بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

شیمی (۲)

رشته‌های علوم تجربی ــ ریاضی و فیزیک

پایهٔ یازدهم

دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: شیمی (۲) ـ پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه ـ ۱۱۱۲۱۰

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، شریف کامیابی، رضا فارغی علمداری، سیروس جمالی، محمد قربان دکامین، رسول عبداله میرزائی، منصور مختاری و کاظم شکفته (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، معصومه شاه‌محمدی اردبیلی، راضیه بنکدارسخی و حسین زمانی‌سیفی‌کار (اعضای گروه تألیف)ـ حسن حذرخانی (ویراستار علمی)ـ علی اکبر میرجعفری (ویراستار ادبی)

مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) ـ مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ مهدیه صفائی‌نیا (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) ـ مریم کیوان (طراح جلد) ـ سیده‌فاطمه طباطبایی، سوروش‌سعادتمندی، فاطمه‌گیتی‌جبین،زهرارشیدی‌مقدم،زینت‌بهشتی‌شیرازی،حمیدثابت کلاچاهی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان: تهران ـ خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)، تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ هفتم ۱۴۰۲

شابک ۹ـ۲۸۱۲ـ۰۵ـ۹۶۴ـ۹۷۸

ISBN: 978_964_05_2812_9

فهرست

مقدمه

فصل اوّل: **قدر هدایای زمینی را بدانیم** ۱

فصل دوم: **در پی غذای سالم** ۵۱

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

واژه‌نامه ۱۲۴

منابع و مآخذ ۱۲۶

فصل ۱

قدر هدایای زمینی را بدانیم

أَ لَمْ تَرَوْا أَنَّ اللهَ سَخَّرَ لَكُمْ ما فِي السَّماواتِ وَ ما فِي الْأَرْضِ و... (سورهٔ لقمان ـ آیهٔ ۲۰)

آیا ندیدید خداوند آنچه را در آسمان‌ها و زمین است مسخّر شما کرده و نعمت‌های آشکار و پنهان خود را به طور فراوان بر شما ارزانی داشته است.

زمین، خانهٔ ماست. نه! زمین، تنها خانهٔ ماست. در آن زاده می‌شویم و زندگی می‌کنیم. زمین سرشار از نعمت‌ها و هدایای پیدا و ناپیدای گوناگونی است که هر یک اندازهٔ معینی دارد. هدایایی که انسان با شناخت و بهره‌گیری از آنها توانسته است با ساختن ابزار و دستگاه‌هایی به همهٔ نقاط کرهٔ زمین از قطب شمال تا جنوب، اعماق دریاها و اقیانوس‌ها دست یابد و فضای دوردست و بی‌کران را نیز کشف کند. توانایی انسان در بیرون کشیدن موادی مانند نفت و فلزها به او این امکان را داده است تا سرپناهی ایمن و گرم برای زندگی خود فراهم سازد. دانش شیمی به ما کمک می‌کند تا ساختار دقیق این هدایا را شناسایی کنیم، به رفتار آنها پی ببریم و بهره برداری درست از آنها را بیاموزیم. باشد که دریابیم زمین، امانت خداست و دوستی با آن را باور کنیم.

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

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

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

آیا می‌دانید

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

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

خود را بیازمایید

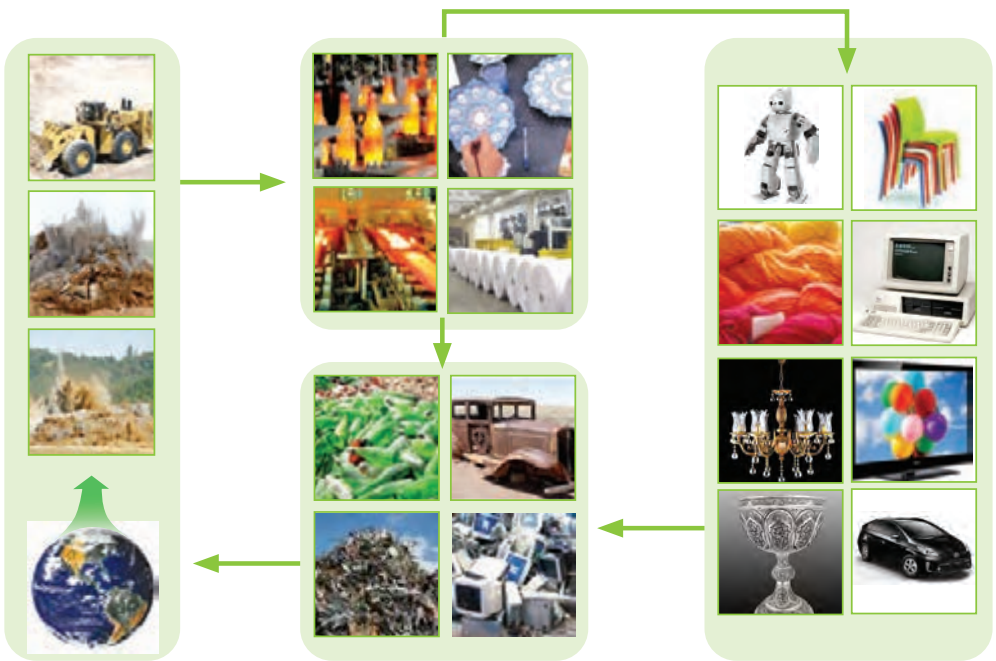
۱ـ شکل زیر فرایند کلی تولید دوچرخه را نشان می‌دهد.

الف) دربارهٔ این فرایند گفت‌وگو کنید.

ب) آیا در فرایند تولید ورقه‌های فولادی و تایر دوچرخه، موادی دور ریخته می‌شوند؟

پ) با گذشت زمان چه اتفاقی برای قطعه‌های دوچرخه می‌افتد؟

۲ـ شکل زیر نمایی از چرخهٔ مواد را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید:



الف) آیا جملهٔ «همهٔ **مواد طبیعی**[۱] و **ساختگی**[۲] از کرهٔ زمین به دست می‌آیند» درست است؟ توضیح دهید.

۱ـ Natural Material

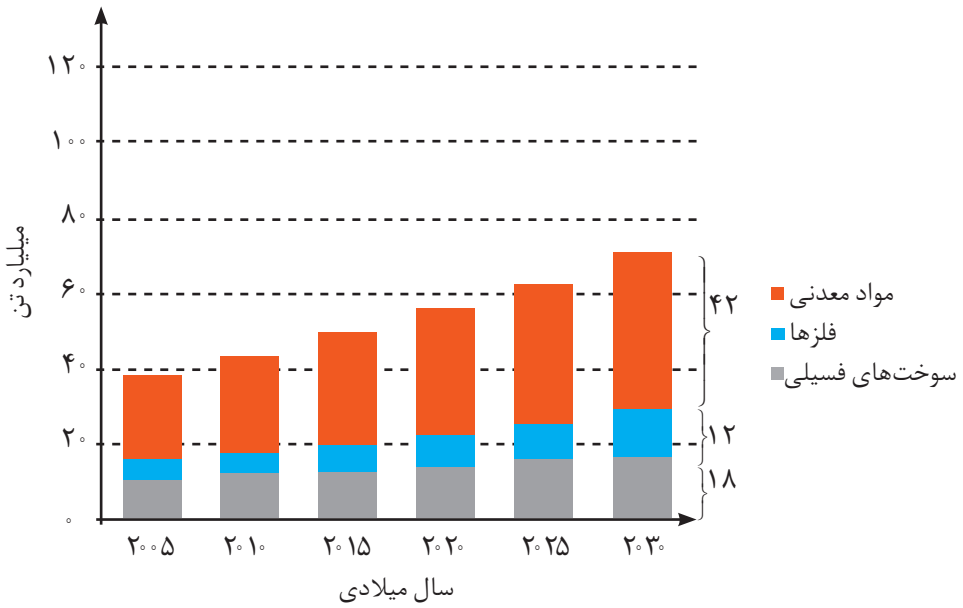
۲ـ Synthetic Material, Man Made

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

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

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

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



با توجه به نمودار:

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

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

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

آیا می‌دانید

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

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

استفاده از آن خانه را گرم یا باک خودرو را پر می‌کنید، از دل زمین بیرون کشیده‌اند.

با پیشرفت صنعت، شهرها و روستاها گسترش یافتند و سطح رفاه در جامعه بالاتر رفت. با این روند میزان مصرف منابع گوناگون نیز افزایش یافت، به گونه‌ای که امروزه همهٔ افراد جامعه در پی 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 هدایای زمینی افزایش یابد، به گونه‌ای که سالانه حجم انبوهی از منابع شیمیایی بهره‌برداری می‌شود. با این توصیف باید باور کنیم که زمین انباری از ذخایر ارزشمند است که بی‌هیچ منتی به ما هدیه شده است (شکل ۲)، هرچند که این منابع به‌طور یکسان توزیع نشده‌اند.

شکل۲ـ نمایش توزیع برخی عنصرها در جهان. آیا پراکندگی چنین منابعی می‌تواند دلیلی بر پیدایش تجارت جهانی باشد؟ توضیح دهید.

در میان تار نما ها

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

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که این هدایای زمینی 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 عنصرها وجود

آیا می‌دانید

برآورد مقدار برخی عنصرها در جهان

نام عنصر	مقدار (تن)
آلومینیم	$۳/۲۳\times۱۰^{۱۰}$
آنتیموان	$۳/۸۶\times۱۰^{۶}$
کروم	$۷/۷۹\times۱۰^{۸}$
مس	$۹/۳۷\times۱۰^{۸}$
طلا	$۸/۹۷\times۱۰^{۴}$
هافنیم	$۱/۱۲\times۱۰^{۳}$
ایندیم	$۶/۰\times۱۰^{۳}$
سرب	$۱/۴۴\times۱۰^{۸}$
نیکل	$۱/۴۳\times۱۰^{۸}$
فسفر	$۴/۹۷\times۱۰^{۱۰}$
رودیم	$۷/۹۸\times۱۰^{۴}$
پلاتین	$۷/۹۸\times۱۰^{۴}$
نقره	$۵/۶۹\times۱۰^{۵}$
تیتان	$۱/۵۳\times۱۰^{۵}$
قلع	$۱/۱۲\times۱۰^{۷}$
اورانیم	$۳/۳\times۱۰^{۶}$
روی	$۴/۶\times۱۰^{۸}$

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

الگوها و روندها در رفتار مواد و عنصرها

شیمی‌دان‌ها با مشاهدهٔ مواد و انجام آزمایش‌های گوناگون، آنها را دقیق بررسی می‌کنند. هدف همهٔ این بررسی‌ها، یافتن اطلاعات بیشتر و دقیق‌تر دربارهٔ 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 مطالعهٔ هدف‌دار، منظم و هوشمندانهٔ رفتار عنصرها و مواد برای یافتن روندها و الگوهای رفتار فیزیکی و شیمیایی آنها دانست.

جدول دوره‌ای عنصرها، نمایشی بی‌نظیر از چیدمان عنصرها 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 عنصرها را آشکار نمایند. در شیمی ۱ آموختید که عنصرها در جدول دوره‌ای بر اساس بنیادی‌ترین ویژگی آنها یعنی عدد اتمی (Z)، چیده شده‌اند. در این جدول، عنصرهایی که آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم آنها مشابه است، در یک گروه جای گرفته‌اند. این جدول شامل ۷ دوره و ۱۸ گروه است. همچنین دریافتید تعیین موقعیت (دوره و گروه) یک عنصر در جدول دوره‌ای، کمک شایانی به پیش‌بینی خواص و رفتار آن خواهد کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که عنصرهای جدول دوره‌ای را بر اساس رفتار آنها می‌توان در سه دسته شامل فلز، نافلز و **شبه فلز**[1] جای داد. با برخی رفتار فلزها آشنا هستید (شکل ۳). با بررسی این رفتارها می‌توان ضمن دسته‌بندی عنصرها، به روندها و الگوهای موجود در خواص آنها پی برد. اکنون برای یافتن برخی از این موارد فعالیت‌های صفحهٔ بعد را انجام دهید.

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

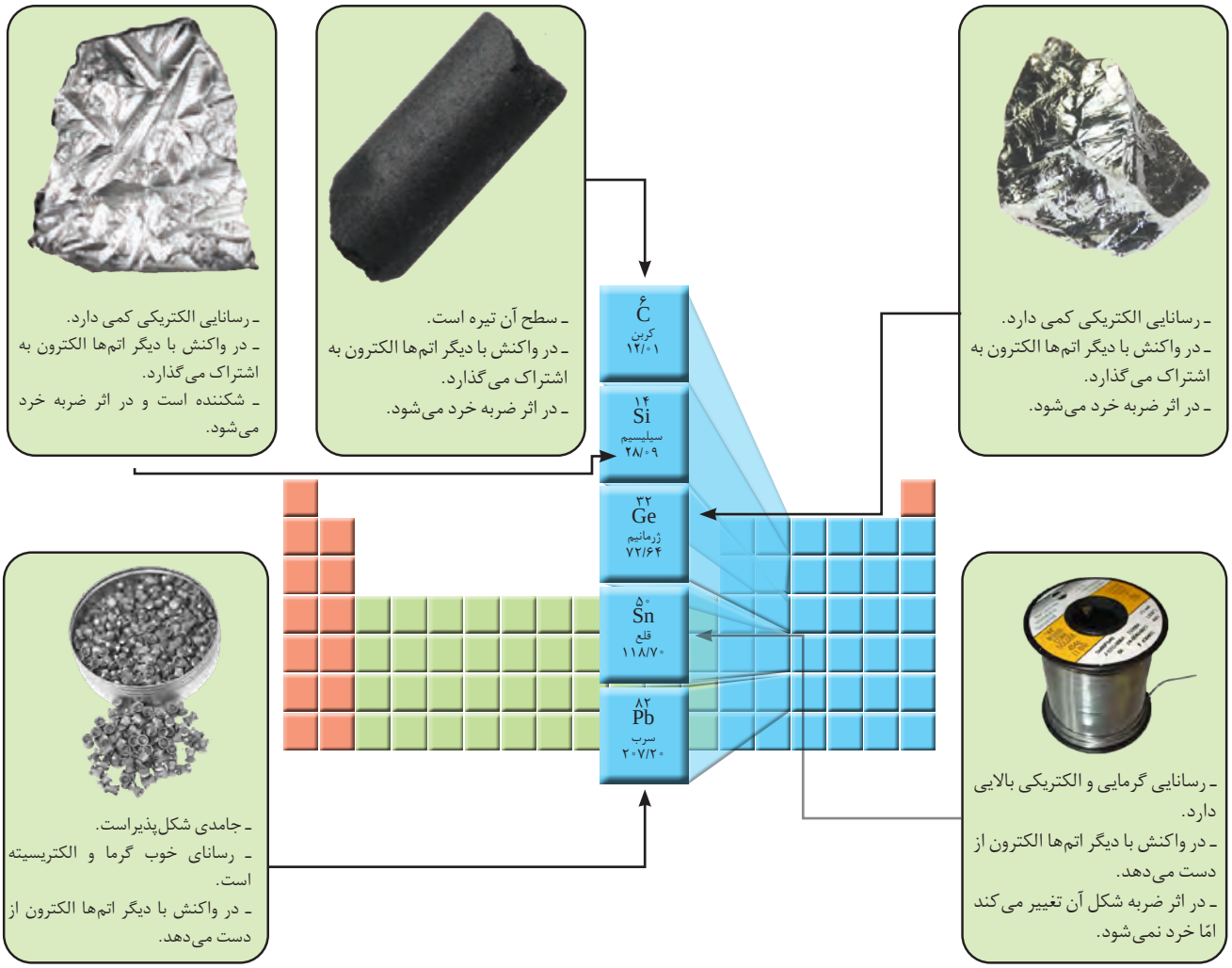
● هلیم با اینکه در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای عنصرها جای دارد، اما عنصری از دسته s است و آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن با دیگر گازهای نجیب متفاوت است.

۱ـ Semimetal (Metalloide)

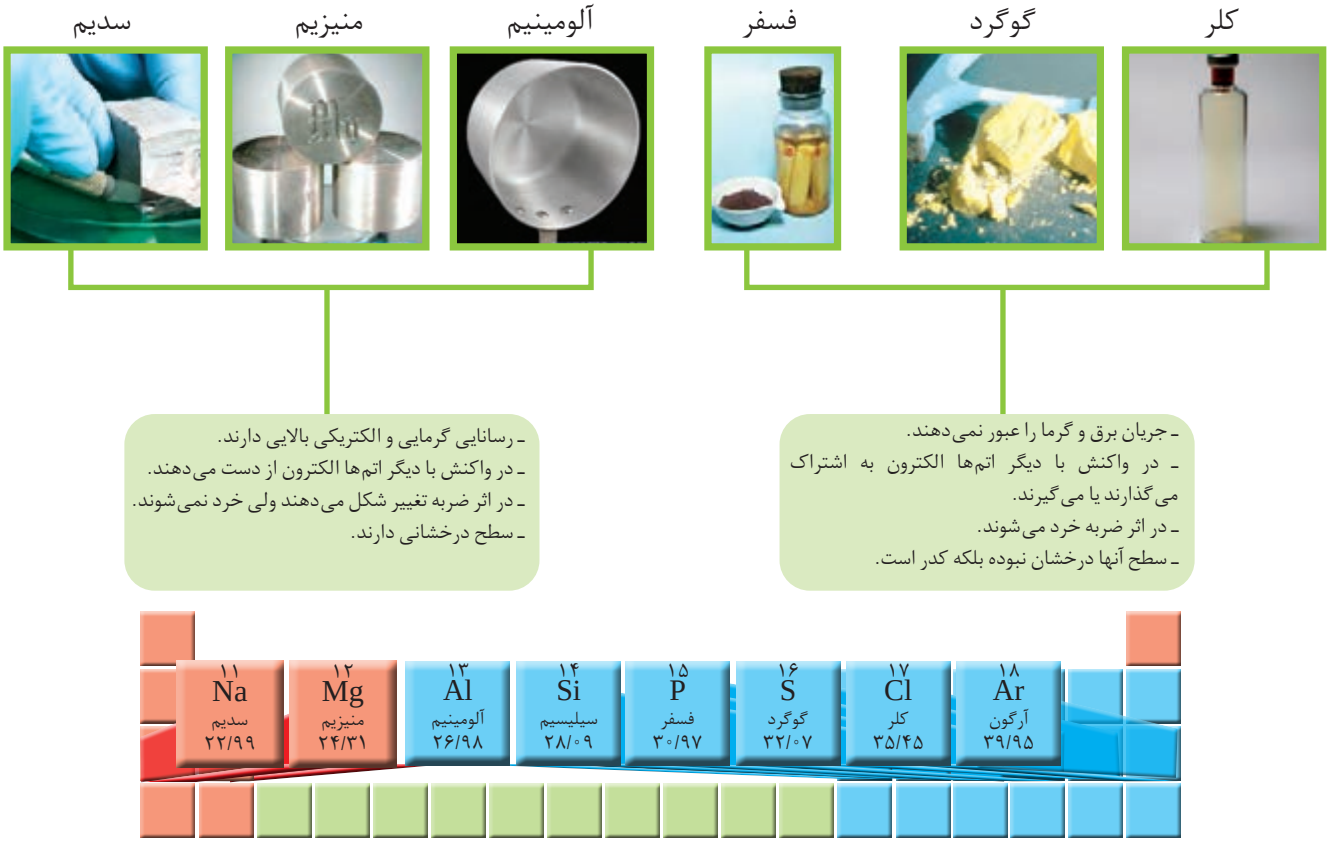
شکل ۳ـ برخی کاربرد فلزها مبتنی بر ویژگی آنها. هر کاربرد کدام ویژگی فلز را نشان می‌دهد؟

با هم بیندیشیم

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



الف) عنصرهای گروه ۱۴



ب) عنصرهای دوره سوم

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

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

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

۴ـ با کامل کردن جدول صفحهٔ بعد به یک جمع‌بندی از یافته‌های خود برسید و عنصرهای مشخص‌شده در بالا را در سه دسته فلز، نافلز و شبه فلز قرار دهید.

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

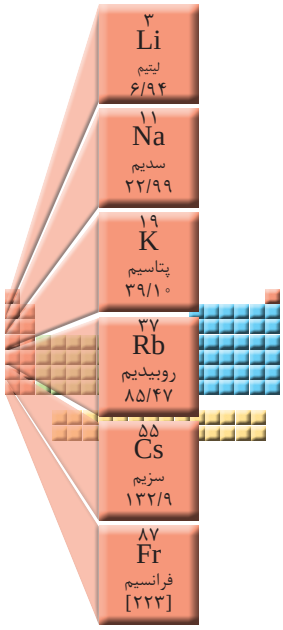
۵ـ در گروه ۱۴ از بالا به پایین، خصلت فلزی چه تغییری کرده است؟

۶ـ روند تغییر **خصلت فلزی**[۱] و **نافلزی**[۲] در دورهٔ سوم جدول را بررسی کنید.

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

۸ـ عبارت زیر را با خط زدن واژهٔ نادرست در هر مورد، کامل کنید.

در هر دوره از جدول دوره‌ای، از چپ به راست از خاصیت $\frac{\text{فلزی}}{\text{نافلزی}}$ کاسته و به خاصیت $\frac{\text{نافلزی}}{\text{فلزی}}$ افزوده می‌شود. در گروه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ عنصرهای $\frac{\text{بالاتر}}{\text{پایین‌تر}}$ خاصیت نافلزی بیشتری دارند زیرا از بالا به پایین خاصیت $\frac{\text{نافلزی}}{\text{فلزی}}$ زیاد می‌شود.



● فلزهای قلیایی جدول دوره‌ای

آیا می‌دانید

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

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

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

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

تفکر نقادانه

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

می‌دانید که همهٔ ۱۱۸ عنصر جدول دوره‌ای شناسایی و توسط آیوپاک تأیید شده است، به‌طوری که هیچ خانه‌ای در جدول خالی نیست. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که جست‌وجو برای کشف عنصرهای طبیعی به پایان رسیده و تنها راه افزایش شمار عنصرها، تهیه و تولید آنها به‌صورت ساختگی است. شاید شما نیز گزارش‌هایی دربارهٔ ساخت و شناسایی عنصر شمارهٔ 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 دستهٔ g 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[1]

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

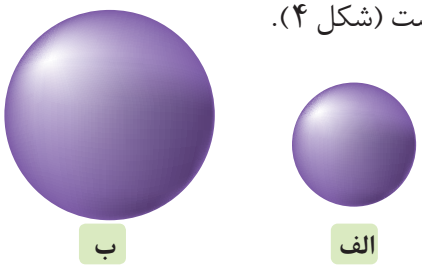
۱ـ Atomic Radius

جدول پیشنهادی شارل ژانت (۱۹۳۲ـ۱۸۴۹ میلادی) با مدل کوانتومی همخوانی داشت. در دو ردیف جدید این جدول، زیر لایه g به عنوان زیر لایه پنجم پس از زیر لایه‌های s، p، d و f پر می‌شود.

۵۷ La لانتان ۱۳۸.۹۰	۵۸ Ce سریم ۱۴۰.۱۰	۵۹ Pr پراسئودیمیم ۱۴۰.۹۰	۶۰ Nd نئودیمیم ۱۴۴.۲۰	۶۱ Pm پرومتیم [۱۴۵]	۶۲ Sm ساماریم ۱۵۰.۴۰	۶۳ Eu اروپیم ۱۵۲.۰۰	۶۴ Gd گادولینیم ۱۵۷.۳۰	۶۵ Tb تربیم ۱۵۸.۹۰	۶۶ Dy دیسپروزیم ۱۶۲.۵۰	۶۷ Ho هولمیم ۱۶۴.۹۰	۶۸ Er اربیم ۱۶۷.۳۰	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸.۹۰	۷۰ Yb ایتربیم ۱۷۳.۰۰
۸۹ Ac اکتینیم [۲۲۷]	۹۰ Th توریم ۲۳۲.۰۰	۹۱ Pa پروتاکتینیم ۲۳۱.۰۰	۹۲ U اورانیم ۲۳۸.۰۰	۹۳ Np نپتونیم [۲۳۷]	۹۴ Pu پلوتونیم [۲۴۴]	۹۵ Am امریسیم [۲۴۳]	۹۶ Cm کوریم [۲۴۷]	۹۷ Bk برکلیم [۲۴۷]	۹۸ Cf کالیفرنیم [۲۵۱]	۹۹ Es اینشتینیم [۲۵۲]	۱۰۰ Fm فرمیم [۲۵۷]	۱۰۱ Md مندلیم [۲۵۸]	۱۰۲ No نوبلیم [۲۵۹]
دستهٔ g	دستهٔ f												

چکش‌خواری، شکل‌پذیری (مانند قابلیت ورقه و مفتول شدن) و... است. در حالی‌که رفتار شیمیایی فلزها به میزان توانایی اتم آنها به‌از دست دادن الکترون وابسته است. هر چه اتم فلزی در شرایط معین آسان‌تر الکترون از دست بدهد، خصلت فلزی بیشتری دارد و **فعالیت شیمیایی**[۱] آن بیشتر است.

روندهای تناوبی در جدول بر اساس کمیت‌های وابسته به اتم قابل توضیح است. یکی از این کمیت‌ها، شعاع اتمی است. در شیمی دهم آموختید که مطابق مدل کوانتومی، اتم را مانند کره‌ای در نظر می‌گیرند که الکترون‌ها پیرامون هسته و در لایه‌های الکترونی در حال حرکت‌اند. بنابراین می‌توان برای هر اتم شعاعی در نظر گرفت و آن را اندازه‌گیری کرد. بدیهی است که شعاع اتم‌های مختلف، یکسان نیست و هرچه شعاع یک اتم بزرگ‌تر باشد، اندازهٔ آن اتم نیز بزرگ‌تر است (شکل ۴).

