگیری یک یا چند مفهوم می‌اندیشیم، 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: یادداشت‌های با انجام آزمایش‌های شوق انگیز عجیب است. در این بخش با انجام فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی الموز بر کشف یا تعمیم یک مفهوم علمی به کسب مهارت‌های دست‌ورزی، مشاهدت، ثبت نتایج و ارائه گزارش کار می‌پردازید.

● پیوند با زندگی: در زندگی روزمره با پدیده‌هایی روبه‌رو می‌شوید که برای ترکیب، توصیف و تعمیم آن به مواد 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 نه ویژه توانمندی‌های علمی و بی‌عیب کشور ایران است.

● پیوند با ریاضی: محتوای ارائه شده در این عنوان از یک سو ارتباط بین حوزه‌های گوناگون علوم را مفهومی 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 بر اساس پیش‌دانسته‌ها و آموزه‌های 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 نظر نما: در این بخش با مراجعه به پایگاه‌های اینترنتی یا منابع علمی معتبر به اطلاعاتی دربار 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 تَرَ أَنَّ اللَّهَ يَسْخَرُ لَكُمْ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَمَا فِي بُحُرٍ مَّا تَدْرِيهِمْ يُخَلِّقُ لِمَن يَشَاءُ فَمَا تَجِدُونَ عِنْدَ اللَّهِ شَيْئًا إِلَّا خَيْرًا مِّمَّا كُنتُمْ تَعْلَمُونَ﴾ (سوره لقمان - آیه ۲۰)

پس ندیدید چگونه آنچه را بر آسمان‌ها و زمین است مسخر شما کرده و نیست‌های آشکار و پنهان خود را به طور  
غریبانه بر شما لرنی داشته است.

زمین، خانه‌ی ماست. نه! زمین، تنها خانه‌ی ماست. در آن زاده می‌شویم و زندگی می‌کنیم. زمین سرشار از نعمت‌ها و هدایای پیدای و ناپیدای گوناگونی است که هر یک اندازه‌ی معینی دارد. هدایایی که انسان با شناخت و بهره‌گیری از آنها توانسته است با ساختن ابزار و دستگاه‌هایی به همه‌ی نقاط کره‌ی زمین از قطب شمالی تا جنوب، اعماق دریاها و اقیانوس‌ها دست یابد و فضای دور دست و بی‌کران را نیز کشف کند. توانایی انسان در بیرون کشیدن موادی مانند نفت و فلزها به او این اسکان را داده است تا سرزمین‌های ایمن و محرم برای زندگی خود فراهم سازد. دانش طبیعی به ما کمک می‌کند تا ساختار دقیق این هدایا را شناسایی کنیم، به رفتار آنها پی ببریم و بهره‌برداری درست از آنها را بیاموزیم. باشد که در ایام زمین، امانت خداست و دوستی با آن را باور کنیم.



مواد در زندگی ما نقشی شگرف و مؤثر دارند. به طوری که صنایع گوناگون مانند غذا، پوشاک، حمل و نقل، ساختمان، ارتباطات و هر بخش از زندگی ما کم و بیش تحت تأثیر مواد قرار دارند. انحراف 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 دست کاری 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، شیمی دان‌ها به رابطه میان خواص مواد با عنصرهای سازنده آنها پی بردند. آنها همچنین دریافته‌اند 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 بشر و پیچیده امروزی را ممکن کرده است (شکل ۱).

● گسترش فناوری به میزان دسترسی به مواد مناسب وابسته است. به طوری که کشف و ترکیب خواص یک ماده جدید پرچم‌دار توسعه فناوری است. برای نمونه گسترش صنعت خودرو منبوع ساخت و دسترسی به فولاد است. همچنین پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مستی است که از موادی به نام نیم رساناها ساخته می‌شوند.

## آیا می‌دانید

تمدن‌های آغازین را بر اساس گستره کاربری مواد به سه دوره سنگی، برنز و آهنی نام گذاری می‌کنند. تاریخ آغازین دوره‌ها به ترتیب به ۲/۵ میلیون، ۳۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال پیش از میلاد برمی‌گردد.



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

## خود را بیازمایید

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



الف) درباره این فرایند گفت و گو کنید.

ب) آیا در فرایند تولید برقیه 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» و «ساختگی» از کره زمین به دست می آیند درست

است؟ توضیح دهید.

Ⓛ. Natural Material

Ⓜ. Synthetic Material, Man Made



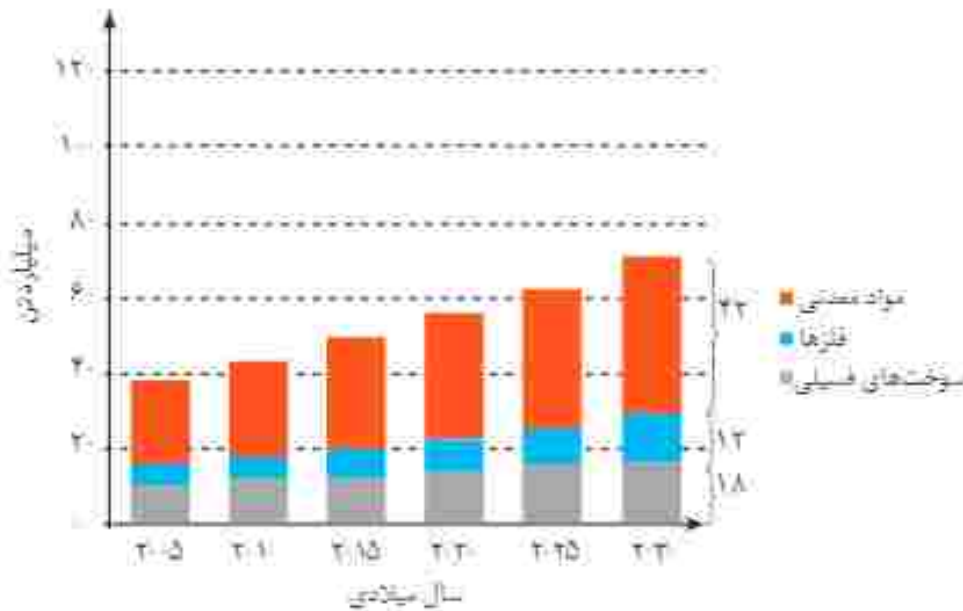
ب) موادی که از طبیعت به دست می‌آوریم، به چه شکلی به طبیعت بازمی‌گردند؟

پد) 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 کلاسی 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 جهانی ذخیره شده در زمین حدود ده تن است.

یا 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؟

پد) 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 رنگین 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، نیترژن و فسفر دار رشد کرده‌اند. از سوی دیگر، سوختی را که با

استفاده از آن خانه را گرم یا باک خودرو را پر می‌کنید. از دل زمین بیرون کشیده‌اند. یا پیشرفت صنعت، شهرها و روستاها گسترش یافتند و سطح رفاه در جامعه بالاتر رفت. یا این روند میزان مصرف منابع همچون تیز افزایش یافت. به گونه‌ای که امروزه همه افراد جامعه در بی استفاده از تلفن همراه، خودروی شخصی و انواع وسایل الکترونیکی هستند. تأمین این نیازها به همراه تولید انواع دستگاه‌ها و ابزارآلات صنعتی، نظامی، کشاورزی و دارویی، سبب شده است تا تقاضای جهانی برای استفاده از هدايات زميني افزایش یابد. به گونه‌ای که سالانه حجم انبوهی از منابع شیمیایی بهره‌برداري می‌شود. با این توصیف باید باور کنیم که زمین آبناری از ذخایر ارزشمند است که بی هیچ متنی به ما هدیه شده است (شکل ۲). هرچند که این منابع به‌طور یکسان توزیع نشده‌اند.

## آیا می‌دانید

برآورد مقدار برخی عناصر در جهان

نام عنصر	مقدار (تن)
کوبالت	3122810 <sup>۶</sup>
لیتیوم	3186810 <sup>۶</sup>
کروم	2779810 <sup>۸</sup>
مس	2127810 <sup>۸</sup>
نیکل	8197810 <sup>۸</sup>
فلزات کمیاب	112810 <sup>۹</sup>
آلیاژ	611810 <sup>۹</sup>
سرب	112810 <sup>۹</sup>
بکریل	112810 <sup>۹</sup>
عسل	4197810 <sup>۹</sup>
روی	7198810 <sup>۹</sup>
پلاتین	7198810 <sup>۹</sup>
تانتال	2198810 <sup>۹</sup>
بانتان	112810 <sup>۹</sup>
تنگ	112810 <sup>۹</sup>
یورانیوم	312810 <sup>۹</sup>
روی	2198810 <sup>۹</sup>



شکل ۲- نمایش توزیع برخی عناصر در جهان. آیا پراکنده‌گی چنین منابعی می‌تواند دلیلی بر پیشایش تجارت جهانی باشد؟ توضیح دهید.

## در میان تارنماها

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

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که این هدايات زميني به چه شکلی استفاده می‌شوند؟ آیا آنها به همان شکل مصرف می‌شوند یا آنها را به عنصرهای سازنده تبدیل می‌کنند، سپس به کار می‌برند؟ چگونه می‌توان تشخیص داد که در یک نمونه سنگ معدن، کدام عناصر وجود

دارد و به چه میزالی 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 همدانهای 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 بی‌تغییر 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 آموختید که عناصرها در جدول دوره‌ای بر اساس بنیادی‌ترین ویژگی آنها یعنی عدد اتمی (Z)، چیده شده‌اند. در این جدول، عناصرهایی که آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن‌ها مشابه است، در یک گروه جای گرفته‌اند. این جدول شامل ۷ دوره و ۱۸ گروه است. همچنین در یافتن 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 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 دانشمندی هستند که می‌توانند با بررسی دقیق اطلاعات و یافته‌های موجود درباره مواد و پدیده‌های گوناگون، الگوها، روندها و روابط بین آنها را برگ‌کنند و توضیح دهند. بدلیف یکی از آنها است که جدول دوره‌ای را طراحی کرده است.


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




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

### با هم ببیند یسیم


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




پلیاسترن الکتریکی نمی‌دارد.  
در واکنش با دیگر اجزای اکسیژن به اشتراک می‌گذارد.  
در آب حل نمی‌شود و در اثر حرارت خرد نمی‌شود.




سطح آن صاف است.  
در واکنش با دیگر اجزای اکسیژن به اشتراک می‌گذارد.  
در اثر حرارت خرد نمی‌شود.



پلیاسترن الکتریکی نمی‌دارد.  
در واکنش با دیگر اجزای اکسیژن به اشتراک می‌گذارد.  
در اثر حرارت خرد نمی‌شود.



چگالی شکل پذیر است.  
در واکنش خرد گرما و الکتریسیته است.  
در واکنش با دیگر اجزای اکسیژن از پلیست می‌سازد.



پلیاسترن گرمایی و الکتریکی را نمی‌دارد.  
در واکنش با دیگر اجزای اکسیژن از پلیست می‌سازد.  
در اثر حرارت خرد نمی‌شود.

الکتردهای گروه ۱۴



- رسانایی گرمایی و الکتریکی پایین دارند  
 - سرد و گشاد با دیگر توپها الکتریکی از دست می دهند  
 - در اثر حرارت تغییر شکل می دهند ولی خرد نمی شوند  
 - سطح بر خستگی دارند

- جریان برق و گرما را تغییر می دهند  
 - در واکنش با دیگر توپها الکتریکی به اشتراک می گذارند یا می گیرند  
 - در گر خرد خرد می شوند  
 - سطح آنها در خندان نبوده بلکه گز است



ب) عنصرهای دوره سوم

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

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

۳- شکل های «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 جمع بندی از یافته های خود برسید و عنصرهای مشخص شده در بالا را در سه دسته فلز، نافلز و شبه فلز قرار دهید.





فلزهای فلزایی جدول دوره‌ای

اعداد شیمیایی											خواص فیزیکی یا شیمیایی	
Ge	Pb	P	Mg	Cl	Se	Al	Na	S	Si	C		
		عدد								عدد	عدد	رسانایی الکتریکی
عدد				عدد								رسانایی گرمایی
												سطح تبخیری
												چگالی خوری
					عدد	عدد			عدد			تعامل به دامن گرفتن با استروک
					عدد	عدد			عدد			الکترونی

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

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

۷- پیش بینی کنید کدام عنصر در گروه اول جدول دوره‌ای خصالت فلزی بیشتری دارد.

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

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

## آیا می‌دانید

گسترش صنایع الکترونیک و ساخت انواع وسایل و دستگاه‌های الکترونیکی مانند تلویزیون، رایانه، تلفن همراه و ماشین حساب‌ها و ویژگی بهره‌رسانی عنصر سیلیس است.



بیشتر عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند که به طور 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 خصالت 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 به صورت دوره‌ای تکرار می‌شود که به قانون دوره‌ای عنصرها<sup>۳</sup> معروف است.

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

## تفکر نقادانه

جدول عنصرها در آینده به چه شکل خواهد بود؟<sup>۱</sup>

دسته										دسته						دسته					
۱۱۸	۱۱۷	۱۱۶	۱۱۵	۱۱۴	۱۱۳	۱۱۲	۱۱۱	۱۱۰	۱۰۹	۱۰۸	۱۰۷	۱۰۶	۱۰۵	۱۰۴	۱۰۳	۱۰۲	۱۰۱	۱۰۰	۹۹	۹۸	۹۷
۹۶	۹۵	۹۴	۹۳	۹۲	۹۱	۹۰	۸۹	۸۸	۸۷	۸۶	۸۵	۸۴	۸۳	۸۲	۸۱	۸۰	۷۹	۷۸	۷۷	۷۶	۷۵
۷۴	۷۳	۷۲	۷۱	۷۰	۶۹	۶۸	۶۷	۶۶	۶۵	۶۴	۶۳	۶۲	۶۱	۶۰	۵۹	۵۸	۵۷	۵۶	۵۵	۵۴	۵۳
۵۲	۵۱	۵۰	۴۹	۴۸	۴۷	۴۶	۴۵	۴۴	۴۳	۴۲	۴۱	۴۰	۳۹	۳۸	۳۷	۳۶	۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	۳۱
۳۰	۲۹	۲۸	۲۷	۲۶	۲۵	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹
۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱														

می‌دانید که همه ۱۱۸ عنصر جدول دوره‌ای شیمیایی و توسط لیبیگ تأیید شده است، به طوری که هیچ خانه‌ای در جدول خالی نیست. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که جست‌وجوی برای کشف عنصرهای طبیعی به پایان رسیده و تنها راه افزایش شمار عنصرها، تهیه و تولید آنها به صورت ساختگی است. شاید شما نیز گزارش‌هایی دربارهٔ ساخت و شناسایی عنصر شماره ۱۲۰ یا ۱۲۱ در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و مدرن شنیده باشید. شناسایی عنصرها با عدد اتمی بیشتر از ۱۱۸، سبب خواهد شد تا طبقه‌بندی تازه‌ای از عنصرها ارائه شود زیرا در جدول دوره‌ای امروزی، جایی برای آنها پیش‌بینی نشده است. در صورت کشف این عنصرها، آنها را در کجای جدول قرار می‌دهید؟ چگونه و بر چه اساسی آنها را طبقه‌بندی خواهید کرد؟ شارل ژانت شیمی‌دان فرانسوی در سال ۱۹۲۷ با کنار هم چیدن عنصرهای شناخته شده در زمان خود، الگویی ارائه کرد که بر اساس آن می‌توان عنصرهای با عدد اتمی بزرگ‌تر از ۱۱۸ را نیز طبقه‌بندی کرد.

الف) دربارهٔ این طبقه‌بندی، ملاک آن، روندهای دوره‌ای، شمار عنصرهای دسته‌بندی و... در کلاس گفت‌وگو و جدول را از جنبه‌های گوناگون نقد کنید.  
ب) شما چه جدولی پیشنهاد می‌کنید؟ توضیح دهید.

## رفتار عنصرها و شعاع اتم<sup>۱</sup>

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

<sup>۱</sup> Atomic Radius

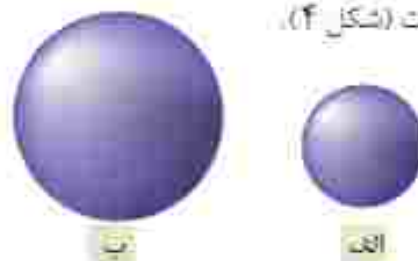


جدول پیشنهادهی شارل ژانت (۱۸۴۹-۱۹۲۳ میلادی) یا مدل کوانتومی همخوانی داشت. در دور دیک جدید این جدول، زیر لایه s به عنوان زیر لایه پنجم پس از زیر لایه های d، p، و f برمی شود.

۱s	۲s	۳s	۴s	۵s	۶s	۷s	۸s	۹s	۱۰s	۱۱s	۱۲s	۱۳s	۱۴s	۱۵s	۱۶s	۱۷s	۱۸s	۱۹s	۲۰s
۱p	۲p	۳p	۴p	۵p	۶p	۷p	۸p	۹p	۱۰p	۱۱p	۱۲p	۱۳p	۱۴p	۱۵p	۱۶p	۱۷p	۱۸p	۱۹p	۲۰p
۱d	۲d	۳d	۴d	۵d	۶d	۷d	۸d	۹d	۱۰d	۱۱d	۱۲d	۱۳d	۱۴d	۱۵d	۱۶d	۱۷d	۱۸d	۱۹d	۲۰d
۱f	۲f	۳f	۴f	۵f	۶f	۷f	۸f	۹f	۱۰f	۱۱f	۱۲f	۱۳f	۱۴f	۱۵f	۱۶f	۱۷f	۱۸f	۱۹f	۲۰f

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، خصالت فلزی بیشتری دارد و فعالیت شیمیایی 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 گزهایی در نظر می گیرند که الکترون ها بیرونی 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 هر چه شعاع بگه اتم بزرگ تر باشد، اندازه آن اتم نیز بزرگ تر است (شکل ۴).

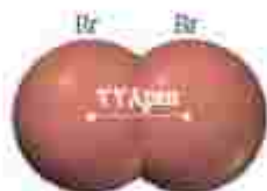


شکل ۴- مقایسه سی شعاع اتمی لیتیم (الف) و پتاسیم (ب)

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

### آیا می دانید

تجربین اندازه اتم هستند جرم آن بسیار دشوار است. برای برخی اتم ها نصف فاصله بین هسته های دو اتم یکسان در پیوند اشتراکی بگفته را شعاع اتم در نظر می گیرند. برای نمونه:



$$\text{شعاع اتم بروم} = \frac{۲۲۸ \text{ pm}}{۲} = ۱۱۴ \text{ pm}$$

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

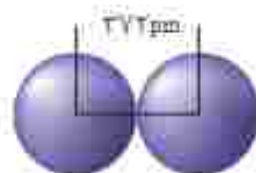
## آیا می دانید؟

شعاع دسته دیگری از امواج به روشن زیر شماره گیری می شود.

شعاع آلفا



برای نمونه شعاع آلفا سدیم برابر با ۱۸۶ پیکومتر است.



## با هم ببیندیشیم

- ۱- آیا توجه به جایگاه عنصرهای لیتیم، سدیم و پتاسیم (فلزهای قلیایی<sup>۱</sup>) در جدول دوره ای، پیش بینی کنید در واکنش با گاز کلر، اتم های 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



ج) پتاسیم

- ۳- به نظر شما آیا جنسه هرچه شعاع اتمی یک فلز بزرگتر 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 یا شعاع اتم چه رابطه ای وجود دارد.

عدد شیمیایی عنصر	K	Ca	K
آرایش الکترونی فشرده			
شمار لایه های الکترونی			
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  $M^{2+}$  تبدیل می شود. چرا؟

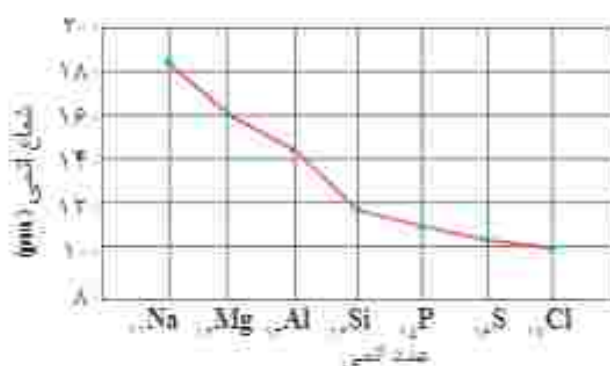
نام و تعداد شیمیایی فلز	Mg (منیزیم)	Ca (کلسیم)	Sr (استرونسیم)
شعاع اتمی (pm)	۱۶۰	۱۹۷	۲۱۵

تولید انرژی از انرژی گرماتشکیل و سبب خروج گاز شعله های از تغییر شیمیایی هستند هرچه شدت نور یا آنگاه خروج گاز آزاد شده بیشتر باشد واکنش شیمیایی سریعتر و شدیدتر بوده و واکنش بدهند فعالیت شیمیایی بیشتری دارد.

۱- Alkaline Metals

۲- Alkaline Earth Metals

دیگی 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 دوم جدول دوره‌ای

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

### خود را بیازمایید

الف) جدول زیر را کامل کنید.

تعداد شیمیایی عنصر	F	Cl	Br
آرایش الکترونی فشرده			
تعداد آخرین زیرلایه			
تعداد لایه‌های الکترونی در اتم			
شعاع اتمی (pm)	۷۱	۹۹	۱۱۲

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



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

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

نام هالوژن	شرایط واکنش با گاز هیدروژن
فلوئور	حتی در دمای $0-200^{\circ}\text{C}$ به سرعت واکنش می‌دهد.
کلر	در دمای اتاق به آرامی واکنش می‌دهد.
برم	در دمای $0-200^{\circ}\text{C}$ واکنش می‌دهد.
یو	در دمای بالاتر از $0-200^{\circ}\text{C}$ واکنش می‌دهد.

ت) توضیح دهید خصیصه نافلزهای یا شعاع اتمی چه رابطه‌ای دارد.

اگرچه همه فلزها در حالت‌های کلی رفتارهای مشابهی دارند، اما تفاوت‌های قابل توجهی میان آنها وجود دارد، به طوری 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 ۱ نیز رفتاری شبیه فلزهای دسته ۲ و ۳ 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.

### دنیایی رنگی با عنصرهای دسته ۱

یکی از اصیل‌ترین و ارزشمندترین صنایع دستی کشورمان شبیه‌گری است. صنعتی که پشوانه و سابقه‌ای دیرینه دارد. گردن‌بندی یا زلفه‌های شیشه‌ای آبی رنگ متعلق به هزاران سال پیش که در ناحیه شمال غربی ایران کشف شده و قطعات شیشه‌ای طایل به سبزی که طی کاوش‌های باستان‌شناسی در لرستان و شوش به دست 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 قضا پدیدار می‌شود (شکل ۶).



شکل ۵. الفلز جلازی تیره‌ای فلز سدیم در مجاورت هوا به سرعت از بین می‌رود و سطح آن کدر می‌شود.



شکل ۵. ب) در معماری اسلامی با گلد و گنبد و گنبد شکاری از امکان شمس را با ورقه‌های نازکی از طلا تزیین می‌کنند.



گردن‌بند ساخته شده از سنگ فیروزه.



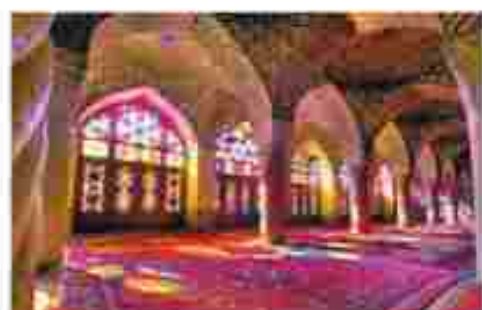
نمونه‌ای از شیشه‌های بالستانی.

فلزهای دسته d، به فلزهای واسطه معروفند در حالی که فلزهای دسته s و p به فلزهای اصلی شهرت دارند.

موسیقی آرایش الکترونی و رفتار عنصرهای با عدد اتمی بالاتر از ۴۶ جزء اصلی این کتاب نیست و طرح هرگونه پرسش از این بخش خارج از مباحث این کتاب است.



(ب)



(الف)

شکل ۶ الف: مسجد نصیرالملک شیراز یکی از زیباترین مساجد ایران است. محور نور از میان شیشه‌های رنگی این مسجد در هنگام صبح، زیبایی خاصی به آن می‌بخشد (ب) نمایی از یک خانه قدیمی در گلستان یکی از هدایای زمینی، سنگ‌های گران‌بهای آن است که به دلیل رنگ‌های گوناگون و زیبایی 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 شده است؟ چرا زرد 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).



(ب)



(ب)



(الف)

شکل ۷ الف: فیروزه، ب: یاقوت سرخ و پ: زمرد

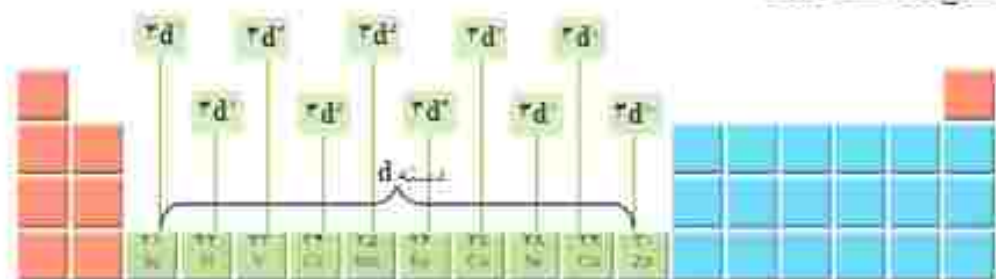
## آیا می‌دانید

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

فلزهای دسته d، دسته‌ای از عنصرهای جدول دوره‌ای هستند که زیر لایه d، تم 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.



با محور نور سفید از یک یاقوت، طول موج‌های بلندتر آن یعنی رنگ‌سرخ بازتاب می‌شود.



اغلب این فلزها در طبیعت به شکل ترکیب‌های یونی همچون اکسیدها، کربنات‌ها و... یافت می‌شوند. برای نمونه آهن، دو اکسید طبیعی یا قرمول های  $FeO$  و  $Fe_2O_3$  دارد. در این

## آیا می‌دانید

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



کروم (III)  $Cr^{3+}$  نیکل (II)  $Ni^{2+}$



کوبالت (II)  $Co^{2+}$  آهن (II)  $Fe^{2+}$



منگنز (II)  $Mn^{2+}$  مس (II)  $Cu^{2+}$

## آیا می‌دانید

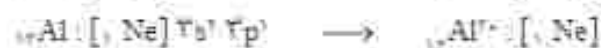
خرچنگ نعل اسبی، که به‌عنوان فیل زنده شناخته می‌شود، خونی به رنگ آبی دارد، در حالی که خون انسان به رنگ قرمز است. رنگ خونی به دلیل وجود یونی از فلزهای واسطه است. خرچنگ نعل اسبی، یون  $Cr^{3+}$  و در خون انسان یون  $Fe^{2+}$  وجود دارد. خون این جانور کاربردهای زیادی در صنعت پزشکی دارد.



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  $Fe^{2+}$  و  $Fe^{3+}$  به صورت زیر خواهد بود:



همان‌گونه که می‌بینید آرایش الکترونی یون‌های  $Fe^{2+}$  و  $Fe^{3+}$  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

شبه هیچ گاز نجیبی نیست.

## خود را بیازمایید

۱- اسکاندیم ( $Sc$ )، 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 ترکیب هالید، سه بار مثبت دارد. آرایش الکترونی فشرده کاتیون اسکاندیم را رسم کنید.

۲- جدول زیر را کامل کنید.

عدد فلز آبیون	آرایش الکترونی	عدد فلز آبیون	آرایش الکترونی
۳۳	$[Ar] 3d^5 4s^2$	$Cr$	
۲۰		$Ca^{2+}$	$[Ar] 3d^0$
۲۳		$Cr^{3+}$	



آیا می دانید

در خاک معدن طلای زرشوران میزان طلا حدود ۲ ppm است. به دیگر سخن در هر تن خاک این معدن، حدود ۲ گرم طلا وجود دارد. در مجتمع طلای مونه اسفهان 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 مواریدی 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.



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



شکل ۸- برخی کاربردهای طلا

به همین دلیل ساخت برگه 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 نداشتن آن با گازهای موجود در هواگردد و مواد موجود در بدن انسان همراه با بازتاب زیاد پرتوهای خورشیدی از جمله ویژگی های خاصی طلاست که سبب شده کاربردهای این فلز گسترش یافته و تقاضای جهانی آن روز به روز افزایش یابد (شکل ۸).

آیا می دانید

سالانه در حدود ۲۰۰۰ تن طلا در چین برای استفاده های گوناگون مانند موارد زیر، استخراج و تولید می شود.

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 خلیفه عروسی حدود سه تن پسماند ایجاد می شود. از این رو استخراج طلا همانند دیگر فعالیت های صنعتی آلود زیان بار نسبت به محیطی برجای 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 زبای محیط زیستی شده و هماهنگ با توسعه پایدار باشد. مجتمع طلای مونه اسفهان و زرشوران در آذربایجان غربی از منابع استخراج طلا در ایران هستند.