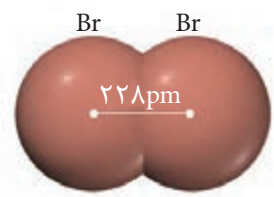


شکل ۴ـ مقایسهٔ نسبی شعاع اتمی لیتیم (الف) و پتاسیم (ب).

آیا میان شعاع اتم‌ها و خصلت فلزی یا نافلزی آنها رابطه‌ای هست؟ اکنون با انجام دادن فعالیت صفحه بعد به رابطه بین خصلت فلزی و نافلزی با شعاع اتم پی می‌برید.

آیا می‌دانید

تعیین اندازهٔ اتم همانند جرم آن بسیار دشوار است. برای برخی اتم‌ها نصف فاصله بین هسته‌های دو اتم یکسان در پیوند اشتراکی یگانه را شعاع اتم در نظر می‌گیرند. برای نمونه:



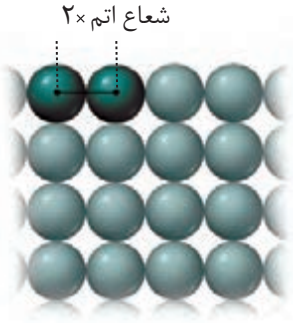
$$\text{شعاع اتم برم} = \frac{۲۲۸\ \text{pm}}{۲} = ۱۱۴\ \text{pm}$$

$$۱\,\text{pm} = ۱۰^{-۱۲}\,\text{m}$$

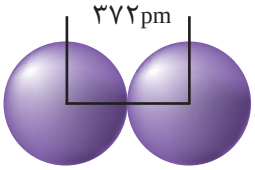
۱ـ Chemical Reactivity

آیا می‌دانید

شعاع دستهٔ دیگری از اتم‌ها به روش زیر اندازه‌گیری می‌شود.



برای نمونه شعاع اتم سدیم برابر با ۱۸۶ پیکومتر است.



تولیدنور، آزادسازی گرما، تشکیل رسوب و خروج گاز نشانه‌هایی از تغییر شیمیایی هستند. هرچه شدت نور یا آهنگ خروج گاز آزاد شده بیشتر باشد، واکنش شیمیایی سریع‌تر و شدیدتر بوده و واکنش‌دهنده فعالیت شیمیایی بیشتری دارد.

با هم بیندیشیم

۱ـ با توجه به جایگاه عنصرهای لیتیم، سدیم و پتاسیم (**فلزهای قلیایی**[1]) در جدول دوره‌ای، پیش‌بینی کنید در واکنش با گاز کلر، اتم‌های کدام‌یک آسان‌تر الکترون از دست خواهد داد؟ چرا؟

۲ـ تصویر زیر واکنش این فلزها با گاز کلر را در شرایط یکسان نشان می‌دهد. آیا داده‌های این تصویر پیش‌بینی شما را تأیید می‌کند؟ (راهنمایی: هرچه ماده‌ای سریع‌تر و شدیدتر واکنش بدهد، فعالیت شیمیایی بیشتری دارد).

الف) لیتیم

ب) سدیم

پ) پتاسیم

۳ـ به نظر شما آیا جملهٔ «هرچه شعاع اتمی یک فلز بزرگ‌تر باشد، آسان‌تر الکترون از دست می‌دهد» درست است؟ چرا؟

۴ـ جدول زیر را کامل کنید و توضیح دهید بین شمار لایه‌های الکترونی با شعاع اتم چه رابطه‌ای وجود دارد.

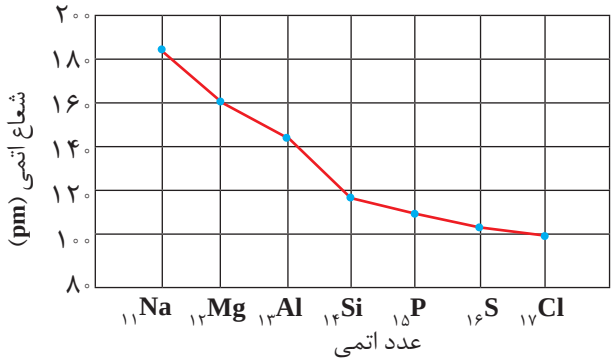
نماد شیمیایی عنصر	$_{3}Li$	$_{11}Na$	$_{19}K$
آرایش الکترونی فشرده			
نماد آخرین زیرلایه			
تعداد لایه‌های الکترونی در اتم			
شعاع اتمی (pm)	۱۵۲	۱۸۶	۲۳۱

۵ـ با توجه به جدول زیر، پیش‌بینی کنید اتم کدام‌یک از فلزهای گروه دوم (**فلزهای قلیایی خاکی**[2]) جدول دوره‌ای در واکنش با نافلزها، آسان‌تر به کاتیون M^{2+} تبدیل می‌شود. چرا؟

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

۱-Alkaline Metals
۲- Alkaline Earth Metals

یکی دیگر از روندهای تناوبی، روند تغییر شعاع اتمی عنصرهای جدول دوره‌ای است. در یک گروه، از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می‌یابد، زیرا تعداد لایه‌های الکترونی بیشتر می‌شود. در حالی‌که 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 ۱ـ تغییر شعاع اتمی در دورهٔ سوم جدول دوره‌ای

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

خود را بیازمایید

الف) جدول زیر را کامل کنید.

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

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

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

۱ـ Halide Ion

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

شکل ۵ـ ب) در معماری اسلامی، گنبد و گلدستهٔ شماری از اماکن مقدس را با ورقه‌های نازکی از طلا تزیین می‌کنند.

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

نام هالوژن	شرایط واکنش با گاز هیدروژن
فلوئور	حتی در دمای $-۲۰۰^{\circ}C$ به سرعت واکنش می‌دهد.
کلر	در دمای اتاق به آرامی واکنش می‌دهد.
برم	در دمای $۲۰۰^{\circ}C$ واکنش می‌دهد.
ید	در دمای بالاتر از $۴۰۰^{\circ}C$ واکنش می‌دهد.

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

اگرچه همهٔ فلزها در حالت‌های کلی رفتارهای مشابهی دارند، اما تفاوت‌های قابل توجهی میان آنها وجود دارد، به‌طوری که هر فلز رفتارهای ویژهٔ 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 پنجرهٔ 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 (شکل۵).

فلزهای دستهٔ d نیز رفتاری شبیه فلزهای دستهٔ s و p دارند. آنها نیز رسانای جریان الکتریکی و گرما هستند، چکش‌خوارند و قابلیت ورقه شدن دارند. با وجود این، هر یک از این فلزها نیز رفتارهای ویژه‌ای دارند که در ادامه با برخی از آنها آشنا می‌شویم.

گردن‌بند ساخته شده از سنگ فیروزه

دنیایی رنگی با عنصرهای دستهٔ d

یکی از اصیل‌ترین و ارزنده‌ترین صنایع دستی کشورمان شیشه‌گری است، صنعتی که پشتوانه و سابقه‌ای دیرینه دارد. گردن‌بندی با دانه‌های شیشه‌ای آبی رنگ متعلق به هزاران سال پیش که در ناحیهٔ شمال غربی ایران کشف شده و قطعات شیشه‌ای مایل به سبزی که طی کاوش‌های باستان‌شناسی در لرستان و شوش به‌دست آمده است، نشان از وجود این صنعت در روزگاران بسیار دور دارد. شیشه‌های رنگی و طرح‌دار در معماری پر نقش و نگار ایرانی بخشی از فرهنگ غنی ما است؛ پنجره‌هایی که در مساجد و خانه‌های تاریخی ایران به فراوانی دیده می‌شوند و هنگامی که خورشید بر آنها می‌تابد، نقشی از طرح و رنگ‌های خیره‌کننده در فضا پدیدار می‌شود (شکل۶).

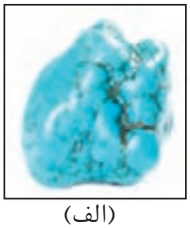
نمونه‌ای از شیشه‌های باستانی

(الف)

(ب)

شکل۶ـ الف) مسجد نصیرالملک شیراز یکی از زیباترین مساجد ایران است. عبور نور از میان شیشه‌های رنگی این مسجد در هنگام صبح، زیبایی خاصی به آن می‌بخشد. **ب)** نمایی از یک خانهٔ قدیمی در کاشان.

یکی از هدایای زمینی، سنگ‌های گران‌بهای آن است که به‌دلیل رنگ‌های گوناگون و زیبای خود، کاربرد گسترده‌ای در جواهرسازی دارند. شاید از خودتان پرسیده باشید که این تنوع و زیبایی رنگ‌ها در شیشه به دلیل وجود چه موادی است؟ چه چیزی سبب سرخی **یاقوت**[1] شده است؟ چرا زمرد سبز رنگ است؟ رنگ زیبای سنگ فیروزه به چه دلیل است؟ در پاسخی ساده می‌توان گفت که این رنگ‌های زیبا، نشانی از وجود برخی ترکیب‌های فلزهای واسطه است (شکل ۷).



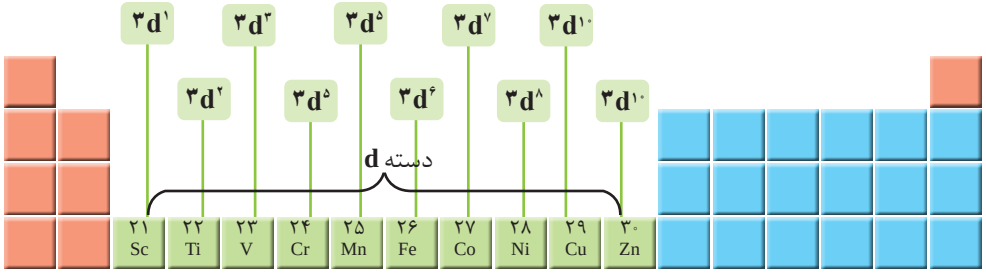
(الف)

(ب)

(پ)

شکل۷ـ الف) فیروزه، ب) یاقوت سرخ و پ) زمرد

فلزهای دستهٔ d، دسته‌ای از عنصرهای جدول دوره‌ای هستند که زیر لایهٔ d اتم آنها در حال پر شدن است. در شکل زیر نخستین سری از این فلزها که در دورهٔ چهارم جدول جای دارند، نشان داده شده است.



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

۱ـ Ruby

فلزهای دستهٔd، به فلزهای واسطه معروف‌اند در حالی که فلزهای دسته s و p به فلزهای اصلی شهرت دارند.

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

آیا می‌دانید

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

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

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

$$Fe:[Ar]\,3d^6\,4s^2 \xrightarrow{-2e} Fe^{2+}:[Ar]\,3d^6$$

$$Fe^{2+}:[Ar]\,3d^6 \xrightarrow{-e} Fe^{3+}:[Ar]\,3d^5$$

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:

$$_3Li:[_2He]\,2s^1 \longrightarrow {}_3Li^+:[_2He]$$

$$_{13}Al:[_{10}Ne]\,3s^2\,3p^1 \longrightarrow {}_{13}Al^{3+}:[_{10}Ne]$$

$$_{30}Zn:[_{18}Ar]\,3d^{10}\,4s^2 \longrightarrow {}_{30}Zn^{2+}:[_{18}Ar]\,3d^{10}$$

آرایش الکترونی یون روی شبیه هیچ گاز نجیبی نیست.

خود را بیازمایید

۱ـ اسکاندیم ($_{21}Sc$)، 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.

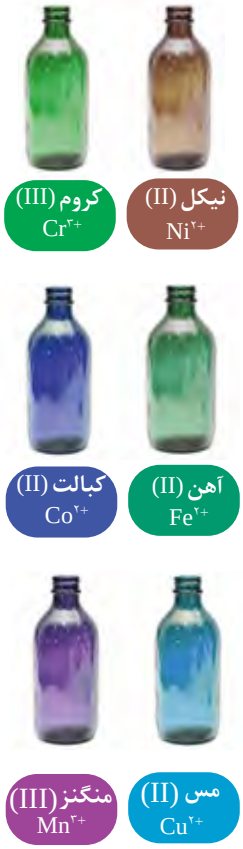
ب) کاتیون این فلز در ترکیب‌هایش، سه بار مثبت دارد. آرایش الکترونی فشرده کاتیون اسکاندیم را رسم کنید.

۲ـ جدول زیر را کامل کنید.

آرایش الکترونی	نماد فلز / یون	آرایش الکترونی	نماد فلز / یون
.....	$_{24}Cr$	$[Ar]\,3d^3\,4s^2$	$_{23}V$
$[Ar]\,3d^4$	Cr^{2+}	.....	V^{2+}
.....	Cr^{3+}	.....	V^{3+}

آیا می‌دانید

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



آیا می‌دانید

خرچنگ نعل اسبی[1]، که به‌عنوان فسیل زنده شناخته می‌شود، خونی به رنگ آبی دارد، درحالی که خون انسان به رنگ قرمز است. رنگ خون به‌دلیل وجود یونی از فلزهای واسطه است. در خون خرچنگ نعل اسبی، یون Cu^{2+} و در خون انسان یون Fe^{2+} وجود دارد. خون این جانور کاربردهای زیادی در صنعت پزشکی دارد.

۱ـ Horseshoe Crab

پیوند با صنعت

هر کجا که هستید به اطراف خود نگاهی بیندازید، آیا جسم یا وسیله‌ای می‌بینید که از جنس طلا باشد یا در ساختن آن از طلا استفاده شده باشد؟ شاید به دنبال زیورآلاتی مانند گردن‌بند، انگشتر، دستبند، گنبد طلایی یا مواردی مشابه می‌گردید. آیا فلز طلا را می‌توان در وسایل دیگر نیز یافت؟ طلا فلزی ارزشمند و گران‌بها است که افزون بر ویژگی‌های مشترک فلزها، ویژگی‌های منحصر به‌فردی نیز دارد. فلز طلا به اندازه‌ای چکش‌خوار و نرم است که چند گرم از آن را می‌توان با چکش‌کاری به صفحه‌ای با مساحت چند متر مربع تبدیل کرد.

شکل۸ـ برخی کاربردهای طلا

به همین دلیل ساخت برگه‌ها و رشته سیم‌های بسیار نازک (نخ طلا) به‌راحتی امکان‌پذیر است. رسانایی الکتریکی بالای طلا و حفظ این رسانایی در شرایط دمایی گوناگون، همچنین واکنش ندادن آن با گازهای موجود در هواکره و مواد موجود در بدن انسان همراه با بازتاب زیاد پرتوهای خورشیدی از جمله ویژگی‌های خاص طلاست که سبب شده کاربردهای این فلز گسترش یافته و تقاضای جهانی آن روزبه‌روز افزایش یابد (شکل ۸).

هر چند طلا در طبیعت به شکل فلزی و عنصری خود نیز یافت می‌شود، اما مقدار آن در معادن طلا بسیار کم است. به‌طوری که برای استخراج مقدار کمی از آن باید از حجم انبوهی خاک معدن استفاده کرد. به همین دلیل پسماند بسیار زیادی تولید می‌شود. برای نمونه، در تولید مقدار طلای مورد نیاز برای ساخت یک عدد حلقهٔ عروسی حدود سه تن پسماند ایجاد می‌شود. از این‌رو استخراج طلا همانند دیگر فعالیت‌های صنعتی آثار زیان‌بار زیست‌محیطی بر جای می‌گذارد. امید است که در پیوند صنعت با دانشگاه و انجام پژوهش‌های مناسب، راه‌هایی برای استخراج فلزها پیدا شود که ضمن بهره‌برداری از منابع، منجر به کاهش ردپای محیط‌زیستی شده و هماهنگ با توسعه پایدار باشد. مجتمع طلای موته در اصفهان و زرشوران در آذربایجان غربی از منابع استخراج طلا در ایران هستند.

آیا می‌دانید

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

● «**طلا که پاک است چه منتش به خاک است**» یک ضرب‌المثل ایرانی است اما یک مفهوم شیمیایی را بیان می‌کند. در مورد آن گفت‌وگو کنید.

آیا می‌دانید

سالانه در حدود ۴۰۰۰ تن طلا در جهان برای استفاده‌های گوناگون مانند موارد زیر، استخراج و تولید می‌شود.

زیورآلات و جواهرات
۲۳۹۸/۷ تن

پشتوانه ارزی
۲۵۳/۳ تن

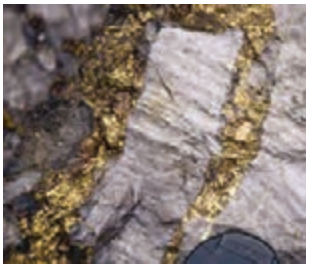
الکترونیک
۳۱۰/۶ تن

دندان‌پزشکی
۵۷/۳ تن

صنایع دیگر
۷۵۰ 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 نافلزها 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 کلوخه‌ها یا رگه‌های زرد لابه‌لای خاک یافت می‌شود (شکل ۹).

شکل ۹ـ نمونه‌هایی از کانی‌ها (کلسیم کربنات، سدیم کلرید، منگنز (II) کربنات، گوگرد). فرمول شیمیایی هر یک از این مواد را بنویسید.

در دنیای مدرن و صنعتی امروزی، از فلزهای بسیار زیادی استفاده می‌شود آن‌چنان که چرخ‌های اقتصادی کشورها به تولید و مصرف این مواد گره خورده است (شکل ۱۰).

شکل ۱۰ـ کاربرد فلزهای گوناگون در زندگی

آهن فلزی است که در سطح جهان بیشترین مصرف سالانه را در بین صنایع گوناگون دارد. در کشور ما نیز مصرف آهن بسیار زیاد است. 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	۴۰۰۰۰۰۰۰
منیزیم	۲۲۰۰۰۰۰۰
مس و کروم	۸۰۰۰۰۰۰

کاوش کنید (۱)

دربارهٔ 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، لولهٔ آزمایش، قطره چکان، قاشقک.

آزمایش ۱

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

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

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

ت) با استفاده از قطره‌چکان در لولهٔ آزمایش شماره «۳» در حدود یک میلی‌لیتر 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 سدیم‌کلرید تشکیل می‌شود. معادلهٔ نمادی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.

چ) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

آزمایش ۲

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

ب) مشاهده‌های خود را بنویسید.

پ) با توجه به اینکه فراورده‌های این واکنش، رسوب آهن (III) هیدروکسید و محلول سدیم‌کلرید است، معادلهٔ نمادی واکنش شیمیایی انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.

ت) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

آزمایش ۳

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

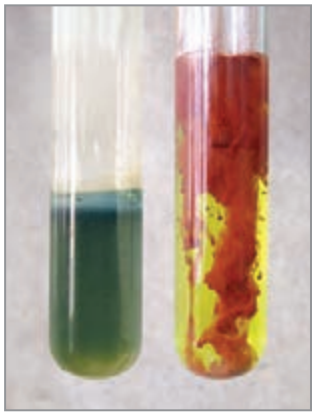
ب) زنگ آهن جمع‌آوری شده را در یک لوله آزمایش بریزید و قطره‌قطره محلول هیدروکلریک‌اسید به آن بیفزایید. این عمل را تا جایی ادامه دهید که همهٔ زنگ آهن حل شود.

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

آیا می‌دانید

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

خانم دکتر صفوی یکی از چهره‌های ماندگار شیمی تجزیه



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

۱ـ Analytical Chemistry

که رسوب رنگی تشکیل شود.

ت) مشاهده‌های خود را بنویسید.

ث) در زنگ آهن کدام یون آهن وجود دارد؟ چرا؟

کاوش کنید (۲)

دربارهٔ اینکه «**کدام فلز واکنش‌پذیرتر است؟**» کاوش کنید.

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

۱ـ درون بشری تا یک سوم حجم آن آب بریزید و نصف قاشق چای‌خوری مس (II) سولفات به آن بیفزایید و آن را هم بزنید تا محلول آبی رنگ به‌دست آید.

۲ـ دو عدد میخ آهنی درون بشر بیندازید و مدتی صبر کنید.

۳ـ مشاهده‌های خود را بنویسید.

۴ـ اگر فراورده‌های واکنش انجام شده، فلز مس و محلول آهن (II) سولفات باشند، معادلهٔ نمادی واکنش را بنویسید.

۵ـ از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

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

با هم بیندیشیم

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

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

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

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

Zn ☐ ، Na ☐ و Ag ☐

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

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

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

آیا می‌دانید

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

آیا می‌دانید

شیمی معدنی[1]، 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 عنصرها و ترکیب‌های آنها به‌جز ترکیب‌های کربن می‌پردازد.

۱ـ Inorganic Chemistry

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».

$$\text{I. } FeO(s) + 2Na(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2O(s) + Fe(s)$$

$$\text{II. } FeO(s) + Cu(s) \xrightarrow{\Delta} Fe(s) + CuO(s)$$

ث) در هر یک از واکنش‌های زیر، واکنش‌پذیری مواد واکنش‌دهنده را با مواد فراورده مقایسه کنید.

$$\text{I. } FeO(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) + Fe(s)$$

$$\text{II. } Na_2O(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} \text{واکنش نمی‌دهد}$$

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

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

اکنون می‌خواهیم بررسی کنیم چگونه می‌توان فلز Fe را از Fe_2O_3 استخراج کرد. برای انجام این کار می‌توان از واکنش Fe_2O_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 همهٔ شرکت‌های فولاد جهان، برای استخراج آهن از کربن استفاده می‌شود. معادلهٔ واکنشی که منجر به تولید آهن می‌شود، به‌صورت زیر است:

$$2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \xrightarrow{\Delta} 4Fe(s) + 3CO_2(g)$$

در شیمی دهم با روش محاسبهٔ مقدار فراورده از مقدار مشخصی واکنش‌دهنده آشنا شدید. بر اساس همان روابط می‌توان حساب کرد که به ازای مصرف مقدار معینی Fe_2O_3 تولید چه مقدار فلز آهن انتظار می‌رود.

آیا می‌دانید

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

در شرکت‌های فولاد مبارکه و ذوب‌آهن اصفهان، سالانه میلیون‌ها تن آهن به شکل‌های گوناگون تولید می‌شود. فرایند صنعتی استخراج آهن در کورهٔ بلند انجام می‌شود.

آیا می‌دانید

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

نمونه حل شده

با توجه به معادلهٔ واکنش صفحه پیش و با مراجعه به جدول دوره‌ای حساب کنید، از واکنش یک تن Fe_2O_3 با مقدار کافی از کربن، انتظار می‌رود چند تن آهن تولید شود.

پاسخ:

$$?\,ton\,Fe = 1\,ton\,Fe_2O_3 \times \frac{1000\,kg}{1\,ton} \times \frac{1000\,g}{1\,kg} \times \frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{160\,g\,Fe_2O_3} \times \frac{4\,mol\,Fe}{2\,mol\,Fe_2O_3} \times$$

$$\frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe} \times \frac{1\,kg}{1000\,g} \times \frac{1\,ton}{1000\,kg} = 0/7\,ton\,Fe$$

خود را بیازمایید

مطابق واکنش بالا، از واکنش ۴۰ گرم آهن(III) اکسید با مقدار کافی کربن، انتظار می‌رود چند گرم آهن به‌دست آید؟

دنیای واقعی واکنش‌ها

دانشجویی در آزمایشگاه، واکنش زیر را سه بار در شرایط ایمن 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 آزمایش‌های او را نشان می‌دهد:

شماره آزمایش	جرم واکنش دهنده، Fe_2O_3 (گرم)	جرم فراورده‌ای که دانشجو به‌دست 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 دانشجو به‌دست آورده از جرم مورد انتظار کمتر است. به دیگر سخن مقدار عملی واکنش (۱۹/۶ گرم فلز آهن) از مقدار نظری واکنش(۲۸گرم فلز آهن) کوچک‌تر است. برای توضیح این مسئله، می‌توان چنین بیان کرد که آهن (III) اکسید ناخالص است. شاید همهٔ آن نیز وارد واکنش نشده یا دانشجو نتوانسته است همهٔ آهن تولیدشده 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 بازدهٔ هر واکنش را پیدا کنند تا بتوانند محاسبه‌های کمّی را دقیق و درست انجام دهند.

پیوند با ریاضی

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

۱ـ الف) آهن در طبیعت به‌صورت کانهٔ هماتیت یافت می‌شود. اگر **درصد خلوص**[1] این کانه برابر با ۷۰ باشد، معنی آن چیست؟

ب) رابطه ای برای درصدخلوص مواد بیابید.

۲ـ الف) شیمی‌دان‌ها برای محاسبهٔ مقدار واقعی فراوردهٔ تولید شده در یک واکنش از مفهومی به نام **بازده درصدی**[2] 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.

به مقدار فراوردهٔ مورد انتظار در هر واکنش، مقدار نظری و به مقدار فراورده‌ای که در عمل به‌دست می‌آید، مقدار عملی می‌گویند.

نماد شیمیایی ماده	مقدار ماده (گرم)
Fe_2O_3	۴۰
Fe (فراورده‌ای که دانشجو به‌دست آورده است)	۱۹/۶
Fe (فراورده‌ای که انتظار داشتیم به‌دست آید)	۲۸

واکنش‌های شیمیایی همیشه مطابق آنچه انتظار می‌رود پیش نمی‌روند، زیرا ممکن است واکنش‌دهنده‌ها ناخالص باشند یا ممکن است واکنش به‌طور کامل انجام نشود، حتی گاهی نیز هم‌زمان با آن، واکنش‌های ناخواستهٔ 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.

نمونهٔ حل شده

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

$$C_6H_{12}O_6(aq) \longrightarrow 2\,C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$$

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

۱ـ Purity Percent
۲ـ Percent Yield

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

پاسخ:

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

$$?\,\text{ton}\,C_2H_5OH = 1/5\,\text{ton}\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{1000\,\text{kg}}{1\,\text{ton}} \times \frac{1000\,\text{g}}{1\,\text{kg}} \times \frac{1\,\text{mol}\,C_6H_{12}O_6}{180\,\text{g}\,C_6H_{12}O_6}$$

$$\times \frac{2\,\text{mol}\,C_2H_5OH}{1\,\text{mol}\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{46\,\text{g}\,C_2H_5OH}{1\,\text{mol}\,C_2H_5OH} \times \frac{1\,\text{kg}}{1000\,\text{g}} \times \frac{1\,\text{ton}}{1000\,\text{kg}} = 0/77\ \text{ton}\ C_2H_5OH$$

اینک:

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

$$80 = \frac{x}{0/77} \times 100 \rightarrow x = 0/62\,\text{ton}\,C_2H_5OH$$

۲ـ 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 دانش‌آموز در STP محاسبه شده است. کدام یک درست است؟ چرا؟

$$Fe(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow FeCl_2(aq) + H_2(g)$$

روش ۱

$$?\,LH_2 = 10\,gFe \times \frac{1\,molFe}{56\,gFe} \times \frac{1\,molH_2}{1\,molFe} \times \frac{22/4\ LH_2}{1\,molH_2}$$

روش ۲

$$?\,LH_2 = 9/5\,gFe \times \frac{1\,molFe}{56\,gFe} \times \frac{1\,molH_2}{1\,molFe} \times \frac{22/4\,LH_2}{1\,molH_2}$$

پاسخ: روش ۲ درست است، زیرا در محاسبه‌های استوکیومتری باید مقدار خالص واکنش‌دهنده‌ها را در نظر گرفت.

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

خود را بیازمایید

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

$$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$$

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

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

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

$$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \longrightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$$

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

نماد شیمیایی فلز	قیمت هر کیلوگرم فلز (ریال)	بیشترین مقدار فلز در یک کیلوگرم از گیاه (گرم)	درصد فلز در سنگ معدن
Au	۱۲۰۰۰۰۰۰۰	۰/۱	۰/۰۰۲
Ni	۸۲۰۰۰۰	۳۸	۲
Cu	۲۴۵۰۰۰	۱۴	۰/۵
Zn	۱۵۵۰۰۰	۴۰	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 گیاهی که برای پالایش نیکل به‌کار می‌رود، ۱۵۹ گرم خاکستر می‌دهد؛ درصد نیکل را در این خاکستر حساب کنید.

پ) این روش برای استخراج فلزهای روی و نیکل مقرون به صرفه نیست، در این مورد گفت‌وگو کنید.

پیوند با صنعت

گنج‌های اعماق دریا

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

آیا می‌دانید

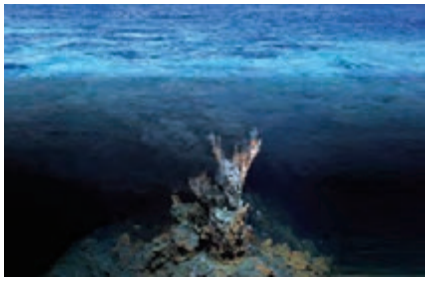
گیاه‌پالایی فرایندی است که در آن از گیاهان برای پالایش آب‌های سطحی، خاک و هوا استفاده می‌شود. ریشه‌های عمیق، برگ‌های پرپشت و قدرت جذب بالا به همراه باکتری‌های موجود در ریشهٔ گیاهان به آنها اجازه می‌دهد تا آلاینده‌های موجود در آب را جذب، تغلیظ یا تجزیه کنند. بدیهی است یافتن گیاه مناسب برای پالایش هر آلاینده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

گل همیشه بهار

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

(الف)

(ب)



(پ)

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

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

در میان تارنماها

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

جریان فلز بین محیط زیست و جامعه

طبیعت منشأ و منبع هدایای 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 برآورده‌کردن نیازهای خود به شکل‌های گوناگون استفاده می‌کند. استخراج فلز از سنگ معدن آن یکی از این روش‌ها است. دیدید که سالانه

آیا می‌دانید

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

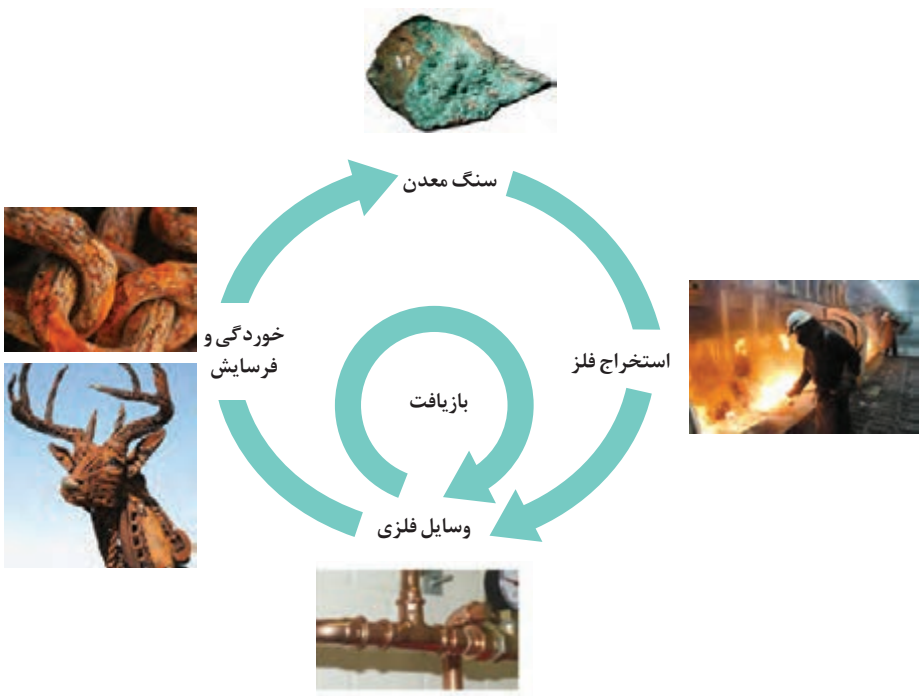
میلیون‌ها کلوخه در ناحیه‌ای از اقیانوس آرام در سطح بستر یا نیمه فرورفته در بستر پراکنده شده است.

صدها میلیون‌تن فلز از دل زمین استخراج می‌شود. سپس از این فلزها، ابزار، وسایل و مواد گوناگونی تهیه می‌شود. در شیمی دهم آموختید که براساس توسعهٔ پایدار باید در تولید یک ماده یا عرضه خدمات، همهٔ هزینه‌ها و ملاحظه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را در نظر گرفت. به‌طوری 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 محیط‌زیست است، وارد می‌کند و ردپای زیست‌محیطی ما را کاهش می‌دهد. با این روند در استفادهٔ درست از این هدایای زمینی و نگه‌داری آنها برای آیندگان موفق خواهیم شد.

دیگران کاشتند و ما خوردیم، ما بکاریم تا دیگران بخورند.

با هم بیندیشیم

در شکل زیر فرایند **استخراج**[1] فلز از طبیعت و بازگشت آن به طبیعت نشان داده شده است. با گفت‌وگو دربارهٔ آن، پاسخ پرسش‌های زیر را بیابید.



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؟

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

۱ـ Extraction

پسماند سرانهٔ سالانه فولاد ۴۰ کیلوگرم است.

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

پ) دربارهٔ شکل بالا گفت‌وگو و مشخص کنید کدام عبارت‌ها درست و کدام‌ها نادرست‌اند؟ چرا؟

ـ بازیافت فلزها و از جمله فلز آهن:

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

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

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

ارزیابی چرخه عمر[1] اصطلاحی است که برای ارزیابی میزان تأثیر یک فراورده بر روی محیط‌زیست در مدت طول عمر آن به‌کار می‌رود. 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، پایدار بودن فرایند تأمین مواد خام، میزان زباله و پسماند ایجاد شده و سهم حمل و نقل در همه مراحل است.

مراحل چرخه عمر یک فراورده

۱- Life Cycle Assessment

ارزیابی چرخه عمر حاصل تلاش برای یافتن شاخص‌هایی است که کمک می‌کنند 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.

مراحل چرخه عمر		پاکت کاغذی	کیسه پلاستیکی
استخراج و تولید مواد اولیه و خام	ماده اولیه یا خام چیست؟	درخت	نفت خام
	پایداری تأمین ماده اولیه و خام	نسبتاً پایدار ـ می‌توان تعداد زیادی درخت کاشت	ناپایدار ـ نفت تجدید نشدنی است
	تأثیر تولید ماده خام روی محیط‌زیست	با بریدن درختان زیستگاه جانداران زیادی تخریب می‌شود.	در استخراج نفت خام انرژی زیادی مصرف می‌شود.
	تأثیر حمل و نقل ماده خام روی محیط‌زیست	آلودگی هوا را به دنبال دارد.	سبب آلودگی هوا، خاک و آب می‌شود.
تولید	تأثیر روی محیط‌زیست	در تولید کاغذ آب به مقدار زیاد و برخی مواد شیمیایی مضر برای محیط‌زیست مصرف می‌شود.	در پالایش نفت خام و واکنش پلیمری شدن انرژی زیادی مصرف می‌شود.
مصرف	تأثیر حمل و نقل ماده خام روی محیط‌زیست	سبب آلودگی هوا می‌شود.	سبب آلودگی هوا می‌شود.
دفع	دفن کردن	تجزیه می‌شود اما گاز متان تولید می‌کند که آلاینده هوا است.	تجزیه نمی‌شود و در زمین برای سالیان طولانی باقی می‌ماند.
	سوزاندن زباله	سبب انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا می‌شود.	سبب انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا می‌شود.
	بازیافت	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.

نفت، هدیه‌ای شگفت‌انگیز

در اواخر سدهٔ ۱۸ میلادی شیمی‌دان‌ها با ماده‌ای روبه‌رو شدند که رفتار آن به مواد شناخته شده تا آن زمان شبیه نبود؛ ماده‌ای که بعدها **نفت‌خام**[1] 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).

شکل۱۲ـ نفت خام مخلوطی از هیدروکربن‌هاست.

۱- Crude Oil

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

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

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

آیا می‌دانید

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

- هر بشکه نفت خام هم ارز با ۱۵۹ لیتر است.

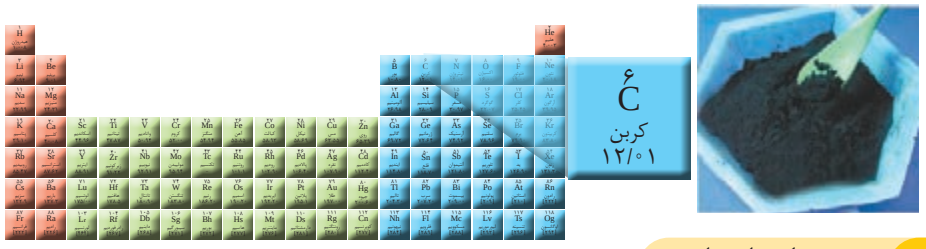
شکل ۱۳ـ موارد مصرف طلای سیاه

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

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

کربن، اساس استخوان بندی هیدروکربن ها

عنصر کربن در خانهٔ شمارهٔ ۶ جدول دوره‌ای جای داشته و اتم آن در لایهٔ ظرفیت خود چهار الکترون دارد. این اتم رفتارهای منحصر به‌فردی دارد که آن را از اتم دیگر عنصرهای جدول متمایز می‌سازد. به‌طوری‌که ترکیب‌های شناخته شده از اتم کربن، از مجموع ترکیب‌های شناخته شده از دیگر عنصرهای جدول دوره‌ای بیشتر است. دلیل این رفتار ویژه چیست؟



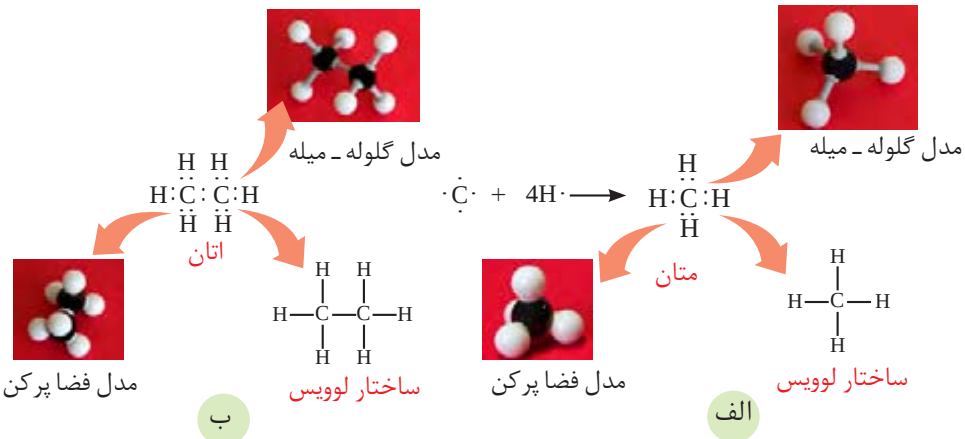
خود را بیازمایید

الف) آرایش الکترونی اتم کربن را بنویسید.

ب) آرایش الکترون نقطه‌ای اتم کربن را رسم کنید.

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

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



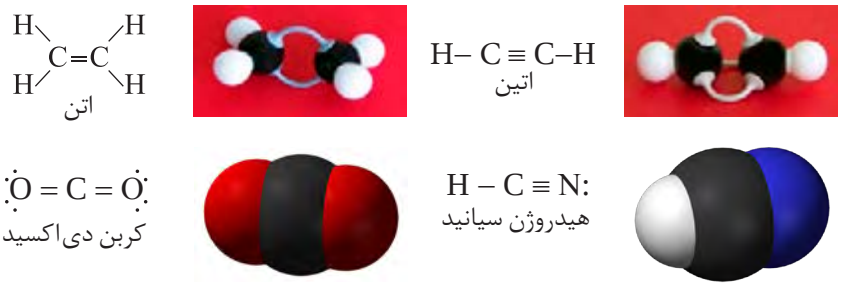
شکل ۱۴ـ پیوندهای اشتراکی یگانهٔ اتم کربن در مولکول‌های متان(الف) و اتان (ب)و شیوه‌های گوناگون نمایش آنها

آیا می‌دانید

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

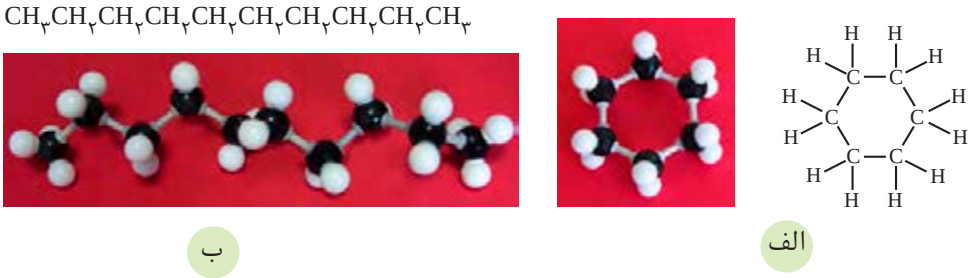
این رفتار کربن مشابه رفتار دیگر نافلزها (نیتروژن، فسفر، گوگرد و ...) است. برای مثال اتم نیتروژن ($_{7}N$) سه پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد تا به آرایش هشت‌تایی برسد. اما تعداد ترکیب‌های شناخته شده از آن محدود است. اینک می‌پرسید چه چیزی سبب شده است تا اتم‌های کربن بتوانند میلیون‌ها ترکیب تشکیل دهند؟

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



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

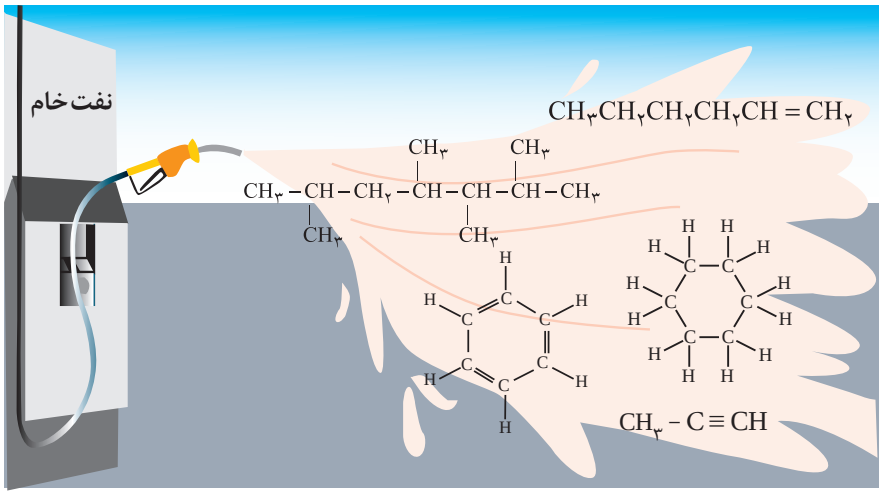
کربن همچنین توانایی تشکیل زنجیر و حلقه‌های کربنی را دارد، به دیگر سخن اتم‌های کربن می‌توانند با پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل شوند و زنجیرها و حلقه‌هایی در اندازه‌های گوناگون بسازند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ـ الف) حلقه کربنی شش‌تایی و ب) زنجیر کربنی ده تایی.

نفت‌خام مخلوطی شامل شمار زیادی از انواع **هیدروکربن**[۱] ها است (شکل ۱۷). در این شکل پنج نوع از هیدروکربن‌ها نشان داده شده است. در برخی از آنها، بین اتم‌های کربن فقط پیوندهای یگانه وجود دارد، درحالی‌که برخی دیگر دارای یک پیوند سه‌گانه یا دارای یک یا چند پیوند دوگانه هستند. با توجه به ساختار متفاوت این هیدروکربن‌ها انتظار می‌رود که رفتار آنها نیز با هم تفاوت داشته باشد. در ادامه این فصل با بررسی ساختار و رفتار برخی هیدروکربن‌ها بیشتر آشنا می‌شوید.

۱ـ Hydrocarbon



شکل ۱۷ـ برخی هیدروکربن‌های سازندهٔ نفت خام

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

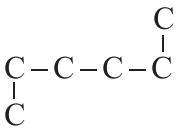
آلکان[1] ها، هیدروکربن‌هایی با پیوندهای یگانه

آلکان‌ها دسته‌ای از هیدروکربن‌ها هستند که در آنها هر اتم کربن با چهار پیوند یگانه به اتم‌های کناری متصل شده است. متان (CH_4) ساده‌ترین و نخستین عضو خانوادهٔ آلکان‌هاست. اعضای دیگر این خانواده شامل مولکول‌هایی است که شمار اتم‌های کربن آنها از دو تا ده‌ها کربن متغیر است. اتم‌های کربن در ساختار آلکان‌ها می‌توانند پشت سرهم و همانند یک زنجیر به هم متصل شده باشند (شکل ۱۸ـ الف) هر چند که برخی از آنها به شکل شاخهٔ جانبی به زنجیر متصل می‌شوند (شکل ۱۸ـ ب). با این توصیف در هر آلکان راست زنجیر هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است، درحالی که در آلکان شاخه‌دار، برخی کربن‌ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند.

آیا می‌دانید

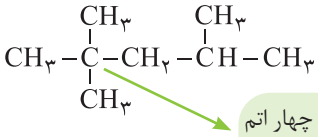
گاز شهری مخلوطی از هیدروکربن‌های سبک است که متان بخش عمدهٔ آن را تشکیل می‌دهد. درحالی‌که کپسول گاز خانگی، به‌طور عمده شامل گازهای پروپان و بوتان است.

۱ـ Alkane



$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

الف

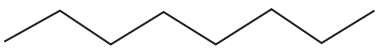


ب

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

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

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$



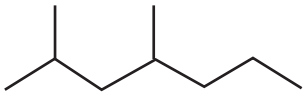
خود را بیازمایید

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

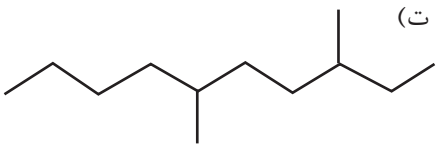
الف) $CH_3–C(CH_3)_2–CH_2–CH(CH_3)–CH_3$

ب) $C(C)(C)–C–C–C$

پ)



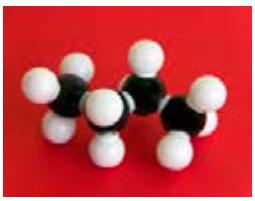
ت)



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

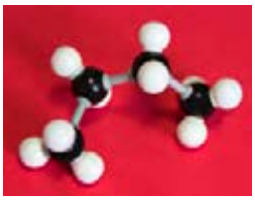
$CH_3CH(CH_3)CH_3$

۱



$CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_3$

۲



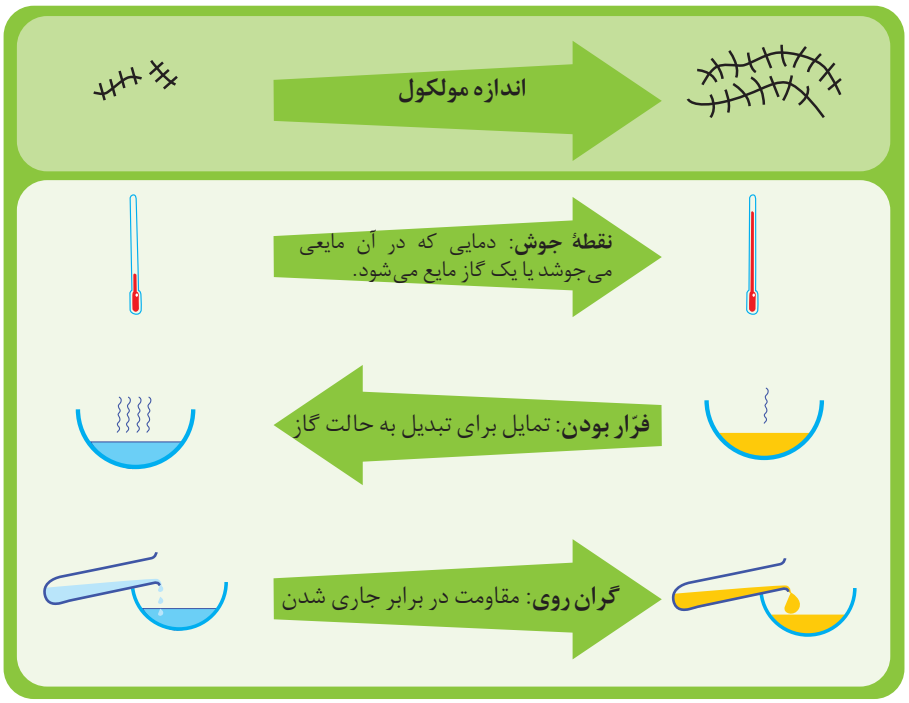
$CH_3 – CH_2 – CH_2(CH_3)$

۳

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

با هم بیندیشیم

۱ـ 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، نقطهٔ جوش آلکان‌ها در فشار یک اتمسفر چه تغییری می‌کند؟

ب) پیش‌بینی کنید نقطهٔ‌جوش کدام آلکان بالاتر است؟

$C_{۲۱}H_{۴۴}$ $C_{۱۲}H_{۲۶}$

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

$C_{۶}H_{۱۴}$ $C_{۱۰}H_{۲۲}$

ت) پژوهش‌ها نشان می‌دهد که گشتاور دو قطبی آلکان‌ها حدود صفر است. با این توصیف مولکول‌های این مواد، قطبی یا ناقطبی هستند؟

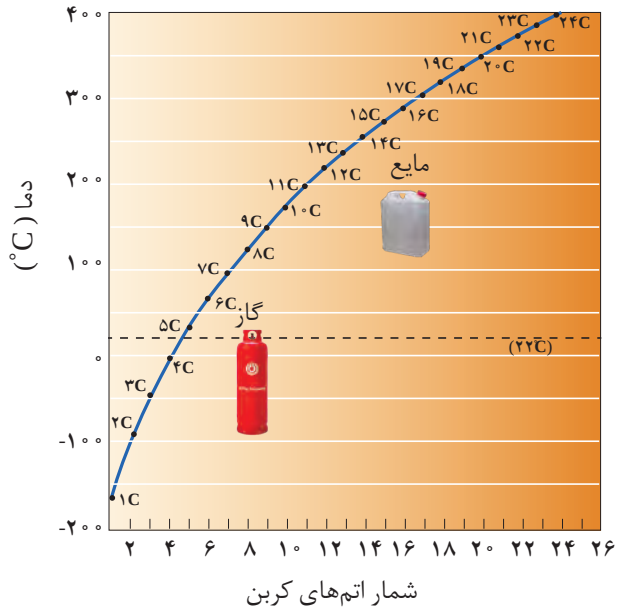
ث) نیروی بین‌مولکولی در آلکان‌ها از چه نوعی است؟ افزایش شمار اتم‌های کربن بر این نیروها چه اثری دارد؟

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

چ) پیش‌بینی کنید کدام ماده چسبنده‌تر است؟ چرا؟

- گریس(با فرمول تقریبی $C_{۱۸}H_{۳۸}$)
- وازلین (با فرمول تقریبی $C_{۲۵}H_{۵۲}$)

۲ـ نمودار زیر ترتیب نقطهٔ جوش آلکان‌های راست‌زنجیر را نشان می دهد. با توجه به آن:



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

ب) رابطه بین نقطهٔ‌جوش و جرم‌مولی آلکان‌ها را توصیف کنید.

آیا می‌دانید

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

پیوند با ریاضی

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

شماره عضو	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم		nام
نام	متان	اتان	پروپان	بوتان	پنتان		
شمار C							
شمار H							
فرمول	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}		

سوخت این فندک، گاز بوتان بوده و تحت فشار پرشده است.