زیورات و جواهرات ۲۳۹۸۷ تن	شیشه های لزی ۲۵۲۲ تن
الکترونیک ۳۱۰۴ تن	دندان پزشکی ۲۷۱۲ تن
صنایع دیگر ۷۵ تن	

## آیا می‌دانید

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



رگه‌های طلا در طبیعت

## عنصرها به چه شکلی در طبیعت یافت می‌شوند؟

یافته‌ها نشان می‌دهد که اغلب عنصرها در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شوند، هرچند برخی ناقله‌ها مانند اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و... به شکل آزاد در طبیعت وجود دارند و وجود نمونه‌هایی از فلزهای نقره، مس، پلاتین نیز در طبیعت گزارش شده است. البته در میان فلزها، تنها طلا به شکل گلوله‌ها یا رگه‌های زرد لایه‌لای خاک یافت می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹: نمونه‌هایی از گالی‌ها (کلسه کربنات، سدیم کلرید، منگنز (III) کربنات، گوگرد)، فرمول شیمیایی هر یک از این مواد را بنویسید.

در دنیای مدرن و صنعتی امروزی، از فلزهای بسیار زیادی استفاده می‌شود آن‌چنان‌که چرخ‌های 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 کشورها نیز مصرف آهن بسیار زیاد است، همان‌طور که می‌دانید آهن اغلب در طبیعت به شکل اکسید یافت می‌شود. اکنون این پرسش مطرح می‌شود که چگونه می‌توان وجود آهن را در سنگ معدن شناسایی و به چه روشی می‌توان آن را استخراج کرد؟ شیمی‌دان‌ها با بررسی دقیق مواد، رفتار آنها را می‌شناسند تا پاسخ این‌گونه پرسش‌ها را بیابند. یکی از حوزه‌های پرکاربرد و اقتصادی علم شیمی، یافتن راه‌های گوناگون و مناسب برای استخراج و تولید عنصرها از طبیعت است.

## آیا می‌دانید

سالانه مقدار قابل توجهی فلز در سطح دنیا تولید و مصرف می‌شود. جدول زیر مقدار مصرف سالانه چند فلز را نشان می‌دهد.

نام فلز	مقدار مصرف (تن)
آهن	۷۴۰۰۰۰۰۰۰
آلومینیم	۳۰۰۰۰۰۰۰
مس	۲۲۰۰۰۰۰۰
سدیم و پتاسیم	۸۰۰۰۰۰۰۰

## کاوش کنید (۱)

## آیا می دانید

شیمی تجزیه، شاخه‌ای از دانش شیمی است که به مطالعه روش‌های شناسایی، جداسازی و بررسی کیفی و کیفی اجزای یک ماده می‌پردازد. شیمی تجزیه‌مان‌ها با استفاده از دانش خود 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 کاربردهای این رشته است.



● خانم دکتر مشهور یکی از چهره‌های ماندگار شیمی تجزیه



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

برایاره 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 شماره گذاری 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 نمادین 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 نمادین 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 بدجید 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

واکنش پذیری هر فلز، تعامیل آن را برای انجام واکنش شیمیایی نشان می‌دهد. هرچه فلز واکنش پذیرتر باشد، تعامیل آن برای انجام واکنش بیشتر است.

که رسوب رنگی تشکیل شود.  
 ب) مشاهده‌های خود را بنویسید.  
 ج) در رنگ آهن کدام یون آهن وجود دارد؟ چرا؟

## کاووش کنید (۲)

در باره اینکه «کدام فلز واکنش پذیرتر است؟» کاوش کنید.

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

- ۱- درون بشری تا یک سوم حجم آن آب بریزید و نصف قاشق چای خوری مس (III) 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 فرآورده‌های واکنش انجام شده، فلز مس و محلول آهن (III) سولفات باشند، معادله نمادی واکنش را بنویسید.
- ۵- از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

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

## آیا می‌دانید

فلزهای سیم و پشمی در حدود ۲۰۰ سال پیش شناسایی شده‌است. 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 عناصرها و ترکیب‌های آنها به جز ترکیب‌های کربن می‌پردازد.

## با هم بنشینیم

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

فلز	واکنش پذیری		
	ریبک	کبک	ناچیز
نام فلز	سیم، پتاسیم	آهن، روی	مس، نقره، طلا

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

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



ج) نامین شرایطی که داری کدام فلزها دشوارتر است؟ چرا؟

ت) درباره درستی جمله 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) در هر یک از واکنش‌های زیر، واکنش‌پذیری مواد واکنش‌دهنده را با مواد فراورده مقایسه کنید.



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 میل‌که، سی 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 بهره برد. 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 واکنشی که منجر به تولید آهن می‌شود، به‌صورت زیر است:



در شیمی دهم با روش محاسبه مقدار فراورده از مقدار مشخصی واکنش‌دهنده آشنا شدیم. 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

بهارت لبنان در استفاده از فلز آهن، عمری بیش از ۳۰۰۰ سال دارد. با این حال، گسترش کاربرد آن به قرن ۱۴ بلژیکی گردید. زمانی که کوره‌های قوی گسترش پیدا کردند.

در شرکت‌های فولاد مبارکه و فولاد آهن اسفهان، سازه‌هایی با تن‌های به شکل‌های گوناگون تولید می‌شود. غرایب صنعتی استخراج آهن در کوره بلند انجام می‌شود.



## آیا می‌دانید

معدن سنگ آهن چابرملو که در حال حاضر بزرگ‌ترین تولیدکننده کاترود سنگ آهن در کشور است، با ذخیره قابل استخراج به مقدار ۳۲۰ میلیون تن در قالب کوبه مرکزی ایران و در ۱۸۰ کیلومتری شمال شرقی شهر بستک برده 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:

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

## خود را بیازمایید

مطابق واکنش بالا، از واکنش ۴۰ 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 اینچنین انجام داده است. او هر بار ۴۰ گرم آهن (III) اکسید را با مقدار کافی کربن در شرایط مناسب وارد واکنش نموده است. جدول زیر نتایج آزمایش‌هایی او را نشان می‌دهد:

شماره آزمایش	جرم واکنش دهنده $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (گرم)	جرم فراورده‌ای که دانشجوی به دست آورده است (گرم)
۱	۴۰	۱۹/۵
۲	۴۰	۱۹/۶
۳	۴۰	۱۹/۷

این در حالی است که بر اساس محاسبه، انتظار می‌رفت ۲۸ گرم فراورده (فلز آهن) تولید شود. اما هر بار جرمی که این دانشجوی به دست آورده از جرم مورد انتظار کمتر است. به دیگر سخن مقدار عملی واکنش (۱۹/۶ گرم فلز آهن) از مقدار نظری واکنش (۲۸ 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 دانشجوی 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 واکنش‌دهنده، 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 ۲۵ گرم از مواد دیگر است. با توجه به این مفهوم، پاسخ پرسش‌های زیر را بیابید.

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

ب) رابطه‌ای برای درصد خلوص مواد بیابید.

• به مقدار فراورده مورد انتظار در هر واکنش، مقدار نظری و به مقدار فراورده‌ای که در عمل به دست می‌آید، مقدار عملی می‌گویند.

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.

تعداد شیمیایی ماده	مقدار ماده (گرم)
$Fe_2O_3$	۲۰
Fe (فراورده‌ای که دانشجو به دست آورده است)	۱۹/۶
Fe (فراورده‌ای که انتظار داشته به دست آید)	۲۸

واکنش‌های شیمیایی همیشه مطابق آنچه انتظار می‌رود پیش نمی‌روند، زیرا ممکن است واکنش دهنده‌ها ناخالص باشند یا ممکن است واکنش به‌طور کامل انجام نشود، حتی زمانی 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 نشکر، سیب‌زمینی و برت است. واکنش بی‌هوازی تخمیر گلوکز، از جمله واکنش‌هایی است که در این فرایند رخ می‌دهد.



حساب کنید از تخمیر ۱۱۵ 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.

$$? \text{ ton } C_7H_8OH = 1/5 \text{ ton } C_7H_{17}O_8 \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_{17}O_8}{180 \text{ g } C_7H_{17}O_8}$$

$$\times \frac{2 \text{ mol } C_7H_8OH}{1 \text{ mol } C_7H_{17}O_8} \times \frac{96 \text{ g } C_7H_8OH}{1 \text{ mol } C_7H_8OH} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 0.177 \text{ ton } C_7H_8OH$$

اینک:

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

$$80 = \frac{x}{0.177} \times 100 \rightarrow x = 0.162 \text{ ton } C_7H_8OH$$

۲. فلز آهن طبق واکنش زیر با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهد. تیغهای فولادی به جرم ۱۰ گرم با خلوص ۹۵٪ را در مقدار کافی محلول هیدروکلریک اسید می‌اندازیم. 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 محاسبه‌های استوکیومتری باید مقدار خالص واکنش دهنده‌ها را در نظر گرفت.



امروزه مزارع زراعتی را برای تهیه سیبخت سبز، روغن و چیز دیگر به کشت ذرت اختصاص می‌دهند.



از آهن مذاب تولید شده در واکنش ترمیت برای جوش دادن خطوط راه آهن استفاده می‌شود.

### خود را بیازمایید

۱- یکی از واکنش‌هایی که در صنعت جوشکاری از آن استفاده می‌شود واکنش ترمیت است.



الف) مشخص کنید کدام فلز فعال‌تر است آلومینیم یا آهن؟ چرا؟  
 ب) حساب کنید برای تولید ۲۷۹ گرم آهن، چند گرم آلومینیم با خلوص ۸۰ درصد لازم است.



۲- آهن (III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می‌رود. از واکنش ۱ 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 لایه‌لای 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:

نوع شیمیایی فلز	قیمت هر کیلوگرم فلز (در ریال)	بیشترین مقدار فلز در یک کیلوگرم از گیاه (گرم)	درصد فلز در سنگ معدن
Au	۱۲۰۰۰۰۰۰۰	۱۱	۰/۰۰۲
Ni	۸۲۰۰۰۰	۳۸	۲
Cu	۲۴۵۰۰۰	۱۲	۱/۵
Zn	۱۵۵۰۰۰	۲۰	۵

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 گیاهانی 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 غلطان، زیا و رنگارنگی باشد که در دل صدف‌ها رشد می‌کنند. اما این پاسخ ساده انگارانه است؛ زیرا یستر اقیانوس‌ها منبعی عظیمی 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 سنگ‌کره، شیمی‌دان‌ها

## آیا می‌دانید

گیاه‌پالایی فرایندی است که در آن از گیاهان بزرگی پاتریش آب‌های سطحی، خاک و هوا استفاده می‌شود. ریشه‌های عمیق، برگ‌های پرشت و قدرت جذب بالا به همراه باکتری‌های موجود در ریشه گیاهان به آنها اجازه می‌دهد تا این‌گونه گیاهان موجود در آب را جذب، تقلیل یا تجزیه کنند. این‌گونه است یافتن گیاه مناسب برای پالایش هر فلزی یکی از دشوارترین و مهم‌ترین مراحل این فرایند است. ترخت سبباز، گل همیشه‌بهار، سنبل آبی و گل خمنی نمونه‌هایی از گیاهان مناسب برای گیاه‌پالایی است.



گل همیشه‌بهار

رایر آن داشت تا در جست‌وجوی منابع تازه باشند. این حجت و جواز را زی برده 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 گلوخه‌ها و پوسته‌هایی غنی از فلزهایی مانند منگنز، کبالت، آهن، نیکل، منس و... یافت می‌شود (شکل ۱۱).



(ب)



(ب)



(الف)

شکل ۱۱ الف: جست‌وجوی برای شناسایی بستر دریا (ب) گلوخه‌های غنی از منگنز و دیگر فلزهای واسطه (پ) استن‌های 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 شیخیایی 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 تازنماها

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 کاوش گزارش کنید.

## جریان فلز بین محیط زیست و جامعه

طبیعت، مشأ و منبع هدایای گران‌بهایی 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، تعهدنامه‌های اجرایی و قوانین مالی تهیه و تنظیم می‌کند. حوزه نظارت و دست‌کرد این سازمان خارج از حوزه فضایی 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 گلوخه در ناحیه‌ای از اقیانوس آرام در سطح بستر دریا نیمه روزرفه 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 بر اساس 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.

• دیگران کشتند و ما خوردیم.  
ما بکاریم تا دیگران بخورند.

### با هم بیندیشیم

در شکل زیر فرایند استخراج فلز از طبیعت و بازگشت آن به طبیعت نشان داده شده است. با گفت‌وگو درباره آن، پاسخ پرسش‌های زیر را نیابید.



• جامعه‌ای در مسیر توسعه پایدار است که اقتصاد آن شکوفا باشد. در عین حال به محیط زیست آسیب کمتری برسد و مرجع به اخلاقی آراسته و به خیرشاهی معروف باشد. امید است با گسترش شرکت‌های دانش‌بنیان با همت جوانان خلاق، متعهد و کوشای کشورمان بتوانیم در تحقق آرمان‌های نظام آموزشی کشورمان پیش رویم.



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 تجدیدناپذیر؟ چرا؟

بسیار کم انرژی لازم است. فقط ۲ کیلوگرم است.

زبان گردان: هفت پیچر فولادی  
آلومینیم: نقره، برنج، مس، آلومینیم  
می توان یک لایه ۶۰ وات را در  
حدود ۲۵ ساعت روشن نگه داشت.



ب) درباره شکل بالا گفت و گو و مشخص کنید کدام عبارت ها درست و کدام ها نادرست اند؟ چرا؟  
- بازیافت فلزها و از جمله فلز آهن:  
● ردیابی کربن دی اکسید را کاهش می دهد.  
● سبب کاهش سرعت گرمایش جهانی می شود.  
● گونه های زیستی بیشتری را از بین می برد.  
● به توسعه پایدار کشور کمک می کند.

در استخراج ۱ کیلوگرم آهن، تقریباً ۲ کیلوگرم سنگ گداز آهن و ۱ کیلوگرم از منابع معدنی دیگر استفاده می شود.

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



ارزیابی چرخه عمر اصطلاحی است که برای ارزیابی میزان تأثیر یک فراورده بر روی محیط زیست در مدت طول عمر آن به کار می رود. این ارزیابی شامل ارزیابی از چهار مرحله استخراج و تولید مواد خام برای تولید یک فراورده، توزیع، مصرف و دفع آن است. ارزیابی چرخه عمر شامل بررسی و ارزیابی میزان آب و انرژی مصرفی، پایداری بودن فرایند تأمین مواد خام، میزان زباله و پسماند ایجاد شده و سهم حمل و نقل در همه مراحل است.



در اخلال چرخه عمر یک فرایند

از زبانی چرخه عمر حاصل تلاش برای یافتن شاخص‌هایی است که کمک می‌کند صنایع گوناگون در مسیر بهره‌گیری از دانش فنی و تخصصی سازگارتر با محیط‌زیست حرکت کنند و رفتار و عملکرد خود را در مسیر رسیدن به توسعه پایدار اصلاح کنند. جدول زیر مثال ساده‌ای از این چرخه برای یک کیسه پلاستیکی و پاکت کاغذی را نشان می‌دهد.

ماده اولیه یا خام چیست*	پاکت کاغذی	کیسه پلاستیکی
پایه‌ای تعیین ماده اولیه و خام	ترختا	نفت خام
تولید و تکثیر ماده خام روی محیط‌زیست	با بریدن درختان دستگیره خاندان‌ان زیادی تخریب می‌شود.	در استخراج نفت خام انرژی زیادی مصرف می‌شود.
تکثیر حمل و نقل ماده خام روی محیط‌زیست	آلودگی هوا را به دنبال دارد.	سبب آلودگی هوا، خاک و آب می‌شود.
تکثیر روی محیط‌زیست	در تولید کاغذ آلودگی مقدار زیاد و بزخا مواد شیمیایی مضر برای محیط‌زیست مصرف می‌شود.	در پالایش نفت خام و واکنش پتروشیمی شدن انرژی زیادی مصرف می‌شود.
تکثیر حمل و نقل ماده خام روی محیط‌زیست	سبب آلودگی هوا می‌شود.	سبب آلودگی هوا می‌شود.
دفع کردن	تجزیه می‌شود اما گاز متان تولید می‌کند که آلوده هوا است.	تجزیه نمی‌شود و در زمین برای سالها طولانی باقی می‌ماند.
سوزاندن زباله	سبب انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا می‌شود.	سبب انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا می‌شود.
پایان یافت	حمل و نقل پسماند‌های کاغذی سبب آلودگی هوا می‌شود.	حمل و نقل پسماند‌های پلاستیکی و ذوب کردن آنها انرژی مصرف می‌کند و سبب آلودگی هوا می‌شود.



شکل ۱۲- نفت خام مخفی از هیبروگرمین هاست

### نفت، هدیه‌ای شگفت‌انگیز

در اواخر سده ۱۸ میلادی شیمی‌دان‌ها با ماده‌ای روبه‌رو شدند که رفتار آن به مواد شناخته شده تا آن زمان شبیه نیوده ماده‌ای که بعدها نفت خام 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).

\* - Crude Oil

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.

دیزی نیلیند که برخی شیمی دان‌ها 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 تولید 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 همه جهانیان را به خود جلب کرد. امروزه این هدیه 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، ماده اولیه برای تهیه بسیاری از مواد و کالاهایی است که در صنایع گوناگون از آنها استفاده می‌شود (شکل ۱۳).

## آیا می‌دانید

تخمین 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 در شهر مسجد سلیمان حفر شد.

هر بشکه نفت خام هم از 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، سیستم 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، تحت باید با رفتارها و ویژگی‌های اتم کربن آشنا شد.

## کربن، اساس استخوان بندی هیدروکربن‌ها

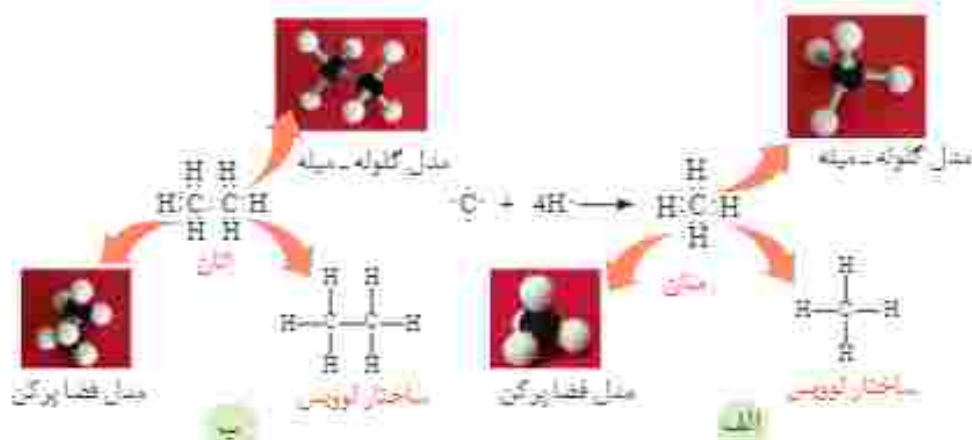
عنصر کربن در خانه شماره ۶ جدول دوره ای جای داشته و اتم آن در لایه ظرفیت خود چهار الکترون دارد، این اتم رفتارهای منحصر به فردی دارد که آن را از اتم دیگر عنصرهای جدول متمایز می‌سازد. به طوری که ترکیب‌های شاخه شده از اتم کربن، از مجموع ترکیب‌های شاخه شده از دیگر عنصرهای جدول دوره ای بیشتر است. دلیل این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



## خود را بیازمایید

الف) آرایش الکترونی اتم کربن را بنویسید.  
 ب) آرایش الکترون نقطه ای اتم کربن را رسم کنید.  
 پ) اتم کربن برای رسیدن به آرایش هشت تایی چند پیوند اشتراکی یگانه، دوگانه یا سه گانه می‌تواند تشکیل دهد؟

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



شکل ۱۴- پیوندهای اشتراکی یگانه اتم کربن در مولکول‌های متان (الف) و اتان (ب) و سایر گونه‌های نمایان آنها

این رفتار کربن مشابه رفتار دیگر نافلزها (نیترژن، فسفر، گوگرد و...) است. برای مثال اتم نیترژن (N) سه پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد تا به آرایش هسته‌ای 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 مدل‌کول 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).



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

لغت‌خام مخلوطی شامل شمار زیادی از انواع هیدروکربن‌ها 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 دگانه 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 دیگر شکل‌های متفاوتی مانند گرافیت، الماس و... ایجاد کنند. با این دیگرشکل‌ها که ساختارها و خواص متفاوتی دارند، در سال آینده آشنا می‌شوید.

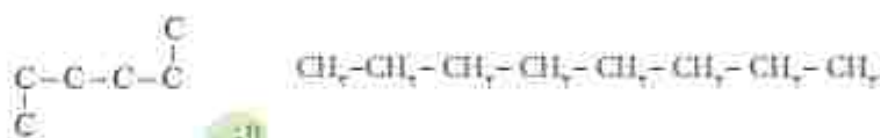
## آیا می‌دانید

گاز شهری مخلوطی از هیدروکربن‌های سنگ است که متان بخت عمده آن را تشکیل می‌دهد. در حالی 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 کرباری متصل شده است. متان ( $CH_4$ ) ساده‌ترین و نخستین عضو خانواده آلکان‌هاست. اعضای دیگر این خانواده شامل مولکول‌هایی است که شمار اتم‌های کربن آنها از دو تا ده 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. در حالی که در آلکان شاخه‌دار، برخی کربن‌ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند.



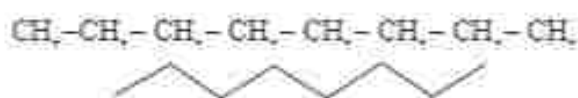
الف



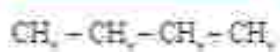
ب

شکل ۱۸- دو نمونه آلکان راست زنجیر و ب) دو نمونه آلکان شاخه دار

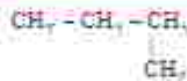
هر یک از ساختارهای نشان داده شده در شکل، فرمول ساختاری آلکان موردنظر را نشان می‌دهد. فرمولی که در آن تعداد و چگونگی اتصال اتم‌های کربن و هیدروژن نمایش داده می‌شود. البته در نمایشی ساده‌تر، فرمول پیوند-خط را به کار می‌برند. در این فرمول، پیوند بین اتم‌های کربن را با خط تیره نشان می‌دهند اما اتم‌های کربن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



۱



۲



۳

### خود را بیازمایید

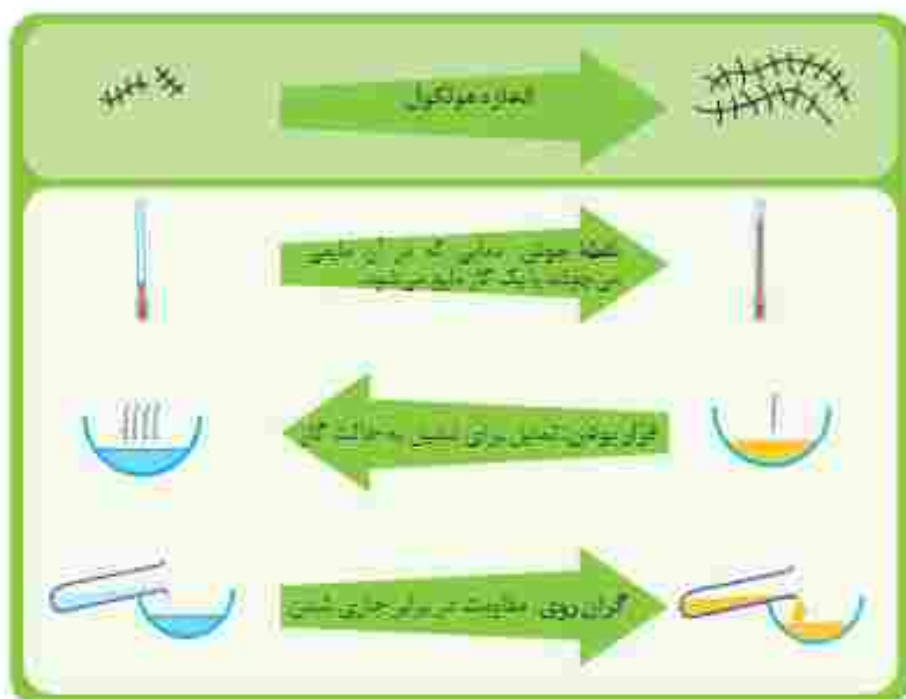
فرمول ساختاری یا پیوند-خط را برای هر هیدروکربن داده شده رسم کنید.



شمار اتم‌های کربن نقش مهمی در رفتار هیدروکربن‌ها دارد. به طوری که 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.

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.

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 یک‌سان چگونه تغییری می‌کند؟

ب) پیش‌بینی کنید نقطه جوش کدام آلکان بالاتر است؟



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



ت) پژوهش‌ها نشان می‌دهد که گشتاور دو قطبی آلکان‌ها محدود منفی است. با این توصیف

مولکول‌های این مواد، قطبی یا ناقطبی هستند؟

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

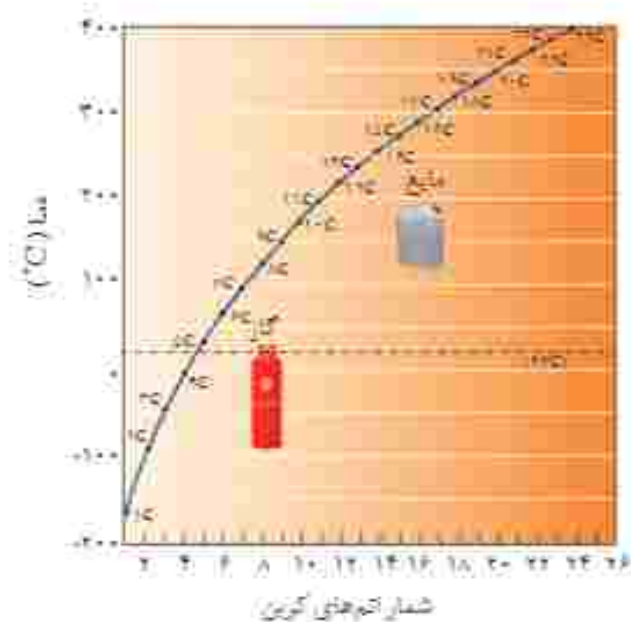
نیروها چه اثری دارد؟

ج) چرا یا بزرگ‌تر شدن زنجیر کربنی، گرانروی مذاب آلکان افزایش می‌یابد؟

چ) پیش‌بینی کنید کدام ماده چسبندوتر است؟ چرا؟



۲- نمودار زیر ترتیب نقطه جوش آلکان‌های راست زنجیر را نشان می‌دهد یا 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؟

وزلین نامی تجاری است که به مخلوطی از هیدروکربن‌های سنگین‌تر داده شده است. این هیدروکربن‌ها اغلب به عنوان نرم‌کننده و محافظت پس استفاده می‌شوند این مخلوط ویژگی روان‌کنندگی نیز دارد و در تهیه بیشتر مرطوب‌کننده‌ها، پمادهای و مواد آرایشی به کار می‌رود.



## پیوند با ریاضی

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

شماره عضو	نام	فرمول	شماره C	شماره H	فرمول
۱	متان	$\text{C}_1\text{H}_4$			
۲	اتان	$\text{C}_2\text{H}_6$			
۳	پروپان	$\text{C}_3\text{H}_8$			
۴	بوتان	$\text{C}_4\text{H}_{10}$			
۵	پنتان	$\text{C}_5\text{H}_{12}$			
۶	هگزان	$\text{C}_6\text{H}_{14}$			
۷	هپتان	$\text{C}_7\text{H}_{16}$			
۸	اکتان	$\text{C}_8\text{H}_{18}$			
۹	نونان	$\text{C}_9\text{H}_{20}$			
۱۰	دکان	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$			



سوجت این قندک 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. به طوری که قرار دادن فلزها در آلکان‌های مایع یا لایه 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) معمولاً پوشش محافظتی میوه‌ها استفاده می‌شود. این پوشش از تخریب میوه، جلوگیری می‌کند و از رشد کپک روی میوه‌ها جلوگیری می‌کند و در عین حال میوه را برای مدت‌های طولانی از آلکان‌های  $C_{20}H_{42}$  و  $C_{30}H_{62}$  برای جدا کردن سیب استفاده می‌شود. البته رعایت استانداردهای سازمان غذا و دارو در میزان مصرف آلکان‌ها و کندن پوست میوه‌ها سبب کاهش آسیب به بدن 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 بزشش‌ها 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 گزلهای 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

تجزیه نشان می‌دهد که گشتاور دو قطبی مولکول‌های سازنده چربی‌ها محدود منفر است. با توجه به آن:

الف) چرا افرادی که با هم‌بسی 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؟

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

## نام‌گذاری آلکان‌ها

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

$C_1H_4$	$C_2H_6$	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$	$C_5H_{12}$	$C_6H_{14}$	$C_7H_{16}$	$C_8H_{18}$	$C_9H_{20}$	$CH_4$	فرمول مولکولی
متان	اتان	پروپان	بوتان	پنتان	هگزان	هپتان	اوکتان	نونان	دکان	نام

مطابق جدول بر اساس قواعد آیوپاک برای نامیدن آلکان راست‌زنجیر کافی است شمار اتم‌های کربن را یا پیشوند معادل بیان کرده و پسوند «ان» را بیفزایید. توجه کنید که در چهار عضو نخست آلکان‌ها، پیشوندی که شمار اتم‌های کربن را معلوم کند، وجود ندارد و نام آنها بر اساس 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
نن	۹
دک	۱۰

### با هم ببیند یثیم

۱- نام دو آلکان زیر را در نظر بگیرید:



۳- متیل پنتان



۲- متیل پنتان

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

الف) هر عدد و هر واژه در نام هیدروکربن نشان دهنده چیست؟

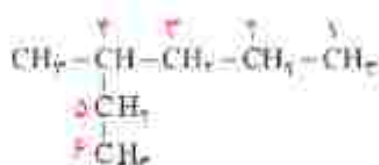
ب) تفاوت این دو ترکیب در چیست؟

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

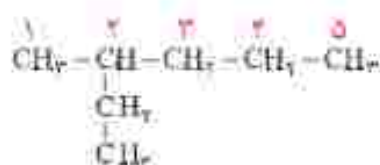
۳- در ساختار ۴- متیل هگزان، سه زنجیر کربنی وجود دارد. نخست آنها را بنویسید سپس از میان آنها زنجیر اصلی را انتخاب کنید.

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 بنویسید.

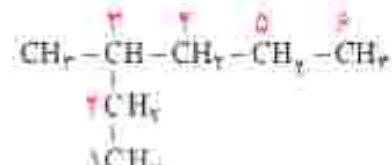
پیشوند	معنی
تری	سه
تترا	چهار



× ۴- متیل هگزان، این نام‌گذاری نادرست است.



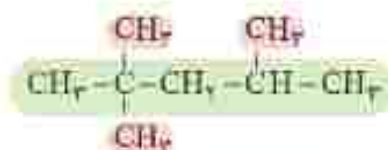
× ۲- متیل پنتان، این نام‌گذاری نادرست است.



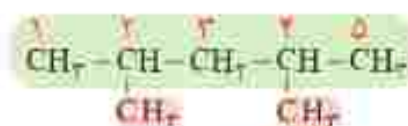
✓ ۳- متیل هگزان

Δ با توجه به نام‌گذاری زیر روشی برای نامیدن آلکان‌هایی با بیش از یک شاخه فرعی را

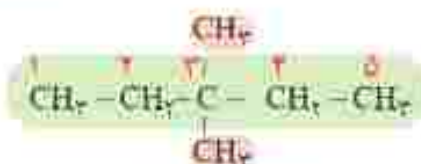
بیابید.



۴، ۲، ۲ - متیل متیل پنتان



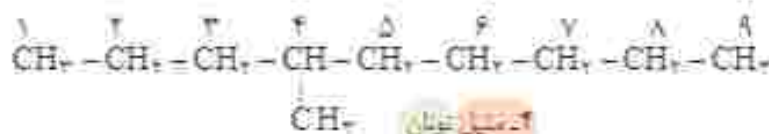
۴، ۲ - دی متیل پنتان



۳، ۳ - دی متیل پنتان

« برای کتاب فقط قواعد نام‌گذاری آلکان‌ها بررسی و سپس عرضه می‌شود. یعنی است نوشتاری دیگر بود می‌شد آموزش شده و ارزشی از آنها معنی است.»

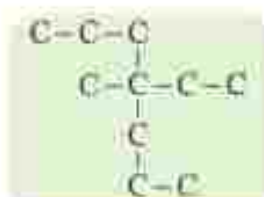
آموختید که برای نام‌گذاری آلکان‌ها باید نخست نام زنجیر اصلی را براساس نام آلکان راست‌زنجیر نوشته سپس نام شاخه فرعی را بصورت آلکیل پیش از نام زنجیر اصلی بنویسید. البته باید محل شاخه فرعی را با شماره کربنی که به آن متصل است، نیز پیش از نام شاخه فرعی مشخص کنید. برای نمونه، ۴-متیل پنتان، آلکالی با زنجیر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



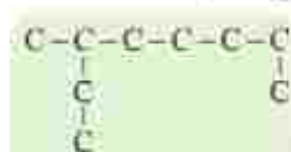
۴-متیل نونان

### خود را بیازمایید

۱- آلکان‌هایی زیر را نام‌گذاری کنید. (راשמایی: در نام‌گذاری آلکان‌های شاخه‌دار، نوشتن نام اتیل بر متیل مقدم است.)



(الف)



(ب)



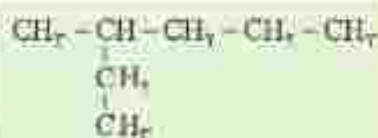
(ج)



(د)



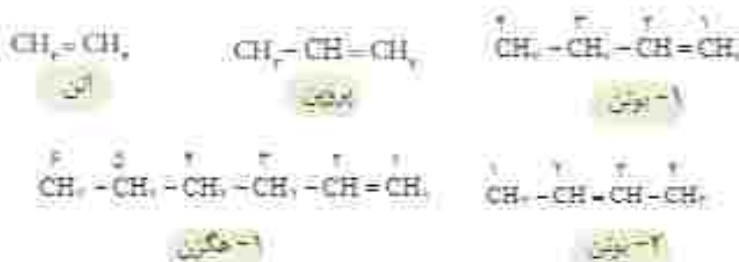
۲- چرا نام ۲- ائیل بنشان برای ترکیب زیر نادرست است؟



### 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 زنجیره کافی است پیوند آن را در نام آلکان راست زنجیره بردارید و به جای آن پیوند «ین» قرار دهید. پس محل پیوند دوگانه را با شماره نخستین کربنی که به پیوند دوگانه متصل است، مشخص کنید (شکل ۱۹).

بر گذشته گاز اتن را با نام گاز اتیل می‌خوانند.



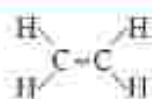
شکل ۱۹. نام و ساختار چند آلکن راست زنجیره

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 لویه خود موجب رسیدن سریع‌تر میوه‌های نارس می‌شود. به همین دلیل در کشاورزی، از گاز اتن به عنوان «عمل آورنده» استفاده می‌شود (شکل ۲۰).

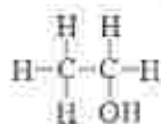


شکل ۲۰. کاربرد اتن از گاز اتن



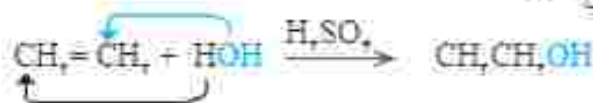


● اتانول الکلی بی‌گرینی، بی‌رنگ و فرار است که به هر سستی در آن‌جا حل می‌شود. این اتانل یکی از بهترین حلال‌های صنعتی است که در تهیه مولداریبی، پدالشی‌وارایی، به‌نگار می‌رود. از اتانول در سطریشن‌ها به عنوان ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود.



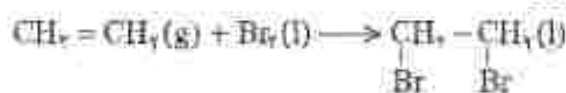
● صنعت پتروشیمی یکی از صنایع مهم جهان است. در این صنعت ترکیب‌ها و مواد گوناگون از نفت یا گاز طبیعی به‌دست می‌آیند که به فرآورده‌های پتروشیمیایی معروف هستند. در کشور ما نیز شرکت‌های پتروشیمی گوناگونی در حال فعالیت هستند. در این شرکت‌ها سادانه میلیون‌ها تن مواد شیمیایی مانند آمونیاک، پلی‌اتن، سولفوریک اسید و... تولید می‌شود.

رفتار آلکن‌ها همانند همهٔ مواد به‌ساختار آنها وابسته است. وجود پیوند دوگانه در آلکن‌ها سبب شده است تا رفتار آنها با آلکان‌ها تفاوت زیادی پیدا کند. به‌گونه‌ای 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 به‌سه‌انیم دیگر متصل بوده و از این رو مسیر نشده هستند؛ این درحالی است که اتم کربن تعادل دارد تا از حداکثر امکان خود برای تشکیل پیوندهای یگانه استفاده کند و چهار پیوند یگانه تشکیل دهد. گاز اتن سنگ‌بنای 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 انجام‌شده را نشان می‌دهد.



از مقایسهٔ مولکول اتانول با مولکول اتن، درمی‌یابید 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. به‌دیگر سخن مولکول آب به‌اتم‌های کربن پیوند دوگانه افزوده شده و فرآوردهٔ سیرشده‌ای تولید شده است.

از دیگر واکنش‌های گاز اتن، ترکیب‌شدن آن با برم مایع است. به‌طوری‌که هرگاه گاز اتن را در محلولی از برم وارد کنیم، رنگ قرمز محلول از بین می‌رود. این تغییر رنگ، نشانه انجام واکنش شیمیایی زیر است:



۱،۲-دی‌برمواتان

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

## خود را بیازمایید

شکل زیر عملی 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).

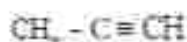


پلمیری شدن دسته دیگری از واکنش آلکن‌هاست که با استفاده از آن می‌توان انواع لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها، الیاف و پلیمرهای سودمند را تهیه کرد. این واکنش‌ها در فصل ۳ بررسی خواهد شد.

## آلکین‌ها، سیر نشده تر از آلکن‌ها

آیا واژه جوش گازی را شنیده‌اید؟ در این جوشکاری از سوختن گاز اتین، نمای 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 به‌جای پسوند «ان» در نام آلکان هم کربن، پسوند «ین» قرار می‌گیرد. اتین با فرمول مولکولی  $C_2H_2$ ، ساده‌ترین آلکین و پریمی دومین عضو خانواده آلکین‌ها است. از نام پریمی چنین برمی‌آید که هر مولکول آن سه کربن داشته و یک پیوند سه‌گانه میان دو کربن آن وجود دارد.



پروپین

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



• جوش‌کاری و برش‌کاری فلزها با سوزاندن گاز اتین

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

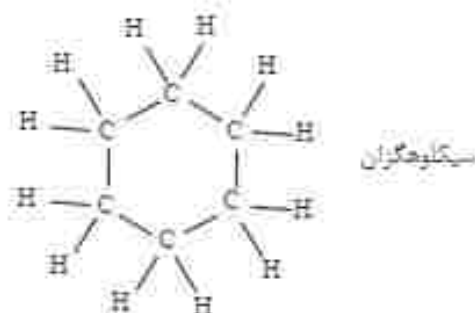


• نمایشی از مولکول اتین

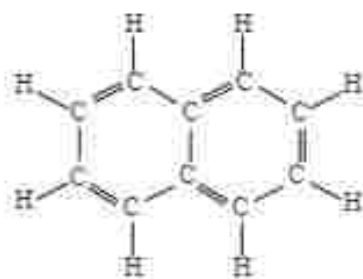
## هیدروکربن‌های حلقوی<sup>۱</sup>

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

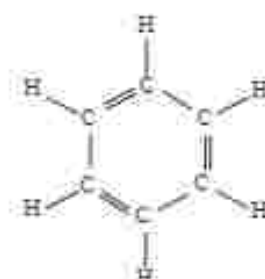
ترکیب‌های آلی بسیاری شناخته شده است که در آنها اتم‌های کربن بطوری به یکدیگر متصل شده‌اند که ساختاری حلقوی به وجود آورده‌اند. سیکلوهاگزان از آن جمله است. این نام نشان می‌دهد که این ماده، هیدروکربن سیر شده‌ای است که حلقه‌ای از شش اتم کربن دارد.



بنزن، هیدروکربنی سیر نشده یا 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 ضدپد برای نگهداری غریش و لباس کاربرد داشته است.



نفتالین



بنزن

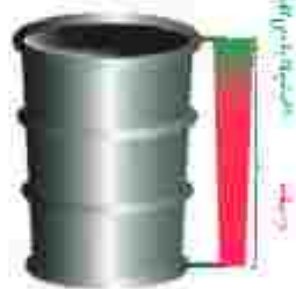
## خود را بیازمایید

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

<sup>۱</sup> - Cyclic Hydrocarbons  
<sup>۲</sup> - Aromatic

## نفت، ماده‌ای که اقتصاد جهان را دگرگون ساخت

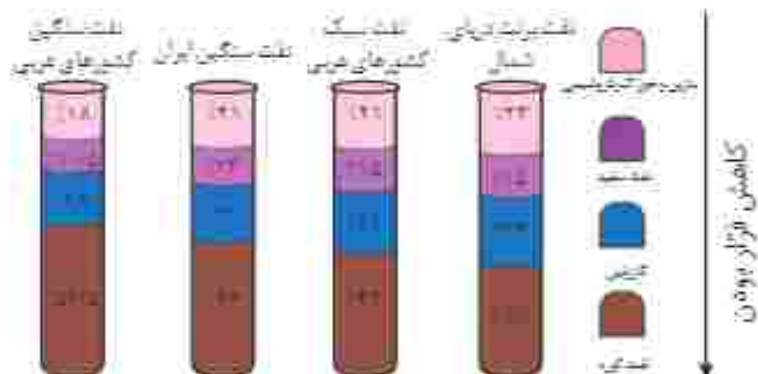
نفت خام مخلوطی از هیدروکربن‌های گوناگون، برخی نمک‌ها، اسیدها، آب و... است. البته مقدار نمک و اسید در نفت خام کم بوده و در نواحی گوناگون متغیر است. (چرا؟) آلکان‌ها بخش عمده هیدروکربن‌های موجود در نفت خام را تشکیل می‌دهند و به دلیل واکنش‌پذیری کم اغلب به‌عنوان سوخت به کار می‌روند. به‌طوری‌که بیش از ۹۰ درصد نفت خام صرف سوزاندن و تأمین انرژی می‌شود و تنها مقدار کمی از آن به‌عنوان 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 می‌آیند. 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 ببیندیشیم

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 و کشتی‌های نفت‌کوره است و می‌تواند سوخت مورد نیاز خود را در شمال خلیج فارس دریافت کنند و به سفر دریایی خود ادامه دهند. از این رو سوخت‌رسانی به این کشتی‌ها یکی از مهم‌ترین زمینه‌های انرژی و اشتغال‌زایی صنایع دریایی می‌تواند باشد. کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی ویژه در خلیج فارس می‌تواند سهم زیادی از این صنایع را نصیب خود کند.

الف) اندازه مولکول‌های نفت کوره با بترین 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 برلنت دریایی شمال از دیگر نفت‌ها بیشتر اما قیمت نفت سنگین

کشورهای عربی کمتر است؟

پس از جدا کردن نمک‌ها، اسیدها و آب، نفت خام را **پالایش** می‌کنند. در واقع با استفاده از تقطیر جزء به جزء، هیدروکربن‌های آن را به صورت مخلوط‌هایی یا نقطه جوش نزدیک بهم جدا می‌کنند. برای این کار، نفت خام را درون محفظه‌ای بزرگ گرم می‌دهند و آن را به برج تقطیر هدایت می‌کنند. برجی که در آن از پایین به بالا دما کاهش می‌یابد. هنگامی که نفت خام داغ به قسمت پایین برج وارد می‌شود، مولکول‌های سبک‌تر و فرارتر از جمله مواد پتروشیمیایی، از مایع بیرون آمده و به سوی بالای برج حرکت می‌کنند. به تدریج که این مولکول‌ها بالاتر می‌روند، سرد شده و به مایع تبدیل می‌شوند و در سینی‌هایی که در فاصله‌های گوناگون برج قرار دارند وارد شده و از برج خارج می‌شوند. بدین ترتیب مخلوط‌هایی با نقطه جوش نزدیک، بهم از نفت خام جداسازی می‌شوند.

## آیا می‌دانید

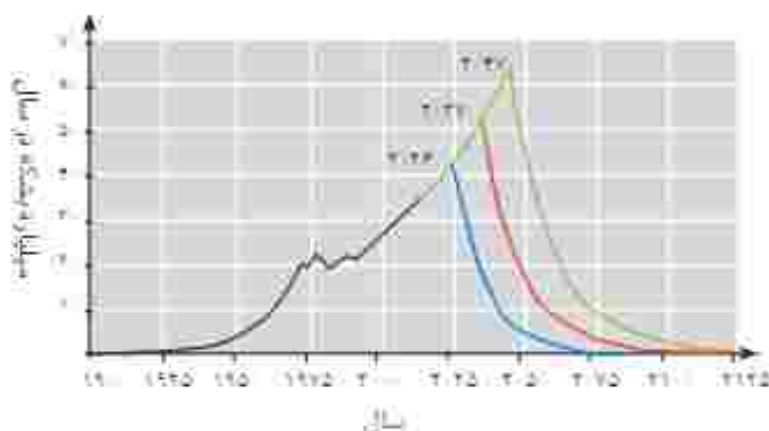
سهم کشورهای عضو ایک از ذخایر نفت جهان به شرح زیر است:



- آذربایجان
- آنگولا
- اکوادور
- کانادا
- اندونزی
- ایران
- عراق
- کویت
- لیبی
- نیجریه
- قطر

- عربستان سعودی
- ایالات متحده آمریکا
- ونزوئلا

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 می‌داد و از سوی دیگر، منجر به تولید انرژی الکتریکی ارزان قیمت می‌شد. هدف 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 آلودخته رویه پایان باشد (شودار ۲).



شودار ۲. مقدار نفت خام تولید شده (خط سیاه) و برآورده شده (خط‌های آبی، قرمز و سبز). خط آبی کمترین، خط سبز بیشترین و خط قرمز میانگین برآورد.

## در میان تارنماها

● با مراجعه به وبگاه [www.vvccidometers.info/fa](http://www.vvccidometers.info/fa) مصرف لحظه‌ای نفت خام و سوخت‌های فسیلی را مشاهده کنید.

## آیا می دانید

فرمول کلی زغال سنگ را به صورت  $C, H, O, N, S$  برآورد می کنند. زغال سنگ برآورد کمی نسی مناسبی در سراسر جهان دارد و تقریباً نر 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 غلظت های گوناگون مانند نیکل، سی، آلومینیوم، سرب، آرسنیک، جیوه و... وجود دارد.

مقدار جیوه در زغال سنگ ppm ۲-۵ است. باین توصیف نیروگاه هایی که زغال سنگ می سوزاند روزانه هزاران گرم جیوه به هوا گره وارد می کنند.

## آیا می دانید

برای ایجاد اشتعال و انفجار، مقدار گاز متان در هوای معدن 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 سنگ بودن گاز متان، این گاز عمدتاً در حقیقت بالای مکان زغال سنگ ایستاده می شود.

زغال سنگ یکی از سوخت های فسیلی است. برآوردها نشان می دهد که طول عمر ذخایر زغال سنگ به ۵۰ 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 گره شده و تشدید اثر گلخانه ای می شود (جدول ۱). چرا؟

جدول ۱- مقایسه بین با زغال سنگ

مقدار کربن ذی اکسید به ازای هر کیلوگرم انرژی تولید شده (g)	فرآورده های سوختن	گرمای آزاد شده (kJ/kg)	لایه سوخت
۱۱۶۵	$CO, CO + H_2O$	۲۸	بشیرین
۱۱۰۴	$SO_2, CO_2, NO_2, CO + H_2O$	۳۰	زغال سنگ

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

- شست و شویی 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 ۵۰۰۰۰ نفر در سطح جهان در اثر انفجار یا قرون سوختن 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، مسافت 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 اقرااد 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.

سوخت هواپیما از بالایش نفت خام در برج‌های تقطیر پالایشگاه‌ها تولید می‌شود. این سوخت به‌طور عمده از نفت سفید که مخلوطی از آنکس‌هاست تهیه می‌شود. امروزه تولید سوخت هواپیما یکی از صنایع مهم و ارزآور است که به دانش فنی بالایی نیز احتیاج دارد. از این رو شرکت‌های دانش‌بنیان 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).



شکل ۲۱: نمونه‌ای از خطوط انتقال سوخت

● نفت سفید شامل آنکس‌هایی با دانه‌ها یا ذره‌کربن است.

## آیا می‌دانید

انتقال فرآورده‌های نفتی توسط شرکت خطوط لوله و مخازن نفت از طریق چهارده هزار کیلومتر خطوط لوله انجام می‌شود. به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۵ خورشیدی بیش از ۱۲ میلیارد لیتر فرآورده‌های نفتی به سراسر کشور انتقال داده شده است که سوخت هواپیما نزدیک به ۲۲ میلیارد لیتر از این مقدار را به خود اختصاص داده است.

## در میان تارنماها

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

## تمرین های دوره ای

۱- یون سولفات موجود در  $2/45$  گرم نمونه ای کود شیمیایی را با استفاده از یون باریم، جداسازی کرده و  $2/18$  گرم باریم سولفات به دست آمده است. درصد خلوص کود شیمیایی را بر حسب یون سولفات حساب کنید.

۲- از واکنش  $81$  گرم فلز آلومینیم با خلوص  $90\%$  در صند با محلول مس (II) سولفات مطابق واکنش زیر، چند گرم فلز مس آزاد می شود؟



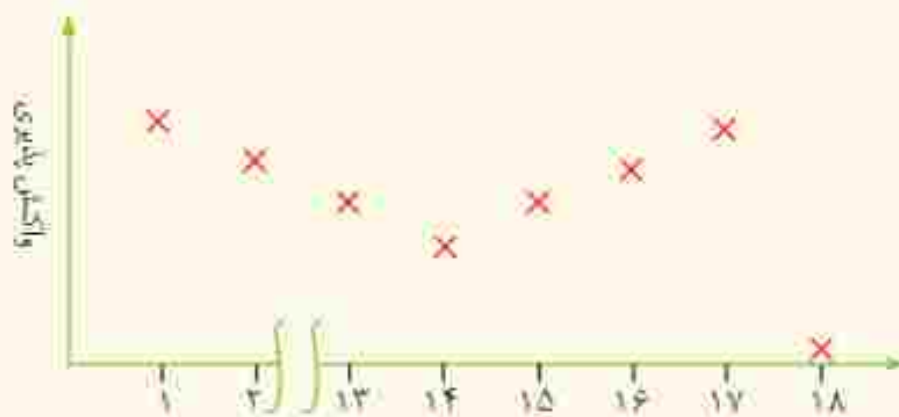
۳- سیلیسیم عنصر اصلی سازنده سلول های خورشیدی است که از واکنش زیر تهیه می شود.



الف) واکنش پذیری کربن را با سیلیسیم مقایسه کنید.

ب) مقدار ناخالصی در  $100$  گرم سیلیسیم مصرفی در صنایع الکترونیک  $1/1000$  گرم است. درصد خلوص آن را حساب کنید.

۴- نمودار زیر روند کلی تغییر واکنش پذیری عنصرهای دوره دوم جدول دوره ای را نشان می دهد:

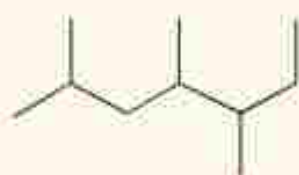
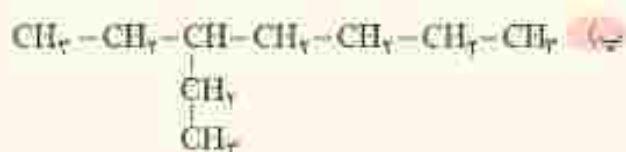
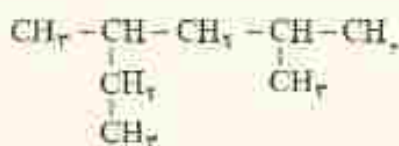
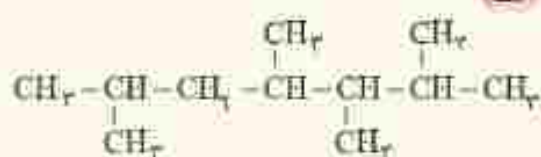
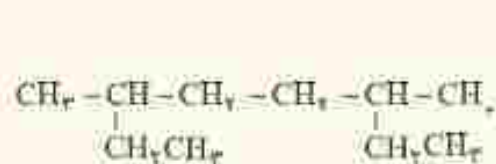


الف) چرا واکنش پذیری عنصرهای گروه  $18$  در حدود صفر است؟

ب) روند تغییر واکنش پذیری را توضیح دهید.



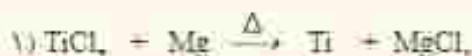
۵- هریک از هیدروکربن های زیر را به روش آیوپاک نام گذاری کنید.



(ع)



۶- با توجه به واکنش های زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



(الف) هریک از آنها را موازنه کنید.

(ب) ترتیب واکنش پذیری عنصرهای  $\text{Ti}$  و  $\text{Fe}$ ،  $\text{Mg}$  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 می شود؟ (توجه: گاز نیتروژن به جویی اثر معروف است)

(د) پیش بینی کنید آیا واکنش زیر در شرایط مناسب انجام می شود؟ چرا؟ در صورت انجام آن را کامل و موازنه کنید.



(ه) تیتانیم فلزی محکم، با چگالی کم و مقاوم در برابر خوردگی است. یکی از کاربردهای آن استفاده در بدنه دوچرخه است. اگر در کارخانه ای از مصرف  $1 \times 10^3$  گرم تیتانیم (IV) کلرید،  $1 \times 10^4 \times 7/61$  گرم فلز تیتانیم به دست آید، بازده برهنگی 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) یا بصرف فقط ۴۰۰ تن (t) سولفید با خلوص ۷۸٪ حدود  $160/54 \text{ kg}$  مس خام تهیه می‌شود. یازده درصدی واکنش را حساب کنید.

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

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

الف) روشی برای تشخیص این دو مایع پیشنهاد کنید.

ب) جایی خالی را در واکنش زیر پر کنید.



۹- هیدروکربنی به فرمول  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  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 ۱۲۰/۱۴ گرم است. فرمول مولکولی آن را بیابید.

پ) با مراجعه به نمونه‌ار صفحه ۲۶، حالت فیزیکی این هیدروکربن را پیش‌بینی کنید.



﴿لَيَنْفَعَنَّ الْإِنْسَانَ إِلَىٰ طَعَامِهِ﴾ (سوره عبس - آیه ۲۴)

تشنه باید به غذای خویش (و قورشش آن) بشکورد.

دانشمندان اجزای بنیادی جهان مادی را ماده و انرژی می‌دانند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که انرژی از راه‌های گوناگون یا ماده ارتباط دارند آن چنان که کاهش جرم خورشید به عنوان تنها منبع حیات بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تأیید می‌کند. از سوی دیگر نیاز به انرژی برای انجام هر فعالیت یا هر آهنگی، وجود یک منبع انرژی نزدیکتر را آشکار می‌سازد؛ متبعی که در آن تغییرهای غیررنگی و به ویژه واکنش‌های شیمیایی انجام می‌شود. تأمین انرژی از سوختن 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

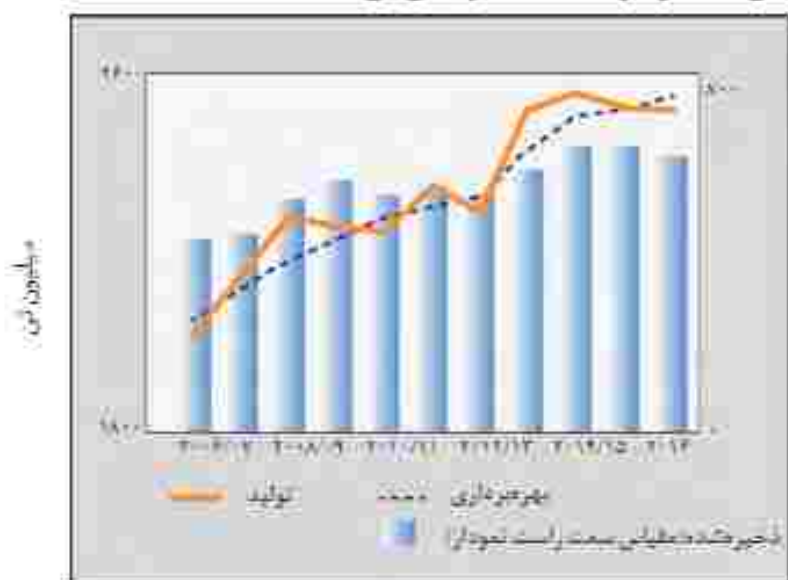
میزان تولید گندم ایران در سال ۹۹ به بیش از ۱۴ میلیون تن رسید.



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



غذا، همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نیاکان ما بیشتر وقت خود را صرف تهیه و عده‌های غذایی می‌کردند؛ آن‌چنان‌که در طول روز اغلب در جست‌وجوی غذا و جمع‌آوری دانعه‌های خوراکی بودند. آنها به تدریج یاد گرفتند که دانعه‌ها را بکارند و فرآورده‌ها را حرو کنند، فرایندی که نخستین انقلاب در کشاورزی بود و باعث شد انسان‌ها حیوانات، غلات و... را به مقدار زیادی تولید کنند. اما افزایش جمعیت جهان غامبی تعیین‌کننده بوده و هست، به‌طوری‌که امروزه تأمین غذایی حدود ۷/۵ میلیارد نفر ساکن کره زمین بسیار پیچیده و دشوار است، زیرا برای انجام این مهم سالانه بایستی حجم انبوهی از غلات، حیوانات، 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 مسئولیت‌ها دولت، تأمین غذایی 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، حمل و نقل، نگهداری، فرآوری 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 غذایی 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 فرآورده‌های کشاورزی و دامی افزایش یابد و غذا به ریش‌مختی تولید شود. در تولید گوشت، به دلیل فساد مواد غذایی و دشواری نگهداری آنها، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی اهمیت بسیاری دارد.