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

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

خود را بیازمایید

تجربه نشان می‌دهد که گشتاور دو قطبی مولکول‌های سازندهٔ چربی‌ها حدودصفر است. با توجه به آن:

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

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

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

نام‌گذاری آلکان‌ها

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

فرمول مولکولی	CH_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}	$C_{10}H_{22}$
نام	متان	اتان	پروپان	بوتان	پنتان	هگزان	هپتان	اوکتان	نونان	دکان

آیا می‌دانید

از آلکان‌های با بیش از ۲۰ اتم کربن (پارافین‌ها) به‌عنوان پوشش محافظتی میوه‌ها استفاده می‌شود. این پوشش، از تبخیر آب میوه، چروکیده شدن آن و از رشد کپک روی میوه‌ها جلوگیری می‌کند و در عین حال میوه را براق می‌کند. از آلکان‌های $C_{29}H_{60}$ و $C_{27}H_{56}$ برای جلا دادن سیب استفاده می‌شود. البته رعایت استانداردهای سازمان غذا و دارو در میزان مصرف آلکان‌ها و کندن پوست میوه‌ها سبب کاهش آسیب به بدن می‌شود.

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

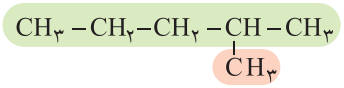
مطابق جدول بر اساس قواعد آیوپاک برای نامیدن آلکان راست‌زنجیر کافی است شمار اتم‌های کربن را با پیشوند معادل بیان کرده و پسوند «آن» را بیفزایید. توجه کنید که در چهار عضو نخست آلکان‌ها، پیشوندی که شمار اتم‌های کربن را معلوم کند، وجود ندارد و نام آنها براساس این روش انتخاب نشده است.

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

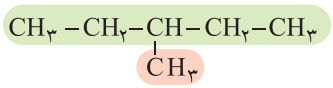
نام شاخهٔ فرعی	فرمول شاخهٔ فرعی (آلکیل)
متیل	$-CH_3$
اتیل	$-CH_2CH_3$

با هم بیندیشیم

۱ـ نام دو آلکان زیر را در نظر بگیرید.



۲ـ متیل پنتان



۳ـ متیل پنتان

پیشوند	معنی
دی	دو
تری	سه
تترا	چهار

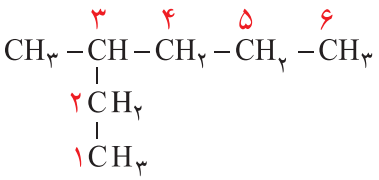
الف) هر عدد و هر واژه در نام هیدروکربن نشان‌دهندهٔ چیست؟

ب) تفاوت این دو ترکیب در چیست؟

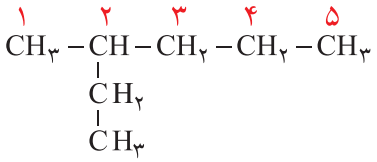
۲ـ ساختار ۳ـ متیل هگزان و ۴ـ متیل هپتان را رسم کنید.

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

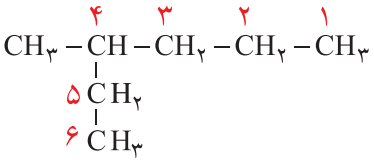
۴ـ با توجه به داده‌های زیر روشی برای تشخیص زنجیر اصلی (زنجیری که بیشترین تعداد اتم‌های کربن را دارد) و شماره‌گذاری کربن‌ها در این زنجیر بیابید.



✓ ۳ـ متیل هگزان

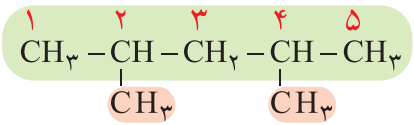


× ۲ـ اتیل پنتان، این نام‌گذاری نادرست است.

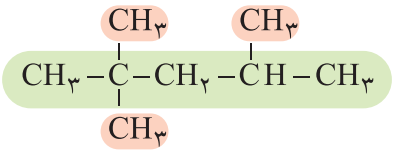


× ۴ـ متیل هگزان، این نام‌گذاری نادرست است.

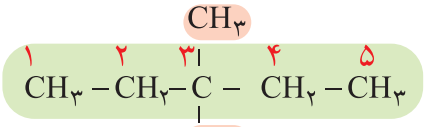
۵ـ با توجه به نام‌گذاری زیر، روشی برای نامیدن آلکان‌های با بیش از یک شاخه فرعی را بیابید.



۴،۲ـ دی متیل پنتان



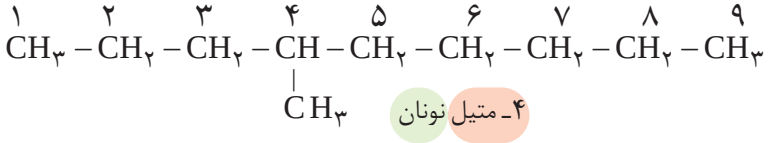
۴،۲،۲ـ تری متیل پنتان



۳،۳ـ دی متیل پنتان

آموختید که برای نام‌گذاری آلکان‌ها باید نخست نام زنجیر اصلی را براساس نام آلکان راست‌زنجیر نوشته سپس نام شاخهٔ فرعی را به‌صورت آلکیل پیش از نام زنجیر اصلی بنویسید. البته باید محل شاخهٔ فرعی را با شمارهٔ کربنی که به آن متصل است، نیز پیش از نام شاخهٔ فرعی مشخص کنید. برای نمونه، ۴ـ متیل نونان، آلکانی با زنجیر اصلی نه‌کربنی را نشان می‌دهد که به کربن شمارهٔ ۴ آن یک شاخهٔ فرعی متیل متصل است.

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

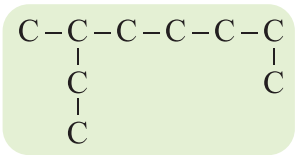


۴ـ متیل نونان

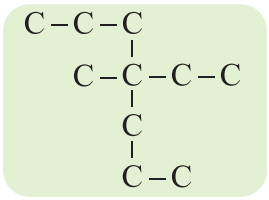
خود را بیازمایید

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

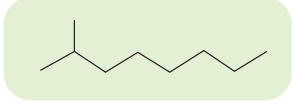
الف)



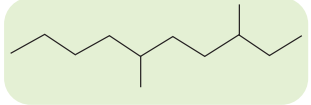
ب)



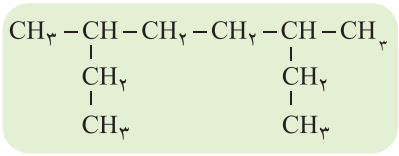
پ)



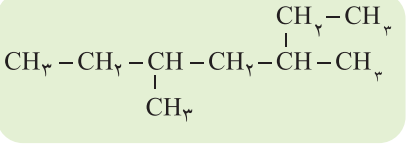
ت)



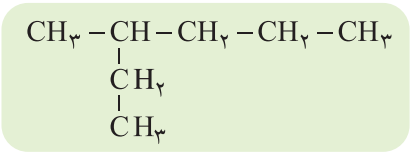
ث)



ج)



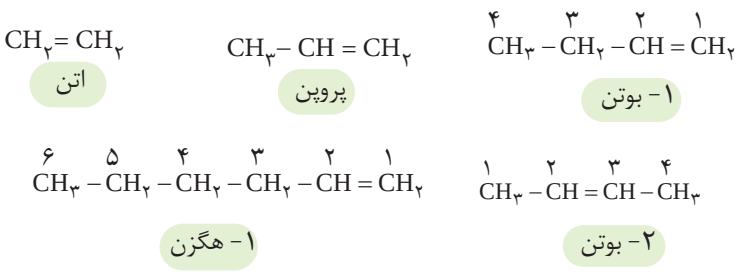
۲ـ چرا نام ۲ـ اتیل پنتان برای ترکیب زیر نادرست است؟



آلکن[1]ها، هیدروکربن‌هایی با یک پیوند دوگانه

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

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



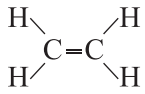
شکل ۱۹ـ نام و ساختار چند آلکن راست زنجیر

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

شکل ۲۰ـ کاربردی از گاز اتن

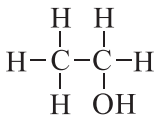
۱ـ Alkene

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



$$CH_2=CH_2 + HOH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2OH$$

● اتانول، الکلی دوکربنی، بی رنگ و فرّار است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود. این الکل یکی از مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است که در تهیه مواددارویی، بهداشتی وآرایشی به‌کار می‌رود. از اتانول در بیمارستان‌ها به عنوان ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود.



از مقایسهٔ مولکول اتانول با مولکول اتن، درمی‌یابید که یکی از پیوندها میان اتم‌های کربن–کربن در مولکول اتن شکسته شده و به یکی از آنها، اتم H و به دیگری ، گروه OH متصل شده است. به دیگر سخن مولکول آب به اتم‌های کربن پیوند دوگانه افزوده شده و فراوردهٔ سیرشده‌ای تولید شده است.

● صنعت پتروشیمی یکی از صنایع مهم جهان است. در این صنعت، ترکیب‌ها و مواد گوناگون از نفت یا گاز طبیعی به‌دست می‌آیند که به **فراورده‌های پتروشیمیایی**[1] معروف هستند. در کشور ما نیز شرکت‌های پتروشیمی گوناگونی در حال فعالیت هستند. در این شرکت‌ها سالانه میلیون‌ها تن مواد شیمیایی مانند آمونیاک، پلی‌اتن، سولفوریک اسید و...تولید می‌شود.

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

$$CH_2=CH_2(g) + Br_2(l) \longrightarrow \underset{Br}{CH_2}-\underset{Br}{CH_2}(l)$$

۲،۱ـ دی برمواتان

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

۱ـ Petrochemical Products

خود را بیازمایید

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

پلیمری شدن دستهٔ 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.

جوش‌کاری و برش‌کاری فلزها با سوزاندن گاز اتین

در گذشته گاز اتین را با نام گاز استیلن می‌خواندند.

آلکین[1]ها، سیرنشده تر از آلکن‌ها

آیا واژهٔ جوش کاربیدی را شنیده‌اید؟ در این جوشکاری از سوختن گاز اتین، دمای لازم برای جوش‌دادن قطعه‌های فلزی تأمین می‌شود. اتین هیدروکربنی است که در ساختار خود یک پیوند سه‌گانهٔ کربن ـ کربن دارد.

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

نمایشی از مولکول اتین

$$CH_3 - C \equiv CH$$

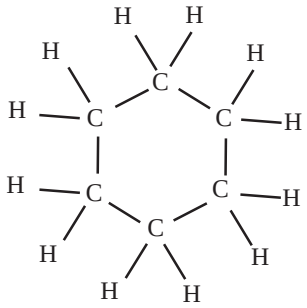
پروپین

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

۱ـ Alkyne

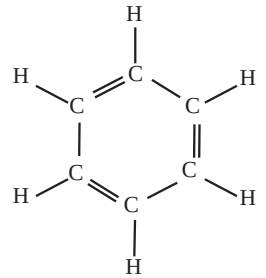
هیدروکربن‌های حلقوی[1]

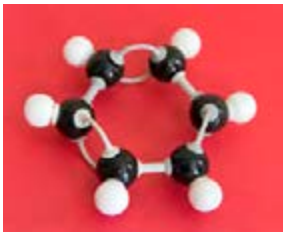
ترکیب‌های آلی بسیاری شناخته شده است که در آنها اتم‌های کربن طوری به یکدیگر متصل شده‌اند که ساختاری حلقوی به وجود آورده‌اند. سیکلوهگزان از آن جمله است. این نام نشان می‌دهد که این ماده، هیدروکربن سیر شده‌ای است که حلقه‌ای از شش اتم کربن دارد.



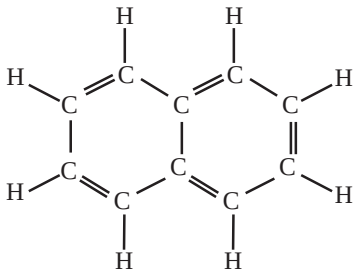
سیکلوهگزان

بنزن، هیدروکربنی سیرنشده با فرمول ساختاری زیر، سرگروه خانوادهٔ مهمی از هیدروکربن‌ها به نام **آروماتیک**[2] است. نفتالِن نیز از جملهٔ این ترکیب‌هاست. نفتالِن مدت‌ها به عنوان ضدبید برای نگهداری فرش و لباس کاربرد داشته است.





بنزن



نفتالِن

خود را بیازمایید

الف) فرمول مولکولی هر یک از هیدروکربن‌های حلقوی بالا را بنویسید.

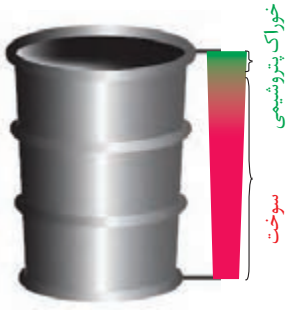
ب) فرمول پیوند ـ خط را برای هر یک از آنها رسم کنید.

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

۱ـ Cyclic Hydrocarbons
۲ـ 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 عمدهٔ هیدروکربن‌های موجود در نفت‌خام را تشکیل می‌دهند و به دلیل واکنش‌پذیری کم اغلب به‌عنوان سوخت به‌کار می‌روند، به‌طوری‌که بیش از ۹۰ درصد نفت‌خام صرف سوزاندن و تأمین انرژی می‌شود و تنها مقدار کمی از آن به‌عنوان خوراک پتروشیمی در تولید مواد پتروشیمیایی به‌کار می‌رود. همان‌طور که در شکل روبه‌رو مشاهده می‌کنید، از نفت‌خام دسته‌های متفاوتی از هیدروکربن‌ها به دست می‌آید. ترکیب‌های موجود در این دسته‌ها چه ویژگی‌هایی دارند؟ جداسازی آنها از نفت‌خام بر چه مبنایی و با چه دستگاهی انجام می‌شود؟



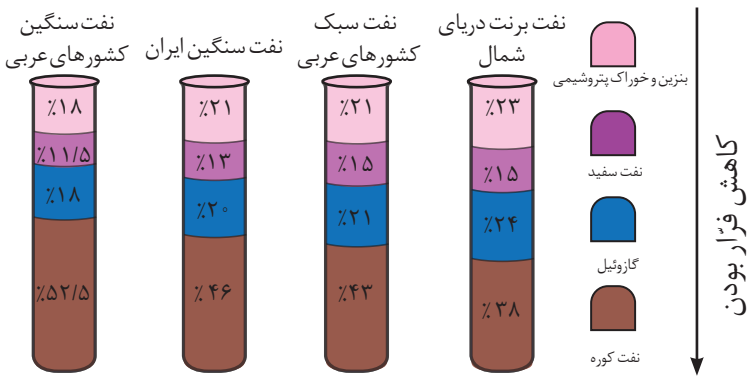
نسبت میزان سوخت و خوراک پتروشیمی در یک بشکه از نفت خام

آیا می‌دانید

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

با هم بیندیشیم

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



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

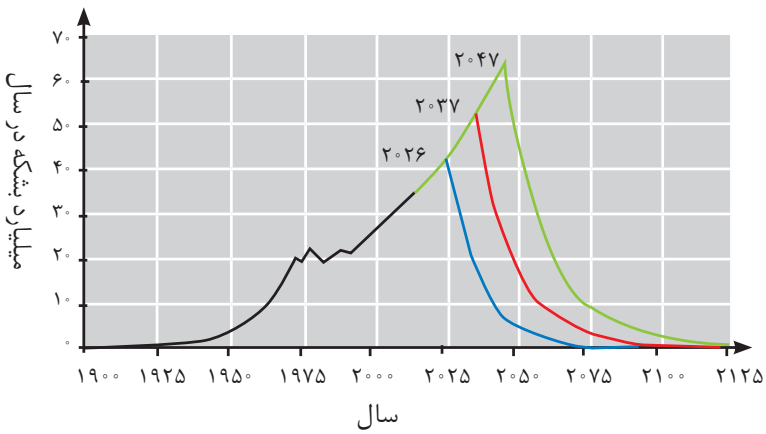
ب) کدام دسته از مواد در نفت سنگین بیشتر از نفت سبک وجود دارد؟

پ) ملاک دسته‌بندی نفت‌خام به دو دستهٔ سبک و سنگین چیست؟

ت) چرا قیمت نفت برنت دریای شمال از دیگر نفت‌ها بیشتر اما قیمت نفت سنگین کشورهای عربی کمتر است؟

پس از جدا کردن نمک‌ها، اسیدها و آب، نفت‌خام را **پالایش**[1] می‌کنند. درواقع با استفاده از تقطیر جزء به جزء، هیدروکربن‌های آن را به صورت مخلوط‌هایی با نقطهٔ‌جوش نزدیک به‌هم جدا می‌کنند. برای این کار، نفت‌خام را درون محفظه‌ای بزرگ گرما می‌دهند و آن را به برج تقطیر هدایت می‌کنند. برجی که در آن از پایین به بالا دما کاهش می‌یابد. هنگامی که نفت‌خام داغ به قسمت پایین برج وارد می‌شود، مولکول‌های سبک‌تر و فرّارتر از جمله مواد پتروشیمیایی، از مایع بیرون آمده و به سوی بالای برج حرکت می‌کنند. به‌تدریج 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 نقطهٔ جوش نزدیک به‌هم از نفت خام جداسازی می‌شوند.

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



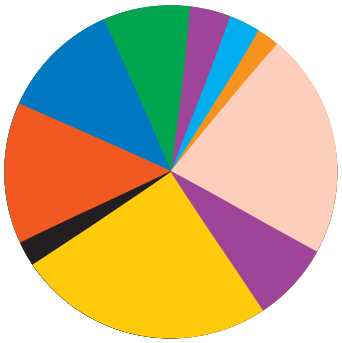
نمودار ۲ـ مقدار نفت خام تولید شده (خط سیاه) و برآورد شده (خط‌های آبی، قرمز و سبز). خط آبی کمترین، خط سبز بیشترین و خط قرمز میانگین برآورد.

در میان تارنماها

● با مراجعه به وبگاه www.worldmeters.info/fa مصرف لحظه‌ای نفت‌خام و سوخت‌های فسیلی را مشاهده کنید.

آیا می‌دانید

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



۱ـ Refining

زغال‌سنگ یکی از سوخت‌های فسیلی است. برآوردها نشان می‌دهد که طول عمر ذخایر زغال‌سنگ به ۵۰۰ سال می‌رسد. از این‌رو زغال سنگ می‌تواند به‌عنوان سوخت، جایگزین نفت شود. اما جایگزینی نفت با زغال سنگ سبب ورود مقدار بیشتری از انواع آلاینده‌ها به هواکره شده و تشدید اثر گلخانه‌ای می‌شود (جدول ۱). چرا؟

جدول ۱ـ مقایسه بنزین با زغال‌سنگ

نام سوخت	گرمای آزاد شده (kJ/g)	فراورده های سوختن	مقدار کربن دی‌اکسید به ازای هر کیلوژول انرژی تولید شده (g)
بنزین	۴۸	CO_2 ، CO ، H_2O	۰/۰۶۵
زغال سنگ	۳۰	SO_2 ، CO_2 ، NO_2 ، CO ، H_2O	۰/۱۰۴

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

- شست‌وشوی زغال سنگ به‌منظور حذف گوگرد و ناخالصی‌های دیگر
- به دام انداختن گاز گوگرد دی اکسید خارج شده از نیروگاه‌ها با عبور گازهای خروجی از روی کلسیم اکسید

$$SO_2(g) + CaO(s) \longrightarrow CaSO_3(s)$$

یکی از مشکلات زغال‌سنگ، شرایط دشوار استخراج آن است. به‌گونه‌ای که در سده اخیر بیش از ۵۰۰۰۰۰ نفر در سطح جهان در اثر انفجار یا فروریختن معدن جان خود را از دست داده‌اند. این انفجارها اغلب به‌دلیل تجمع گاز متان آزاد شده از زغال‌سنگ در معدن رخ می‌دهد. 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 اندازه‌گیری و کنترل شود. البته یکی از راه‌های کاهش متان در هوای معدن استفاده از تهویه مناسب و قوی است.

پیوند با صنعت

حمل‌ونقل هوایی سریع‌ترین حالت حمل‌ونقل بوده و مزایای آن مانند عدم نیاز به جاده‌سازی و تعمیرات آن، مسافرت آسان، خدمات‌رسانی خوب در مواقع اضطراری حتی در نقاط دوردست و ... است. اما به دلیل هزینهٔ بسیار زیاد آن، برخی شرکت‌ها مانند پست و همچنین شمار محدودی از افراد جامعه می‌توانند از آن استفاده کنند. با وجود این مسئله، این صنعت روبه

آیا می‌دانید

فرمول کلی زغال سنگ را به صورت $C_{۱۳۵}H_{۹۶}O_۹NS$ برآورد می‌کنند.

زغال‌سنگ،پراکندگی‌نسبی‌مناسبی در سراسر جهان دارد و تقریباً در همه کشورها یافت می‌شود. جزء اصلی سازنده زغال‌سنگ کربن است. به‌طوری که بیش از ۸۰ درصد آن را کربن تشکیل می‌دهد. زغال‌سنگ نیز مخلوطی از ترکیب‌های گوناگون است که به مقدار قابل توجهی عنصرهای دیگری مانند گوگرد، نیتروژن و اکسیژن نیز دارد. البته در زغال‌سنگ مقادیر کمی از فلزهای گوناگون مانند نیکل، مس، آلومینیم، سرب، آرسنیک، جیوه و... وجود دارد.

مقدار جیوه در زغال سنگ ۵۰ـ۲۰۰ppm است. با این توصیف، نیروگاه‌هایی که زغال سنگ می‌سوزانند روزانه هزاران گرم جیوه به هواکره وارد می‌کنند.

آیا می‌دانید

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

همچنین توجه داشته باشید که به‌دلیل سبک بودن گاز متان، این گاز عمدتاً در طبقات بالای معادن زغال‌سنگ انباشته می‌شود.

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

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

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

آیا می‌دانید

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

شکل ۲۱ـ نمایی از خطوط انتقال سوخت

در میان تارنماها

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

تمرین‌های دوره‌ای

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

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

$$۲Al(s) + ۳CuSO_۴(aq) \longrightarrow ۳Cu(s) + Al_۲(SO_۴)_۳(aq)$$

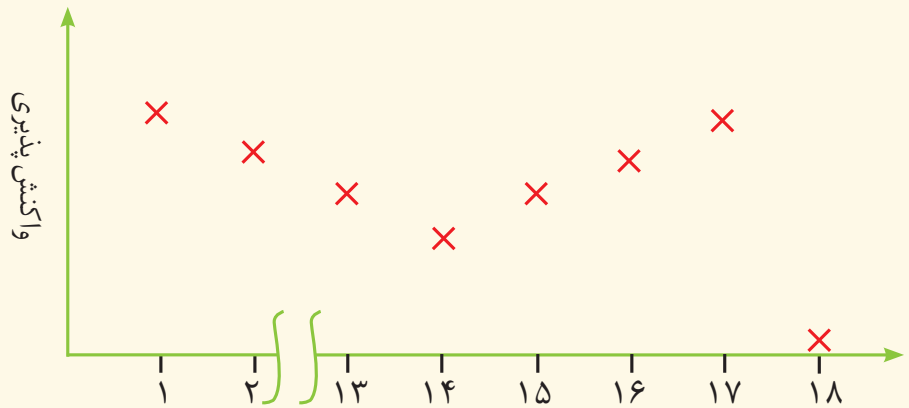
۳ـ سیلیسیم عنصر اصلی سازندهٔ سلول‌های خورشیدی است که از واکنش زیر تهیه می‌شود.

$$SiO_۲(s) + ۲C(s) \xrightarrow{\Delta} Si(l) + ۲CO(g)$$

الف) واکنش‌پذیری کربن را با سیلیسیم مقایسه کنید.

ب) مقدار ناخالصی در ۱۰۰ گرم سیلیسیم مصرفی در صنایع الکترونیک ۰/۰۰۰۱ گرم است. درصد خلوص آن را حساب کنید.

۴ـ نمودار زیر روند کلی تغییر واکنش‌پذیری عنصرهای دورهٔ دوم جدول دوره‌ای را نشان می‌دهد.

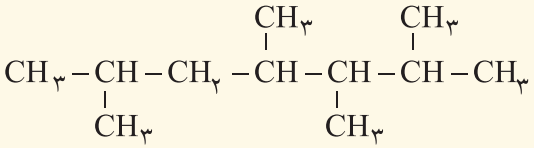


الف) چرا واکنش‌پذیری عنصرهای گروه ۱۸ در حدود صفر است؟

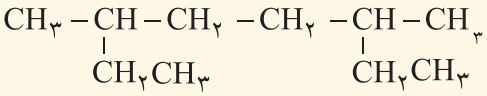
ب) روند تغییر واکنش پذیری را توضیح دهید.

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

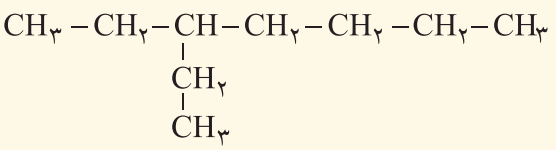
الف)



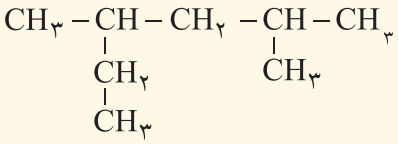
ب)



پ)

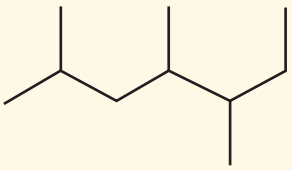


ت)



ث) $(CH_3)_2CH\ CH_2\ CH\ (CH_3)_2$

ج)



۶ـ با توجه به واکنش‌های زیر به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.

$$۱)\ TiCl_4 + Mg \xrightarrow{\Delta} Ti + MgCl_2$$

$$۲)\ Fe_2O_3 + Ti \xrightarrow{\Delta} Fe + TiO_2$$

الف) هر یک از آنها را موازنه کنید.

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

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

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

$$Mg + Fe_2O_3 \xrightarrow{\Delta} \ldots\ldots + \ldots\ldots$$

ث) تیتانیم فلزی محکم، با چگالی کم و مقاوم در برابر خوردگی است. یکی از کاربردهای آن استفاده در بدنه دوچرخه است. اگر در کارخانه‌ای از مصرف $۳/۵۴ \times ۱۰^{۷}$ گرم تیتانیم (IV) کلرید، $۷/۹۱ \times ۱۰^{۶}$ گرم فلز تیتانیم به‌دست آید، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

۷ـ معدن مس سرچشمهٔ کرمان، یکی از بزرگ‌ترین مجتمع‌های صنعتی معدنی جهان به‌شمار می‌رود و بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ مس است. برای تهیهٔ مس خام از سنگ معدن آن، واکنش زیر انجام می‌شود.

$$Cu_2S + O_2 \rightarrow Cu + SO_2 \quad \text{(موازنه نشده)}$$

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

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

۸ـ هگزان (C_6H_{14}) و ۱ـ هگزن (C_6H_{12}) دو مایع بی‌رنگ هستند.

الف) روشی برای تشخیص این دو مایع پیشنهاد کنید.

ب) جای خالی را در واکنش زیر پر کنید.

$$C_6H_{12}(l) + \cdots \xrightarrow{Ni(s)} C_6H_{14}(l)$$

۹ـ هیدروکربنی به فرمول C_xH_y شناسایی شده است. افزودن چند قطره از آن به مقدار کمی از محلول برم در یک حلال آلی، سبب بی‌رنگ شدن محلول می‌شود.

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

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

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

فصل ۲

در پی غذای سالم

فَلیَنظُرِ الإنسَانُ الی طَعَامِهِ . (سورهٔ عبس ـ آیهٔ ۲۴)

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

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

غذا[1] همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نیاکان ما بیشتر وقت خود را صرف تهیه وعده‌های غذایی می‌کردند؛ آن‌چنان‌که در طول روز اغلب در جست‌وجوی غذا و جمع‌آوری دانه‌های خوراکی بودند. آنها به تدریج یاد گرفتند که دانه‌ها را بکارند و فراورده‌ها را درو کنند. فرایندی که نخستین انقلاب در کشاورزی بود و باعث شد انسان‌ها حبوبات، غلات و... را به مقدار زیادی تولید کنند. اما افزایش جمعیت جهان عاملی تعیین‌کننده بوده و هست، به‌طوری‌که امروزه تأمین غذای حدود ۷/۵ میلیارد نفر ساکن کرهٔ زمین بسیار پیچیده و دشوار است، زیرا برای انجام این مهم سالانه بایستی حجم انبوهی از غلات، حبوبات، مواد پروتئینی و... تولید شود. نمودار ۱ تولید و مصرف جهانی غلات را در یک دههٔ اخیر نشان می‌دهد.

نمودار ۱ـ تولید و مصرف جهانی غلات در دههٔ اخیر

اینک می‌پذیرید که یکی از مهم‌ترین و شاید دشوارترین مسئولیت هر دولت، تأمین غذای افراد جامعه است. مسئولیتی که یکی از چالش‌های نگران‌کننده در عصر کنونی است.

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

آیا می‌دانید

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.

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

۱ـ Food

خود را بیازمایید

جدول روبه‌رو، سرانهٔ 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 بی‌رویهٔ کدام مواد در گسترش این بیماری نقش دارد؟

ب) گوشت قرمز و ماهی افزون بر **پروتئین**[۱]، محتوی انواع **ویتامین**[۲] و **مواد معدنی**[۳] است. چه پیشنهادهایی برای گنجاندن آنها در برنامهٔ غذایی خانواده خود دارید؟

پ) شیر و فراورده‌های آن، منبع مهمی برای تأمین پروتئین و به‌ویژه کلسیم است. کارشناسان تغذیه برمصرف 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 می کنید؟

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

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

● سرانهٔ مصرف مادهٔ غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به‌ازای هر فرد در یک گسترهٔ زمانی معین نشان می‌دهد.

آیا می‌دانید

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

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 دیوارهٔ هر یاخته را تأمین می کند. غذا همچنین مواد اولیه برای ساخت و رشد بخش‌های گوناگون بدن مانند سلول‌های خونی، استخوان، پوست، مو، ماهیچه‌ها، آنزیم‌ها و... را فراهم می کند. همهٔ این فرایندها

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

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

غذا به عنوان معجونی از مواد شیمیایی، محتوی ذره‌های گوناگون است. بخش عمدهٔ اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌های موجود در بدن شما از غذایی که می‌خورید، تأمین می‌شود. با این توصیف، تغذیهٔ 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 به‌تدریج ضعیف شده و شرایط بیماری فراهم خواهد شد. بدیهی است که افزایش نامتناسب برخی مولکول‌ها و یون‌ها در وعده‌های غذایی سبب افزایش وزن و دیگر بیماری‌ها خواهد شد.

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

علم شیمی برای هر یک از این پرسش‌ها پاسخی دارد. **گرماشیمی**[1] و **سینتیک شیمیایی**[2] شاخه‌هایی از علم شیمی هستند که می‌توان پاسخ پرسش‌هایی از این دست را در آنها جست‌وجو کرد.

غذا، ماده و انرژی[3]

شاید برای شما هم پیش آمده باشد که بدون خوردن صبحانه به مدرسه بروید، پیاده‌روی یا ورزش کنید! پس از مدت کوتاهی احساس گرسنگی و بی‌حالی به شما دست می‌دهد به‌طوری که توانایی کافی برای تمرکز، فکرکردن و انجام فعالیت‌های ورزشی را نخواهید داشت. در این حال با خوردن کمی غذا یا تکه‌ای شیرینی، سرحال خواهید شد زیرا بدن شما انرژی کسب کرده است.

بدن ما برای انجام فعالیت‌های ارادی و غیرارادی گوناگون به ماده و انرژی نیاز دارد. برای نمونه هنگامی که قند خون پایین باشد می‌توان با خوردن سیب یا نوشیدن شربت آبلیمو و عسل و هنگامی که بدن دچار کمبود آهن باشد می‌توان با خوردن اسفناج و عدسی بدن را به حالت طبیعی بازگرداند. توجه کنید که ارزش مواد غذایی در تأمین ماده و انرژی مورد نیاز بدن یکسان نیست.

آیا می‌دانید

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

آیا می‌دانید

شمار اتم‌های تشکیل‌دهنده بدن یک فرد ۷۰ کیلوگرمی در حدود $۳/۵ \times ۱۰^{۲۷}$ برآورد می‌شود.

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

۱- Thermochemistry
۲- Chemical Kinetics
۳- Energy

کاوش کنید

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

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

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

۱ـ یک لولهٔ آزمایش بزرگ را با گیره به پایه و میله وصل کنید.

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

۳ـ یک گرم یا $\frac{۱}{۴}$ مغزگردو بردارید و آن را با انبر یا میله نازک تا شعله‌ورشدن روی شعله بگیرید. بلافاصله آن را تا سوختن کامل زیر لولهٔ آزمایش نگهدارید. پس از سوختن کامل و خاموش‌شدن شعله، دمای پایانی آب را یادداشت کنید.

۴ـ آزمایش را جداگانه با دو گرم یا $\frac{۱}{۲}$ مغز گردو و همچنین با دو گرم ماکارونی تکرار و جدول زیر را کامل کنید سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

شمارهٔ آزمایش	مادهٔ غذایی	دمای آغازی آب (°C)	دمای پایانی آب (°C)
۱	یک گرم یا $\frac{۱}{۴}$ مغز گردو		
۲	دوگرم یا $\frac{۱}{۲}$ مغزگردو		
۳	دو گرم ماکارونی		

الف) با توجه به اینکه در آزمایش ۱ و ۲، نوع ماده‌ای که می‌سوزد یکسان است، چرا تغییر دمای آب تفاوت دارد؟

ب) با توجه به اینکه در آزمایش ۲ و ۳، مقدار ماده‌ای که می‌سوزد یکسان است، چرا تغییر دمای آب تفاوت دارد؟

پ) یافته‌های خود را از این آزمایش جمع‌بندی کنید.

یکی از راه‌های آزادشدن انرژی مواد، سوزاندن آنهاست. سوخت‌هایی مانند گاز شهری، بنزین، الکل و زغال هنگام سوختن انرژی آزاد می‌کنند و این انرژی برای گرم‌کردن خانه، پخت و پز و نیز به حرکت درآوردن خودروها مصرف می‌شود. همچنین مواد غذایی مانند

آیا می‌دانید

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

تخم‌مرغ سرشار از انواع آمینواسیدهاست که گنجاندن آن در برنامهٔ غذایی به ساخت پروتئین‌ها در بافت‌های بدن کمک می‌کند.

گوشت ماهی به دلیل داشتن امگا ـ۳ سبب کاهش کلسترول خون شده و احتمال بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهد.

ماست منبعی غنی از منیزیم و کلسیم است.

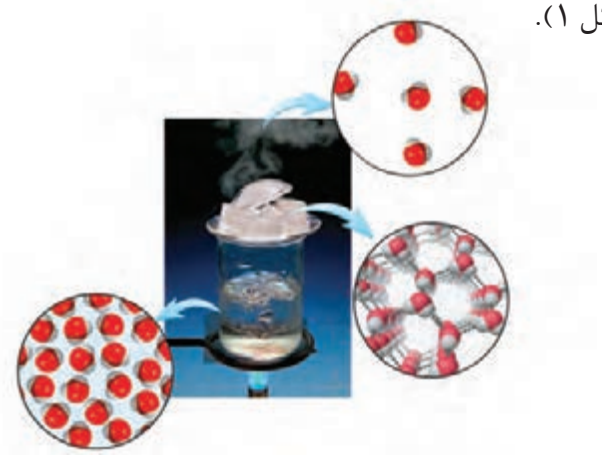
ماکارونی و گردو نیز هنگام سوختن، انرژی آزاد می‌کنند. در واقع هر مادهٔ غذایی انرژی دارد و میزان انرژی آن به جرمی بستگی دارد که می‌سوزد، انرژی‌ای که می‌تواند باعث تغییر دما شود. اما اینکه دمای یک ماده چه چیزی را نشان می‌دهد و با انرژی چه رابطه‌ای دارد، هدفی است که در ادامه دنبال خواهد شد.

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

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

دمای یک ماده از چه خبر می‌دهد؟

نوشیدن چای داغ و آب خنک به ترتیب در هوای سرد و هوای گرم، لذت‌بخش است. در این تجربه‌های خوشایند «داغی یا خنکی نوشیدنی» و «سردی یا گرمی هوا» نشانه‌ای از تفاوت میان دمای آنهاست، کمیتی که میزان گرمی و سردی مواد را نشان می‌دهد. از آنجا که در شیمی بررسی ساختار مواد و فرایندها از دیدگاه ذره ای اهمیت و جایگاه ویژه‌ای دارد، نخست باید با مفهوم **دما**[1] از این دیدگاه آشنا شوید. برای درک آسان‌تر آن، تجربهٔ زیر را به دقت بررسی کنید (شکل ۱).



شکل ۱ـ اثر دما بر میزان جنبش مولکول‌ها

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

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

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

۱ـ Temperature

با بررسی این تجربه اینک می‌پذیرید که در دمای معین یک ویژگی مشترک مواد با هر حالت فیزیکی، وجود جنبش‌های نامنظم ذره‌های سازندهٔ آنها است. هر چه دمای ماده بالاتر باشد، میانگین **تندی**[1] و میانگین انرژی **جنبشی**[2] ذره‌های سازندهٔ آن بیشتر است. به دیگر سخن دمای یک ماده، معیاری برای توصیف میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ آن است.

آیا می‌دانید

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

با هم بیندیشیم

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

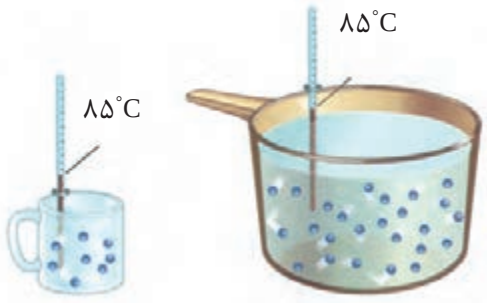
A B

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

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

پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ یک نمونه ماده، هم‌ارز با **انرژی گرمایی**[3] آن باشد، انرژی گرمایی $\frac{A}{B}$ بیشتر بوده زیرا $\frac{\text{شمار مولکول‌های}}{\text{دمای}}$ آن بیشتر است.

۲ـ با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.



A B

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

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

● یکای رایج دما، درجه سلسیوس (°C)، در حالی که یکای دما در «SI»، کلوین (K) است.

● نماد دما برحسب سلسیوس، «θ» و نماد دما برحسب کلوین، «T» است.

۱ـ Speed
۲ـ Kinetic Energy
۳ـ Thermal Energy

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

تهیهٔ غذای آب‌پز، تجربهٔ تفاوت دما و گرما[1]

آب‌پز کردن روشی ساده و مفید برای تهیهٔ بسیاری غذاها از جمله پختن تخم‌مرغ است. درون یک ظرف فلزی مقداری آب با دمای $۲۵^{\circ}C$ بریزید سپس درون آن یک تخم مرغ قرار دهید. بدیهی است که با گذشت زمان تخم‌مرغ در این دما نمی‌پزد مگر آنکه ظرف را روی شعله اجاق گاز قرار داده و به آن گرما بدهید. در این شرایط به تدریج دما افزایش یافته تا اینکه تخم‌مرغ بپزد. در این تجربه، $۲۵^{\circ}C$ تنها یک کمیت به نام دما را برای آب نشان می‌دهد. در واقع بیان دما، توصیف یک ویژگی از ماده است، در حالی که برای افزایش دما و پختن تخم‌مرغ به ظرف گرما داده شد، فرایندی که دمای آب را به $۷۵^{\circ}C$ رساند. تغییر دما در این فرایند برابر است با:

$$\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱ = ۷۵^{\circ}C - ۲۵^{\circ}C = ۵۰^{\circ}C$$

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

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

هنگام آشپزی نیز می‌توان به رابطه میان دما و گرما پی برد. تصور کنید ظرفی محتوی ۲۰۰ گرم روغن زیتون را با دمای $۲۵^{\circ}C$ در اختیار دارید. آیا برای افزایش دمای آن به $۵۰^{\circ}C$ یا $۷۵^{\circ}C$، گرمای یکسانی نیاز است؟ پاسخ منفی به این پرسش نشان می‌دهد که برای رساندن دمای روغن به $۷۵^{\circ}C$ باید گرمای بیشتری مصرف شود.

اینک دو ظرف فلزی یکسان در دمای اتاق ($۲۵^{\circ}C$) در نظر بگیرید که یکی محتوی ۲۰۰ گرم آب و دیگری محتوی ۲۰۰ گرم روغن زیتون است. اگر با گرما دادن، دمای هر یک را به $۷۵^{\circ}C$ برسانید و هم زمان محتویات تخم‌مرغی را به آرامی به هر یک بیفزایید با پدیدهٔ جالبی روبه رو خواهید شد (شکل ۲).

● ارزش دمایی «$۱^{\circ}C$» برابر با «$۱K$» است؛ از این‌رو، در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند، «$\Delta\theta=\Delta T$» خواهد بود.

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

آیا می‌دانید

بررسی و توصیف ماده و همچنین تغییر (فیزیکی و شیمیایی) آن یکی از مهم‌ترین قلمروهای دانش شیمی است، به‌طوری که پس از بررسی یک نمونه ماده، برای توصیف آن از کمیت‌هایی مانند دما (**T**)، حجم(**V**)، مول (**n**)، آنتالپی (**H**) و... استفاده می‌شود. این درحالی است که اگر ماده در فرایندی دچار تغییر فیزیکی یا شیمیایی شود، برای توصیف فرایند از تغییر کمیت‌هایی مانند **ΔT**، **ΔV**، **Δn**، **ΔH** و ... استفاده می‌شود. برای مثال یک مول آب در دمای اتاق با **T = ۲۹۸K** و **V = ۱۸mL** اما تبخیر آن با **ΔT** و **ΔV** توصیف می‌شود.

۱ـ Heat

ب) الف)

شکل ۲ـ تخم‌مرغ درون آب (الف) و روغن زیتون (ب) با دمای $75^{\circ}C$

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

گرما را با نماد «Q» نشان می‌دهند و یکای اندازه‌گیری آن در «SI»، ژول «J» است. $1J=1kgm^{2}s^{-2}$

با هم بیندیشیم

هنوز در برخی موارد از یکای کالری (cal) برای بیان مقدار گرما استفاده می‌شود. $1cal=4/18J$

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

۲۰۰ g آب ($75^{\circ}C$) $\xrightarrow{۴۱۸۰۰J}$ ۲۰۰ g آب ($25^{\circ}C$)

۲۰۰ g روغن زیتون ($75^{\circ}C$) $\xrightarrow{۱۹۷۰۰J}$ ۲۰۰ g روغن زیتون ($25^{\circ}C$)

الف) توضیح دهید چرا تخم‌مرغ در آب می پزد اما در روغن زیتون تغییر محسوسی نمی کند؟

ب) می دانید که **ظرفیت گرمایی**[1] ماده هم‌ارز با گرمای لازم برای افزایش دمای آن به اندازهٔ یک درجهٔ سلسیوس است. با این توصیف ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) ظرفیت گرمایی ماده به چه عواملی بستگی دارد؟

ت) در فیزیک دهم آموختید که ظرفیت گرمایی یک گرم ماده، ظرفیت گرمایی ویژه یا **گرمای ویژه**[2] (c) آن ماده را نشان می‌دهد، مقدار این کمیت را برای آب و روغن زیتون حساب و باهم مقایسه کنید.

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

اینک می‌توان پختن تخم‌مرغ در آب $75^{\circ}C$ 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

۱ـ Heat Capacity

۲ـ Specific Heat

بیشتر برای این میزان از تغییر دما، گرمای بیشتری جذب کرده است و همین گرمای بیشتر سبب پختن تخم‌مرغ شده است. در واقع روغن زیتون با ظرفیت گرمایی کمتر توانایی پختن تخم مرغ را با این تغییر دما در همین زمان نخواهد داشت. برای حساب کردن گرمای جذب یا آزاد شده در چنین فرایندهایی می‌توان از رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ استفاده کرد.

این تجربه نشان می‌دهد که ظرفیت گرمایی در دما و فشار اتاق، افزون بر نوع ماده به مقدار آن نیز بستگی دارد. در حالی که گرمای ویژه در این شرایط، تنها به نوع ماده وابسته است. جدول ۱، گرمای ویژهٔ برخی مواد خالص را در دما و فشار اتاق نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ گرمای ویژهٔ برخی مواد خالص در $25\ ^\circ C$ و $1\ atm$

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

خود را بیازمایید

۱ـ یک استکان چای با دمای $90\ ^\circ C$ درون اتاقی با دمای $25\ ^\circ C$ قرار دارد. با گذشت زمان، دما و انرژی گرمایی آن چه تغییری می کند؟ چرا؟

۲ـ با خط زدن واژهٔ نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

گرما را می‌توان هم‌ارز با آن مقدار $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دمایی}}$ دانست که به دلیل تفاوت در $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دما}}$ جاری می‌شود.

۳ـ تکه‌ای نان و تکه‌ای سیب‌زمینی را با جرم و سطح یکسان در دمای $60\ ^\circ C$ درنظر بگیرید. اگر آنها را هم‌زمان در محیطی با دمای $20\ ^\circ C$ قرار دهیم کدام‌یک زودتر با محیط هم‌دما می‌شود؟ درستی پاسخ خود را در منزل بررسی کنید.

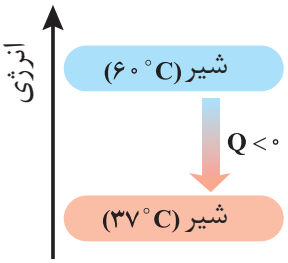
جاری شدن انرژی گرمایی

تجربهٔ خوردن شیر گرم در یک روز سرد زمستانی تجربهٔ خوشایندی است، تجربه‌ای لذت‌بخش که به بدن انرژی می‌بخشد. اگر دمای شیر گرم در حدود $60\ ^\circ C$ باشد پس از ورود به بدن، نخست

مقداری انرژی به شکل گرما از دست می‌دهد تا با بدن هم‌دما شود. شیمی‌دان‌ها برای درک آسان‌تر جاری شدن انرژی گرمایی در فرایندهایی از این دست، شیر گرم را **سامانه**[1] و بدن را **محیط**[2] پیرامون آن در نظر می‌گیرند، با این توصیف در این فرایند با جاری شدن انرژی از سامانه به محیط، دمای سامانه کاهش می‌یابد ($\Delta\theta < 0$). این ویژگی نشان می‌دهد که $Q < 0$ بوده و با فرایندی **گرماده**[3] سروکار داریم. الگوی نوشتاری این فرایند به صورت زیر است:

گرما + شیر ($37\ ^\circ C$) $\rightarrow$ شیر ($60\ ^\circ C$)

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

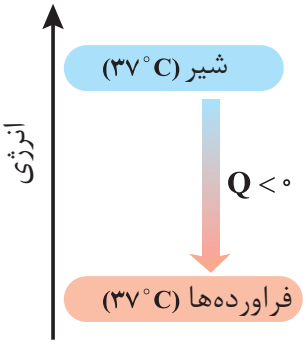


نمودار ۲ـ فرایند هم‌دما شدن شیر در بدن

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

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

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



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

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

۱ـ System
۲ـ Surroundings
۳ـ Exothermic

آیا می‌دانید

شیمی‌فیزیک[1]،شاخه‌ای از علم شیمی است که این علم تجربی را بر مبنای مفاهیم فیزیکی و زبان ریاضی بنا نهاده و گسترش می‌دهد. این شاخه همهٔ شیمی را به یکدیگر مرتبط می‌کند به طوری که با اصول علمی آن می‌توان ساختار و تغییر ماده را درک کرد. سینتیک شیمیایی، طیف‌سنجی، الکتروشیمی و ... از جمله مباحث آن است.

گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرماشیمی)

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

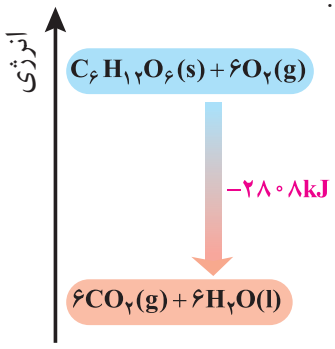
الف)

ب)

پ)

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

منبع انرژی در بدن غذا است. منبعی که انرژی آن پس از انجام واکنش های شیمیایی گوناگون به بدن می‌رسد. بدیهی است که هر یک از این واکنش‌ها می تواند 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.



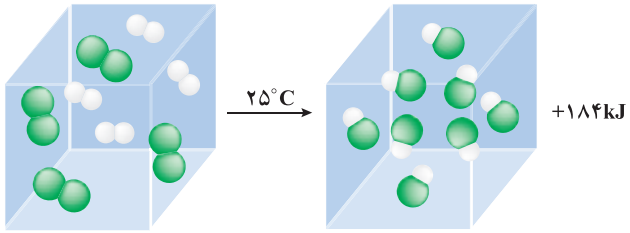
نمودار ۴ ـ اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن

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

۱ـ Physical Chemistry

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

برای پاسخ به این پرسش، یک واکنش میان **مولکول‌های دو اتمی**[3] را بررسی می‌کنیم. سامانه‌ای محتوی یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز کلر را با دمای $25^{\circ}C$ در نظر بگیرید. با انجام واکنش میان آنها افزون بر گاز هیدروژن‌کلرید، گرمای زیادی نیز تولید می‌شود. آزمایش نشان می‌دهد هنگامی که دمای سامانه پس از انجام واکنش به $25^{\circ}C$ می‌رسد، گرمای اندازه‌گیری شده پس از تولید دو مول گاز هیدروژن کلرید برابر با $184kJ$ است (شکل ۴).



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

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

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

$$H-H\,(g) + Cl-Cl\,(g) \rightarrow 2H-Cl\,(g)$$

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 نگهدارندهٔ 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 شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آنها ایجاد می‌شود؛ تفاوت انرژی‌ای که در واکنش‌ها به شکل گرما ظاهر می‌شود.

● در برخی منابع از **انرژی پتانسیل**[1] موجود در یک نمونه ماده، با نام **انرژی شیمیایی**[2] یاد می‌شود.

آیا می‌دانید

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

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

آیا می‌دانید

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

با هم بیندیشیم

۱ـ با توجه به واکنش‌های زیر پاسخ دهید:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2NH_3(g) + 92kJ$$

$$N_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2NH_3(g) + 183kJ$$

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

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

۲ـ گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فراوردهٔ واکنش سوختن کامل آنها، گاز کربن‌دی‌اکسید است.

$$C(s, \text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 393/5\ kJ$$

$$C(s, \text{الماس}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 395/4\ kJ$$

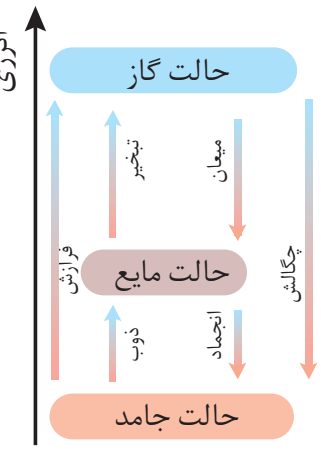
الف) چرا گرمای حاصل از سوختن یک مول گرافیت متفاوت از یک مول الماس است؟

ب) الماس پایدارتر است یا گرافیت؟ چرا؟

پ) از سوختن کامل 7/2 g گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

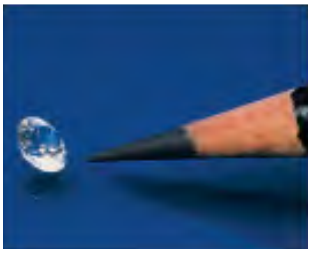
۳ـ با توجه به واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 484kJ$، پیش‌بینی کنید گرمای واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ کدام است (−۵۷۲ kJ، +۵۷۲ kJ، −۴۲۲ kJ، +۴۲۲ kJ)؟ چرا؟

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



تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است.