## خود را بیازمایید

مصرف مصرف کننده		خوراکی
تعداد	انواع	
۱۶۵	۲۵	نان
۲۷	۲۲	روغن
۱۴	۲۲	حبوبات
۱۰۰	۱۲۰	سبزیجات
۶۵	۱۶۵	میوه
۱۹	۲۲	گوشت قرمز
۹	۱۹	ماهی
۹	۲۲	تخم مرغ
۶۰	۳۰۰	شیر
۳۰	۵	شکر
۶	۲	نمک خوراکی
۱۹	۱۹	روغن

جدول رویه‌رو، 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 فرمزد و ماهی افزون بر پروتئین<sup>۱</sup>، «کلسیم» و «ویتامین» و مواد معدنی<sup>۲</sup> است. چه پیشنهادهایی برای گنجاندن آنها در برنامه غذایی خانواده خود دارید؟

پ) شیر و فرآورده‌های آن، منبع مهمی برای تأمین پروتئین و 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؟

ث) کارشناسان تغذیه بر مصرف حیوانات مانند تخم‌مرغ، 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، موها، ماهیچه‌ها، آنزیم‌ها و... را فراهم می‌کند. همگامی فرایندها

- ۱- Protein
- ۲- Vitamin
- ۳- Minerals
- ۴- Food and Agriculture Organization

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

## آیا می‌دانید

سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (FAO) 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 روم پایتخت کشور ایتالیا قرار دارد. برخی آثارهای این سازمان براساس مصرف سرانه مواد غذایی است.



## آیا می‌دانید

علوم و منابع غذایی به مجموعه‌ای از علوم و فنون گفته می‌شود که به بررسی کیفیت غذایی، شیمیایی و ایستثنای فرآورده‌های غذایی و علمی و شیلات از لحاظ تولید، تبدیل، فرآوری، نگهداری و حمل و نقل می‌پردازد به گونه‌ای که از مواد خام تا غذای آماده مصرف را پوشش می‌دهد.

## آیا می‌دانید

شمار تنه‌های تشکیل‌دهنده بدن یک فرد ۷۰ کیلوگرمی در حدود  $10^{27} \times 2/5$  برآورد می‌شود.



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

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

غذا به عنوان معجوتی از مواد شیمیایی، محتوی ذره‌های گوناگون است. بخش عمده آن‌ها، مولکول‌ها و یون‌های موجود در بدن شما از غذایی که می‌خورید، تأمین می‌شود. با این توضیح، تغذیه درست شامل وعده‌های غذایی است که مخلوط مناسبی از انواع ذره‌ها را دربرمی‌گیرد 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 نامناسب 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 یا در روزی 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 گسب کرده است. بدن ما برای انجام فعالیت‌های آزادی و غیرآزادی 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

## آیا می دانید

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



تخم مرغ سرشار از انواع آمینو اسیدهاست که گچالین آن در برابری غذایی به سخت 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 مایه غنی از منیزیم و کلسیم است.



در باره اثر نوع و مقدار ماده بر انرژی آن کاوش کنید.

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

هشمدواز از عینک ایمنی استفاده نموده و نکات ایمنی را هنگام کار با چراغ بوقلمون 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 سداسنج یا پدنه یا ته لوله تماس نداشته باشد).

۳- یک گرم یا ۱/۲ مغز گردو بردارید و آن را با انبر یا سبزه نازک تا شعله ور شدن روی شعله بگیرید. بلافاصله آن را تا سوختن کامل زیر لوله آزمایش نگاهدارید. پس از سوختن کامل و خاموش شدن شعله، دمای پایانی آب را یادداشت کنید.

۴- آزمایش را جداگانه با دو گرم یا ۱/۲ 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	مقدار غذایی (گ)	دمای پایانی (C)
۱	یک گرم یا ۱/۲ مغز گردو		
۲	دو گرم یا ۱/۲ 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 دمایی آب تفاوت دارد؟

ب) با توجه به اینکه در آزمایش ۲ و ۳، مقدار ماده ای که می سوزد یکسان است، چرا تغییر دمایی 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

با کارونی و گرد و نیز هنگام سوختن، انرژی آزاد می‌کنند. در واقع هر ماده غذایی انرژی دارد و میزان انرژی آن به جرمی بستگی دارد که می‌سوزد، انرژی ای 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.

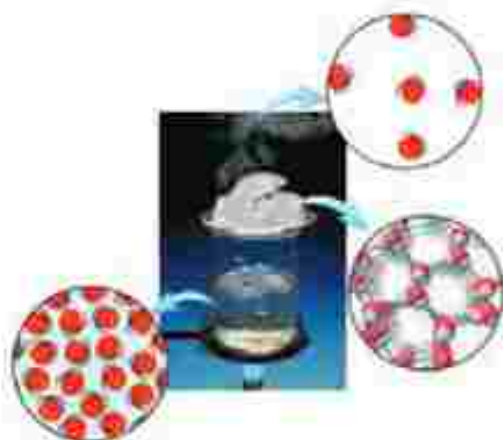


• کاکائو و خوراکی‌های محتوی آن باید در جای خنک نگهداری شوند. هنگامی که چنین خوراکی‌هایی را در جیب خود بگذارید یا در دست بگیرید، پس از مدتی ذوب شده و حالت خمیری و روان به خود می‌گیرند، زیرا دمای آنها افزایش یافته و جنبش ذره‌های سازنده آنها شدیدتر می‌شود.

در فیزیک پایه دهم، مطالعه 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، لذت بخش است. در این تجربه‌های خوشایند «دما» 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 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 طرف محتوی آب گرما داده می‌شود، به تدریج دمای آن افزایش می‌یابد تا اینکه سرانجام آب می‌جوشد و بخار موجود در بالای آن نیز ذوب می‌شود. آیا می‌دانید جنبش و جنبش مولکول‌ها در این فرایند چه تغییری می‌کند؟ جنبش و جنبش مولکول‌ها در کدام حالت قوی‌تر است؟

بررسی شکل ۱ نشان می‌دهد با اینکه ذره‌های سازنده یک ماده در سه حالت قوی‌تر یکسان بوده و پیوسته در جنبش و جنبش 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.



• بیخی خدای گرم آسان‌تر به سریع‌تر از فضای سرد به مشام می‌رسد (چرا؟)



با بررسی این تجربه اینک می‌پذیرید که در دمای معین یک ویژگی مشترک مواد یا 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 ببیند پیشیم

۱- شکل زیر دو نمونه از هوای صاف شهر شما را با خرم یگان 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  $\frac{\text{ظهور}}{\text{تندی}}$  نشان می‌دهد.

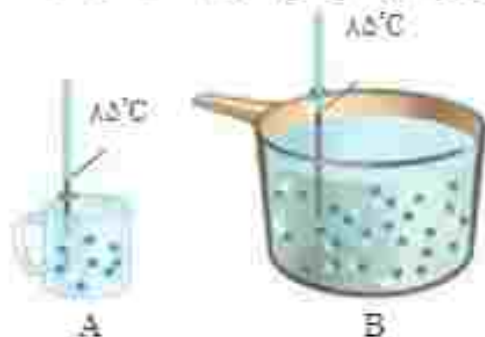
ب) شکل B، نمونه‌ای از هوا را در یک  $\frac{\text{تابستانی}}{\text{زمستانی}}$  نشان می‌دهد.

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 معیار  $\text{SI}$ ، کلوین ( $\text{K}$ ) است.

• نماد دما بر حسب سلسیوس،  $\theta$ ، و نماد دما بر حسب کلوین،  $T$  است.

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



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

• ارزش دمایی  $1^{\circ}\text{C}$  برابر با  $1\text{K}$  است. از این رو، در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند،  $\Delta T$  و  $\Delta t$  خواهد بود.

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

### تمیۀ غذایی آب یز، تجربه تفاوت دما و گرما

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 تخم مرغ 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 تخم مرغ 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 تخم مرغ به ظرف گرما داده شد. فرایندی که دمای آب را به  $75^{\circ}\text{C}$  رساند. تغییر دما در این فرایند برابر است با:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 75^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

نوآوری 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 دمایی ماده یا 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  $200$  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  $200$  گرم آب و دیگری محتوی  $200$  گرم روغن زیتون است. اگر با گرما دادن، دمای هر یک را به  $75^{\circ}\text{C}$  برسانید و هم زمان محتویات تخم مرغی را به آسانی به هر یک بیفزایید یا پدیده جالبی روبه رو خواهید شد (شکل ۲).

• روغن و چربی از جمله ترکیب‌هایی 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 نوگانه بیشتری وجود داشته و واکنش پذیری بیشتری نیز دارد.

### آیا می‌دانید

بررسی و توصیف ماده و همچنین تغییر (فیزیکی و شیمیایی) آن یکی از مهم‌ترین قسمتهای دانش شیمی است. به طوری که پس از بررسی یک نمونه ماده، برای توصیف آن از کمیت‌هایی مانند دما ( $T$ )، حجم ( $V$ )، مول ( $n$ )، انتالپی ( $H$ ) و ... استفاده می‌شود. این در حالی 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 لیتر آب در دمای اتاق با  $T = 298\text{K}$  و  $V = 1\text{L}$  اما تغییر آن با  $\Delta T$  و  $\Delta V$  توصیف می‌شود.



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

• گرمای با ناماد (Q) نشان می‌دهند و یکای اندازه‌گیری آن در SI، ژول است.  $1\text{J} = 1\text{kgm}^2\text{s}^{-2}$

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

• هوا در برخی موارد از یکای کالری (cal) برای بیان مقدار گرما استفاده می‌شود.  $1\text{cal} = 4.18\text{J}$

### با هم بیندیشیم

با توجه به شکل‌های داده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



$$200\text{g روغن زیتون } (25^{\circ}\text{C}) \xrightarrow{1100\text{J}} 200\text{g روغن زیتون } (75^{\circ}\text{C})$$



$$200\text{g آب } (25^{\circ}\text{C}) \xrightarrow{2100\text{J}} 200\text{g آب } (75^{\circ}\text{C})$$

الف) توضیح دهید چرا تخم مرغ در آب می‌پزد اما در روغن زیتون تغییر محسوسی نمی‌کند؟  
 ب) می‌دانید که ظرفیت گرمایی<sup>۱</sup> ماده هم ارز با گرمایی لازم برای افزایش دمای آن به اندازه یک درجه سلسیوس است. با این توصیف ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون را محاسبه و با هم 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 می‌دهد. مقدار این کمیت را برای آب و روغن زیتون حساب و با هم مقایسه کنید.

ث) رابطه‌ای میان ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه یک ماده بیابید.

اینک می‌توان 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 فرآیندهایی 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 خالی 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 $(\text{J}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{kg}^{-1})$	ماده	گرمای ویژه $(\text{J}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{kg}^{-1})$
آب	۴۱۸۲	آلومینیوم	۸۸۰
سبب گنبد	۸۵۰	نقره	۲۳۲
تانول	۲۴۳۱	عسل	۱۲۸۰
کربن دی‌اکسید	۸۲۰	آکسیژن	۹۲۰

## خود را بیازمایید

۱- یک استکان چای با دمای  $90^{\circ}\text{C}$  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.

گرمای  $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دما}}$  است که به دلیل تفاوت در  $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دما}}$  جاری می‌شود.

۳- تکه‌ای نان و تکه‌ای سبب زمینی را با جرم و سطح یکسان در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  در نظر بگیرید. اگر آنها را هم‌زمان در محیطی با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم کدام یک 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 لذت بخش که به بدن انرژی می‌بخشد. اگر دمای شیر گرم در حدود  $60^{\circ}\text{C}$  باشد پس از ورود به بدن، نخست



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

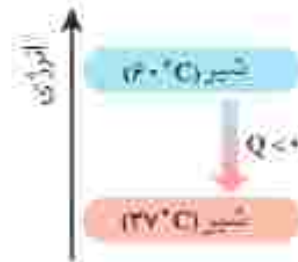


• مشی یک خوراکی دوست‌داشتنی، خشک و سرشار از مواد مغذی و انرژی است. فرایند سرد شدن آن در بدن با جذب انرژی، در حالی که گوارش و سوخت و ساز آن با آزاد شدن انرژی همراه است.

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

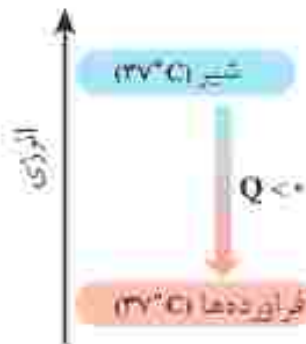


انجام این فرایند را از دیدگاه انرژی می‌توان با نمودار ۲ نشان داد.



نمودار ۲. فرایند سرد شدن شیر در بدن

اما بخش عمده انرژی موجود در شیر هنگام فرایند گوارش و سوخت و ساز 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 سوخت و ساز 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 یا اینکه دما ثابت است ( $37^{\circ}\text{C}$ )، اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی داد و ستد می‌شود.

۱. System  
۲. Surroundings  
۳. Exothermic

## آیا می‌دانید

شیمی فیزیکی 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 ترک کرد. سنتتیک شیمیایی، طبیعت‌سنجی، الکتروشیمی و... از جمله مباحث آن است.

## گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرمایشیمی)

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 بیرونی است. از این رو هر واکنش شیمیایی ممکن است گرماده یا گرماگیر باشد. بررسی و مطالعه این ویژگی در واکنش‌ها، منجر به پیدایش ترموشیمی (گرمایشیمی) شده؛ 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 گرمایشیمی نقش و اهمیت بسیاری در زندگی دارد. شکل ۳ نمونه‌هایی از آنها را نشان می‌دهد.



پا



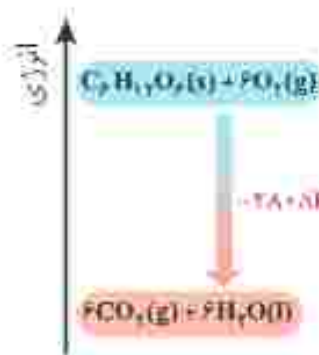
ب



الف

شکل ۳ - الف) مواد غذایی پس از گوارش، انرژی لازم برای سوختن سلول‌ها 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، واکنش دهنده‌ای رایج در استخراج آهن و تأمین کننده انرژی لازم برای انجام واکنش است.

منبع انرژی در بدن غذا است. مدعی 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.



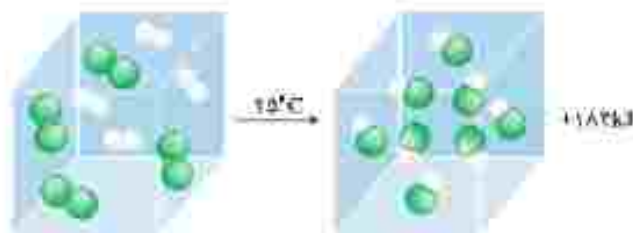
نمودار ۴ - اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن

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

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

می‌کنند، زیرا دمای مواد واکنش دهنده پیش از آغاز واکنش با دمای مواد فرآورده پس از پایان واکنش برابر است ( $\Delta H < 0$ )، 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 افزودن بر گاز هیدروژن کلرید، گرمایی 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 گرما ده 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 فرآورده نیست! زیرا در دمای ثابت، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آنها وجود ندارد. شیمی‌دان‌ها گرمایی جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فرآورده 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.

## آیا می‌دانید؟

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

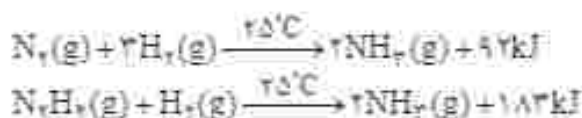
۱. Potential Energy  
۲. Chemical Energy  
۳. Diatomic Molecules

## آیا می‌دانید؟

$N_2H_4$ ، هیدرازین نامیده می‌شود. ماده‌ای پرانرژی که به‌صورت سوخت موشک استفاده می‌شود.

## با هم ببیندیشیم

۱- با توجه به واکنش‌های 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- جرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فراوردهٔ واکنش سوختن کامل آنها، گاز کربن‌دی‌اکسید است.



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

ب) الماس پایدارتر است یا جرافیت؟ چرا؟

پ) از سوختن کامل ۷/۲ g جرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

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



چرا؟

• در شیمی آمیختید که آنجا در حالت پخته یا جنب انرژی به آن‌های پراکنده تبدیل می‌شوند. این‌ها می‌پراکنجند، پراثری ترو نه‌پایدارترند.

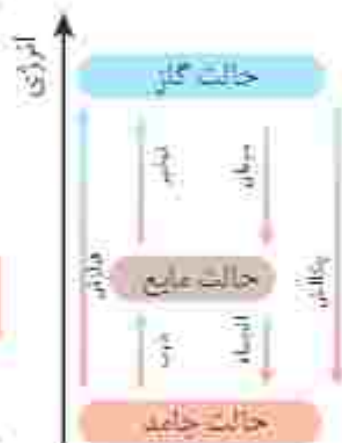


• الماس و جرافیت، دو آلوتروپ کربن

دریافتید که گرمای یک واکنش در دما و فشار ثابت، به نوع و مقدار واکنش دهنده‌ها، نوع فراورده‌ها و حالت فیزیکی آنها بستگی دارد. کمیتی که یکی از ویژگی‌های کاربردی و بنیادی هر واکنش به شمار می‌رود.

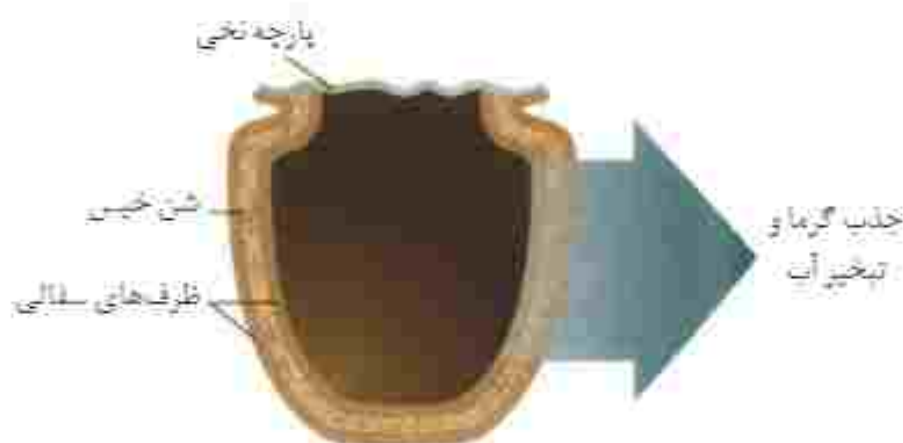
## ببوند با صنعت

بسیاری از مردم کشور نجره در مناطق خشک، بیابانی و بادخیز زندگی می‌کنند. مناطقی که تهیه غذا در آنها دشوار اما نگهداری آن دشوارتر است. محمد باه‌آباد، معلم نجره‌ای 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 خشک و برای مدت طولانی‌تری



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





شکل ۵. ساختار پخچال صحرایی

آنها تاکنین این گورا و خاک از کوزه پوشیده‌اند؟ کوزه، ظرفی سفالی است که ایرانیان از گذشته‌های میهن برای نگهداری آب آشامیدنی از آن استفاده می‌کردند. این سفالینه نیز از خاک رس تهیه می‌شود و در بدنه خود روزه‌های 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 خشک 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. در پوش این مجموعه، پوششی نخعی و مرطوب است که تهیه 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:



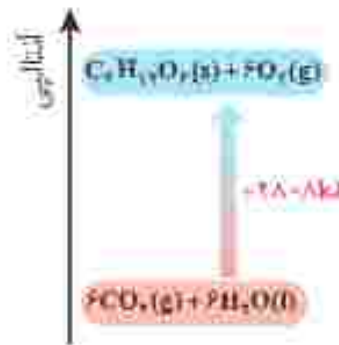
این معادله نشان می‌دهد که برای تبخیر یک مول آب به ۴۴/۱ کیلوژول گرما نیاز است. جذب گرما در این فرایند باعث امت دما شده و فضای درونی دستگاه هم‌راستا با محتویات آن را خشک می‌کند؛ شرایطی که برای سالم نگهداشتن غذا به مدت طولانی‌تر مناسب است.

### انتالپی، 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 اتاقی 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.

- همه مواد پیرامون ما در دما و فشار اتاق، آنتالپی معینی دارند.

شیمی دان‌ها انرژی کل چنین سامانه‌ای را هم‌اروز 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 Δ).



نمودار Δ آنتالپی واکنش در قوت‌تر

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

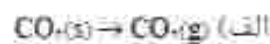
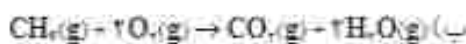
- برای یک واکنش اغلب به جای تغییر آنتالپی واکنش، واژه آنتالپی واکنش به کار می‌رود.

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

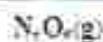
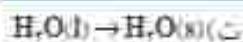
$$Q = H(\text{مواد واکنش دهنده}) - H(\text{مواد غرآورده}) = \Delta H(\text{واکنش})$$

### 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. درحالی‌که علامت مثبت و منفی تنها نشان‌دهنده گرم‌گیر و گرم‌دهنده بودن آن است.



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

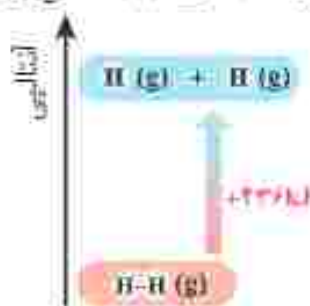
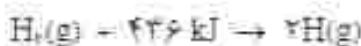
### آنتالپی پیوند و میانگین آن

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 دو اتمی 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  $\text{H}_2(g)$  و تبدیل آن به دو مول  $\text{H}(g)$  حدود  $436 \text{ kJ}$  است (معمودار ۶).

جدول ۲.۴ آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	آنتالپی ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )
Cl-Cl	۲۴۲
Br-Br	۱۹۲
I-I	۱۵۱
H-F	۵۶۷
H-Cl	۴۳۱
O=O	۴۹۵
N=N	۹۴۵

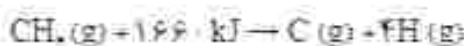


معمودار ۶ آنتالپی پیوند H-H

جدول ۳. میانگین آنالهی برخی پیوندها

پیوند	میانگین آنالهی $\text{kJ mol}^{-1}$
C-O	۳۸۱
N-H	۳۹۱
O-H	۴۶۴
C-C	۳۴۸
C=C	۶۱۴
C≡C	۸۳۹
C=O	۷۴۴
N-N	۱۶۲
O-O	۱۴۶

در ترموشیمی به مقدار  $436 \text{ kJ}$ ، آنالهی پیوند  $(\text{H}-\text{H})$  می‌گویند و آن را با نماد  $\Delta H(\text{H}-\text{H}) = 436 \text{ kJ mol}^{-1}$  نشان می‌دهند. جدول ۴، آنالهی برخی پیوندها را نشان می‌دهد. اینک شاید بپرسید که شیمی‌دان‌ها چگونه آنالهی 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 یا پیوندهای اشتراکی متصل است. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که برای چنین مولکول‌هایی به کار بردن میانگین آنالهی پیوند مناسب‌تر است. برای نمونه بر اساس واکنش:



میانگین آنالهی پیوند  $(\text{C}-\text{H})$  در جدول ۵،  $415 \text{ kJ mol}^{-1}$  درج شده (چرا؟)، به دیگر سخن  $\Delta H(\text{C}-\text{H}) = 415 \text{ kJ mol}^{-1}$  است. جدول ۴، میانگین آنالهی برخی پیوندها را نشان می‌دهد.

### خود را بیازمایید

با استفاده از داده‌های جدول ۳، آنالهی هر یک از واکنش‌های زیر را پیش‌بینی کنید.

الف)  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{O}(\text{g}) + 2\text{H}(\text{g})$       ب)  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_2(\text{g})$

آموختید که انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی منجر به تغییر محتوای انرژی مواد می‌شود. از این رو انجام هر یک از آنها یا 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.

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

شیمی‌دان‌ها به کار بردن آنالهی پیوند و میانگین آن را روشی برای تعیین آنالهی یک واکنش می‌دانند. به دیگر سخن آنالهی‌های پیوند کمک می‌کند تا از یک روش محاسباتی برای تعیین  $\Delta H$  برخی واکنش‌ها بهره برده راهی که در آن تصور می‌شود شماری از پیوندهای اشتراکی در مولکول‌های مواد واکنش‌دهنده، شکسته شده سپس شماری پیوند جدید تشکیل می‌شود تا مولکول‌های فرآورده پدید آید، تا این توصیف دوباره به واکنش میان گازهای هیدروژن و کلر توجه کنید (مورد ۷). این بار با این تصور که با شکسته شدن پیوندهای اشتراکی در مواد واکنش‌دهنده و تشکیل پیوندهای جدید آنها فرآورده این واکنش تولید می‌شود.

## آیا می‌دانید

در هوای سرد زمستان برای گرم نگه‌داشتن دست‌ها می‌توان از کیسه‌های گرم‌زا استفاده کرد. این کیسه‌ها حاوی مواد شیمیایی هستند که در اثر مخلوط شدن با یکدیگر واکنش می‌دهند و گرما آزاد می‌شود. در برخی از این کیسه‌ها از واکنش اکسایش آهن برای تولید گرما استفاده می‌شود.

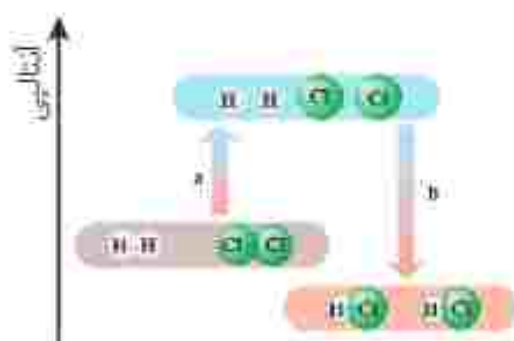


نمای محصولاتی که پیش از انجام واکنش شیمیایی



نمای محصولاتی که پس از انجام واکنش شیمیایی

در آزمایش‌های پایانی فصلی و آزمون‌های مسأله‌در این گونه پرسش‌ها باید فرمول ساختاری مواد شرکت‌کننده داده شود.



نمودار انرژی برای واکنش  $\text{H}_2$  با  $\text{Cl}_2$  و تولید  $\text{HCl}$

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

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

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

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

اینک از جمع جبری کمیت‌های  $a$  و  $b$ ، انرژی واکنش به دست می‌آید:

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

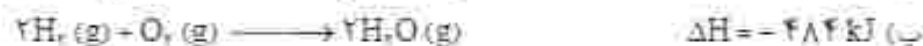
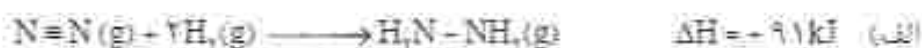
شیمی‌دان‌ها به کار بردن انرژی‌های پیوند را برای تعیین  $\Delta H$  واکنش‌هایی مناسب می‌دانند که همه مواد شرکت‌کننده در آنها به حالت گازند. در چنین واکنش‌هایی هرچه مولکول‌های مواد شرکت‌کننده ساده‌تر باشند، انرژی واکنش محاسبه شده یا داده‌های تجربی همخوانی بیشتری دارد. به دیگر سخن به کار بردن میانگین انرژی پیوندها برای تعیین  $\Delta H$  واکنش‌های گازی یا مولکول‌های پیچیده‌تر اغلب در مقایسه یا داده‌های تجربی تفاوتی آشکار نشان می‌دهد.

## خود را بیازمایید

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

$$\Delta H(\text{واکنش}) = \left[ \begin{array}{l} \text{مجموع انرژی پیوندها} \\ \text{در مواد واکنش‌دهنده} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{مجموع انرژی پیوندها} \\ \text{در مواد فرآورده} \end{array} \right]$$

آیا با استفاده از جدول میانتگین انتالپی پیوندها،  $\Delta H$  هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب نموده و با  $\Delta H$  داده شده مقایسه کنید.



## پیوند بازندگی



ادویه‌ها نقش جالبی در تمدن و تاریخ ملت‌ها دارند به طوری که بو و مزه لذت بخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل افزودن ادویه‌های ویژه‌ای به آنها است. این مواد افزودنی بر رنگ، بو و مزه خوشایندی که به غذا می‌دهند، مصرف دارویی نیز دارند آن چنان که امروزه این مواد برای جلوگیری از گرستگی، افزایش سوخت‌وساز، جلوگیری از التهاب، پیشگیری از سرطان و گاهی بهبود یا رفع آن به کار می‌روند.

یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که چنین خواصی در ادویه‌ها به طور عمده وابسته به ترکیب‌های آلی موجود در آنها است؛ ترکیب‌هایی که در ساختار خود افزودنی بر اتم‌های هیدروژن و کربن، اتم‌های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند. شواهد تجربی نشان می‌دهد که تفاوت در خواص ادویه‌ها به دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است. بررسی مواد آلی موجود در آنها نشان می‌دهد که وجود آرایش ویژه‌ای از اتم‌ها به نام **گروه عاملی**<sup>۱</sup> نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص آنها دارد. در هر یک از این گروه‌ها شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر یا پیوند میان آنها اهمیت ویژه‌ای دارد. برای نمونه آرایش اتم‌های کربن و اکسیژن با پیوند دوگانه ( $\text{C}=\text{O}$ ) نشانه وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل** است، گروهی که به آلدئیدها و کتون‌ها خواص

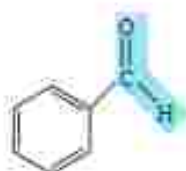
● گروه عاملی، آرایش منظمی از اتم‌هاست که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می‌بخشد.

۱. Functional Group  
۲. Carbonyl

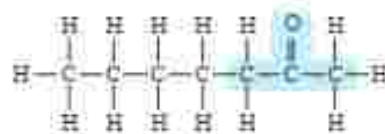
ویژه‌ای می‌بخشد (شکل ۶).