در شیمی ۱ آموختید که اتم‌ها در حالت پایه با جذب انرژی به اتم‌های برانگیخته تبدیل می‌شوند. اتم‌های برانگیخته، پرانرژی‌تر و ناپایدارترند.

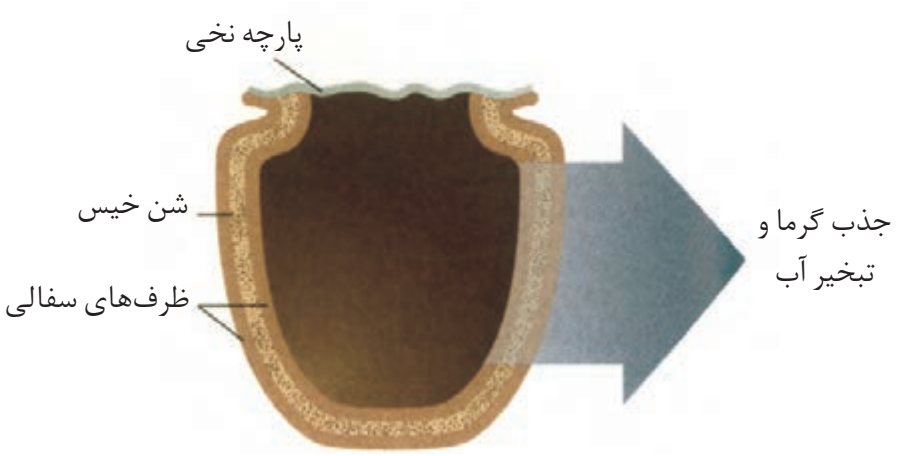


الماس و گرافیت، دو آلوتروپ کربن

پیوند با صنعت

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

نگه‌می‌دارد (شکل۵).



شکل ۵ـ ساختار یخچال صحرایی

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

$$H_2O(l) + ۴۴/۱\ kJ \rightarrow H_2O(g)$$

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

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

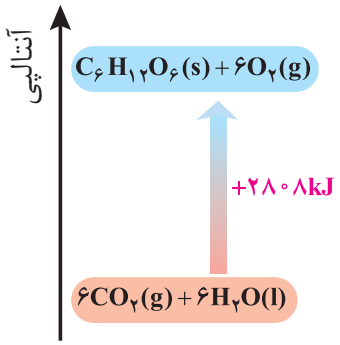
آنتالپی[۱]، همان محتوای انرژی است

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 سازندهٔ 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، به‌طوری که ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار اتاق را می‌توان یک نمونه ماده دانست. اینک ظرفی را در نظر بگیرید که محتوی این نمونه ماده باشد، چنین مجموعه‌ای یک سامانه به‌شمار می‌رود.

۱ـ Enthalpy

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

شیمی‌دان‌ها انرژی کل چنین سامانه‌ای را هم‌ارز با محتوای انرژی یا آنتالپی آن می‌دانند. با این توصیف هر سامانه در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد. بدیهی است که با انجام واکنش شیمیایی گرماگیر در یک سامانه، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) کمتر به موادی با انرژی (آنتالپی)بیشتر تبدیل می‌شوند (نمودار۵).



نمودار ۵ـ آنتالپی واکنش در فتوسنتز

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

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

نماد آنتالپی، «H» است در حالی‌که نماد تغییر آنتالپی، «ΔH» می‌باشد؛ کمیتی که با رابطه زیر بیان می‌شود:

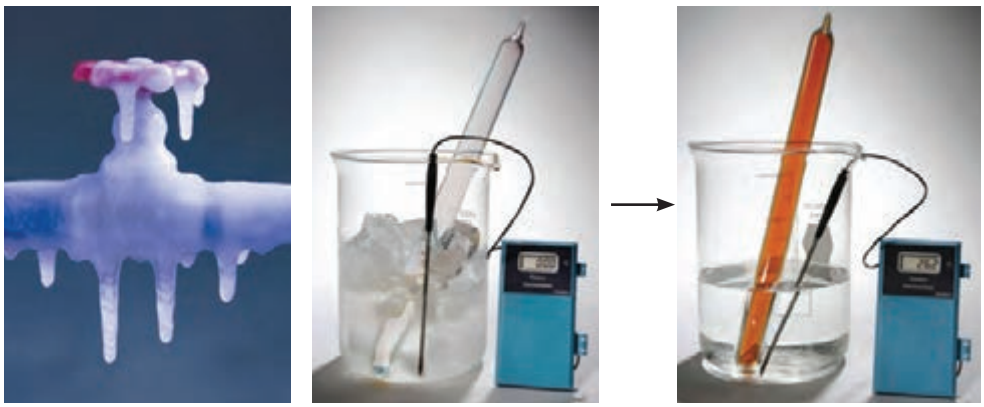
$$\Delta H\,(\text{واکنش}) = H\,(\text{مواد فراورده}) - H\,(\text{مواد واکنش‌دهنده}) = Q_p$$

خود را بیازمایید

۱ـ نماد Q را در هر معادله وارد کرده سپس علامت «ΔH» را در هر مورد مشخص کنید.

الف) $CO_2(s) \rightarrow CO_2(g)$

ب) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$



ت) $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s)$ $\quad$ $N_2O_4(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$ پ)

● مقدار عددی «ΔH»، یک فرایند بزرگی آن را نشان می‌دهد، درحالی که علامت مثبت و منفی تنها نشان‌دهندهٔ گرماگیر و گرماده بودن آن است.

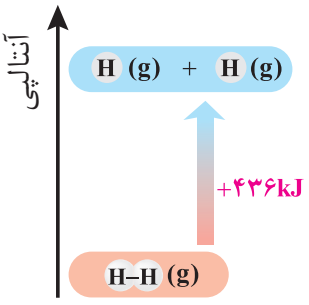
۲ـ اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازهٔ ۱۴۳ kJ افزایش یابد، آنتالپی واکنش $3O_2(g) \rightleftarrows 2O_3(g)$ را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.

آنتالپی پیوند و میانگین آن

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

یک نمونه گاز هیدروژن، مجموعه‌ای از شمار بسیار زیادی مولکول‌های دواتمی بوده و هر مولکول شامل دو اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی است. انتظار می‌رود برای تبدیل این مولکول‌ها به اتم‌های جدا از هم انرژی صرف شود. شواهد تجربی نشان می‌دهد که انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول $H_2(g)$ و تبدیل آن به دو مول $H(g)$، حدود ۴۳۶ kJ است (نمودار ۶).

$$H_2(g) + 436\ kJ \rightarrow 2H(g)$$



نمودار ۶ـ آنتالپی پیوند H–H

جدول ۲ـ آنتالپی برخی پیوندها

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

در ترموشیمی به مقدار ۴۳۶kJ، آنتالپی پیوند «H–H» می‌گویند و آن را با نماد $\Delta H\,(H-H) = ۴۳۶\,kJmol^{-۱}$ نشان می‌دهند. جدول ۲، آنتالپی برخی پیوندها را نشان می‌دهد.

اینک شاید بپرسید که شیمی‌دان‌ها چگونه آنتالپی پیوند را برای مولکول‌های چنداتمی مانند $NH_۳$، $H_۲O$ و $CH_۴$ تعیین و گزارش می‌کنند؟ در مولکول‌هایی از این دست، اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که برای چنین مولکول‌هایی به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است. برای نمونه براساس واکنش:

$$CH_۴\,(g) + ۱۶۶۰\,kJ \rightarrow C\,(g) + ۴H\,(g)$$

میانگین آنتالپی پیوند «C–H» در جدول‌ها، $۴۱۵\,kJmol^{-۱}$ درج شده (چرا؟)، به دیگر سخن $\Delta H(C-H) = ۴۱۵\,kJ\,mol^{-۱}$ است. جدول ۳، میانگین آنتالپی برخی پیوندها را نشان می‌دهد.

جدول ۳ـ میانگین آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	میانگین آنتالپی ($kJ\,mol^{-۱}$)
C–O	۳۸۰
N–H	۳۹۱
O–H	۴۶۳
C–C	۳۴۸
C=C	۶۱۴
C≡C	۸۳۹
C=O	۷۹۹
N–N	۱۶۳
O–O	۱۴۶

خود را بیازمایید

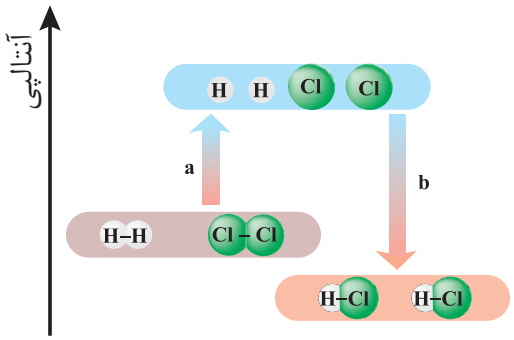
با استفاده از داده‌های جدول ۳، آنتالپی هریک از واکنش‌های زیر را پیش‌بینی کنید.

الف) $H_۲O\,(g) \longrightarrow O(g) + ۲H(g)$ ب) $NH_۲(g) + H(g) \longrightarrow NH_۳(g)$

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

آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش

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



نمودار ۷ـ الگویی برای واکنش H_2 با Cl_2 و تولید HCl

کمیت a در نمودار ۷، انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی H–H و Cl–Cl را در یک مول از هر کدام آنها نشان می‌دهد، به‌طوری که این مقدار انرژی هم ارز با مجموع آنتالپی این پیوندهاست:

$$a = (۱\,mol \times ۴۳۶\ kJmol^{-۱}) + (۱\,mol \times ۲۴۲\ kJmol^{-۱}) = ۶۷۸\ kJ$$

کمیت b در این نمودار، انرژی حاصل از تشکیل پیوندهای اشتراکی H–Cl را در دو مول از آن نشان می‌دهد، از این رو کمیت b هم‌ارز با دو برابر آنتالپی این پیوند اما با علامت منفی است :

$$b = -(۲mol \times ۴۳۱\ kJmol^{-۱}) = -۸۶۲\ kJ$$

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

$$\Delta H\,(\text{واکنش}) = a + b = ۶۷۸\ kJ + (-۸۶۲\ kJ) = -۱۸۴\ kJ$$

شیمی‌دان‌ها به کار بردن آنتالپی‌های پیوند را برای تعیین ΔH واکنش‌هایی مناسب می‌دانند که همهٔ مواد شرکت‌کننده در آنها به حالت گازند. در چنین واکنش‌هایی هرچه مولکول‌های مواد شرکت‌کننده ساده‌تر باشند، آنتالپی واکنش محاسبه شده با داده‌های تجربی همخوانی بیشتری دارد. به دیگر سخن به کار بردن میانگین آنتالپی پیوندها برای تعیین ΔH واکنش‌های گازی با مولکول‌های پیچیده‌تر اغلب در مقایسه با داده‌های تجربی، تفاوتی آشکار نشان می‌دهد.

خود را بیازمایید

۱ـ دانش‌آموزی برای تعیین آنتالپی یک واکنش گازی از رابطهٔ زیر استفاده کرده است، درستی این رابطه را بررسی کنید.

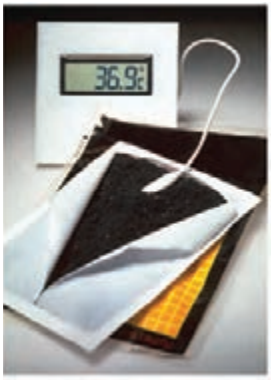
$$\Delta H\,(\text{واکنش}) = \left[\begin{array}{c}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد فراورده}\end{array}\right] - \left[\begin{array}{c}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد واکنش‌دهنده}\end{array}\right]$$

آیا می‌دانید

در هوای سرد زمستان برای گرم نگه‌داشتن دست‌ها می‌توان از کیسه‌های گرمازا 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.

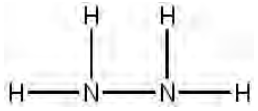
$$۴Fe(s) + ۳O_۲(g) \rightarrow ۲Fe_۲O_۳(s)$$

دمای محتویات کیسه پیش از انجام واکنش شیمیایی



دمای محتویات کیسه پس از انجام واکنش شیمیایی

در ارزشیابی‌های پایانی، نهایی و آزمون‌های سراسری در این گونه پرسش‌ها باید فرمول ساختاری مواد شرکت‌کننده داده شود.



۲ـ با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوندها، ΔH هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب نموده و با ΔH داده شده مقایسه کنید.

الف) $N \equiv N\,(g) + 3H_2(g) \longrightarrow H_2N - NH_2(g)$ $\quad \Delta H = +91\,kJ$

ب) $2CH_4\,(g) \longrightarrow C_2H_6\,(g) + H_2\,(g)$ $\quad \Delta H = +65\,kJ$

پ) $2H_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2H_2O\,(g)$ $\quad \Delta H = -484\,kJ$

پیوند با زندگی

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

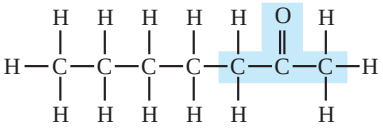
یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که چنین خواصی در ادویه‌ها به طور عمده وابسته به ترکیب‌های آلی موجود در آنها است؛ ترکیب‌هایی که در ساختار خود افزون بر اتم‌های هیدروژن و کربن، اتم‌های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند. شواهد تجربی نشان می‌دهد که تفاوت در خواص ادویه‌ها به‌دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است. بررسی مواد آلی موجود در آنها نشان می‌دهد که وجود آرایش ویژه‌ای از اتم‌ها به نام **گروه عاملی**[1] 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 ($\rangle C=O$) نشانهٔ وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل**[2] است، گروهی که به آلدهیدها و کتون‌ها خواص

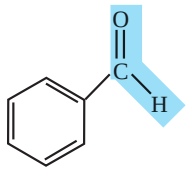
● گروه عاملی، آرایش منظمی از اتم‌هاست که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می‌بخشد.

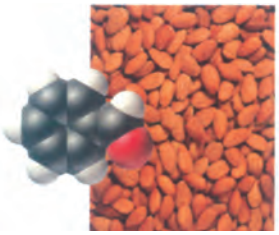
۱ـ Functional Group
۲ـ Carbonyl

ویژه‌ای می‌بخشد(شکل ۶).

میخک


الف) ۲- هپتانون

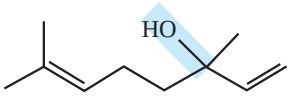

ب) بنزآلدهید

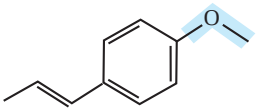

بادام

شکل۶ـ نمایش گروه عاملی کربونیل در ۲- هپتانون و بنزآلدهید .
چه تفاوت و چه شباهتی میان گروه عاملی آلدهیدی و کتونی وجود دارد؟

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

گشنیز


الف)


ب)

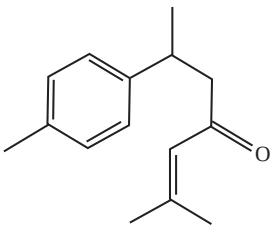
رازیانه

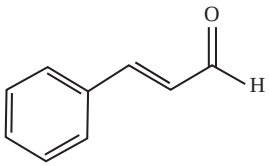
شکل۷ـ نمونه‌ای از ترکیب‌های آلی موجود در (الف) گشنیز و (ب) رازیانه

خود را بیازمایید

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

زردچوبه





دارچین

۱ـ Hydroxyl

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

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

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

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

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

هنگام کباب‌کردن گوشت و خوردن آن نقش و اهمیت ترموشیمی را احساس می‌کنید.

آنتالپی سوختن، تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی

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

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

بدن ما از غذا، مواد گوناگونی دریافت می‌کند. این مواد شامل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها، آب، ویتامین‌ها و مواد معدنی بوده که سه ماده نخست، افزون بر تأمین مواد اولیه برای سوخت‌وساز 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 ۴ـ ارزش سوختی سه مادهٔ غذایی

مادهٔ غذایی	کربوهیدرات	چربی	پروتئین
ارزش سوختی (kJg^{-1})	۱۷	۳۸	۱۷

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

آیا می‌دانید

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

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

آیا می‌دانید

هر کیلوگرم از بدن به‌طور میانگین به ۱۰۰ کیلوژول انرژی در شبانه‌روز نیاز دارد تا وظایف خود را در پایین‌ترین سطح انجام دهد. این در حالی است که آهنگ مصرف انرژی در یک فرد ۷۰ کیلوگرمی هنگام فعالیت سبکی مانند باغبانی یا پیاده‌روی حدود ۸۰۰ کیلوژول و هنگام دویدن حدود ۲۰۰۰ کیلوژول در هر ساعت است.

حساب کرد. برای این کار می‌توان از جدول‌هایی همانند جدول ۵ که در منابع علمی معتبر موجود است، استفاده کرد. باید توجه داشت که میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به وزن، سن و میزان فعالیت‌های روزانهٔ او بستگی دارد. هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به‌طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می‌شود.

آشکار است که تهیهٔ هر غذای گرمی به انرژی نیاز دارد، انرژی‌ای که به‌طور عمده از واکنش سوختن سوخت های فسیلی تأمین می شود. یکی از این سوخت‌ها متان است که بخش عمدهٔ گاز شهری را تشکیل می‌دهد. این ماده در حضور اکسیژن کافی به طور کامل می‌سوزد و افزون بر $CO_2(g)$ و $H_2O(g)$، مقدار زیادی انرژی تولید می کند. این ویژگی در واکنش‌های سوختن باعث شده که سوخت‌های فسیلی تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی در صنعت، کشاورزی و زندگی روزانه باشند.

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

جدول ۶- آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی در $25^\circ C$

مادهٔ آلی	آنتالپی سوختن ($kJ\ mol^{-1}$)	مادهٔ آلی	آنتالپی سوختن ($kJ\ mol^{-1}$)
$CH_4(g)$	-۸۹۰	$C_2H_2(g)$	-۱۳۰۰
$C_2H_6(g)$	-۱۵۶۰	$C_3H_4(g)$	-۱۹۳۸
$C_2H_4(g)$	-۱۴۱۰	$CH_3OH(l)$	-۷۲۶
$C_3H_6(g)$	-۲۰۵۸	$C_2H_5OH(l)$	-۱۳۶۸

خود را بیازمایید

۱ـ با توجه به جدول ۶ آنتالپی سوختن پروپان (C_3H_8) و ۱ـ بوتن (C_4H_8) را پیش‌بینی کرده سپس با مراجعه به منابع علمی معتبر درستی پیش‌بینی خود را بررسی کنید.

۲ـ با توجه به معادلهٔ واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 4CO_2(g) + 6H_2O(l) + 3120\ kJ$$

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2CO_2(g) + 3H_2O(l) + 1368\ kJ$$

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

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

خوراکی	ارزش سوختی ($kJ\ g^{-1}$)
نان	۱۱/۵
پنیر	۲۰/۰
تخم‌مرغ	۶/۰
شکلات	۱۸/۰
شیر	۳/۰
بادام زمینی	۲۳

- یکی از فراورده‌های سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق، H_2O است و حالت مایع دارد.

آیا می‌دانید

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

ب) جرم CO_2 حاصل از سوختن یک گرم از هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) توضیح دهید چرا اتانول **سوخت سبز**[1] به شمار می‌رود؟

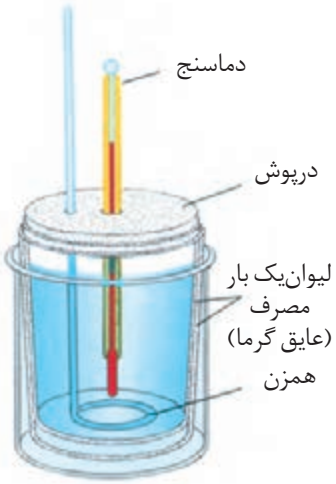
● سوخت‌های سبز در ساختار خود افزون بر هیدروژن و کربن، اکسیژن نیز دارند و از پسماندهای گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند.

در میان تار نماها

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

جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس[2]

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



شکل۸ـ ساختار گرماسنج لیوانی. دستگاهی که به کمک آن می‌توان گرمای واکنش را در فشار ثابت به روش تجربی تعیین کرد. این گرماسنج برای تعیین ΔH فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است.

می‌دانید که متان، ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها است و بخش عمدهٔ گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد. این گاز از تجزیه گیاهان به‌وسیلهٔ باکتری‌های بی‌هوازی نیز در زیر آب تولید می‌شود.(شکل۹) شاید تصور کنید که گاز متان را می‌توان مطابق معادلهٔ زیر از واکنش میان گرافیت و گاز هیدروژن در آزمایشگاه تهیه کرد:

$$C(s\text{، گرافیت}) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g) \qquad \Delta H = ?$$

آزمایش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که تأمین شرایط بهینه برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پرهزینه است، به همین دلیل برای تعیین ΔH این واکنش می‌توان از واکنش‌های دیگری بهره برد که ΔH 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 معادلهٔ هریک از آنها در $25^\circ C$ به‌صورت زیر است:

● اگر واکنش شیمیایی با ΔH وابسته به آن بیان شود، به آن **واکنش گرما(ترمو)شیمیایی**[3] می‌گویند.

$$۱)\ C(s\text{، گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_1 = -۳۹۳/۵\,kJ$$

$$۲)\ H_2(g) + \frac{۱}{۲}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = -۲۸۶\,kJ$$

$$۳)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H_3 = -۸۹۰\,kJ$$

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

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

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

$$۴)\ 2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) \qquad \Delta H_4 = -۵۷۲\ kJ$$

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

$$۵)\ CO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow CH_4(g) + 2O_2(g) \qquad \Delta H_5 = +۸۹۰\ kJ$$

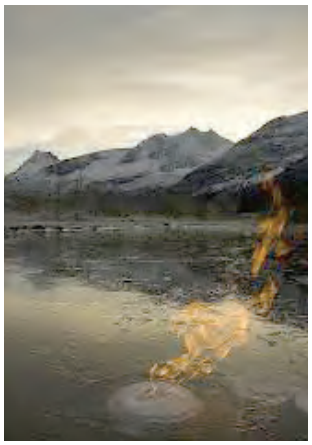
اینک از جمع معادله‌های ۱، ۴ و ۵ می‌توان به معادلهٔ ترموشیمیایی مورد نظر رسید. این روند نشان می‌دهد که ΔH آن برابر با جمع جبری ΔH_1، ΔH_4 و ΔH_5 خواهد بود.

$$۱)\ C(s,\ \text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_1 = -۳۹۳/۵kJ$$
$$۴)\ 2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) \qquad \Delta H_4 = -۵۷۲kJ$$
$$۵)\ CO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow CH_4(g) + 2O_2(g) \qquad \Delta H_5 = +۸۹۰kJ$$

$$C(s, \text{گرافیت}) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)\ ,\ \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$
$$= (-۳۹۳/۵kJ) + (-۵۷۲kJ) + ۸۹۰kJ = -۷۵/۵kJ$$

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

«اگر معادلهٔ واکنشی را بتوان از جمع معادلهٔ دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد، ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش‌ها به دست می‌آید».



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

آیا می‌دانید

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

آیا می‌دانید

محلول رقیق آب اکسیژنه یک محلول ضدعفونی‌کننده است که خاصیت رنگ‌بری و لکه‌بری نیز دارد.

خود را بیازمایید

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

الف) با استفاده از واکنش‌های زیر، آنتالپی واکنش $H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O_2(l)$ را حساب کنید.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H = -286\ kJ$$

$$2H_2O_2(l) \longrightarrow 2H_2O(l) + O_2(g) \qquad \Delta H = -196\ kJ$$

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

۲ـ در شیمی ۱ آموختید که گازهای آلاینده مانند NO و CO از اگزوز خودروها به هواکره وارد می‌شوند. شیمی‌دان‌های هواکره انجام واکنش زیر را برای تبدیل این آلاینده‌ها به گازهایی پایدارتر و با آلایندگی کمتر، طراحی کرده‌اند.

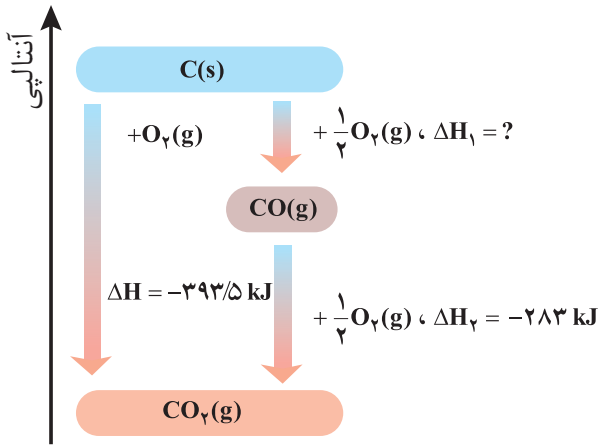
$$2CO(g) + 2NO(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + N_2(g) \qquad \Delta H = ?$$

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

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H = -283\ kJ$$

$$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO(g) \qquad \Delta H = +181\ kJ$$

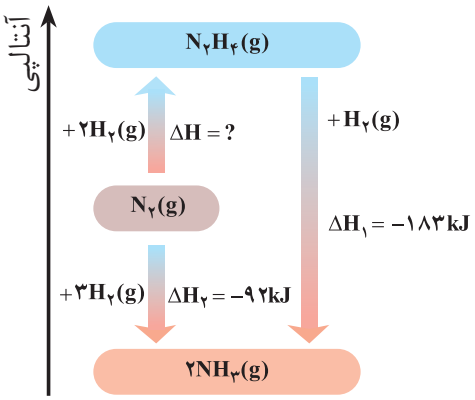
۳ـ واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی‌درپی مطابق نمودار زیر دانست.



الف) شواهد نشان می‌دهد که ΔH واکنش تولید $CO(g)$ را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد. دربارهٔ علت آن گفت‌وگو کنید.

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

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



الف) در شرایط یکسان، هیدرازین پایدارتر است یا آمونیاک؟ چرا؟

ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

تا اینجا با تغییر محتوای انرژی مواد 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 قابل‌مصرف است. انسان همواره در طول تاریخ در جست‌وجوی روش‌هایی بوده که بتواند مادهٔ غذایی را برای مدت‌های طولانی‌تری سالم نگه دارد و ذخیره کند. شکل ۱۰ برخی روش‌های نگهداری آنها را نشان می‌دهد.

الف) خشک کردن میوه‌ها

ب) تهیهٔ ترشی

پ) نمک‌سود کردن

شکل ۱۰ـ برخی روش‌های افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی

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

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

خود را بیازمایید

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

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

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

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

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

آیا می‌دانید

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

الف)

ب)

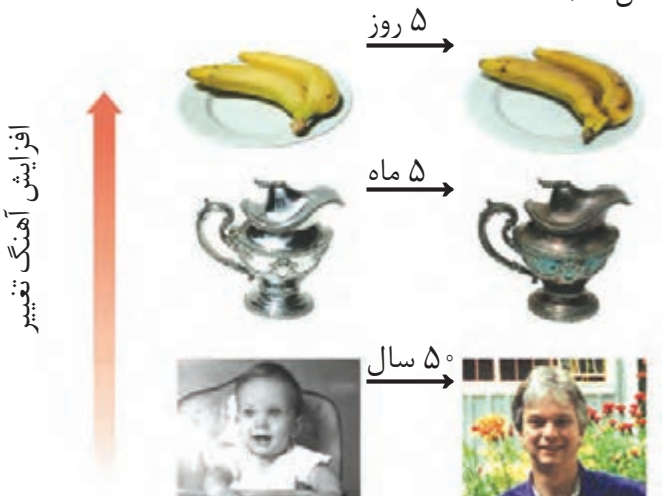
پ)

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

چیست؟ چرا افزایش دما سبب کاهش زمان ماندگاری اغلب مواد غذایی می‌شود؟ اکسیژن چه رفتاری با مواد غذایی دارد؟ چرا مواد غذایی را باید در محلی تاریک و دور از تابش مستقیم نور خورشید نگه‌داشت؟ پاسخ به این پرسش‌ها را می‌توان در رفتار مواد با یکدیگر و اثر عوامل گوناگون روی رفتار آنها جست‌وجو کرد. در واقع سینتیک شیمیایی به عنوان شاخه‌ای از علم شیمی افزون بر بررسی آهنگ تغییر شیمیایی در واکنش‌ها، عوامل مؤثر بر این آهنگ را نیز بررسی می‌کند. با آشنایی و درک چنین مفاهیمی می‌توان روش‌های گوناگون نگهداری سالم مواد غذایی را یافت و آنها را گسترش داد.

آهنگ واکنش

تهیه و تولید سریع‌تر یا کندتر یک فراوردهٔ صنعتی، دارویی یا غذایی بر کیفیت و زمان ماندگاری آن نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. **آهنگ واکنش**[1] معیاری برای زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره‌ای از زمان رخ می‌دهد. هرچه گسترهٔ زمان انجام آنها کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام تندتر است و واکنش سریع‌تر انجام می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ـ مقایسهٔ آهنگ چند فرایند طبیعی

این شکل فرایندهایی را نشان می‌دهد که تفاوت آهنگ انجام آنها آشکار بوده و مقایسهٔ آنها به‌صورت کیفی آسان است. شیمی‌دان‌ها آهنگ واکنش را در گستره معینی از زمان با نام سرعت واکنش بیان می‌کنند. توجه کنید که گسترهٔ زمان انجام واکنش‌ها از چند صدم ثانیه تا چند سده را در برمی‌گیرد (شکل ۱۲).

۱ـ Reaction Rate

آیا می‌دانید

اگر گندم در محیطی سرد و خشک نگهداری شود تا ۲۵ سال کیفیت خود را حفظ می‌کند و سالم می‌ماند؛ درحالی که در محیط گرم و خشک تا ۵ سال سالم می‌ماند!

امروزه گندم در مقیاس صنعتی در مکان‌هایی تاریک، خنک و خشک به نام سیلو نگهداری می‌شود. روشی که حضرت یوسف علیه‌السلام از آن بهره برده بود.

آیا می‌دانید

در انفجار مواد شیمیایی، انبساط بسیار سریع گازهای آزادشده، شوک موجی بسیار قوی با فشار بیش از ۷۰۰,۰۰۰ اتمسفر در سرتاسر محیط پیرامون منتشر کرده که با سرعتی بیش از $۹۰۰۰ ms^{-۱}$، باعث تخریب فیزیکی بناها می‌شود.

الف) **انفجار**[۱]، واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن از مقدار کمی مادهٔ منفجر شونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود.

ب) افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره‌نیترات باعث تشکیل سریع رسوب سفیدرنگ نقره کلرید می‌شود.

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

ت) بسیاری از کتاب‌های قدیمی در گذر زمان زرد و پوسیده می‌شود. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش تجزیهٔ سلولز کاغذ بسیار کند رخ می‌دهد.

شکل ۱۲ـ انجام برخی واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های گوناگون

بررسی‌ها نشان می‌دهد که زمان انجام واکنش‌ها به عوامل گوناگونی وابسته است. به گونه‌ای که برای کاهش یا افزایش سرعت انجام واکنش‌ها می‌توان عواملی مانند دما، غلظت، نوع مواد واکنش‌دهنده، کاتالیزگر و سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها را تغییر داد.

کاوش کنید

دربارهٔ «**عوامل مؤثر بر سرعت واکنش**» کاوش کنید.

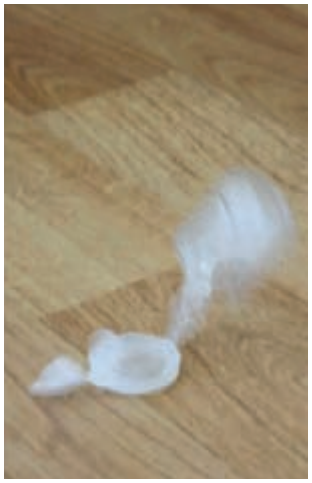
مواد و ابزار لازم: عینک ایمنی، قرص جوشان، آب، قوطی فیلم عکاسی، استوانهٔ مدرج، هاون چینی، دماسنج و زمان‌سنج.

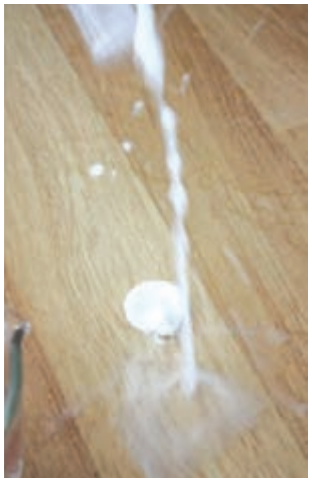
نکات ایمنی: به دلیل پرتاب شدن قوطی فیلم عکاسی، آزمایش را در فاصلهٔ مناسبی از خود و هم‌کلاسی‌ها انجام دهید.

آزمایش ۱

الف) درون قوطی فیلم عکاسی $۵mL$ آب با دمای $۰^{\circ}C$ بریزید.

۱ـ Explosion





ب) به آن $\frac{۱}{۲}$ قرص‌جوشان بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.

پ) زمان لازم برای پرتاب‌شدن قوطی را با استفاده از زمان‌سنج اندازه‌گیری و در جدول داده‌شده یادداشت کنید.

ت) همین آزمایش را با $\frac{۱}{۴}$ قرص جوشان تکرار و زمان را یادداشت کنید.

از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

آزمایش ۲

الف) این بار درون قوطی فیلم عکاسی ۵mL آب با دمای ۲۵°C بریزید.

ب) به آن $\frac{۱}{۲}$ قرص‌جوشان بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.

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

ت) این آزمایش را در دمای ۱۰°C تکرار و نتیجه را درجدول بنویسید.

از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

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

آیا می‌دانید

در اغلب قرص‌های‌جوشان افزون بر ویتامین ث، جوش‌شیرین، سیتریک اسید، تارتاریک اسید و ... وجود دارد.

آزمایش ۳

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

ب) آن را به درون قوطی فیلم عکاسی محتوی 5mL آب با دمای $40^{\circ}C$ بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.

پ) زمان پرتاب شدن قوطی را اندازه‌گیری و در جدول صفحه قبل یادداشت کنید.

از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

یافته‌های خود را از این آزمایش‌ها جمع‌بندی کنید و در چند سطر بنویسید.

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

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

انجام آزمایش‌های بالا نشان داد که با افزایش دما، افزایش مقدار واکنش‌دهنده‌ها و افزایش سطح تماس می‌توان سرعت انجام واکنش‌ها را افزایش داد. همچنین از پیش می‌دانید که واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه سریع‌تر است زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش وجود دارد. البته باید توجه داشت که مواد واکنش‌دهنده گوناگون با سرعت‌های متفاوتی در واکنش شرکت می‌کنند (در فصل اول با واکنش‌پذیری 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 می‌دهند، اما سرعت واکنش‌ها متفاوت است.

ب) شعلهٔ آتش، گردِ آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گردِ آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

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

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

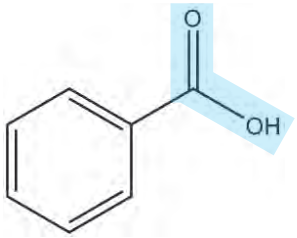
ت) الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی‌سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف آهن داغ و سرخ شده در یک ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد.

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

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

پیوند با صنعت

با آغاز قرن بیستم، گرایش مردم به شهرنشینی به‌ویژه 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 سرتاسرجهان 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 به‌صورت هدفمند به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند. برای نمونه نگهدارنده‌ها، سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد مادهٔ غذایی می‌شود را کاهش می‌دهند. یکی از این مواد، بنزوئیک اسید است که در تمشک و توت‌فرنگی وجود دارد (شکل ۱۳).



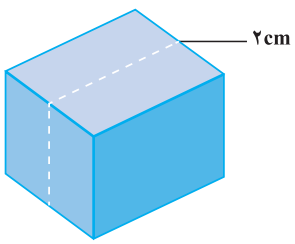
شکل ۱۳ـ بنزوئیک اسید، یک کربوکسیلیک اسید آروماتیک است.

آیا می‌دانید

در صنایع غذایی برای مواد افزودنی از نمادی به نام عدد E استفاده می‌شود. عددی که نوع ماده افزودنی را نشان می‌دهد. برای نمونه بنزوئیک اسید با E۲۱۰ و نمک سدیم آن با E۲۱۲ مشخص می‌شود.

این ترکیب آلی عضوی از خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست. خانواده‌ای که در ساختار هر عضو آن یک یا چند گروه عاملی کربوکسیل (COOH–)وجود دارد. آشناترین عضو آن، اتانوییک (استیک) اسید با فرمول CH_3COOH است .

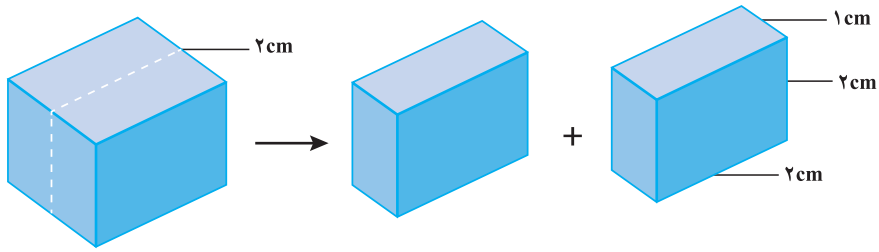
پیوند با ریاضی



یک تکه زغال چوب به شکل مکعب با طول ضلع ۲ cm در نظر بگیرید. حجم این تکه زغال برابر با $8\ cm^3$، در حالی که مساحت کل آن برابر با $24\ cm^2$ است (چرا؟).

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

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



۳ـ براساس تحلیل خود از پرسش‌های بالا، علت تفاوت در سرعت واکنش سوختن تکهٔ زغال با گرد 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، تهیهٔ داروها و تولید فراورده‌های صنعتی مفید و ضروری هستند اما برخی دیگر مانند خوردگی وسایل آهنی، تولید آلاینده‌ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب، زیان 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 فراورده‌های گوناگونی با صرفهٔ اقتصادی تولید کنند. برای دستیابی به چنین اهدافی باید دربارهٔ شرایط و چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آنها آگاهی داشته باشند. **سینتیک شیمیایی**[۱] شاخه‌ای از شیمی است که این آگاهی را در اختیار ما می‌گذارد.

سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش از دیدگاه کمّی

سرعت واکنش در پژوهش‌های علمی، فناوری‌های نو، تولید فراورده‌های دارویی و... آن‌چنان اهمیت دارد که باید با دقت اندازه‌گیری و گزارش شود. به دیگر سخن مقایسهٔ دقیق میان سرعت واکنش‌ها هنگامی از صحت و اعتبار علمی برخوردار است که به شکل کمّی بیان شود.

از آنجا که در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، واکنش دهنده‌ها مصرف و فراورده‌ها تولید می‌شوند، می‌توان آهنگ مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها را در بازه‌ای از زمان

۱ـ Chemical Kinetics

اندازه‌گیری کرد (شکل ۱۴).

(الف) (ب) (پ)

شکل ۱۴ـ واکنش محلول سفیدکننده با ۰/۰۵ مول نوعی رنگ غذا

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

خود را بیازمایید

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

۲ـ دانش‌آموزی درون یک محلول محتوی ۰/۰۳ مول مس (II) سولفات، تیغه‌ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش $Zn(s)$ با $CuSO_4(aq)$ را در این آزمایش نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

الف) واکنش‌پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

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

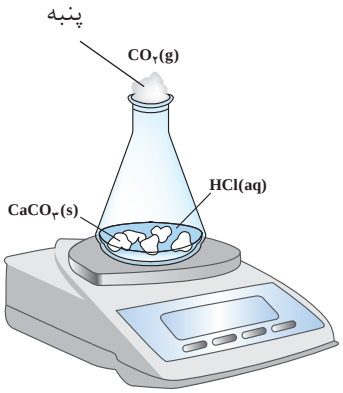
پ) اگر شمار مول‌های مصرف شده از هر واکنش‌دهنده در واحد زمان بیانگر سرعت مصرف آن باشد، سرعت مصرف $Cu^{2+}(aq)$ را برحسب $mol\ min^{-1}$ حساب کنید.

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

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

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



$$CaCO_3\,(s) + 2\,HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2\,(g) + H_2O(l)$$

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

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

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

ب) جدول را کامل کنید.

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

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

۲ـ جدول صفحه بعد را کامل کنید. ($1\,mol\,CO_2 = 44g$)

زمان (s)	$n(CO_2)$,(mol)	$\Delta n(CO_2)$,(mol)	$\overline{R}(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t}$, $(mols^{-1})$
۰	۰		
۱۰	$۱/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۵۰\times۱۰^{-۳}$
۲۰	$۲/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۳}$
۳۰	$۳/۰۰\times۱۰^{-۲}$	.....	.....
۴۰	.....	.....	.....
۵۰	.....	.....	.....

● اگر شمار مول‌های یک ماده را با n نمایش دهیم، $\Delta n = n_۲ - n_۱$ تغییر تعداد مول‌های آن ماده را نشان می‌دهد. $\Delta n > ۰$، افزایش شمار مول‌های فراورده و $\Delta n < ۰$، کاهش شمار مول‌های واکنش‌دهنده را در واکنش نشان می‌دهد.

آیا می‌دانید

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

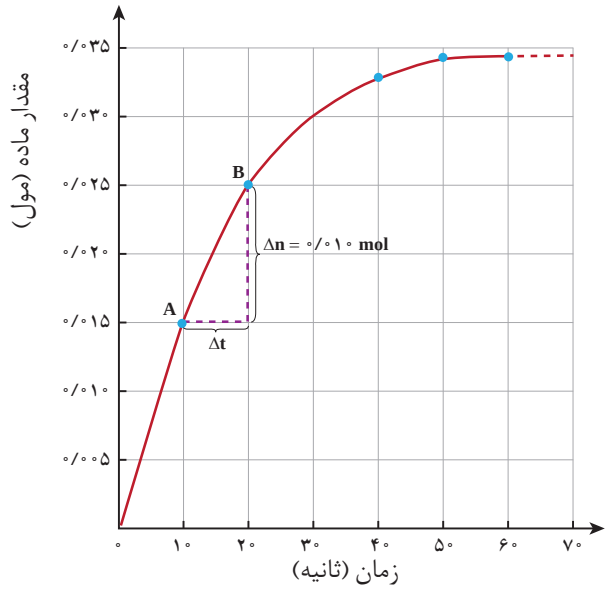
۳ـ نمودار مول ـ زمان را برای گاز $CO_۲$ بر روی کاغذ میلی‌متری زیر رسم کنید.

۴ـ سرعت متوسط تولید $CO_۲$ با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

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

سرعت متوسط و شیب نمودار مول ـ زمان

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



نمودار ۸ـ نمودار مول ـ زمان برای فراورده

در نمودار ۸، نقطهٔ A نشان می‌دهد که در زمان $t_1 = ۱۰\,s$، مول‌های کلسیم کلرید برابر با $n_1 = ۰/۰۱۵\,mol$ و نقطهٔ B نشان می‌دهد که در زمان $t_2 = ۲۰\,s$، مول‌های این ماده برابر با $n_2 = ۰/۰۲۵\,mol$ است. از این‌رو:

$$\Delta n(CaCl_2) = n_2 - n_1 = ۰/۰۲۵\,mol - ۰/۰۱۵\,mol = ۰/۰۱۰\,mol$$

این مقدار، تغییر مول‌های کلسیم‌کلرید را در گسترهٔ زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه ($\Delta t = t_2 - t_1 = ۲۰\,s - ۱۰\,s = ۱۰\,s$) نشان می‌دهد. نسبت $\frac{\Delta n}{\Delta t}$، شیب خط AB در نمودار مول–زمان است. این نسبت علامت مثبت دارد و سرعت متوسط تولید کلسیم کلرید را در بازهٔ زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه مشخص می‌کند.

نمودار ۸ همچنین نشان می‌دهد هر چه واکنش به پایان آن نزدیک‌تر می‌شود، شیب نمودار مول ـ زمان کندتر شده تا اینکه از ثانیهٔ ۵۰ به بعد برابر با صفر می‌شود. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت این واکنش با گذشت ۵۰ ثانیه به پایان رسیده است و پس از آن دیگر فراورده‌ای تولید نمی‌شود.

خود را بیازمایید

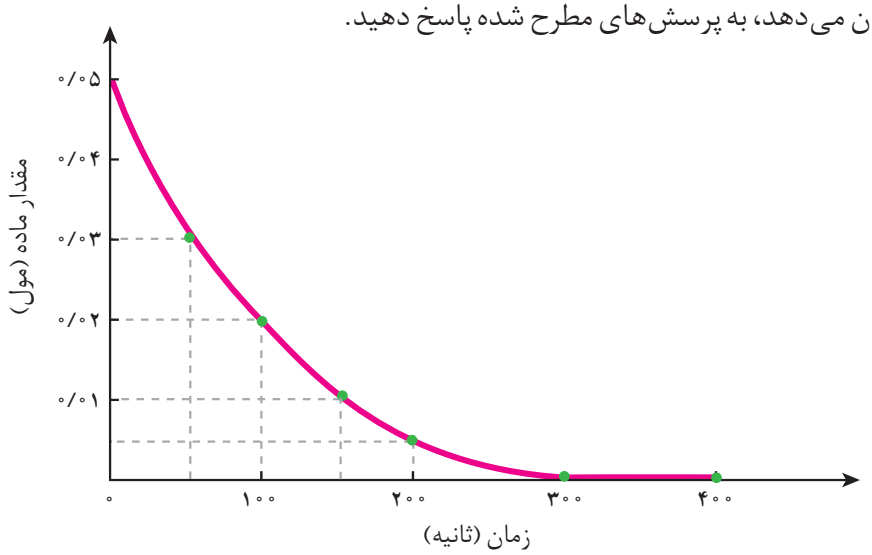
۱ـ در واکنش $CaCO_3(s)$ با $HCl(aq)$، چه رابطه‌ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.

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

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$$

اگر در شرایط معین $\bar{R}(O_2) = 0/01\ mol\ s^{-1}$ باشد، $\bar{R}(SO_3)$ و $\bar{R}(SO_2)$ را بر حسب $mol\ min^{-1}$ حساب کنید.

۳ـ 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 واکنش‌دهنده (رنگ غذا) با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

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

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

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

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

پیوند با زندگی

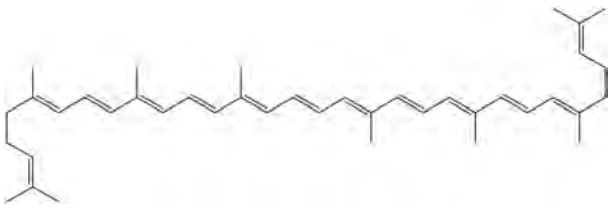
خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌هایی مفید و مؤثر

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

دانشمندان و شیمی‌دان‌ها را بر آن داشت تا بررسی کنند چه موادی در سبزیجات و میوه‌ها این مهم را به عهده دارند. نتیجهٔ 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 نشده‌است اما برخی از آنها به عنوان بازدارنده از انجام واکنش نامطلوب و ناخواسته به‌دلیل حضور رادیکال‌ها جلوگیری می‌کنند.

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

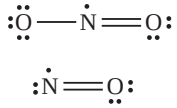
در بدن ما به‌دلیل انجام واکنش های متنوع و پیچیده، رادیکال‌هایی به‌وجود می‌آیند که اگر به وسیلهٔ باز دارنده‌ها جذب نشوند، می‌توانند با انجام واکنش‌های سریع به بافت‌های بدن آسیب برسانند. با این توصیف مصرف خوراکی‌های محتوی بازدارنده‌ها سبب خواهد شد که رادیکال‌ها به دام بیفتند تا با کاهش مقدار آنها از سرعت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



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

آیا می‌دانید

رادیکال‌ها نه تنها در بدن بلکه در محیط زندگی نیز وجود دارند. برای نمونه هوای آلوده دارای رادیکال‌های NO و NO_2 با ساختارهای لوویس زیر است.

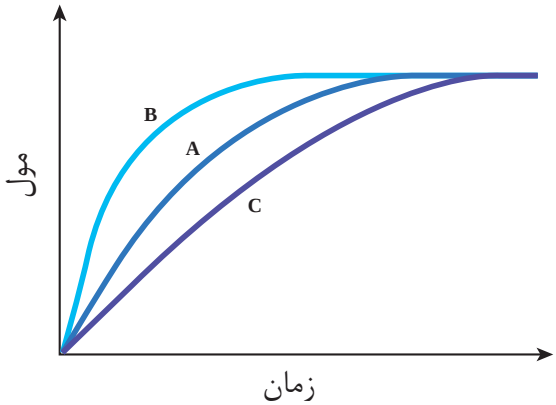


در میان تار نما ها

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

خود را بیازمایید

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



سرعت واکنش

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

با هم بیندیشیم

۱ـ سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گسترهٔ زمانی معینی برابر با $۴\times۱۰^{-۲}\ mol.s^{-۱}$ است.

$$N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightarrow ۲NH_۳(g)$$

الف) سرعت متوسط مصرف $N_۲(g)$ و $H_۲(g)$ را در این گسترهٔ زمانی حساب کنید.

ب) سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت‌کننده 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 شرکت‌کننده، رابطهٔ سرعت واکنش را بنویسید.

ت) ارتباط معادلهٔ شیمیایی موازنه شده واکنش را با رابطهٔ زیر توضیح دهید.

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

$$R(\text{واکنش}) = +\frac{\Delta n(NH_۳)}{۲\Delta t} = -\frac{\Delta n(H_۲)}{۳\Delta t} = -\frac{\Delta n(N_۲)}{\Delta t}$$

۲ـ قند موجود در جوانه گندم (مالتوز) مطابق واکنش زیر به گلوکز تبدیل می‌شود.

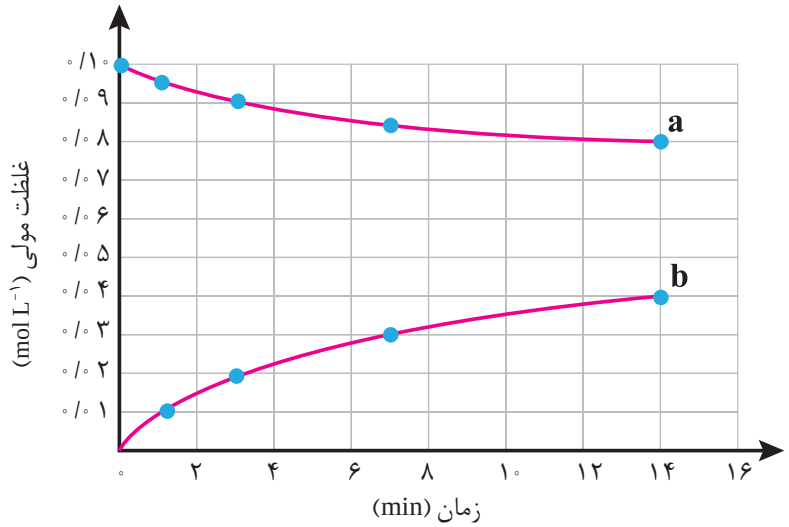
$$C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}(aq) + H_۲O(l) \rightarrow ۲C_۶H_{۱۲}O_۶(aq)$$

این واکنش در دمای ثابت و شرایط معین بررسی شده و جدول زیر، داده‌های تجربی آن را نشان می‌دهد. با توجه به آن و نمودار داده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

سمنو که از جوانه گندم تهیه می‌شود محتوی مواد غذایی گوناگونی از جمله مالتوز است.