پادام



ب- بنزالدهید



الف) ۲- هپتان



میخک

شکل ۶: نمایش گروه عاملی کربونیل در ۲- هپتان و بنزالدهید. چه تفاوت و چه شباهتی میان گروه‌های 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 یا پیوند دگانه متصل است. این گروه‌های عاملی به ترتیب هیدروکسیل<sup>۱</sup> (-O-H) و گروه اتری (-O-) نام دارند. برای نمونه طعم و بوی گشنیز و زایانه به طور عمده وابسته به وجود این گروه‌های عاملی است (شکل ۷).



زایانه



ب)



الف)



گشنیز

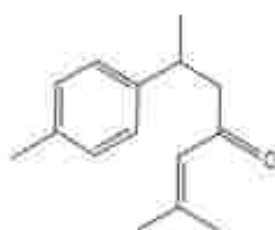
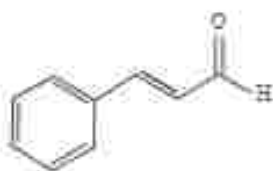
شکل ۷: نمونه‌های از ترکیب‌های آلی موجود در الف) گشنیز و ب) زایانه

## خود را بیازمایید

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



پارچین



زردچوبه

• شیمی دان‌ها به موادی که فرمول مولکولی یکسان اما ساختار متفاوتی دارند، ایزومر (همپار) می‌گویند.

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



الف) شعاع 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 پیش‌پیشی می‌کنید؟ توضیح دهید.



• هنگام کباب کردن گوشت، چرخیدن اثر نقش و اهمیت ترموشیمی را احسن می‌کند.

### آیا می‌دانید

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

• با اینکه همه واکنش‌های سوختن گرماده است، اما ارزش سوختی در منابع معطر علمی بدون علامت متنی گزارش شده است.

### آیا می‌دانید

هر کیلوگرم از بدن به طور میانگین به ۱۰۰ کیلوژول انرژی در شبانه روز نیاز دارد تا وظایف خود را برپایین‌ترین سطح انجام دهند. این در حالی است که هنگام تقصیر انرژی در یک فرد ۷۰ کیلوگرمی هنگام فعالیت سنگین مانند باغبانی یا پیاده‌روی حدود ۸۰۰ کیلوژول و هنگام دویدن حدود ۲۰۰۰ کیلوژول انرژی مصرف می‌کند.

### آنتالپی سوختن، تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی

کباب کردن انواع گوشت، نمونه‌ای کاربردی و خوشایند از ترموشیمی به‌ویژه 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 افزودن بر شکر 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، افزودن 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، قندخون 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 ( $kJ/g$ )	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 حیوانی ها که سخوی گریهیدرک، چربی و پروتین هستند:

انرژی سوختی (kJ g <sup>-1</sup> )	سوپاایی
۱۱/۵	ان
۳/۱۱	پنیر
۰٫۶۱۰	تخم مرغ
۱۸/۰	شکلات
۳/۱	شیر
۲۳	پادام زمینی

حساب کرد. برای این کار می توان از جدول های 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 فعالیت های روزانه او بستگی دارد. هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می شود. آشکار است که تهیه هر غذای گرمی به انرژی نیاز دارد، انرژی ای که به طور عمده از واکنش سوختن سوخت های فسیلی تأمین می شود. یکی از این سوخت ها متان است که بخش عمده گاز شهری را تشکیل می دهد. این ماده در حضور اکسیژن کافی به طور کامل می سوزد و محصول بر CO<sub>2</sub>(g) و H<sub>2</sub>O(g). مقدار زیادی انرژی تولید می کند. این ویژگی در واکنش های سوختن باعث شده که سوخت جای فسیلی تکیه گاهی برای تأمین انرژی در صنعت، کشاورزی و زندگی روزانه باشند.

شیمی دان ها بر اساس این واکنش ها، آنتالپی سوختن یک ماده را هم ارز با آنتالپی واکنشی می دانند که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به طور کامل می سوزد. جدول ۶، آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی را در ۲۵°C نشان می دهد.

جدول ۶. آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی در ۲۵°C

ماده آلی	آنتالپی سوختن (kJ mol <sup>-1</sup> )	ماده آلی	آنتالپی سوختن (kJ mol <sup>-1</sup> )
CH <sub>4</sub> (g)	-۸۹۰	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	-۱۳۰۰
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	-۱۵۶۰	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l)	-۱۶۳۸
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	-۱۳۱۰	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l)	-۷۲۶
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	-۲۰۵۸		-۱۳۶۸

• یکی از فرآورده های سوختن کامل مواد آلی در زمانی است که H<sub>2</sub>O است و حالت مایع دارد.

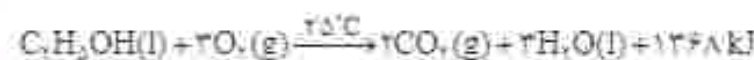
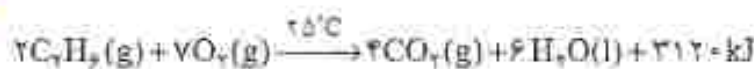
## آیا می دانید

برای اندازه گیری دقیق گرمای سوختن یک ماده می توان از گرماسنج بومی استفاده کرد.



## خود را بیازمایید

- ۱- با توجه به جدول ۶ آنتالپی سوختن پروپان (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) و ۱- بوتن (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>) را پیش بینی کرده سپس با مراجعه به منابع علمی معتبر درستی پیش بینی خود را بررسی کنید.
- ۲- با توجه به معادله واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



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

● سوخت‌های سبز در ساختار خود  
 افرین بر هیدروژن و کربن، اکسیژن  
 نیز دارند و از پسماندهای گیاهی  
 مانند سبزی، نیسگر و دیگر باقی‌مانده‌های  
 روغنی استخراج می‌شوند.



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

● اگر واکنش شیمیایی با  $\Delta H$   
 وابسته به آن بیان شود، به آن واکنش  
 غیرماترموشیمیایی می‌گویند.

ب) حریم  $CO_2$  حاصل از سوختن یک گرم از هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.  
 پد) توضیح دهید چرا اتانول سوخت سبز<sup>۱</sup> به شمار می‌رود؟

### درمیان تارنماها

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

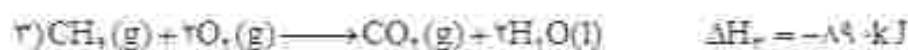
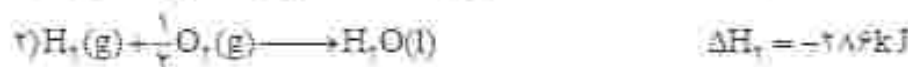
### جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس<sup>۲</sup>

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 آنتالپی  
 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 بهره‌مندی بردند.

می‌دانید که متان، ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان‌ها است و بخش  
 عمده‌ی 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  $25^\circ C$  به صورت زیر است:



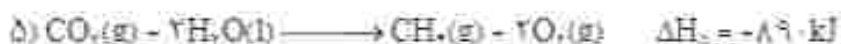
۱. Green Fuel  
 ۲. Hess's Law  
 ۳. Thermochemical Reaction

یا کمی دقت در می‌یابید که به آسانی نمی‌توان از جمع سه واکنش ترموشیمیایی صفحه قبل به واکنش مورد نظر رسید. در این شرایط باید از قواعد راجع در ترموشیمی بهره برد.

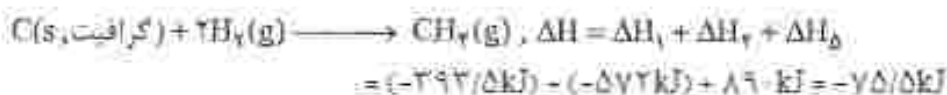
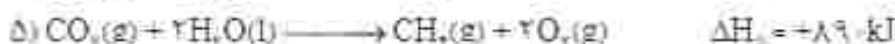
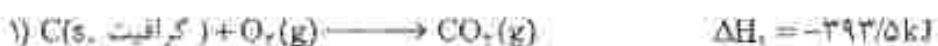
در واکنش مورد نظر، نخستین واکنش دهنده گرافیت با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است که در معادله نخست نیز با همان ویژگی‌ها دیده می‌شود. دومین واکنش دهنده، گاز هیدروژن با ضریب استوکیومتری برابر با ۲ است که در معادله دوم نیز واکنش دهنده اما با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است؛ از این رو، باید این معادله ترموشیمیایی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



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



اینک از جمع معادله‌های ۴، ۱ و ۵ می‌توان به معادله ترموشیمیایی مورد نظر رسید. این روند نشان می‌دهد که  $\Delta H$  آن برابر با جمع جبری  $\Delta H_1$ ،  $\Delta H_2$  و  $\Delta H_3$  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 یا 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 جمع پذیری 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 گارشان نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع آوری شده از این رو به گاز مرادب معروف است.

## آیا می‌دانید

یکی از منابع باور نگرانی اما به تازگی رسیده تولید گاز متان به میزان‌ها هستند هنگامی که تین 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.

## آیا می دانید؟

مخلوط رقیق آب اکسیژنه یک مخلوط همگونی است که خاصیت رنگبری و لکه‌بری نیز دارد.



## خود را بیازمایید

۱- هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) ماده‌ای است که با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می‌رسد.

اقتداً با استفاده از واکنش‌های زیر، شمایی 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؟

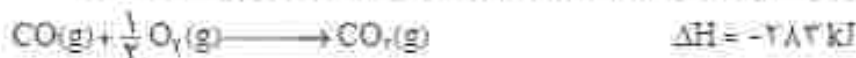
۲- در شیمی ۱ آموختید که گازهای آلاینده مانند  $CO$  و  $NO$  از آگزوز خودروها به هوا گره

وارد می‌شوند. شیمی‌دان‌های هوا گره انجام واکنش زیر را برای شعیل این آلاینده‌ها به

گازهایی پایدارتر و با آلاینده‌های کمتر، طراحی کرده‌اند.

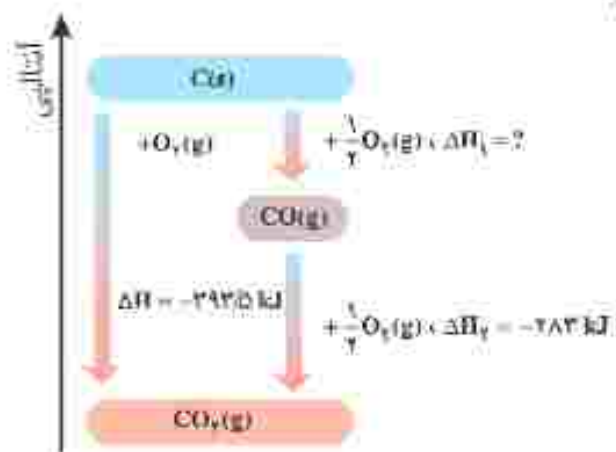


آنتالپی واکنش بالا را با استفاده از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر حساب کنید.



۳- واکنش سوختن کامل هگرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش بی‌دری مطابق

نمودار زیر دانست.

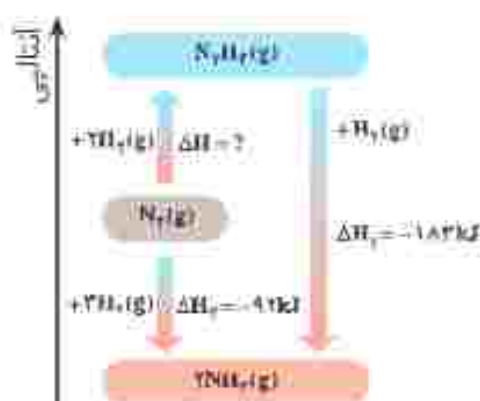


اقتداً شواهد نشان می‌دهد که  $\Delta H$  واکنش تولید  $CO(g)$  را نمی‌توان به روش تجربی تعیین

کرد. درباره علت آن گفت‌وگو کنید.

ب)  $\Delta H$  واکنش تولید  $CO(g)$  را از هگرافیت 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) انتظاری واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

تا اینجا با تغییر محتوای انرژی مواد شرکت‌کننده از جمله سوخت‌ها و مواد غذایی در واکنش‌ها آشنا شدید. اما از دیگر ویژگی‌های مهم یک واکنش، آهنگ انجام آن است؛ کمیتی که در تهیه و نگهداری مواد غذایی سالم نقش کلیدی و تعیین‌کننده دارد.

### غذای سالم

همهٔ خوراکی‌ها و غذاها تاریخ مصرف دارند. آیا تاکنون اندیشیده‌اید که تاریخ مصرف مواد چه معنایی دارد؟ تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می‌دهد که چه مدتی سالم می‌ماند و قابل مصرف است. اتسان 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.



پیه) نمک سود کردن



بیه) تهیه ترشی



الف) خشک کردن میوه‌ها

شکل ۱-۱) برخی روش‌های افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی

## آیا می دانید

بیماری عذازاد از به مع غیرکی شیمیایی و بیستشناختی موجود در ماده غذایی مانی می شود مانند غذایی ممکن است شامل سنگ بزره و برخی ناخالصی ها باشد. وجود دیواره شیمیایی مانند گت گش ها حشره کش ها و سموم می تواند بیماری های گوناگونی را ایجاد کند همچون وجود جندارن ذره بی می توان سب قفسه ماده غذایی شده و منجر به ایجاد بیماری شود غذای سالم غذایی است که از آلودگی های شیمیایی و بیستشناختی برای بدن همیشارند.



برای نگهداری سالم برخی خوراکی ها، آنها را با حالتی کردن هوایی بیرون ظرف بسته بندی می کنند.

تجربه نشان می دهد که محیط سرد، خشک و تاریک برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب تر از محیط گرم، روشن و مرطوب است. نگهداری اغلب مواد غذایی در سردخانه ها تولیدی بر این تجربه است. در واقع عوامل محیطی مانند رطوبت، اکسیژن، نور و دما در چگونگی و زمان نگهداری غذا مؤثرند. در محیط مرطوب، میکروب ها شروع به رشد و تکثیر نموده تا جایی که ماده غذایی کپک زده و سرانجام فاسد می شود. اما در محیط خشک امکان رشد این جانداران ذره بینی وجود ندارد، از این رو می توان خشکی را آسان تر و به مدت طولانی تری در این محیط نگهداری کرد. نیاکان ما نیز بر همین اساس بسیاری از میوه ها را در فصل برداشت خشک می کردند تا آنها را برای مصرف در فصل های دیگر ذخیره کنند.

در شیمی دهم آموختید که اکسیژن همگامی واکنش پذیر است و تعلیل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. براساس این ویژگی، مواد غذایی در هوای آزاد و در معرض اکسیژن، سریع تر فاسد می شوند. وجود پوست و پوشش میوه ها و خشکی یک عامل طبیعی برای افزایش زمان ماندگاری است زیرا مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره بینی به درون آنها می شود. این ویژگی نشان می دهد که حذف اکسیژن از محیط نگهداری مواد غذایی و خوراکی ها سبب افزایش زمان ماندگاری و بهبود کیفیت آنها خواهد شد. آیا می دانید برای حذف اکسیژن از این محیط ها چه باید کرد؟

## خود را بیازمایید

هر یک از موارد زیر نقش چه عاملی را در سرعت واکنش نشان می دهد توضیح دهید.  
(الف) برای نگهداری طولانی مدت فرآورده های گوشتی و پروتئینی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می کنند.

(ب) روغن های مایع که در ظرف مات و کدر بسته بندی شده اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.

(پ) قلیووت گردی معدی و تهیه شده از مغز آفتاب گردان، پسته و... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی ها فاسد می شوند.

بیشرف علوم تجربی سبب شده تا برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی و بهبود کیفیت آنها از روش های گوناگونی مانند تهیه کنسرو، بسته بندی توین، افزودن نگهدارنده ها و... استفاده شود. در این راستا یخچال های صنعتی، سردخانه ها و... تکمیل کننده این فرایند هستند. اکنون باید به این پرسش پاسخ داد که نقش شیمی در نگهداری مواد غذایی

## آیا می دانید

اگر گندم در محیط سرد و خشک نگهداری شود تا ۲۵ سال کیفیت خبث را حفظ می کند و ساله 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، خشک و خشک به نام سیلو نگهداری می شود روشی که حضرت یوسف علیه السلام از آن بهره برد.

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 نگاه داشت؟ پاسخ به این پرسش ها را می توان در رفتار مواد پایکودگر و اثر عوامل گوناگون روی رفتار آنها جست و جو 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 فرآورده صنعتی، دارویی یا غذایی بر کیفیت و زمان ماندگاری آن نقش تعیین کننده ای دارد. **آهنگ واکنش** معیاری برای زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره ای از زمان رخ می دهد. هر چه 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 شکلی 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 برمی گیرد (شکل ۱۲).

## آیا می دانید

در انفجار مواد شیمیایی، به سلفوریک اسید سریع گازهایی آزاد شده، شوک موجی بسیار قوی با فشار بیش از  $700000 \text{ V}$  متصل به سرشلسر محیط پیرامون منتشر گردد که با سرعتی بیش از  $9000 \text{ ms}^{-1}$  باعث تخریب فیزیکی بناها می شود.



باید افزودن محلول سریعاً گردید به محلول بقره تیزرات باعث تشکیل سریع رسوب سفید رنگ شکره گردید 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.



ب) بسیاری از کتابهای قدیمی در گذر زمان زرد و پوسیده می شود. این پدیده نشان می دهد که واکنش تجزیه سلولز کاهنده بسیار کند رخ می دهد.



پ) اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی رنگ سیاه تیره تولید شده در این واکنش تدریجاً تشکیل می آید 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

در باره 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 یا دهای  $^{\circ}\text{C}$  بریزید.





ب) به آن  $\frac{1}{4}$  قرص جوشان بیفزایید و بلافاصله در پوش 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 مشاهده های خود چه نتیجه ای می گیرید؟

## آزمایش ۲

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

ب) به آن  $\frac{1}{4}$  قرص جوشان بیفزایید و بلافاصله در پوش 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 مشاهده های خود چه نتیجه ای می گیرید؟

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

## آیا می دانید

در اغلب قرص های جوشان افزودنی بر ویلنیم شده جوش شیرین، سیتریک اسید، تارتاریک اسید و... وجود دارد.

## آزمایش ۳

الف) نیمی از قرص را به خوبی در جابون چینی بسایید.

ب) آن را به درون قوطی فیلم عکاسی محتوی  $\Delta \text{mL}$  آب یا دمای  $^{\circ}\text{C}$  بفرزایید 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 سوهاماسه بر مقدار یکسانی از آب یا حمامی متفاوت می تواند تغییر نماید سرعت واکنش را نشان بدهد. جدول زیر زمان حل شدن یک عدد از این قرص را در سه دمای متفاوت نشان می دهد.

دما در آب ( $^{\circ}\text{C}$ )	زمان حل شدن قرص (ثانیه)
۱۲	۲۸
۲۲	۲۲
۳۱	۲۲

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 کند آغشته به خاک باغچه سریع تر است زیرا در خاک باغچه کاتالیزور مناسب برای این واکنش وجود دارد. البته باید توجه داشت که مواد واکنش دهنده گوناگون یا 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، مجرد آهن موجود در کپسول جیتی را داغ و سرخ می کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن مجرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می شود.



ب) محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات یا یک اسید آلی در دهانی اتاقی 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.

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



ب) محلول هیدروژن پراکسید در دهانی اتاقی به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم پدید، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد.



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



## پیوند با صنعت

با آغاز قرن بیستم، گرایش مردم به شهرتشیبی به ویژه در کشورهای صنعتی، باعث پدید آمدن شهرهای بزرگ‌تر شد. شهرهایی که در آنها تهیه و تولید غذا به روش سنتی، دیگر پاسخگوی نیازها نبود. در چنین شرایطی ذخیره‌سازی و صادرات غذا به عنوان صنعتی نو خودنمایی کرد. صنعتی که با بهره‌گیری از فناوری‌های گوناگون از جمله بسته‌بندی، کنسروسازی، انجماد و... به سرعت در سرتاسر جهان گسترش یافت. اما هنوز شرکت‌های صنایع غذایی با چالش‌هایی در نگهداری و ماندگاری غذا روبه‌رو هستند. افزون بر این فناوری‌ها، استفاده از مواد شیمیایی با ویژگی‌های خاص به عنوان افزودنی‌ها سبب افزایش زمان ماندگاری و کیفیت مواد غذایی شد. افزودنی‌ها، مواد شیمیایی مانند نگهدارنده، رنگ‌دهنده، طعم‌دهنده و... هستند که به صورت هدفمند به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند. برای نمونه نگهدارنده‌ها، سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد ماده غذایی می‌شود را کاهش می‌دهند. یکی از این مواد، بنزوئیک اسید است که در نمک و نمک‌های آن وجود دارد (شکل ۱۳).



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

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

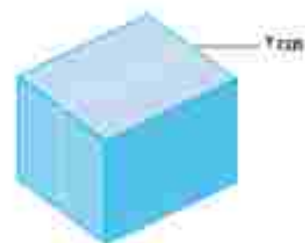
## آیا می‌دانید

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

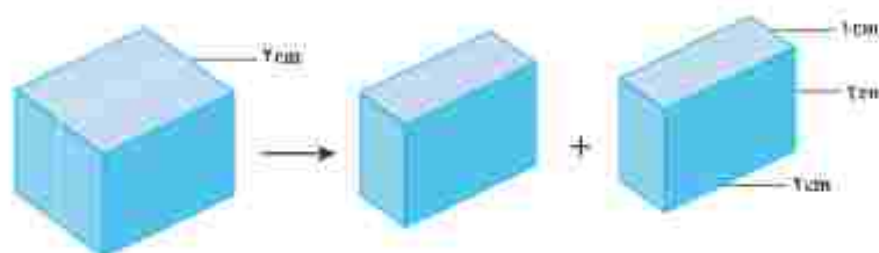
## پیوند با ریاضی

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 می‌دهد؟ توضیح دهید.



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



۳- بر اساس تحلیل خود از پرمش‌های بالا، علت تفاوت در سرعت واکنش سوختن زغال زغال با مورد آن را توضیح دهید.

اینک می‌پذیرید که واکنش‌های شیمیایی در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه با سرعت‌های متفاوتی انجام می‌شوند. برخی از این واکنش‌ها مانند گوارش، تنفس، تهیه داروها و تولید فرآورده‌های صنعتی مفید و ضروری هستند اما برخی دیگر مانند خوردگی وسایل آهنی، تولید آلاینده‌ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب، زایل بار و ناخواسته‌اند. شیمی‌دان‌ها از یک سو در پی یافتن راه‌هایی برای کاهش سرعت یا توقف واکنش‌های ناخواسته‌اند و از سوی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فرآورده‌های گوناگونی با صرفه اقتصادی تولید کنند. برای دستیابی به چنین اهدافی باید درباره شرایط و چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آنها آگاهی داشته باشند. سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از شیمی است که این آگاهی را در اختیار ما می‌گذارد.

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

سرعت واکنش در پژوهش‌های علمی، فناوری‌های نو، تولید فرآورده‌های دارویی و... آن‌چنان اهمیت دارد که باید با دقت اندازه‌گیری و گزارش شود. به دیگر سخن مقایسه دقیق میان سرعت واکنش‌ها 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 دهنده‌ها مصرف و فرآورده‌ها تولید می‌شوند، می‌توان آهنگ مصرف واکنش دهنده‌ها و تولید فرآورده‌ها را در بازه‌ای از زمان

## اندازه‌گیری کرده (شکل ۱۴)



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

در این واکنش یا گذشت زمان به تدریج از شدت رنگ مخلول کاسته شده تا اینکه در پایان واکنش، محلول تا مرز بی‌رنگ شدن بیش 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، آنگاه صرف رنگ غذا را بر حسب مول بر دقیقه ( $\text{mol min}^{-1}$ ) حساب کنید.

۲- دانش آموزی 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 یا 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) واکنش پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

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

پ) اگر شمار مول‌های مصرف شده از هر واکنش دهنده در واحد زمان بیانگر سرعت مصرف آن باشد، سرعت مصرف  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  را بر حسب  $\text{mol min}^{-1}$  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 مخلوط هیدروکلریک اسید در دما و فشار اتاق مطابق شکل رویه‌رو در نظر بگیرید.



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

زمان (دقیقه)	۱	۲	۳	۴	۵	۶
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۵۱۹۸	۶۵۱۳۲	۶۴۱۸۸	۶۴۱۶۶	۶۴۱۵۵	۶۴۱۵۰
جرم کربن دی‌اکسید (گرم)	۰	۱۶۶	۱۷۰	—	—	—

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

ب) جدول را کامل کنید.

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

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

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

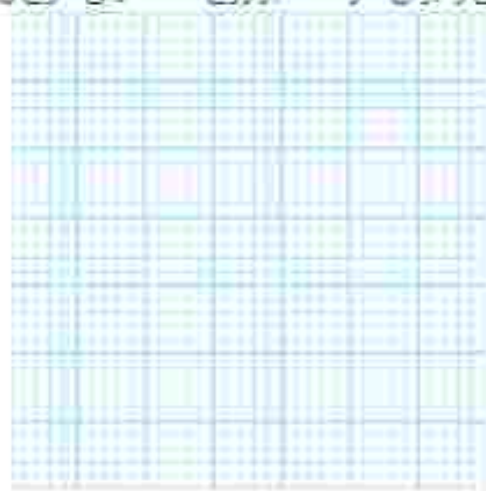
• اگر شمار مول‌های یک ماده را با نمایش دهید  $n = n_0 + \Delta n$  تغییر تعداد مول‌های آن ماده را نشان می‌دهد.  $\Delta n > 0$  افزایش شمار مول‌های فرآورده و  $\Delta n < 0$  کاهش شمار مول‌های واکنش‌دهنده را در واکنش نشان می‌دهد.

$R(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t}$ , (mol <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	$n_0(\text{CO}_2)$ , (mol)	$n(\text{CO}_2)$ , (mol)	زمان (s)
$1/5 \times 10^{-2}$	$1/5 \times 10^{-2}$	$1/5 \times 10^{-2}$	0
$1/5 \times 10^{-2}$	$1/5 \times 10^{-2}$	$2/5 \times 10^{-2}$	10
_____	_____	$3/5 \times 10^{-2}$	20
_____	_____	_____	30
_____	_____	_____	40
_____	_____	_____	50

## آیا می‌دانید

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

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 فرآورده در واکنش

کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید از هر لحاظ یکسان است. چرا؟

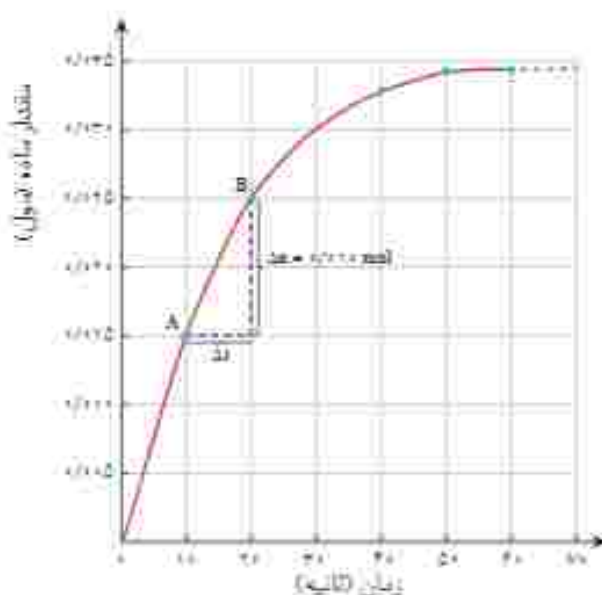
## سرعت متوسط و شیب نمودار مول-زمان

با چگونگی محاسبه سرعت متوسط تولید فرآورده 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 A نمودار مول - زمان برای فرآورده

در نمودار A، نقطه A نشان می‌دهد که در زمان  $t_A = 10\text{ s}$ ، مول‌های کلیم کلرید برابر با  $n_A = 0.025\text{ mol}$  و نقطه B نشان می‌دهد که در زمان  $t_B = 20\text{ s}$ ، مول‌های این ماده برابر با  $n_B = 0.055\text{ mol}$  است. از این‌رو:

$$\Delta n(\text{CaCl}_2) = n_B - n_A = 0.055\text{ mol} - 0.025\text{ mol} = 0.030\text{ mol}$$

این مقدار، تغییر مول‌های کلیم کلرید را در گستره زمانی 10 تا 20 ثانیه (مول - زمان) 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 کلیم کلرید را در بازه زمانی 10 تا 20 ثانیه مشخص می‌کند.

نمودار A 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 فرآورده‌ای تولید نمی‌شود.

## خود را بیازمایید

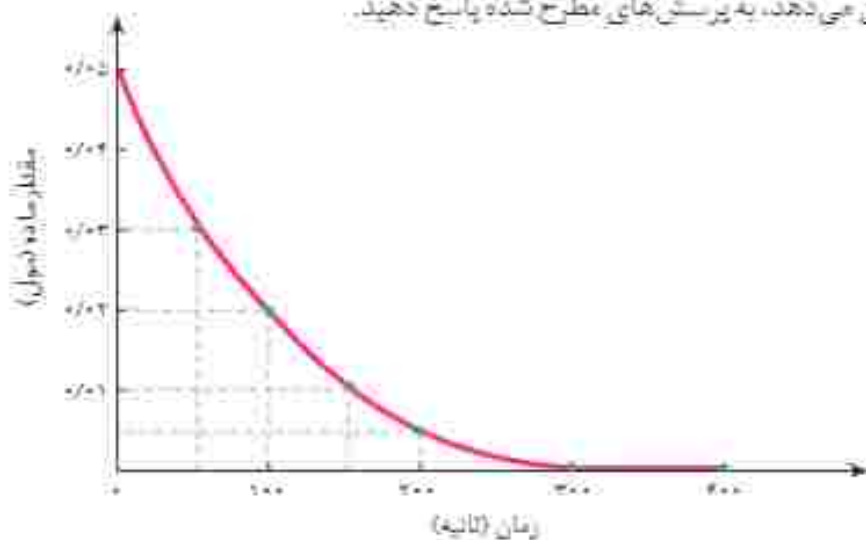
1- در واکنش  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  یا  $\text{HCl}(\text{aq})$  چه رابطه‌ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.

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



اگر در شرایط معین  $\bar{R}(O_2) = 0.01 \text{ mol s}^{-1}$  باشد،  $\bar{R}(SO_2)$  و  $\bar{R}(SO_3)$  را بر حسب  $\text{mol min}^{-1}$  حساب کنید.

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



- الف) مول‌های واکنش دهنده (رنگ‌غذا) 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.

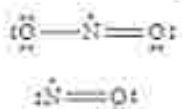
## پیوند با زندگی

### خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌هایی مفید و مؤثر

یاغته‌ها و شواهد تجزیه‌ی نشان می‌دهد که برنامه غذایی محتوی سبزیجات و میوه‌های گوناگون، نقش بازدارندگی مؤثری در برابر سرطان‌ها و بیماری زودرس دارند. این یاغته‌ها

## آیا می دانید

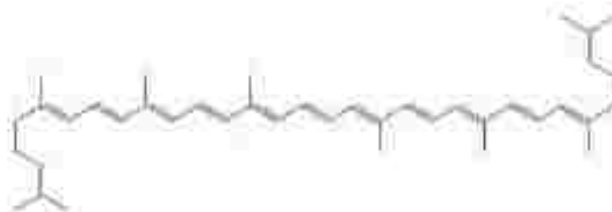
رادیکال‌ها نه تنها در بدن بلکه در محیط زندگی نیز وجود دارند. برای نمونه هوای آلوده دارای رادیکال‌های NO و NO با ساختارهای لوویس زیر است.



عالی‌مندان 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 به‌عنوان بازدارنده از انجام واکنش نامطلوب و ناخواسته به‌دلیل حضور رادیکال‌ها جلوگیری می‌کنند.

رادیکال، گونه فعال و ناپایداری است که در ساختار خود الکترون جفت نشده دارد. در واقع محتوی آنتی‌اکسیدان است که از قلعه جفت‌تایی بیرونی نمی‌گند، به‌یمنی است که رادیکال‌ها واکنش پذیری بالایی دارند.

در بدن ما به‌دلیل انجام واکنش‌های متنوع و پیچیده، رادیکال‌هایی به‌وجود می‌آیند که اگر به‌وسيلة بازدارنده‌ها 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).



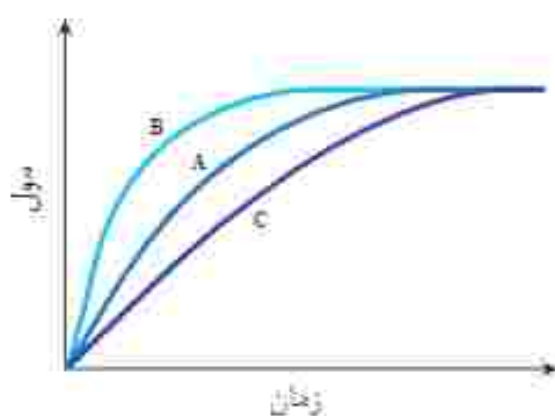
شکل ۱۵. هندوانه و گوجه‌فرنگی محتوی لیکوپن بوده که فعالیت رادیکال‌ها را کاهش می‌دهد.

## 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 کلابی ارائه کنید.

## خود را بیازمایید

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

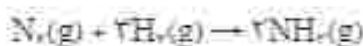


## سرعت واکنش

در یافتید 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 یکسانی نباشد، سرعت متوسط آنها متفاوت خواهد بود. شیبی‌دان‌ها برای درک آسان پیشرفت واکنش در واحد زمان، از یک مفهوم کاربردی به نام سرعت واکنش استفاده می‌کنند.

### با هم ببیند بشیم

۱- سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گشتة زمانی معینی برابر با  $4 \times 10^{-3} \text{ mols}^{-1}$  است.



- الف) سرعت متوسط مصرف  $\text{N}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2(\text{g})$  را در این گشتة 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) از نیابت معادله شیمیایی موازنه شده واکنش را با رابطه زیر توضیح دهید.
- ث) سرعت متوسط کدام ماده با سرعت واکنش برابر است؟ توضیح دهید.

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



• سبزی که از جوشه 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  
مصرفه یا تولید را افزایش بر یکای  
مول بر زمان یا یکای مول بر لیتر بر  
زمان نیز گزارش کرد.

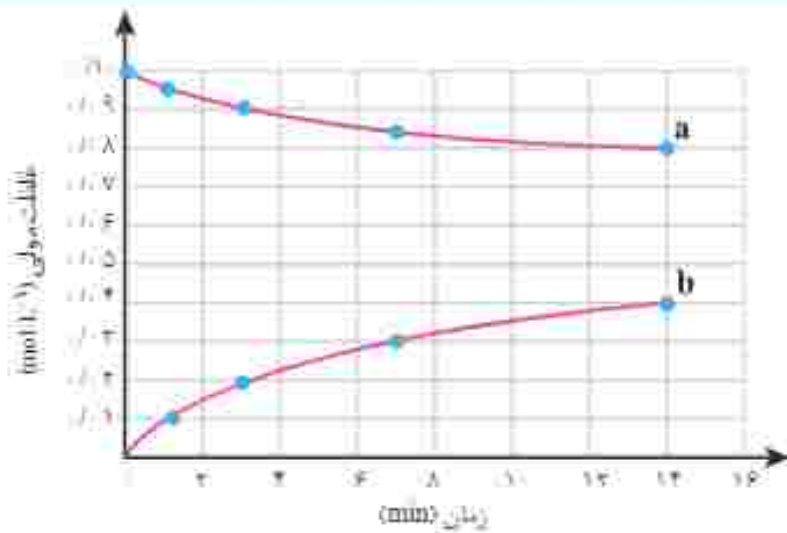
• غلظت مولی یک ماده را با نوشتن  
فرمول شیمیایی آن درون یک کروشه  
نمایش می دهند.  
غلظت مولی A:  $[A]$

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)					غلظت مولی (mol L <sup>-1</sup> )
۱۲	۷	۳	۱	۰	
۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰	$[C_6H_{12}O_6]$
۰/۸	۰/۵۵	۰/۹	۰/۹۵	۱/۱	$[C_{12}H_{22}O_{11}]$



الف) در سه دقیقه نخست،  $\bar{R}$  (گلوکز) و  $\bar{R}$  (مالتوز) 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 بهره‌مندی از این منابع برای همه یکسان نیست. دلیل این تفاوت را باید

## آیا می‌دانید

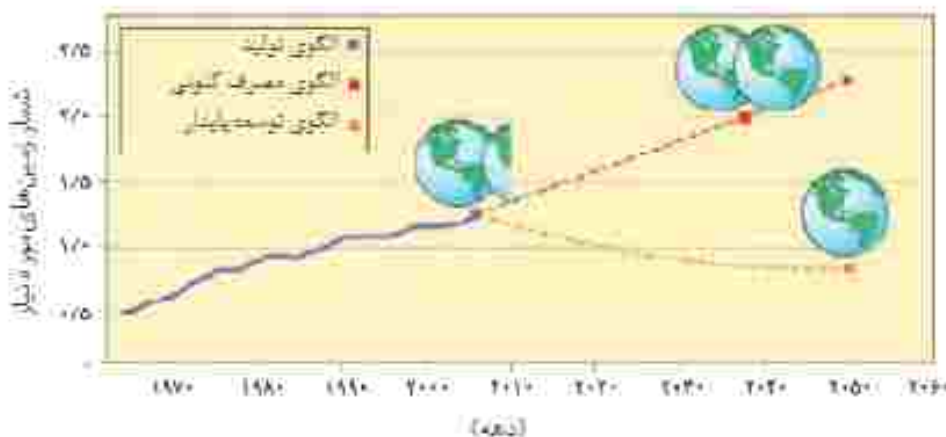
فانو برآورد می‌کند که ۱۲۰ مواد غذایی تولید شده یعنی حدود ۱۲ میلیارد تن در سال از بین رفته یا به زباله تبدیل می‌شود.

در سبک زندگی هر فرد جستجو کرده زیرا هر سال در طول عمر خود، ردیاب‌های متفاوتی در محیط زیست برجای می‌گذارد.

در شیعی دهم یا ردیاب گرین دی اکسید و آب آشنا شدید. ردیاب‌هایی که دو چهره آشکار و پنهان دارند. پدیده دو چهره دیگری از این است، ردیاب غذا است. چهره آشکار آن نشان می‌دهد که سالانه حدود ۱۲۰ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود. این در حالی است که آمارها نشان می‌دهد که به‌ازای هر هکتار در جهان، یک تن گرسنه است! خبری که هدر رفتن منابع اقتصادی را آشکار می‌سازد. اما چهره پنهان این ردیاب شامل همه منابعی است که بر تهیه غذا از آغاز تا سرسره سهم داشته‌اند. مدیریت منابع، نیروی انسانی برای تولید و تأمین مواد اولیه و انرژی، فرآوری، ابزار و دستگاه‌های مورد نیاز، بسته‌بندی، حمل و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین‌های بایر و... از جمله این منابع هستند.

چهره پنهان این ردیاب، تولید گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه گرین دی اکسید است، آن چنان که سهم تولید این گاز در ردیاب غذا به مراتب بیش از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و... است.

از آنجا که جمعیت جهان، رشد اقتصادی، سطح رفاه و... روبه 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 ردیاب غذا روی محیط زیست 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

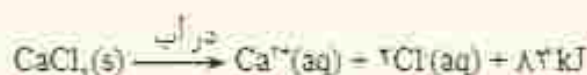
افزایش دهند تا ردهای آن کاهش یابد. آشکار است که اجرای هر یک از این برنامه‌ها در گروه جمعیت و تلاش یکایک ساکنان زمین است.

### خود را بیازمایید

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

بیانی از اصل شیمی	الگوی کاهش ردهای غذا
کاهش مصرف انرژی	خرید به اندازه نیاز
طراحی مواد و فرآورده‌های شیمیایی سالم‌تر	کاهش مصرف گوشت و لبنیات
کاهش تولید زباله و پسماند	استفاده از غذاهای بومی و فصلی
کاهش برود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست	کاهش مصرف غذاهای فرآوری شده

۱- اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب دیدگی های خود از بسته هایی استفاده می کنند که به سرعت گرما را انتقال می دهند. اساس کار این بسته ها، انحلال برخی ترکیب های یونی در آب است. با توجه به معادله های ترموشیمیایی زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید:



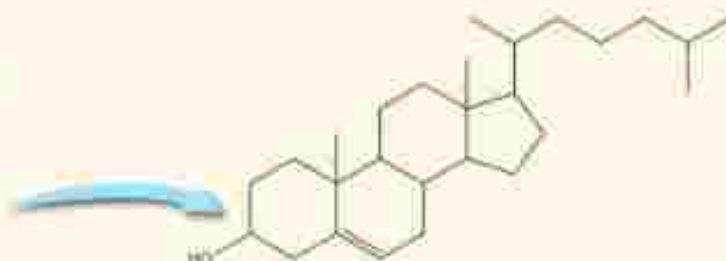
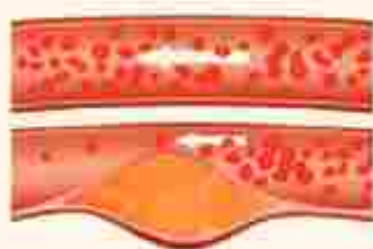
الف) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محلول آسیب دیدگی مناسب است؟ چرا؟  
 ب) از انحلال کامل ۲/۲۲ g کلسیم کلرید خشک در آب چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

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



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

۳- کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای چربی است که مقدار اضافی آن در دیواره رگ ها رسوب می کند. فرایندی که منجر به گرفتگی رگ ها و سکنه می شود. با توجه به ساختار آن به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) توضیح دهید چرا شیمی دان ها آن را یک الکل سیر نشده می دانند؟  
 ب) با توجه به جدول شماره ۳، در شرایط یکسان کدام پیوندهای اشتراکی یگانه در ساختار کلسترول آسان تر شکسته می شود؟ چرا؟



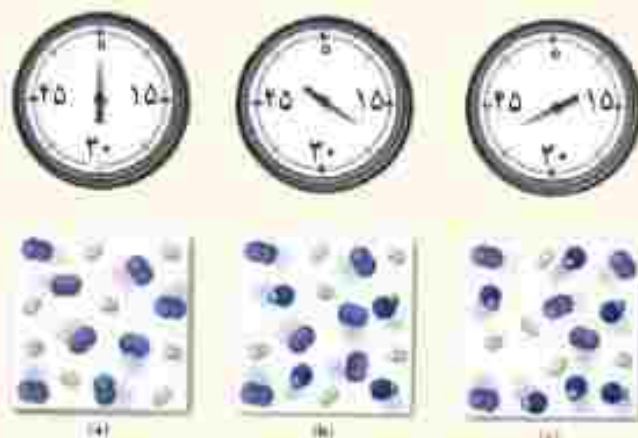
۴- از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت،  $15/24 \text{ kJ}$  گرما آزاد می‌شود.



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

۵- با توجه به واکنش ترموشیمیایی:  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(s) + 52 \text{ kJ} \rightarrow 2\text{HI}(g)$ ، آنتالپی واکنش  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightarrow 2\text{HI}(g)$  را حساب کنید (راهنمایی: آنتالپی فرازش (تصعید) یُد را  $62/5 \text{ kJ/mol}$  در نظر بگیرید).

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



اگر هر دهر هم ارز یا (۱) مول از ماده و سامانه دو لیتری باشد، سرعت واکنش را پس از ۲ دقیقه (b) و پس از ۴ دقیقه (c) بر حسب  $\text{mol L}^{-1} \text{h}^{-1}$  حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.



الف) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

ب) آنتالپی سوختن اتان و هیدروژن که به ترتیب برابر با  $-1410$ ،  $-1560$  و  $-286$  کیلوژول بر مول است، حساب کنید.

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

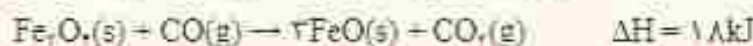
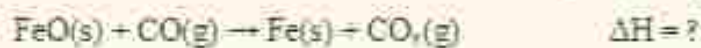
ماده غذایی	انرژی (kcal)	برگه پروتئین (g)	سبب	پایام
چربی (گرم)	۹/۴۹	۱/۱۷	۵۲	۵۷۹
کلسرول (میلی گرم)	-	-	-	-
کربوهیدرات (گرم)	۹/۲۵	۳۰/۲۴	۷۸/۷	۲۵/۹۰
پروتئین (گرم)	۴/۳۱	۲/۲۹	۱۲۶	۳۱/۳۰

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

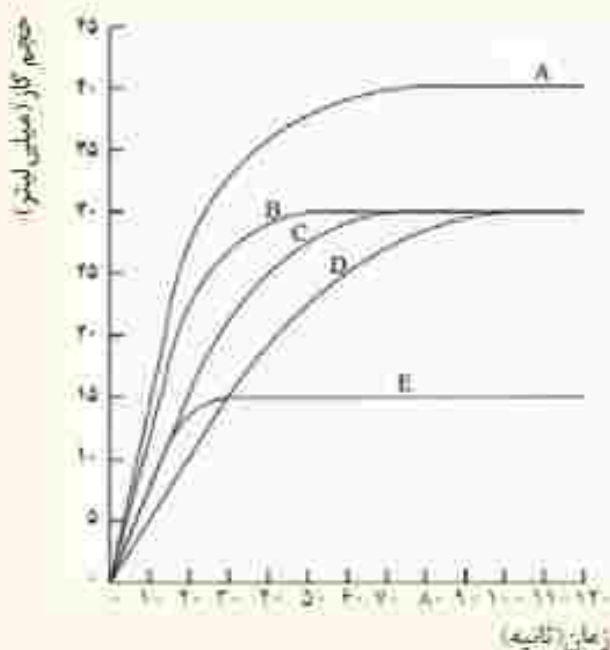
الف) اگر بدن فردی نیاز فوری و ضروری به تأمین انرژی داشته باشد، کدام خوراکی را پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟  
 ب) مصرف کدام خوراکی را برای فعالیت‌های فیزیکی که در مدت طولانی تری انجام می‌شوند، مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

ج) اگر یک فرد ۷۰ کیلوگرمی، ۲۵ گرم پادام خورده باشد، برای مصرف انرژی حاصل از آن چه مدت باید پیاده‌روی کند؟  
 آهنگ مصرف انرژی در پیاده‌روی را  $19 \text{ kcal hr}^{-1}$  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 ۱۵ 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 آنها به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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

ب) کدام منحنی مربوط به واکنشی است که در آن ۱۵ گرم پودر منیزیم به جای نوار منیزیم استفاده شده است؟ (بقیه شرایط واکنش تغییر نکرده است.) دلیل خود را توضیح دهید.

ج) کدام منحنی مربوط به واکنش ۱۵ گرم نوار منیزیم با مقدار کافی از هیدروکلریک اسید در دمای ۵ درجه سلسیوس است؟ چرا؟



..... ● **بِئْسَ مَا آذَمَ قَوْمٌ لَمَّا آتَوْا بِنَارِكُمْ لَبَاسًا يُّوَارِي سَوَائِكُمْ وَيُرِي مَا بَدَنُهُمْ** (سوره اعراف، آیه ۲۶)

ای فرزندان آدم! لباسی برای شما فرو فرستادیم که شما را می پوشاند و مایلگوشانت پنهان کند و...

خداوند یکتا و آفریدگار هستی، جانوران را با پوشش‌هایی مانند پشم، پر، فلس و... آفریده است. انسان با بهره‌مندی از هوشی و تجربه‌های برگرفته از طبیعت توانست نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست جانوران تهیه کند. او با گذشت زمان از بافت‌های گیاهی نیز برای پوشش خود استفاده کرد. در گذر زمان با تشکیل جوامع بشری، پوشش انسان‌ها 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 می‌شوند؟ نقش دانش و فناوری در صنعت پوشاک چیست؟ ما را بر آن می‌دارد تا با بهره‌گیری از دانش شیمی در این فصل، درصدد یافتن پاسخ پرسش‌هایی از این دست باشیم.



## آیا می دانید

یافته‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهد که پیشینهٔ زندگی و بافندگی از ایلانی مانند پشم، ابریشم، پنبه و گشن به هزاران سال پیش برمی‌گردد. به دیگر سخن، نساجی را کهن‌ترین صنایع در تمدن بشری است که با دوختن نسی با به عرصهٔ ظهور گذشت.



انسان در طول تاریخ، همواره به دنبال تهیهٔ پوشاک مناسب بوده است. پوشاک افزون بر پوشش بدن، در تمدن بشری نقش بزرگی داشته است آن‌چنان‌که 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، نگرگ، 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 دغی 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 داشتند 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 غلظتی، آتش، گلوله و... محافظت می‌کند (شکل ۲).

## آیا می دانید

سنگ‌نگاره‌ای با قدمت حدود ۳۰۰۰ سال، تصویر یک زن هیلانی را در حال نخ‌ریسی نشان می‌دهد که خستگاری در حال یاد زدن است.



(ا)

(ب)

(ج)

شکل ۲- چند نمونه پوشاک: الف) لباس عوامی، ب) لباس فضانوردی، پ) لباس آتش‌نشان

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.

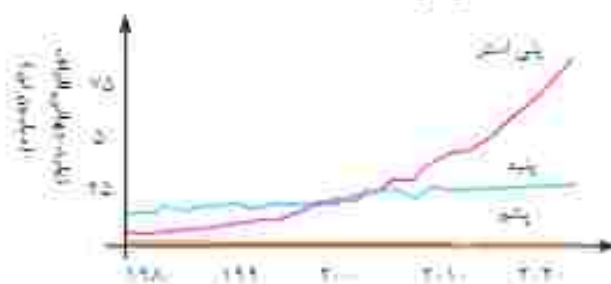
به همین دلیل صنعت نساجی به شکل صنعتی و امروزی پدیدار شد. صنعتی که با بهره‌گیری از فناوری‌های نو به تولید پوشاک پرداخت. اما موفقیت این صنعت در گرو تأمین الیاف مورد نیاز بود. از آنجا که منابع طبیعی محدود بود، الیاف تولید شده پاسخگوی نیاز صنایع نساجی و جامعه نبود. گویی زمان آن رسیده بود که شیمی‌دان‌ها طاری سیاه‌را 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 شدند؛ 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 (تمودار ۱).

## آیا می‌دانید؟

الیاف جمع‌یافت‌یافته‌ی رشته‌های نازک، بلند و موطنندی با استحکام و انعطاف‌پذیری مناسب است. اگر کنار هم قرار گرفتن این رشته‌ها الیاف به دست می‌آید. در واقع با تنیدن الیافها، الیاف را تولید می‌کنند.



● میزان نسبی الیاف تولید شده در جهان



● نمودار ۱- روند تولید الیاف پشمی، اخی و پلی‌استری در جهان

## آیا می‌دانید؟



● با وجود گسترش صنعت نساجی و پوشاک، تولید فرآورده‌های نسبی به دلیل بی‌ظنری محدود و جلیبی بودن اهمیت و جایگاه ویژه‌ای فرزندگی انسان‌ها دارند. کفش گیوه اورامانات یکی از این موارد است. کفشی که دست‌دوز بوده و همگنی ندارد. این پوشش بسیار انعطاف‌پذیر، سبک و محکم است و امکان جابه‌جایی هوا دارد. این کفش در زمان جنگی به کارش معروف است.

## خود را نیاز مایید

در هر یک از جاهای خالی یکی از واژه‌های «نخ»، الیاف، دوزندگی، فراوری و بافندگی را قرار دهید.



- ۱. Fibers
- ۲. Thread

با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر دربارهٔ 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 فرآورده‌های پتروشیمیایی برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی‌استر، نایلون و... به کار می‌روند. از این الیاف افزون بر تهیهٔ پارچه و پوشاک، به‌طور گسترده‌ای در تهیهٔ انواع پوشش‌ها، ظروف نجسب، یکبار مصرف و پلاستیکی، فرش، پرده و... استفاده می‌شود.

اکنون این پرسش‌ها مطرح می‌شوند که الیاف ساختگی چه مزایای 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 سازندهٔ الیاف چه ویژگی‌هایی دارند؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها و پرسش‌هایی از این دست با ما همراه شوید.

### الیاف و درشت مولکول‌ها

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 روبهٔ میل، 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 سازندهٔ هر مولکول سلولز، بسیار زیاد بوده و اندازهٔ مولکول آن بزرگ است.



شکل ۳. تپلی ساده از الیاف سلولز و مولکول‌های سازندهٔ آن در پنبه

### آیا می‌دانید

سلولز از اتصال حدود ۲۰۰۰ مولکول گلوکز به یکدیگر تشکیل می‌شود. از این رو فرمول مولکولی آن به تصویر  $C_{11}H_{22}O_{11}$  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.

## با هم بیندیشیم

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



الف) جدول را کامل کنید.

نام ماده	اندازه مولکول		حجم مولی		شکل آنها	
	بزرگ	کوچک یا متوسط	کوچک یا متوسط	بزرگ	کمی متوسط	بسیار بزرگ
آب						
پلی اتیلن						
برونان						
نشاسته گندم						
اتسولین	*			*	*	
سلولز						
زوتن زردچوبه						

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

## آیا می دانید

اتسولین هیزمون تنظیم کننده قند خون است. شکر پریمی از ساختار این هیزمون را نشان می دهد.



• گلوکز ساخته مولکول های نشاسته و سلولز است، اما به دلیل تفاوت ساختار مولکول های نشاسته و سلولز، خواص آنها متفاوت است.

## آیا می دانید

نام ماده	حجم مولی (g/mol)
آب	18
اتسولین	162
سلولز	162
پلی اتیلن	28
پلی اتیلن	28

● واژه پلیمر از واژه یونانی *poly* به معنای «بسیار» و *meros* به معنای «پاره» گرفته شده است.

## آیا می دانید

مولکول های گاز اتن در دمايی  $500^{\circ}\text{C}$  و فشار  $1000\text{ atm}$  و در حضور کاتالیزور مناسب با یکدیگر واکنش داده و به پلی اتن تبدیل می شوند.

## آیا می دانید

شیمی آلی به مطالعه ساختار، خواص، ترکیبها، واکنشها و تهیه مواد کربن داری می پردازد که نه تنها شامل هیدروکربن ها می شود بلکه در ساختار این مواد اتم تنصه های دیگری مانند اکسیژن، نیتروژن، هالوژن، فسفر و گوگرد نیز وجود دارد این شاخه از علم شیمی در آغاز محدود به ترکیب های تولید شده توسط موجودات زنده بود اما امروزه مواد ساخته بشر همانند انواع پلاستیک ها نیز گسترش یافته است.

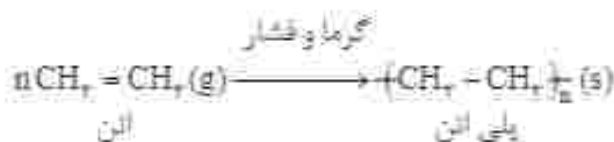
ب) درشت مولکول های جدول صفحه پیش را با هم مقایسه کنید چه شباهت ها و تفاوت هایی دارند؟

- ت) در کدام مولکول ها بخش هایی 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) پیش بینی کنید نیروی بین مولکولی در کدام دسته از مواد قوی تر است؟ چرا؟

می دانید که ماده مولکولی، ماده ای است که ذره های سازنده آن مولکول ها 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 ( $\text{SO}_3$ )، هیدروکربن ها و... نمونه هایی از این ترکیب ها هستند. این مولکول ها کوچک اند و شمار اتم های سازنده آنها کم. در نتیجه جرم مولی آنها کم تا متوسط است. در حالی که مولکول برخی ترکیب ها مانند سلولز، نشاسته و پروتئین موجود در پشم، ابریشم و... بسیار بزرگ است به طوری که شمار اتم های آنها به ده ها هزار می رسد، از این رو به درشت مولکول معروف اند. درشت مولکول های دیگری مانند پلی اتن، نایلون، نفلون و... نیز وجود دارند که در طبیعت یافت نمی شوند و ساختگی هستند. این مواد از واکنش پلیمری شدن (پسارش) تهیه می شوند.

## پلیمری شدن (پسارش)

پلیمری شدن واکنشی است که در آن مولکول های کوچک در شرایط مناسب به یکدیگر متصل می شوند و مولکول هایی با زنجیرهای بلند و جرم مولی زیاد تولید می کنند. برای نمونه هر گاه گاز اتن را در فشار بالا گرما دهیم، جامد سفید رنگی به دست می آید، بررسی ها نشان می دهد که جرم مولی این فراورده، اغلب ده ها 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. معادله زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می کند.



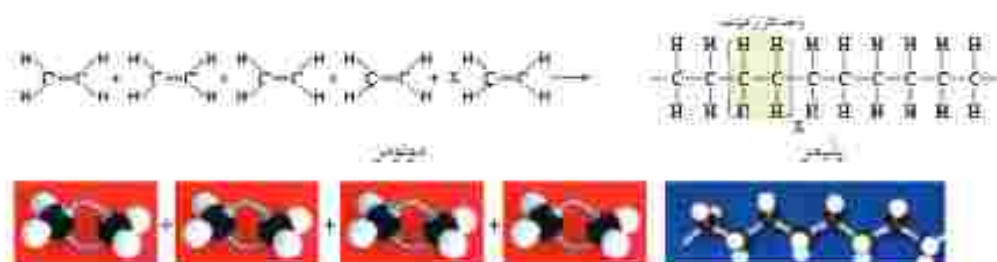
با دقت در ساختار پلی اتن (فراورده) در می یابید که هیدروکربنی سیر شده است زیرا هر اتم کربن در آن با چهار پیوند اشتراکی یگانه به چهار اتم دیگر متصل است، در حالی که در یک مولکول اتن هر اتم کربن به سه اتم دیگر متصل است. با این توصیف در طی این واکنش یکی



## آیا می دانید

سالانه در حدود ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ 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 ۶ نوع پلیمر ساختمانی تولید شده است.

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



شکل ۴-تمایی از واکنش تشکیل پلی اتن

به واکنش دهنده ها در واکنش پلیمری شدن، **مونومر** (تکپار) 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 فاعده ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است. به همین دلیل برای پلیمرها نمی توان فرمول مولکولی دقیقی نوشت. شبیهی دان ها برای نمایش آنها، واحد تکرار شونده را درون کمانک نوشته و زیروند n را جلوی آن می نویسند (شکل ۵الف و ب).



شکل ۵-الف) الگوی تشکیل یک پلیمر

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



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

قرمز شدن لایه ای از پلی وینیل کلراید بین دو صفحه شیشه ای مانع از عبور ریزش 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.

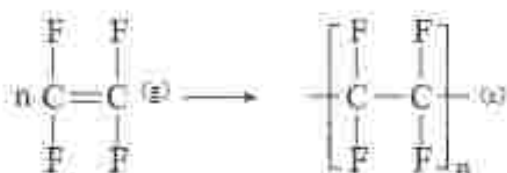
## خود را بیازمایید

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

نام و ساختار مونومر	نام و ساختار پلیمر	کاربرد پلیمر
.....	$\left[ \begin{array}{c} H \\   \\ -CH_2 - C - \\   \\ CN \end{array} \right]_n$ پلی سیانوآکریل	پنبه
$CH_2 = \begin{array}{l} H \\   \\ C \\   \\ CH_3 \end{array}$ پروپن	.....	سرنگ
.....	$\left[ \begin{array}{c} H \\   \\ -CH_2 - C - \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$ .....	ظروف یکبار مصرف
$\begin{array}{c} F & & F \\ & \diagdown & / \\ & C = C \\ & / & \diagdown \\ F & & F \end{array}$ تترافلوروآتن	.....	لیج ششگانه
.....	$\left[ \begin{array}{c} H \\   \\ -CH_2 - C - \\   \\ Cl \end{array} \right]_n$ پلی وینیل کلراید	کیسه خنک

## 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 تترافلورواتن بود. یک روز هنگامی که پلانکت شیر کیسول 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 هیچ‌چیز نبود و او تعجب کرد. کنجکاوی وی سبب شد موضوع را بیشتر پیگیری کند. پلانکت برای یافتن دلیل آن، جرم کیسول را اندازه‌گیری کرد و با نتیجه غیرمنتظره‌ای روبرو شد. جرم کیسول مورد نظر با کیسول پر از گاز برابر بود! پافشاری وی برای حل مسئله، باعث شد تا او کیسول را برش دهد و داخل آن را مشاهده کند. او پس از برش کیسول با منظره تازه‌ای روبرو شد. لایه نازکی از یک ماده جامد که کیسول تشکیل شده بود. بررسی دقیق تر نشان داد که این ماده جامد از پلیمری شدن تترافلورواتن 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 آبی 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؟

## آیا می‌دانید؟

یافتن روش مناسب و شرایط بهینه برای انجام واکنش‌های شیمیایی آن قدر مهم است که به مناسبترین روش‌ها جایزه نوبل اختصاص می‌دهند. یافتن روش مناسب برای تولید پلی‌تن سنگین (بدون شاخه) سال‌ها طول کشید و در نهایت دو شیمی‌دان آلمانی و ایتالیایی به نام‌های کارل زیگلر (Karl Ziegler, ۱۸۹۸-۱۹۷۳) و گیولیو ناتا (Giulio Natta, ۱۹۰۴-۱۹۷۹) برنده جایزه نوبل شیمی شدند. آنها موفق شدند کاتالیزگری نیابتی که واکنش پلیمری شدن تن را بدون ایجاد شاخه فرعی پیش می‌برد.

## پیوند با صنعت

پلی‌تن یکی از مهم‌ترین پلیمرهای ساختمانی است که سالانه میلیون‌ها تن از آن در شرکت‌های پتروشیمی تولید شده و برای ساخت وسایل گوناگون استفاده می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷. برخی کاربردهای پلی‌تن

همان‌طور که مشاهده می‌کنید کالاهای ساخته شده از پلی‌تن ویژگی‌های گوناگونی دارند. برخی مانند کیسه پلاستیک موجود در مغازه‌ها و فروشگاه‌ها شفاف بوده و کمی انعطاف پذیرند درحالی‌که برخی دیگر مانند لوله‌های پلاستیکی، دیه‌های آب یا بطری کدر، سبزه، سخت‌تر و محکم‌تر هستند. یک تفاوت آشکار دیگر بین آنها تفاوت در چگالی است. آیا می‌دانید چگونه ممکن است این مواد از یک نوع پلیمر با مونومرهای یکسان تولید شوند، اما ویژگی‌های متفاوت و گاهی متضاد داشته باشند؟ آیا ساختار مولکول‌های سازنده این کالاهای یکسان است؟

یافته‌های تجربی نشان داد که آن در شرایط گوناگون، با انجام واکنش پلیمری شدن فراورده‌هایی با ساختار متفاوت پدید می‌آورد. نوعی پلی‌تن، چگالی کمتری داشته و شفاف است، از این‌رو به پلی‌تن سبک<sup>۱</sup> معروف است درحالی‌که پلی‌تن سنگین<sup>۲</sup>، چگالی بیشتری داشته و کدر است. شکل ۸ ساختار کلی این پلی‌تن‌ها را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل ۸ می‌بینید، مولکول‌های این پلی‌تن می‌توانند به دو صورت به یکدیگر افزوده شوند و دو فراورده متفاوت ایجاد کنند. مولکول‌های این پلی‌تن در شرایط معین پشت سرهم به یکدیگر متصل شده و زنجیرهای بلند و بدون شاخه ایجاد می‌شود. اما در شرایطی دیگر برخی مولکول‌های این پلی‌تن از کنارها به یکدیگر افزوده شده و زنجیرهای شاخه‌دار تولید می‌شود.



● پلی‌تن مشابه را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا به برفه نازک پلاستیکی تبدیل می‌کنند.

۱. Low Density Poly Ethene (LDPE)

۲. High Density Poly Ethene (HDPE)



پلی اتن شاخه‌دار



پلی اتن بدون شاخه

شکل ۸- ساختار شیمیایی پلی اتن

## آیا می‌دانید

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 می‌آید. در حالی که پلی اتن سنگین از پلیمری شدن گاز اتن در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  و فشار  $2000\text{ atm}$  و در حضور مقدار کمی از کاتالیزگر زیگلر-ناتا تولید می‌شود.

## آیا می‌دانید

مقدار  $n$  در ساختار یک پلیمر نشان می‌دهد که چه تعداد از مولکول‌های مونومر با هم واکنش داده و مولکول آن پلیمر را ساخته‌اند. مقدار  $n$  برای تعدادی از پلیمرها در جدول زیر نشان داده شده است.

نام پلیمر	$n$
پلی اتن سبک	$10^3 - 10^4$
پلی اتن سنگین	$10^5 - 10^6$
پلی استین	$10^3 - 10^4$
پلی پتیلن گلید	$10^5 - 10^6$

داده‌های تجربی نشان می‌دهد که چگالی پلی اتن‌های نشان داده شده در شکل ۸ برابر با  $1.97$  و  $1.92$  گرم بر سانتی‌متر 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؟

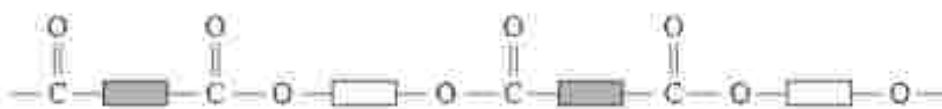
ت) چرا استحکام پلی اتن سنگین از سبک بیشتر است؟

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

## پلی استرها

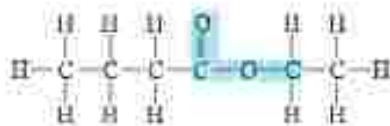
نیاز به تولید پوشاک بیشتر و با کاربردهای گسترده‌تر، شیمی دان‌ها را برای یافتن پلیمرهای جدید تشویق می‌کرد. آنها با بررسی رفتار انواع مواد آلی، موفق به تهیه و ساخت پلیمرهایی شدند که در ساختار آنها اتم‌های اکسیژن و نیتروژن نیز وجود داشت. پلی استرها دسته‌ای از آنها هستند که از اتم‌های  $\text{C}$ ،  $\text{H}$  و  $\text{O}$  تشکیل شده‌اند. از این پلیمرها می‌توان الیاف، نخ و

در نهایت پارچه های پلی استری تولید کرد. شکل ۹ نمایی از ساختار کلی پلی استرها را نشان می دهد.



شکل ۹- نمایی از ساختار کلی استرها

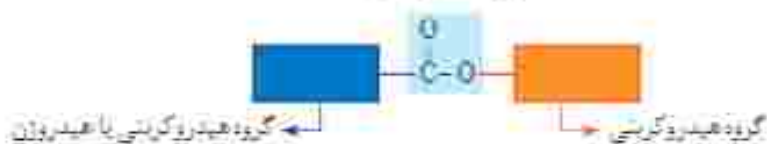
برای اینکه بدانید چنین پلیمرهایی از چه موادی تهیه می شوند، افزودن بر گروه عاملی هیدروکسیل باید با گروه عاملی کربوکسیل و به ویژه گروه عاملی استر و برخی رفتار آنها بیشتر آشنا شوید. استرها دسته ای از مواد آلی هستند که منشأ بوی خوش شکوفه ها، گل ها، عطرها و نیز بو و طعم میوه ها هستند. برای نمونه، بو و طعم خوش آناناس به دلیل وجود اتیل بوتانوات در آن است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- اتیل بوتانوات ساختاری و مدل کما پرکن اتیل بوتانوات

با دقت در ساختار مولکول استر در می یابید 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 می شود (شکل ۱۱).

گروه عاملی استر



شکل ۱۱- نمایش گروه عاملی استر

## آیا می دانید

بوی خوش گل یاسمن به دلیل وجود نوعی استر است.

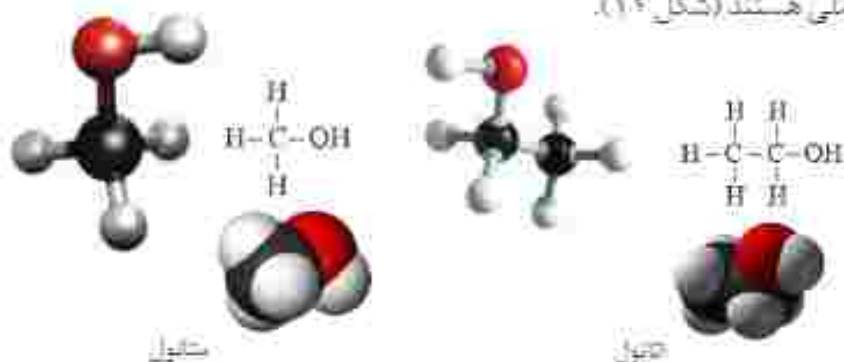


## الکل‌ها و اسیدها

### آیا می‌دانید

متانولیک اسید ساده‌ترین اسید آلی است که در سال ۱۶۷۰ کشف شد و چون از نظیر مورچه سرخ به دست می‌آید نام فرمیک اسید یا جوهر مورچه بر آن نهادند. در زبان لاتین به مورچه فرمیگا می‌گویند.

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



شکل ۱۲- فرمول ساختاری، مدل فضایی و گلوله-میله برای متانول و اتانول

الکل‌های یک‌عاملی را می‌توان با فرمول  $ROH$  نشان داد که در آن  $R$  یک زنجیر هیدروکربنی است.

کربوکسیلیک اسیدها نیز دسته‌ای دیگر از ترکیب‌های آلی هستند که گروه عاملی کربوکسیل ( $-COOH$ ) 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. مثال اولیک (فرمیک) اسید،  $HCOOH$  اولین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست که بر اثر گزش مورچه سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود. اتانویک 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 کاربرد آن

کربوکسیلیک اسیدهای یک‌عاملی را می‌توان با فرمول  $RCOOH$  یا  $R-C(=O)-OH$  نشان داد که در آن  $R$  یک زنجیر هیدروکربنی یا هیدروژن است.

## با هم بیست و ششم

با توجه به دو ساختار داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید:

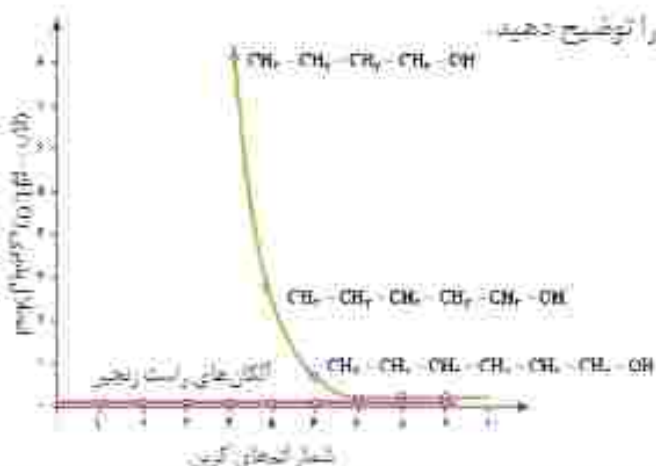


- الف) پیش‌بینی کنید چه نوع نیروهای بین مولکولی در این دو الکل وجود دارد؟  
 ب) مولکول این الکل‌ها دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. با توجه به اینکه گشتاور دو قطبی هیدروکربن‌ها حدود صفر است، این دو بخش را در هر مولکول بالا مشخص کنید.  
 پ) پیش‌بینی کنید در شرایط یکسان انحلال پذیری کدام الکل در آب بیشتر است؟  
 ت) درستی پیش‌بینی خود را با توجه به داده‌های جدول زیر بررسی کنید.

انحلال پذیری (g H <sub>2</sub> O / 100 g)	فرمول الکل
بهر نسبتی حل می‌شود	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
۱.۴۶	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> OH

ث) درباره‌ی درستی جمله زیر گفت و گو کنید.

- «با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها، نیروی وان‌دروالس بر هیدروژنی غلبه می‌کند و ویژگی ناقطبی الکل افزایش می‌یابد.»  
 ج) نمودار زیر انحلال پذیری الکل‌ها را در مقایسه با هیدروکربن‌ها در آب نشان می‌دهد. روند تغییر آنها را توضیح دهید.

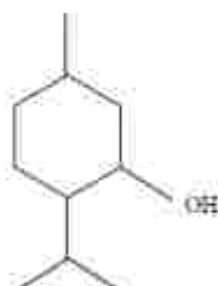


در یافتید که مولکول الکل‌ها دو بخش قطبی و ناقطبی دارد. زنجیر هیدروکربنی، بخش ناقطبی مولکول و گروه عاملی هیدروکسیل، بخش قطبی مولکول را تشکیل می‌دهد. بنابراین



## آیا می دانید

مستول انگلی یا فونول ساختاری زیر است که بوی عناب و سوسنر ناشی از آن است. از مستول در تهیه برخی لوازم آرایشی‌ها 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 باقطبی 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 جری حل شوند. از این رو ویژگی جری دوستی الکل‌ها با افزایش شمار اتم‌های کربن، افزایش می‌یابد. به بیان دیگر، هرچه شمار اتم‌های کربن الکل‌ها بیشتر شود، ویژگی آب‌گریزی آنها افزایش می‌یابد.

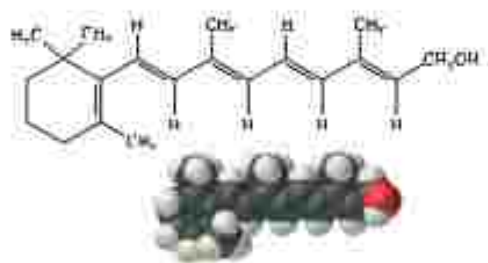
## خود را نیاز مایید

۱- کدام ویتامین‌های زیر در آب و کدام‌ها در جری حل می‌شود؟ چرا؟

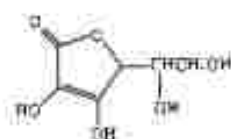
(الف) ویتامین A



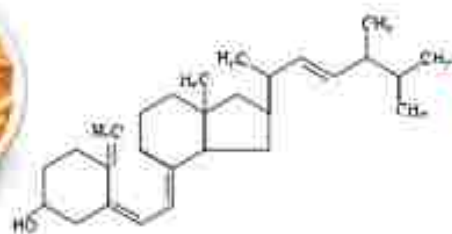
شاید ناگنون یا افرادی روبه‌رو شده‌اید که از گرفتگی عضلات کم‌درد، دردهای عضلانی و درد مفاصل رنج می‌برند. این افراد برای کاهش درد خود از پمادهای موضعی گیاهی استفاده می‌کنند که دارای چندین ماده آلی هستند. یکی از ترکیب‌های آلی موجود در برخی از آنها مستول است.



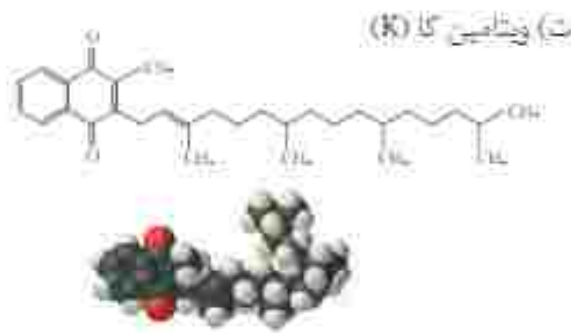
(ب) ویتامین B



(د) ویتامین D



حفظ کردن فرمول شیمیایی مواد آلی و ارزشی آنها جزو اهداف کتب نیست و نباید در آزمون های نهایی و کنکور سراسری مورد ارزیابی قرار گیرد.



۲- مصرف بیش از اندازه کدام دسته از ویتامین ها برای بدن مشکل خاصی ایجاد نمی کند؟ چرا؟

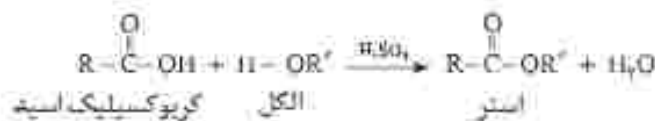
۳- گروه های عاملی موجود در هر یک از ترکیب های بالا را مشخص کنید.

۴- عبارت زیر را یا خط زدن و از دست نادرست در هر مورد کامل کنید.

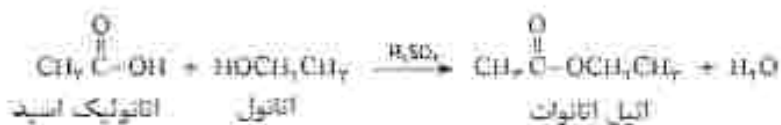
در ترکیب های آلی مانند الکل ها و کربوکسیلیک اسیدها که دو بخش قطبی و ناقطبی دارند، با افزایش طول زنجیر کربنی بخش ناقطبی بزرگتر می شود، قطبیت مولکول کاهش می یابد و انحلال پذیری آن در آب بیشتر می شود.

### واکنش استری شدن

یکی از ویژگی های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها و الکل ها، واکنش میان آنهاست. این مواد در شرایط مناسب واکنش می دهند و با از دست دادن آب، به استر تبدیل می شوند. معادله زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می کند.



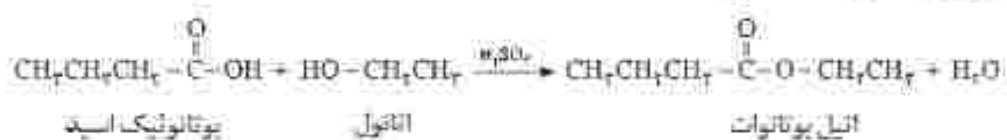
با این توصیف از واکنش استیک اسید با اتانول، طبق معادله زیر اتیل استات به دست می آید.



### آیا می دانید




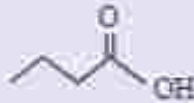



علمه یک ماده غذایی و میوه از کنار هم قرار گرفتن شمار زیادی از ترکیب های شیمیایی ایجاد می شود. برای مثال، پرتقال دارای ۲۵ نوع ماده شیمیایی است که با هم طعم آن را می سازند. استرها از مواد اصلی سازنده طعم و بوی مواد غذایی هستند. شیمی دارها با شناسایی اجزای سازنده طعم های میوه ای، آنها را در آزمایشگاه و صنعت تهیه و تولید می کنند.

به همین ترتیب می توان اتیل بوتانوات را در مقیاس صنعتی تولید و از آن برای تولید شوینده یا بوی آناناس استفاده کرد.



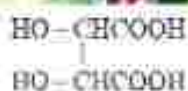
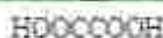
## خود را بیازمایید

با رسم ساختار الکل و اسید سازنده برای هر استر، جدول زیر را کامل کنید.

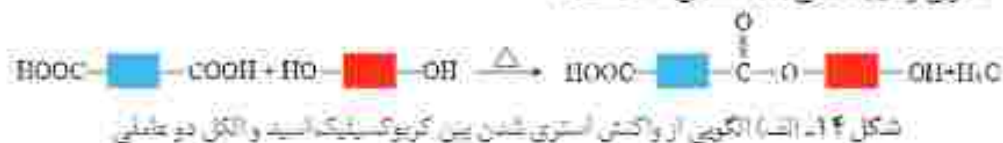
نام میوه	ساختار الکل سازنده	ساختار اسید سازنده	ساختار استر
 موز			
 سیب	$\text{CH}_3\text{OH}$		
 انگور			

## آیا می دانید

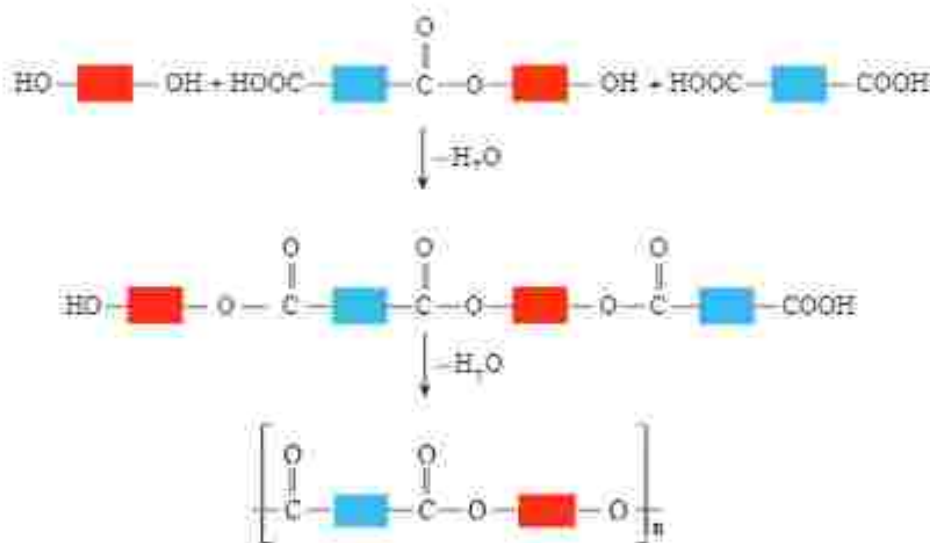
اسیدهای موجود در انگور و پرتقال به ترتیب کارناتیک اسید و ایزوالیک اسید نام دارند.



اکتون یا توجه به واکنش استری شدن، می توان نتیجه گرفت که از واکنش یک کربوکسیلیک اسید دو عاملی با یک الکل دو عاملی در شرایط مناسبه، یک پلی استر تولید می شود. در مرحله نخست این واکنش، یکی از گروه های هیدروکسیل موجود در الکل با یکی از گروه های کربوکسیل موجود در اسید ترکیب شده و با از دست دادن آب، گروه عاملی استری را ایجاد می کند (شکل ۱۴-الف).



همان طور که در شکل ۱۴-الف می بینید در ساختار فراورده، همچنان یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد. این ساختار تولید می دهد که واکنش استری شدن می تواند ادامه پیدا کند، آن چنان که از یک سزایا عامل اسیدی و از سوی دیگر با عامل الکی در واکنش شرکت می کند. با ادامه این روند مولکول های بیشتر و بیشتری با یکدیگر واکنش می دهند و سرانجام مولکول هایی با زنجیر بلند و شعاع زیادی عامل استری تشکیل می شود. فراورده ای که پلی استر نامیده می شود (شکل ۱۴-ب).



شکل ۱۴-۱) انکوبی واکنش تشکیل پلی استر

می دانید که رفتار و ویژگی های مواد به ساختار آنها بستگی دارد. بنابراین با استفاده از گریوکیلینگ اسیدها و الکل های دو عاملی گوناگون، پلی استرهایی با ساختار متفاوت و گوناگون می توان تهیه کرد. پلیمرهایی که به دلیل داشتن خواص معین و منحصر به فرد، کاربردهای ویژه ای دارند. گوناگونی رفتار پلیمرها سبب شده تا شیمی دان های بیشتری به بررسی واکنش پلیمری شدن علاقه مند شوند. نتیجه این بررسی ها شناسایی دسته تازه ای از پلیمرها بود.

### پلی آمیدها

پلیمرهای طبیعی زیادی شناسایی شده است که در ساختار آنها اتم های C، H، O و N وجود دارد. مو، ناخن، پوست بدن ما همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه ای 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).

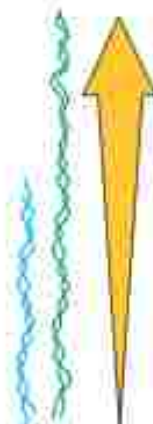


شکل ۱۵- نمونه هایی از پلیمرهای طبیعی

عامل آمیدی از واکنش اسید آلی با آمین به دست می آید. آمین، ترکیبی آلی است که در ساختار آنها اتم های C، H، N وجود دارد. متیل آمین، ساده ترین آمین است. وجود اتم نیتروژن، خواص شیمیایی و فیزیکی منحصر به فردی به آمین ها داده است (شکل ۱۶). به طوری که بوی ماهی ناشی از آمین های موجود در آن است.

### آیا می دانید

بخش های حیاطی از جنس پلی استر هستند. هر چه مولکول سازنده پلی استر طولانی تر باشد، نیروی بین آنها قوی تر و استحکام بخ آن بیشتر است.



• بوی ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین های دیگر است.



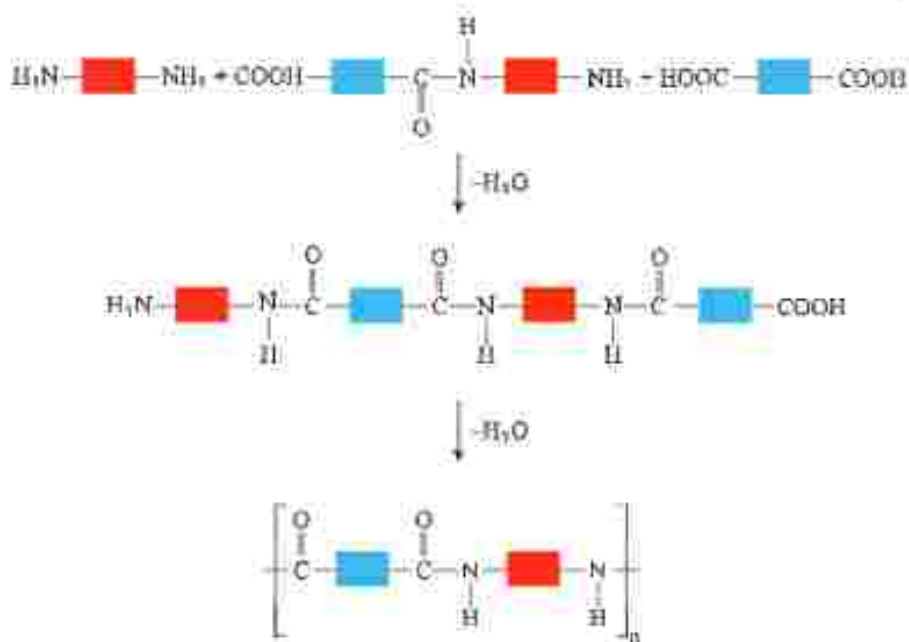
شکل ۱۶ - فرمول ساختاری، مدل گلوله-میله و غلظت پرکن متیل آمین

واکنش تولید پلی آمید شبیه به تولید پلی استر است با این تفاوت که به جای گروه عاملی الکل، گروه عاملی آمین یا گروه کربوکسیل واکنش می دهند (شکل ۱۷ الف).



شکل ۱۷ الف - تشکیل گروه آمیدی

با ادامه واکنش، گروه های آمیدی بیشتری تشکیل شده و سرانجام پلی آمید تولید می شود (شکل ۱۷ ب).



شکل ۱۷ ب - الگوی واکنش تشکیل پلی آمید



• پوشاک دخته شده از کولار  
سبک و بسیار محکم بوده و در برابر حرارت، 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 یکی از معروفترین پلی آمیدها است. این پلیمر از فولاد هم جرم خود پنج برابر مقاوم تر است. از کولار در تهیه تایر اتومبیل، قابیل بادبانی، لباس های مخصوص سابقه موتورسواری و جلیقه های ضد گلوله استفاده می شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸. برخی کاربردهای گویار

### پلیمرها، ماندگار یا تخریب پذیر

آیا تان یا سیب زمینی مرده‌ای شیرین دارد؟ تان 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 تان را برای مدت طولانی تری مرده‌ها بچزید، مرده‌های شیرین احساس خواهید کرد. سیب زمینی پخته نیز اندکی مره شیرین دارد. این مره شیرین ناشی از چیست؟

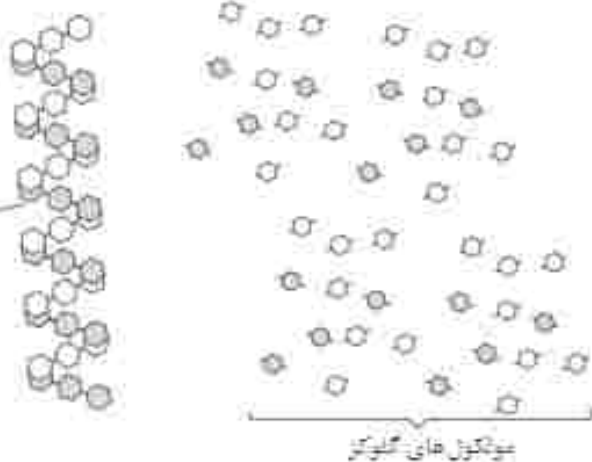
شیمی دان‌ها بر اساس یافته‌های تجربی دریافته‌اند که مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب یا کانالیزور یا محیط گرم و مرطوب به آرامی به مولیمرهای سازنده (گلوکز) تبدیل می‌شوند و مره شیرین ایجاد می‌کنند. نشاسته هنگام گوارش (که از دهان آغاز می‌شود) به گلوکز تبدیل می‌گردد. در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی تبدیل آن است که به کمک آنزیم‌ها تسریع می‌شود (شکل ۱۹).

### آیا می‌دانید

برخی میوه‌های گالی و لاری نشاسته دارند این نشاسته همزمان با رسیدن میوه به گلوکز تبدیل می‌شود و مره شیرین آن را ایجاد می‌کند. البته شیرینی میوه‌ها به دلیل وجود دیگر قندهای ساده از جمله فروکتوز نیز هست.



مولکول نشاسته



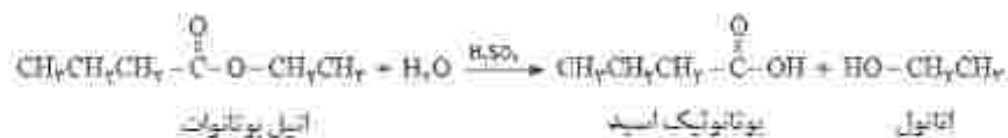
مولکول‌های گلوکز

شکل ۱۹. الگوی تبدیل نشاسته به مولیمرهای سازنده آن

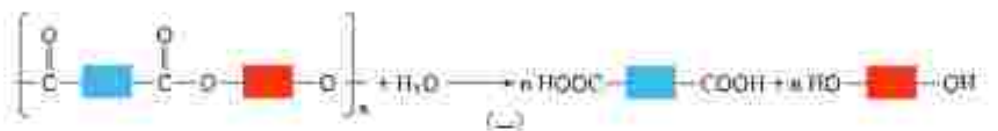
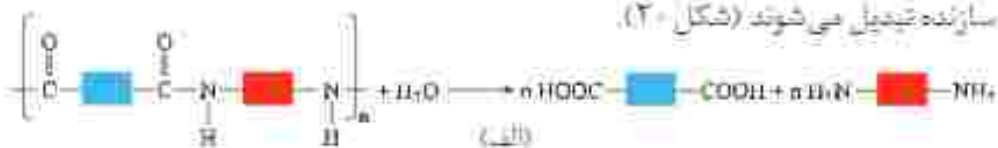
استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به الکل و اسید آلی سازنده تبدیل می‌شوند این واکنش به آبکافت استرها معروف است. برای نمونه معادلهٔ سلجخه بعد آبکافت



اتیل بوتانات را نشان می دهد که اتانول و بوتانولیک اسید را تولید می کند.



پلی آمیدها و پلی استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می دهند و به مونومرهای سازنده تبدیل می شوند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰ الف) تبدیلی کلی از واکنش های تجزیه پلی آمید و ب) تجزیه پلی استر

با توجه به اینکه هر نوع پوشاک تاریخ مصرفی دارد می توان گفت پس از مدتی تار و پود آنهاست و پوسیده می شوند زیرا مولکول های پلیمر سازنده آنها یا مولکول های موجود در محیط پیرامون واکنش می دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آنها مانند پیوند استری یا آمیدی شکسته می شوند. با شکن این پیوندها، استحکام الیاف پارچه کم شده و تار و پود آن به سادگی گسسته می شود. بدیهی است که هرچه آهنگ شکن این پیوندها سریع تر باشد، فرایند پوسیده شدن پارچه سریع تر رخ می دهد.

● مواد زیست تخریب پذیر موادی هستند که در طبیعت توسط جانداران زنده یعنی به مولکول های ساده و کوچک مانند کربن دی اکسید، متان، آب و ... تبدیل می شوند. پلیمرهای طبیعی زیست تخریب پذیرند.

## خود را بازمایید

۱- در کدام شرایط زیر لباس های تخی زودتر پوسیده می شوند؟ چرا؟

الف) محیط سرد و خشک                                  ب) محیط گرم و مرطوب

۲- چرا استفاده بی رویه از شوینده ها در شستن لباس ها سبب پوسیده شدن سریع تر آنها می شود؟

۳- اگر لباس ها را برای مدت طولانی در محلول آب و شوینده قرار دهید، بوی بد و نافذی پیدا می کنند. توضیح دهید چه رخ می دهد؟

۴- برای شستن تعمیرات لباس ها از شوینده ها و سفیدکننده ها استفاده نمی کنند. اگر سفید کننده ها را به طور مستقیم روی لباس بریزند، رنگ لباس در محل تماس به سرعت از بین می رود. اما اگر سفید کننده را در آب بریزند سپس لباس را درون محلول فرو ببرند، تغییر

محسوسی در رنگ لباس ایجاد نمی‌شود. چرا؟

لکه لباس‌های پلی‌استری در اثر عوامل محیطی در طول زمان پوسیده می‌شوند. این پوسیده شدن به معنی شکست پیوندهای استری و سنت 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]	۵۵	۳۶	۳۱	۲۳	۱۷	۱۲	۸
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؟

ب) سرعت واکنش در کدام بازه زمانی بیشتر است؟ چرا؟

صفر تا ۳۰ 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 آنکای‌ها 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 برار 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. به‌طوری‌که شش پلیمر نشان داده شده در جدول زیر نزدیک به ۷۵ درصد پلیمرهای ساختگی را تشکیل می‌دهند.

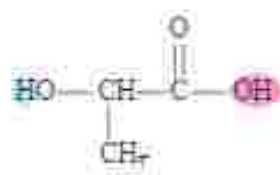
نم پلیمر	نشانه پلیمر
پلی‌اتیلن ترفتالات	
پلی‌اتیلن سگین	
پلی‌وینیل کلراید	
پلی‌اتیلن سبک	
پلی‌پروپن	
پلی‌استرن	



این نشانه شامل عددی است که درون یک مثلث قرار دارد. از این رو انتظار می‌رود که این نشانه روی همه کالاهای ایرانی نیز حک شود تا فرایند بازیافت آنها آسان‌تر شود. جایگزینی پلیمرهای ساختگی با پایه نفتی با پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، راهکار دیگری است که در دو دهه اخیر مورد توجه همه جهانیان قرار گرفته است.

## آیا می‌دانید

ساختارهای لاکتیک اسید و پلی لاکتیک اسید به شکل زیر است:



• شیر ترش شده دارای لاکتیک اسید است.

## پلیمر سبز

شیمی دان‌ها با انجام پژوهش‌های گسترده، موفق به ساخت دسته‌ای از پلیمرها شدند که توسط جانداران دریایی تجزیه می‌شوند. هرگاه این پلیمرها و کالاهای ساخته شده از آنها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند. چنین پلیمرهایی دوستدار محیط زیست بوده و به پلیمرهای سبز معروف هستند. این پلیمرها را از فراورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی، ذرت و نشکر تهیه می‌کنند. 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 تولید می‌کنند. از پلی لاکتیک اسید انواع ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و... تولید شده و کاربرد آنها رویه گسترش است. این پلاستیک‌ها امکان تبدیل شدن به کود را دارند به همین دلیل ردپای کوچک‌تری در محیط زیست برجای می‌گذارند.

## در میان تارنماها

شیمی دان‌ها همچنان در جستجوی پلیمرهای جدید با کاربردهای ویژه‌ای هستند. برخی از آنها عبارت‌اند از:

- مواد پرکننده دندان
- آستر نرم برای دندان مصنوعی
- پوشاک ضد آب
- پلاستیک‌های رسانا
- نخ بخیه هوشمند

یا مراجعه به منابع اینترنتی معتبر درباره آنها اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

## آیا می‌دانید

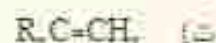
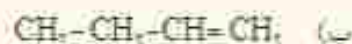
از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر برای نخیه‌ری استفاده می‌شود.



۱. Green Polymer  
۲. Poly Lactic Acid (PLA)

## تمرین های دوره ای

۱- در هر یک از موارد زیر ساختار پلیمر یا مونومر خواسته شده را مشخص کنید.



۲- در شرایط یکسان انحلال پذیری کدام گروه کربوکسیلیک اسید در آب بیشتر است؟ چرا؟



۳- برای استری یا فرمول  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$ :

الف) ساختار آن را رسم کنید.

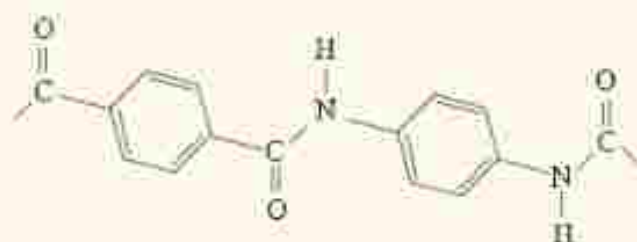
ب) ساختار الکل و اسید سازنده آن را رسم کنید.

پ) نیروی بین مولکولی را مشخص کنید.

ت) جرم مولی را حساب کنید.

ث) نقطه جوش آن را با بیان دلیل یا اتانواتیک اسید مقایسه کنید.

۴- بخشی از ساختار مولکول سازنده یک پلیمر در شکلی زیر ارائه شده است. با توجه به آن:



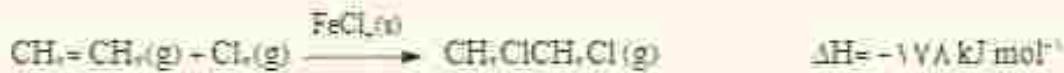
الف) این پلیمر به کدام دسته از پلیمرها تعلق دارد؟

ب) تیروی بین مولکول های این پلیمر از چه نوعی است؟

پ) واحدهای سازنده این پلیمر کدام گروه از مواد زیر است؟

- دی آمین و دی اسید
- دی الکل و دی اسید
- آمین و اسید

د) با توجه به معادله واکنش زیر به پرسش های خواسته شده پاسخ دهید.



۱، ۲- دی کلرو اتان

الف) ساختار لوویس قرار داده را رسم کنید.

ب) نمودار انتالپی واکنش را رسم کنید.

پ) حساب کنید از واکنش ۴۲ گرم گاز اتن با مقدار کافی از گاز کلر، چند کیلوژول گرما مبادله می شود؟

۶- واکنش پلیمری شدن اتن در شرایط گویا گویا به تولید پلی اتن هایی با جرم مولی میانگین متفاوت منجر می شود. تجربه

نشان می دهد 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 مول های کاتالیزگر (محتوی اسیس شماره ۲)	شمار مول های کاتالیزگر (محتوی اسیس شماره ۱)
۲۷۲۰۰۰	۱۲	۱
۲۹۲۰۰۰	۶	۱
۳۶۸۰۰۰	۳	۱
۲۸۴۰۰۰	۱	۱
۱۶۰۰۰۰	۱/۶۲	۱
۴۰۰۰۰	۱/۵۲	۱
۴۱۰۰۰	۱/۵۰	۱
۳۱۰۰۰	۱/۲۰	۱

الف) در چه نسبت مولی از این دو کاتالیزگر پلی اتن با بیشترین جرم مولی تولید می شود؟

ب) تغییر جرم مولی پلیمر را بر حسب نسبت مولی کاتالیزگر شماره ۱ به ۲ رسم کنید.

پ) در نسبت مولی ۸ به ۱ از این کاتالیزگرها جرم مولی را پیش بینی کنید.

ت) تحلیل خود از داده های جدول و نمودار رسم شده را بیان کنید.

## .....واژه نامه.....

شاخصی برای ارزیابی میزان تأثیر یک فرآورده بر روی محیط زیست در مدت طول عمر آن است.	۶۸ Life Cycle Assessment	ارزیابی چرخه عمر
خانواده‌ای از هیدروکربن‌های سیر شده که میل ترکیبی زیادی ندارند و به فراوانی در نفت خام یافت می‌شوند.	۶۶ Alkane	آلکان
آلکانی که هر اتم کربن در ساختار آن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است.	۶۷ Straight - Chain Alkane	آلکان راست زنجیر
آلکانی که در ساختار آنها یک یا چند اتم کربن با سه یا چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد.	۶۶ Branched Alkane	آلکان شاخه دار
هیدروکربن سیر نشده‌ای که دو اتم کربن آن با پیوند کووالانسی دوگانه به هم متصل شده‌اند.	۶۹ Alkene	آلکن
هیدروکربن سیر نشده‌ای که دو اتم کربن آن با پیوند کووالانسی سه‌گانه به هم متصل شده‌اند.	۶۸ Alkyne	آلکین
مطابقت یک سیال (شده) را بر برابری شارش نشان می‌دهد.	۶۹ Viscosity	میران دبی
کمیتی که نشان می‌دهد یک واکنش شیمیایی در چه گستره‌ای از زمان انجام می‌شود.	۶۷ Reaction Rate	آهنگ واکنش
مولکول بزرگی که از به هم پیوستن یک عدد ناچند هزار تک پارتیکل موجود می‌آید.	۱۰۲ Polymer	پلیمر یا پلیمر
فرآیندی که در آن اجزای نفت خام را از یکدیگر جدا می‌کند.	۶۶ Refine	پالایش
مولکول ساده‌ای که از آن به هم پیوستن آنها بسیار (بلند) به وجود می‌آید.	۱۰۳ Monomer	تک‌پار
روش برای جداسازی اجزای مخلوط چند مایع که دارای نقاط جوش متفاوت هستند.	۶۶ Fractional Distillation	تقطیر جزء به جزء
موادی که در محیط زیست به کمک باکتری‌ها به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند.	۱۱۲ Biodegradable	زیست تهر ساز
ماده‌ای سوختی است که تنها برای تأمین انرژی سوخته می‌شود.	۶ Fuel	سوخت
موادی مانند زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی که طی میلیون‌ها سال از اجزای گیاهان و جانوران به وجود می‌آید.	۶ Fossil Fuel	سوخت فسیلی
واکنش اکسایشی که سوخت روی می‌دهد و با ایجاد شعله و آزاد کردن مقدار زیادی انرژی همراه است.	۶۶ Combustion Reaction	واکنش سوختن
به مجموع انرژی جنبشی فرم‌های مایع یا یک نمونه ماده گفته می‌شود.	۵۵ Thermal Energy	انرژی گرمایی
ترکیب‌ها و مواد آلی گوناگون که از نفت یا گاز طبیعی تهیه می‌شوند.	۶۰ Petrochemical Products	فرآورده‌های پتروشیمیایی
سوختن یک ترکیب آلی در حضور اکسیژن کافی که کربن دی‌اکسید و آب تولید می‌کند.	۶۶ Complete Combustion	سوختن کامل
عنصری که برخی خواص فلزی یکی آن شده فلزها اما خواص شیمیایی آنها شبیه نافلزهاست.	۶ Metalloids	شبه فلز
شاخه‌ای از شیمی که به بررسی ترکیب‌های آلی می‌پردازد و به آن شیمی ترکیب‌های کربن نیز گفته می‌شود.	۱۰۲ Organic Chemistry	شیمی آلی
عنوایی که به نفت خام نسبت می‌دهند و ارزش اقتصادی آن را تعیین می‌شود.	۶۶ Black Gold	طلای سیاه
عنصری با جلال فلزی و خاصیت چکش‌خواری که اغلب نقاط ذوب و جوش بالایی دارد و چندان نرم و گرم را از خود عبور می‌دهد.	۱۲ Metal	فلز
فلزهای گروه اول جدول دوره‌ای عناصر که شامل Li, Na, K, Rb, Cs, Fr است.	۱۲ Alkali Metals	فلزهای قلیایی
واکنشی که در آن گیاه از کربن دی‌اکسید، آب و نور خورشید، گلوکز و اکسیژن می‌سازد.	۶۶ Photosynthesis	فوتوسنتز

۸۹	Radical	رادیکال
۹۳	Halogen	هالوژن
۸۹	Catalyst	کاتالیزور
۱۶	Transition Metal	فلز واسطه
۲۶	Thermite Reaction	واکنش ترمیت
۲۷	Renewable Resource	منبع تجدیدپذیر
۲۷	Nonrenewable Resource	منبع تجدیدناپذیر
۲۸	Petroleum	نفت خام
۱۱	Chemical Reactivity	واکنش پذیری شیمیایی
۱۰	Isomer	همپار
۲۸	Hydrocarbon	هیدروکربن
۲۰	Saturated Hydrocarbon	هیدروکربن سیرشده
۲۱	Unsaturated Hydrocarbon	هیدروکربن سیرنشده
۲۲	Cyclic Hydrocarbon	هیدروکربن حلقوی
۳۷	Alkyl Group	گروه آلکیل
۶۸	Functional Group	گروه عاملی
۱۱۱	Van der Waals Forces	نیروهای وان در والس
۱-۳	Polymerization	پلیمر شدن
۲۲	Theoretical Yield	مقدار نظری
۲۲	Actual Yield	مقدار عملی
۲۲	Percent Yield	بازده درصدی
۶۰	Thermochemistry	گرماندیمی
۵۶	Heat	گرما
۵۷	Heat Capacity	ظرفیت گرمایی
۵۷	Specific Heat	گرمای ویژه
۵۹	System	سامانه
۵۹	Surrounding	محیط
۶۶	Reaction Enthalpy	انتالپی واکنش
مکنته پراثری و ناپایدار که در مباحث اخوه الکترون جفت شده دارد.		
به هر یک از عنصرهای گروه ۱۷ جدول دوره ای شلین هلوژن، کبر، برم، ید و استاتین گفته می شود.		
ماده ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می دهد.		
همان فلزهای دسته ۱۰ هستند که در آن آنها به کربن ۴ در حال پر شدن است.		
واکنشی بسیار گرمانده میان فلز آلومینیم و آهن (III) اکسید که از آهن مذاب تولید شده در آن برای جوشکاری قطعات ردا آهن استفاده می شود.		
منبعی که از طریق فرایندهای طبیعی تشکیل یا از تولید می شوند.		
منبعی که تشکیل و جایگزین شدن آن از طریق فرایندهای طبیعی عمیق نیست یا سرعت آنها بسیار کم است.		
ماده ای غلیظ سیاه رنگ یا قهوه ای عمیق به سبز که مخلوطی طبیعی از عناصر هیدروکربن و ترکیب آبی است.		
به تعامل برای انجام واکنش شیمیایی می گویند.		
ماده ای که فرمول مولکولی یکسان اما فرمول ساختاری متفاوتی دارند.		
ترکیب هایی که از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده اند.		
هیدروکربنی که در آن اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی به چهار اتم دیگر متصل شده است.		
هیدروکربنی که در آن بین اتم های کربن پیوند دو یا سه گانه وجود دارد.		
هیدروکربن با بیش از سه اتم کربن که ساختاری حلقوی دارد.		
ماده ای که با برداشتن یک اتم هیدروژن از یک مولکول آلکان به دست می آید.		
ماده ای گروهی از امدها که وجود آنها در مولکول های اعضای یک خانواده از مواد آلی- خاص فیزیکی و شیمیایی ویژه و منحصر به فردی به آنها می بخشد.		
نوعی نیروی جاذبه بین مولکولی که در میان همه مولکول ها وجود دارد.		
مجموعه ای از واکنش ها که در آن شمار بسیاری مولکول کوچک با یکدیگر ترکیب می شوند و درشت مولکول هایی به نام پلیمر یا بسیار تولید می کنند.		
مقدار فراورده غیر انتظار که از محاسبه های استوکیومتری به دست می آید.		
مقدار فراورده ای که در عمل تولید می شود.		
نسبت مقدار عملی فراورده یک واکنش به مقدار نظری آن است که به صورت درصد بیان می شود.		
شاخه ای از علم شیمی که به مطالعه گرمی و کیفی انرژی گرمایی مبادله شده در واکنش های شیمیایی می پردازد.		
انرژی گرمایی که به دلیل اختلاف دما جاری می شود.		
مقدار گرمایی ویژه نیاز برای افزایش دمای ماده به اندازه یک درجه سلسیوس را نشان می دهد.		
مقدار گرمایی مورد نیاز برای افزایش دمای یک گرم ماده به اندازه یک درجه سلسیوس را نشان می دهد.		
بخشی از جهان که برای مطالعه انتخاب می شود.		
هر چیزی که در بیامین سامانه باشد محیط نامیده می شود.		
به انرژی محتوای انرژی یک سامانه شیمیایی در فشار ثابت انتالپی واکنش گفته می شود.		

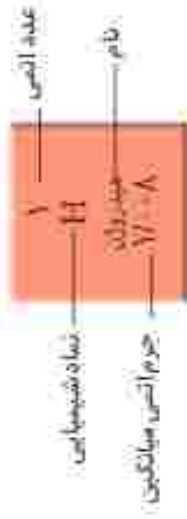
گرمائی آزاد شده در فشار ثابت هنگام سوختن یک مول از ماده در مقدار کافی اکسیژن را نشان می‌دهد.	۶۰	Enthalpy of Combustion	انتهالی سوختن
گرمائی مصرف شده در فشار ثابت هنگام تبدیل یک مول مایع به بخار را در دمای همین نشان می‌دهد.	۶۱	Enthalpy of Vaporization	انتهالی تبخیر
تغییر انتهالی هنگام تصفیه شدن یک مول ماده جامد را نشان می‌دهد.	۶۲	Enthalpy of Sublimation	انتهالی تصفیه
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.	۶۳	Bond Enthalpy	انتهالی پیوند
روش تجربی برای اندازه‌گیری گرمائی آزاد یا جذب شده در یک فرایند است.	۶۴	Calorimetry	گرماسنجی
مستگاهی که برای اندازه‌گیری گرمائی یک واکنش در فشار ثابت به کار می‌رود.	۶۵	Coffee-Cup Calorimeter	گرماسنج لیوانی
مستگاهی که برای اندازه‌گیری دقیق گرمائی سوختن یک ماده به کار می‌رود.	۶۶	Bomb Calorimeter	گرماسنج بمبی
$\Delta H$ یک واکنش را می‌توان از جمع جبری $\Delta H$ چند واکنش دیگر به دست آورد.	۶۷	Hess's Law	قانون هس
فرایندی که در آن گرما آزاد می‌شود و انتهالی سالبه کاهش می‌یابد.	۶۸	Exothermic Process	فرایند گرماده
فرایندی که در آن گرما جذب می‌شود و انتهالی سالبه افزایش می‌یابد.	۶۹	Endothermic Process	فرایند گرمادگیر
پتانسیل شاخه‌ای سبزه رنگ و بلوری که به خوبی در آب حل می‌شود.	۷۰	Ascorbic Acid	اسکرتیک اسید
کمیتی تجربی که برای یک واکنش شیمیایی نسبت تغییر انرژی قابل اندازه‌گیری واکنش دهنده (ها) یا قارنده (ها) را به زمان نشان می‌دهد.	۷۱	Reaction Rate	سرعت واکنش
شاخصی از علم شیمی که دربارهٔ سرعت واکنش‌های شیمیایی عوامل مؤثر بر سرعت و نحوه انجام آنها گفت و گو می‌کند.	۷۲	Chemical Kinetics	سینتیک شیمیایی

### منابع و مآخذ

- 1- Silberberg, M. S., Principles of General Chemistry, Mc GrawHill, 2007.
- 2- Reager, 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-Hill.
- 8- Gilbert, T.R.; Kirso, 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



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H Hydrogen 1.008	He Helium 4.003	Li Lithium 6.941	Be Beryllium 9.012	B Boron 10.811	C Carbon 12.011	N Nitrogen 14.007	O Oxygen 15.999	F Fluorine 18.998	Ne Neon 20.180	Na Sodium 22.990	Mg Magnesium 24.305	Al Aluminum 26.982	Si Silicon 28.086	P Phosphorus 30.974	S Sulfur 32.065	Cl Chlorine 35.453	Ar Argon 39.948
K Potassium 39.098	Ca Calcium 40.078	Sc Scandium 44.956	Ti Titanium 47.88	V Vanadium 50.942	Cr Chromium 51.996	Mn Manganese 54.938	Fe Iron 55.845	Co Cobalt 58.933	Ni Nickel 58.71	Cu Copper 63.546	Zn Zinc 65.38	Ga Gallium 69.723	Ge Germanium 72.64	As Arsenic 74.922	Se Selenium 78.96	Br Bromine 79.904	Kr Krypton 83.80
Rb Rubidium 85.468	Sr Strontium 87.62	Y Yttrium 88.906	Zr Zirconium 91.224	Nb Niobium 92.906	Mo Molybdenum 95.94	Tc Technetium 98.906	Ru Ruthenium 101.07	Rh Rhodium 102.905	Pd Palladium 106.42	Ag Silver 107.868	Cd Cadmium 112.411	In Indium 114.818	Sn Tin 118.710	Sb Antimony 121.757	Te Tellurium 127.6	I Iodine 126.905	Xe Xenon 131.29
Cs Cesium 132.905	Ba Barium 137.327	Hf Hafnium 178.49	Ta Tantalum 180.948	W Tungsten 183.84	Re Rhenium 186.207	Os Osmium 190.23	Ir Iridium 192.222	Pt Platinum 195.084	Au Gold 196.967	Hg Mercury 200.59	Tl Thallium 204.383	Pb Lead 207.2	Bi Bismuth 208.980	Po Polonium 209	At Astatine 210	Rn Radon 222	
Fr Francium 223	Ra Radium 226	Rf Rutherfordium 261	Db Dubnium 262	Sg Seaborgium 266	Bh Bohrium 264	Hs Hassium 277	Mt Meitnerium 268	Ds Darmstadtium 271	Rg Roentgenium 272	Cn Copernicium 285	Nh Nihonium 284	Fl Flerovium 289	Mc Moscovium 288	Lv Livermorium 293	Ts Tennessine 294	Og Oganesson 294	

U Uranium 238.029	Np Neptunium 237	Pu Plutonium 244	Am Americium 243	Cm Curium 247	Bk Berkelium 247	Cf Californium 251	Es Einsteinium 252	Fm Fermium 257	Mn Mendelevium 258	Nv Nobelium 259	Lr Lawrencium 260	Rf Rutherfordium 261	Db Dubnium 262	Sg Seaborgium 266	Bh Bohrium 264	Hs Hassium 277	Mt Meitnerium 268	Ds Darmstadtium 271	Rg Roentgenium 272	Cn Copernicium 285	Nh Nihonium 284	Fl Flerovium 289	Mc Moscovium 288	Lv Livermorium 293	Ts Tennessine 294	Og Oganesson 294
-------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	---------------------	------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	--------------------------	-----------------------	-------------------------	----------------------------	----------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	--------------------------	-------------------------	------------------------

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه‌ریزی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در قدامی تداوالتی سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی توانگشت، 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، تیرخفته راهبری دروس و مدیران محترم پروژه آقای محسن باهنر نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، لاسی سپردن و احترام آموزشی که تلاش مطامعی 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	میرمه قربانی	خراسان شمالی
۲	فاطمه راجیه خجسته	آذربایجان شرقی	۲۸	حسن گلشن	اصفهان
۳	هما عطاری	کردستان	۲۹	فاطمه شافعی	سمنان
۴	شمس حسینی	کرمانشاه	۳۰	رحمه پور قبادی	لرستان
۵	سید احمدی	قزوین	۳۱	کامیار کامل شیخ رجه	مازندران
۶	طوبی راج	مازندران	۳۲	مژگان حسین پور	گیلان
۷	انسانه امین	بوشر	۳۳	سغده حبیب الهی	شهرستان
۸	آریا معصوم پور	سمنان	۳۴	علیرضا رضایی	همدان
۹	فریا عرسلی	آذربایجان شرقی	۳۵	عیدالمجید متیان	ایلام
۱۰	ایلا توتولچی	آذربایجان شرقی	۳۶	امیر خلیل زاده	آذربایجان غربی
۱۱	ایلا جلی	بزن	۳۷	فرین خرمسری	البرز
۱۲	ساج شیری	ایلام	۳۸	امید رضوانی زاده	سیستان و بلوچستان
۱۳	هدی نیجار زاده	قزوین	۳۹	مسعود اشتری	شهرستان
۱۴	بهناز خاندادی زاده	خراسان جنوبی	۴۰	سید فیروز سنگری ارجنگی	بهارمحال و چکناری
۱۵	حسن کاووسی	خراسان جنوبی	۴۱	مهناز شیری	خراسان رضوی
۱۶	طاهره پالیزار	البرز	۴۲	غزیز گوردویی	خراسان رضوی
۱۷	مهری طاهری	هرمزگان	۴۳	نادر منصوری	خراسان شمالی
۱۸	ورنگ بلش	گیلان	۴۴	مسعود راستیانی منش	کهگیلویه و بویراحمد
۱۹	شاهلا مهدوی	اصفهان	۴۵	فریادین حمیدی	گنجان
۲۰	سوجهر اسماعیلی زاده	کرمان	۴۶	ناصر پالکانه	کردستان
۲۱	رها همتی	آذربایجان غربی	۴۷	نجمه قائم پناه	لرستان
۲۲	زهره شمایی	زنجان	۴۸	محمد سیمه همایونی	قارص
۲۳	فریده سلطانی اصل	شهرستان های تهران	۴۹	فرهاد سیاوشی فر	اردبیل
۲۴	مژگان مصلحین	همدان	۵۰	اکبر رضایی	شهرستان های تهران
۲۵	محمدعلی اسلامی نیا	کرمان	۵۱	علی شهریوی	شهرستان های تهران
۲۶	علی سعیدی	شهرستان های تهران			