زمان (دقیقه) / غلظت مولی ($mol L^{-۱}$)	۰	۱	۳	۷	۱۴
$[C_۶H_{۱۲}O_۶]$	۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴
$[C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}]$	۰/۱۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹	۰/۰۸۵	۰/۰۸

برای شرکت کننده‌ها در فاز گاز و محلول، می‌توان سرعت متوسط مصرف یا تولید را افزون بر یکای مول بر زمان بایکای مول بر لیتر بر زمان نیز گزارش کرد.



غلظت مولی یک ماده را با نوشتن فرمول شیمیایی آن درون یک کروشه نمایش می‌دهند.
غلظت مولی A = [A]

الف) در سه دقیقهٔ نخست، (گلوکز) $\bar{R}$ و (مالتوز) $\bar{R}$ را برحسب $mol L^{-۱} s^{-۱}$ 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 منحنی‌های a و b مربوط به کدام ماده شرکت کننده است؟ توضیح دهید.

غذا، پسماند و ردپای آن

زندگی ما و ادامهٔ 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

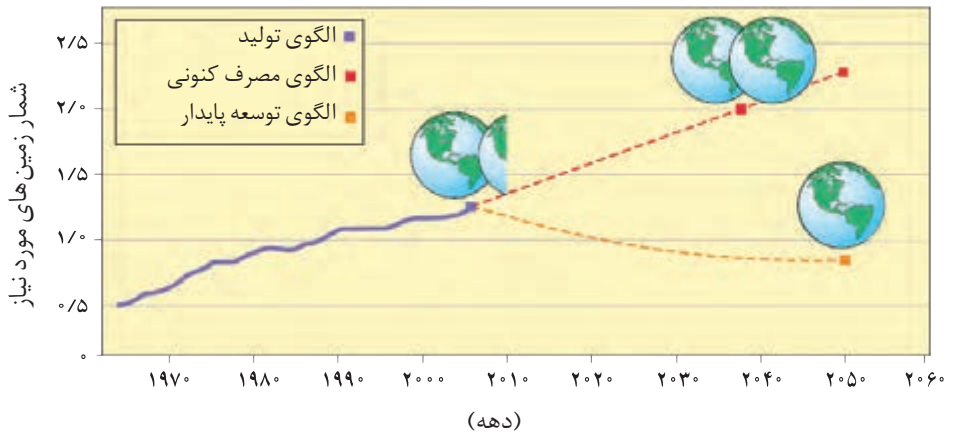
فائو برآورد می‌کند که ۳۰٪ مواد غذایی تولید شده یعنی حدود ۱/۳ میلیارد تن در سال از بین رفته یا به زباله تبدیل می‌شود.

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

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

چهرهٔ پنهان این ردپا، تولید گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه کربن‌دی‌اکسید است، آن‌چنان که سهم تولید این گاز در ردپای غذا به‌مراتب بیش از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و... است.

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



نمودار ۹ـ پیش‌بینی مساحت زمین مورد نیاز برای تأمین غذا

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

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

خود را بیازمایید

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

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

تمرین‌های دوره‌ای

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

$$NH_4NO_3(s) + 26\,kJ \xrightarrow{\text{در آب}} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

$$CaCl_2(s) \xrightarrow{\text{در آب}} Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + 83\,kJ$$

الف) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محل آسیب‌دیدگی مناسب است؟ چرا؟

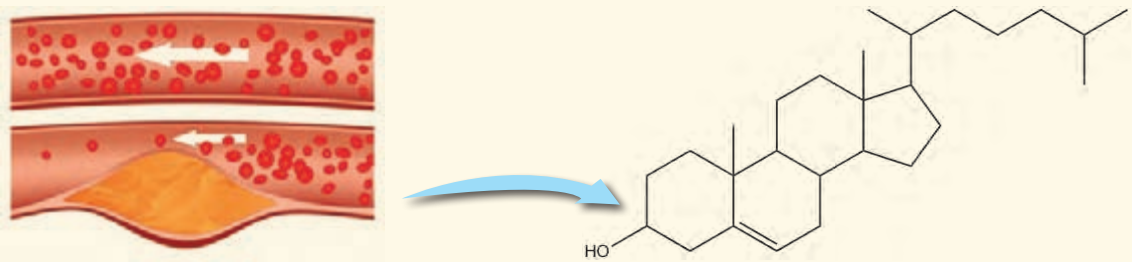
ب) از انحلال کامل 2/22 g کلسیم کلرید خشک درآب چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

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

$$2C_{57}H_{110}O_6(s) + 163O_2(g) \rightarrow 114CO_2(g) + 110H_2O(l) \;،\; \Delta H = -75520\,kJ$$

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

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



الف) توضیح دهید چرا شیمی‌دان‌ها آن را یک الکل سیر نشده می‌دانند؟

ب)با توجه به جدول شمارهٔ ۳ ، در شرایط یکسان کدام پیوندهای اشتراکی یگانه در ساختار کلسترول آسان‌تر شکسته می‌شود؟ چرا؟

۴ـ از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت، ۱۵/۲۴ kJ گرما آزاد می‌شود.

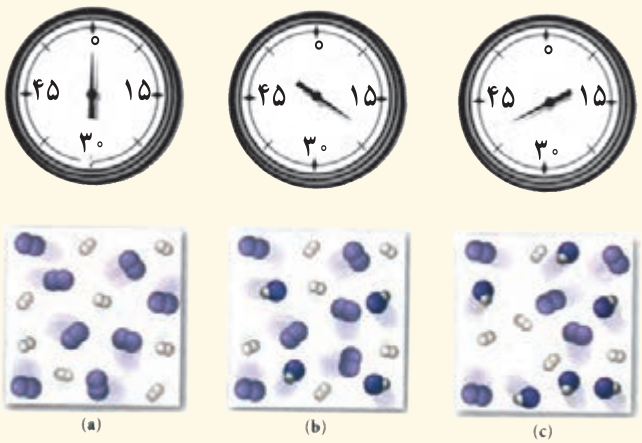
$$۲Al(s) + Fe_۲O_۳(s) \rightarrow Al_۲O_۳(s) + ۲Fe(l)$$

الف) این مقدار گرما، دمای صدگرم آب خالص را چند درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهد؟

ب) ΔH واکنش ترمیت را حساب کنید.

۵ـ با توجه به واکنش ترموشیمیایی: $H_۲(g) + I_۲(s) + ۵۳kJ \rightarrow ۲HI(g)$، آنتالپی واکنش $H_۲(g) + I_۲(g) \rightarrow ۲HI(g)$ را حساب کنید (**راهنمایی**: آنتالپی فرازش (تصعید) یُد را $۶۲/۵\ kJ mol^{-۱}$ در نظر بگیرید).

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



اگر هر ذره هم ارز با ۰/۱ مول از ماده و سامانه دو لیتری باشد، سرعت واکنش را پس از ۲۰ دقیقه (b) و پس از ۴۰ دقیقه (c) برحسب $mol\ L^{-۱}h^{-۱}$ حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.

۷ـ ΔH واکنش $C_۲H_۴(g) + H_۲(g) \xrightarrow{۲۵^\circ C} C_۲H_۶(g)$ را با استفاده از:

الف) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

ب) آنتالپی سوختن اتن، اتان و هیدروژن که به ترتیب برابر با ۱۴۱۰-، ۱۵۶۰- و ۲۸۶- کیلو ژول بر مول است، حساب کنید.

پ) ΔH محاسبه شده از کدام قسمت را برای یک گزارش علمی انتخاب می‌کنید؟ توضیح دهید.

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

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

الف) اگر بدن فردی نیاز فوری و ضروری به تأمین انرژی داشته باشد، کدام خوراکی را پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟

ب) مصرف کدام خوراکی را برای فعالیت‌های فیزیکی که در مدت طولانی‌تری انجام می‌شوند، مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

پ) اگر یک فرد ۷۰ کیلوگرمی، ۲۵ گرم بادام خورده باشد، برای مصرف انرژی حاصل از آن چه مدت باید پیاده‌روی کند؟ آهنگ مصرف انرژی در پیاده‌روی را $۱۹۰ kcal\ h^{-۱}$ در نظر بگیرید.

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

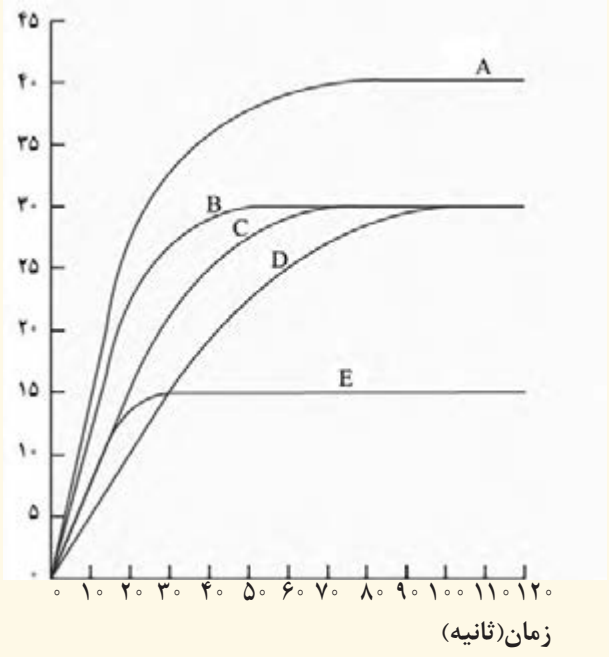
$$FeO(s) + CO(g) \rightarrow Fe(s) + CO_۲(g) \qquad \Delta H = ?$$

$$Fe_۲O_۳(s) + ۳CO(g) \rightarrow ۲Fe(s) + ۳CO_۲(g) \qquad \Delta H = -۲۳kJ$$

$$۳Fe_۲O_۳(s) + CO(g) \rightarrow ۲Fe_۳O_۴(s) + CO_۲(g) \qquad \Delta H = -۳۹kJ$$

$$Fe_۳O_۴(s) + CO(g) \rightarrow ۳FeO(s) + CO_۲(g) \qquad \Delta H = ۱۸kJ$$

۱۰ـ در نمودار زیر، منحنی C مربوط به واکنش ۰/۵ گرم نوار منیزیم با مقدار کافی از هیدروکلریک اسید در دمای اتاق است. منحنی‌های دیگر مربوط به همین واکنش اما در شرایط متفاوتی است. با توجه به آنها به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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

ب) کدام منحنی مربوط به واکنشی است که در آن ۰/۵ گرم پودر منیزیم به جای نوار منیزیم استفاده شده است؟ (بقیه شرایط واکنش تغییر نکرده است.) دلیل خود را توضیح دهید.

پ) کدام منحنی مربوط به واکنش ۰/۵ گرم نوار منیزیم با مقدار کافی از هیدروکلریک اسید در دمای ۵ درجه سلسیوس است؟ چرا؟

فصل ۳

پوشاک، نیازی پایان ناپذیر

يٰبَنِيۤ ءَادَمَ قَدْ أَنزَلْنَا عَلَيْكُمْ لِبَاسًا يُوَارِي سَوْءَاتِكُمْ وَ رِيشًا... (سورهٔ اعراف ـ آیهٔ ۲۶)

ای فرزندان آدم! لباسی برای شما فرو فرستادیم که شما را می‌پوشاند و مایهٔ زینت شماست و...

خداوند یکتا و آفریدگار هستی، جانوران را با پوشش‌هایی مانند پشم، پر، فلس و... آفریده است. انسان با بهره‌مندی از هوش 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، به‌طوری 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.

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

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

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

(الف) (ب) (پ)

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

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

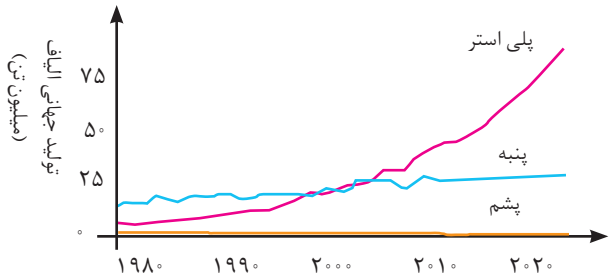
آیا می‌دانید

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

آیا می‌دانید

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

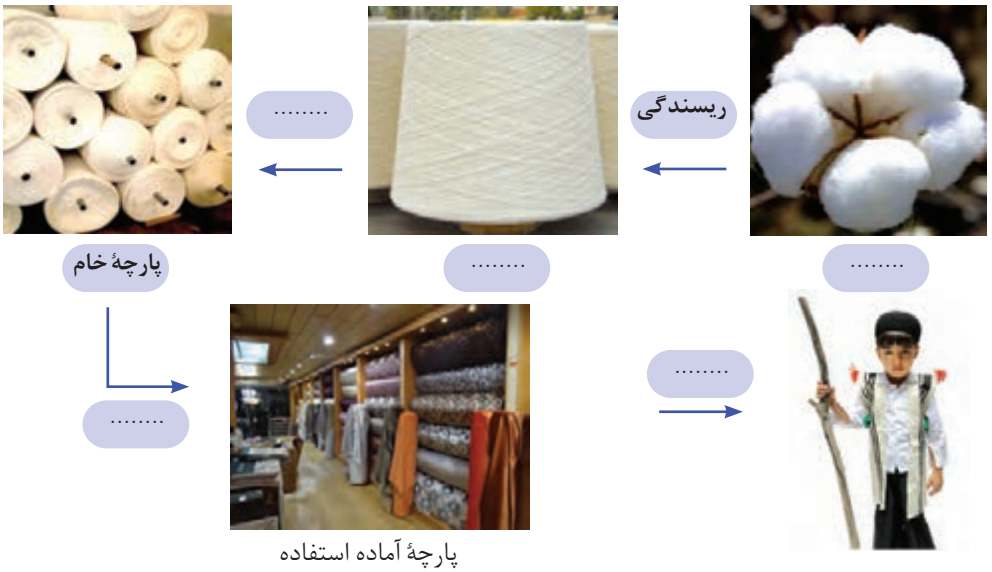
به‌همین دلیل صنعت نساجی به شکل صنعتی و امروزی پدیدار شد، صنعتی که با بهره‌گیری از فناوری‌های نو به تولید پوشاک پرداخت. اما موفقیت این صنعت در گروِ تأمین **الیاف**[1] مورد نیاز بود. از آنجا که منابع طبیعی محدود بود، الیاف تولید شده پاسخگوی نیاز صنایع نساجی و جامعه نبود. گویی زمان آن رسیده بود که شیمی‌دان‌ها طلای سیاه را به‌کار 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 پایهٔ نفت، شناسایی و تولید شد؛ الیافی که جایگزین الیاف طبیعی شد و امروزه بخش عمده پوشاک را تشکیل می‌دهد. آمارها نشان می‌دهند که در سال ۲۰۱۴ میلادی نزدیک به صد میلیون تن انواع الیاف در جهان تولید و مصرف شده است (نمودار ۱).



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

خود را بیازمایید

در هریک از جاهای خالی یکی از واژه‌های «**نخ**[2]، **الیاف**، **دوزندگی**، **فراوری و بافندگی**» را قرار دهید.

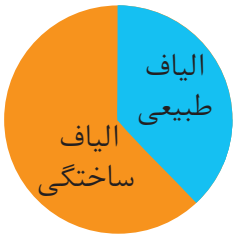


پارچهٔ آماده استفاده

۱ـ Fibers
۲ـ Thread

آیا می‌دانید

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



● میزان نسبی الیاف تولیدشده در جهان

آیا می‌دانید

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

در میان تار نما ها

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 فراورده‌های پتروشیمیایی برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی‌استر، نایلون و... به‌کار می‌روند. از این الیاف افزون بر تهیهٔ پارچه و پوشاک، به طور گسترده‌ای در تهیهٔ انواع پوشش‌ها، ظروف نچسب، یکبار مصرف و پلاستیکی، فرش، پرده و... استفاده می‌شود.

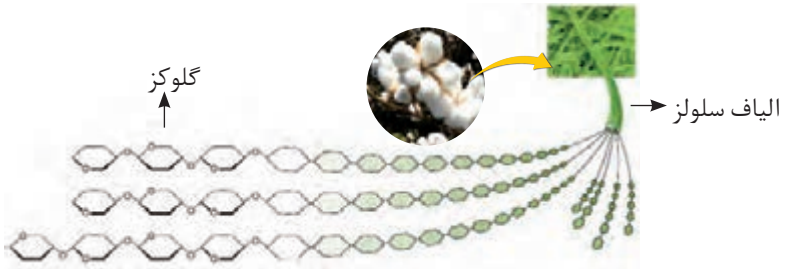
اکنون این پرسش‌ها مطرح می‌شوند که الیاف ساختگی چه موادی هستند؟ چه ساختاری دارند؟ چه رابطه‌ای بین ساختار و رفتار آنها وجود دارد؟ آیا شناخت ویژگی‌های ماده و به‌ویژه ترکیب‌های آلی می‌تواند به تولید الیاف جدید منجر شود؟ آیا می‌توان الیافی تهیه کرد که در پزشکی به‌کار آید؟ واکنش‌های شیمیایی تولید الیاف در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

آیا می‌دانید

سلولز از اتصال حدود ۳۰۰۰ مولکول گلوکز به یکدیگر تشکیل می‌شود، از این‌رو فرمول مولکولی آن به تقریب $C_{18000}H_{30002}O_{15001}$ است. با این توصیف جرم مولی سلولز در حدود ۴۸۷۰۰۰ گرم است. توجه کنید هر مولکول سلولز هنوز آن‌قدر کوچک است که قابل دیدن نیست.

الیاف و درشت مولکول‌ها[1]

پنبه یکی از الیاف طبیعی است که در تولید پوشاک سهم قابل توجهی دارد. آمارها نشان می‌دهد که حدود نیمی‌از لباس‌های تولیدی در جهان از پنبه تهیه می‌شود. از پنبه افزون بر تولید پوشاک در تولید رویهٔ مبل، 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.

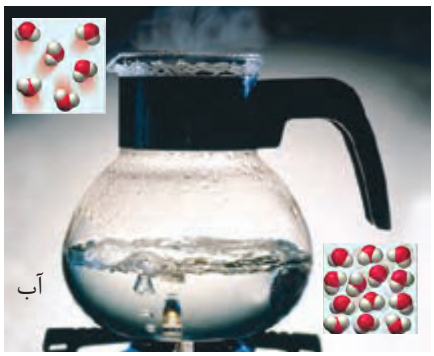


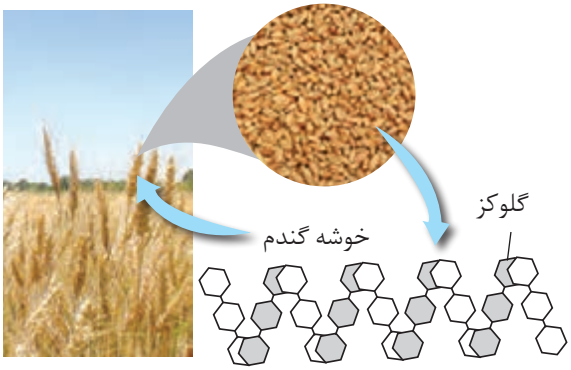
شکل ۳ـ نمایی ساده از الیاف سلولز و مولکول‌های سازندهٔ آن در پنبه

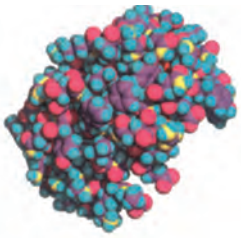
۱ـ Macromolecules

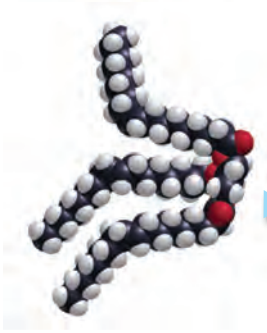
با هم بیندیشیم

با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.









الف) جدول را کامل کنید.

نام ماده	اندازهٔ مولکول		جرم مولی		شمار اتم‌ها	
	کوچک یا متوسط	بسیار بزرگ	کم یا متوسط	بسیار زیاد	کم یا متوسط	بسیار زیاد
آب						
پلی اتن						
پروپان						
نشاسته گندم						
انسولین		*		*		*
سلولز						
روغن زیتون						

ب) به دسته‌ای از ترکیب‌های جدول، درشت مولکول می‌گویند. این مفهوم را در یک سطر تعریف کنید.

آیا می‌دانید

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

- گلوکز سازنده مولکول‌های نشاسته و سلولز است، اما به دلیل تفاوت ساختار مولکول‌های نشاسته و سلولز، خواص آنها متفاوت است.

آیا می‌دانید

نام ماده	جرم مولی ($gmol^{-1}$)
اتن	۲۸/۰۵
اتانول	۴۶/۰۷
انسولین	۵۸۳۱/۶۵
نایلون	$۱۰^{۴}$ - $۱۰^{۶}$
پلی اتن	$۱۰^{۴}$ - $۱۰^{۵}$

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

ت) در کدام مولکول‌ها بخش‌هایی هست که در سرتاسر مولکول تکرار شده است؟

ث) سلولز و نشاسته، پلیمر (بسپار) اند، با توجه به ساختار آنها پلیمر را تعریف کنید.

ج) پیش‌بینی کنید نیروی بین مولکولی در کدام دسته از مواد قوی‌تر است؟ چرا؟

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

آیا می‌دانید

مولکول‌های گاز اتن در دمای ۵۰۰°C و فشار ۱۰۰۰ atm و در حضور کاتالیزگر مناسب با یکدیگر واکنش داده و به پلی‌اتن تبدیل می‌شوند.

می‌دانید که مادهٔ مولکولی، ماده‌ای است که ذره‌های سازندهٔ آن مولکول‌ها هستند. برای مثال کربن دی اکسید(CO_2)، برم(Br_2)، متان(CH_4)، آب(H_2O)، آمونیاک (NH_3)، گوگرد تری اکسید(SO_3)، هیدروکربن‌ها و... نمونه‌هایی از این ترکیب‌ها هستند. این مولکول‌ها کوچک‌اند و شمار اتم‌های سازندهٔ آنها کم، در نتیجه جرم مولی آنها کم تا متوسط است. درحالی‌که مولکول برخی ترکیب‌ها مانند سلولز، نشاسته و پروتئین‌موجود در پشم، ابریشم و... بسیار بزرگ است به طوری که شمار اتم‌های آنها به ده‌ها هزار می‌رسد، از این‌رو به درشت مولکول معروف‌اند. درشت مولکول‌های دیگری مانند پلی‌اتن، نایلون، تفلون و... نیز وجود دارند که در طبیعت یافت نمی‌شوند و ساختگی هستند. این مواد از واکنش پلیمری شدن (بسپارش) تهیه می‌شوند.

آیا می‌دانید

شیمی آلی[1] به مطالعهٔ ساختار، خواص، ترکیب‌ها، واکنش‌ها و تهیهٔ مواد کربن‌داری می‌پردازد که نه تنها شامل هیدروکربن‌ها می‌شود بلکه در ساختار این مواد، اتم عنصرهای دیگری مانند اکسیژن، نیتروژن، هالوژن، فسفر و گوگرد نیز وجود دارد. این شاخه از علم شیمی در آغاز محدود به ترکیب‌های تولیدشده توسط موجودات زنده بود اما امروزه مواد ساختهٔ بشر همانند انواع پلاستیک‌ها نیز گسترش یافته است.

پلیمری شدن[2] (بسپارش)

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

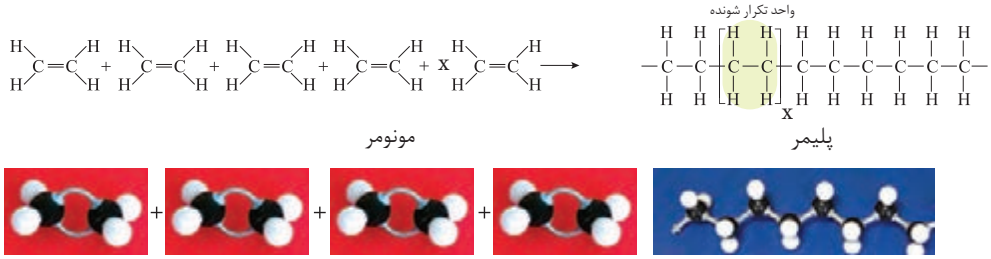
$$n\,CH_2=CH_2(g) \xrightarrow{\text{گرما و فشار}} \left(CH_2-CH_2\right)_n(s)$$

اتن — پلی اتن

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

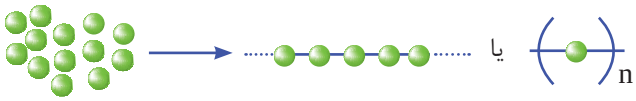
۱ـ Organic Chemistry ۲ـ Polymerization

از پیوندهای دوگانه در اتن شکسته شده و مولکول‌های اتن از سوی اتم‌های کربن به یکدیگر متصل می‌شوند. با ادامهٔ این روند، شمار زیادی از مولکول‌های اتن به یکدیگر افزوده شده و مولکول‌هایی با زنجیر کربنی بلند ایجاد می‌شوند (شکل ۴).



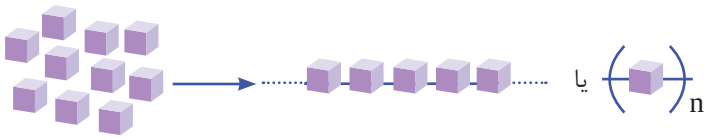
شکل ۴ـ نمایی از واکنش تشکیل پلی اتن

به واکنش‌دهنده‌ها در واکنش پلیمری شدن، **مونومر**[1] (تک‌پار) می‌گویند. در این واکنش‌ها شمار زیادی از مونومرها با یکدیگر واکنش می‌دهند و پلیمر را می‌سازند. مطابق شکل ۴ مونومرهای اتن به یکدیگر افزوده می‌شوند و پلی‌اتن را پدید می‌آورند. با دقت در ساختار پلی‌اتن در می‌یابید که این ترکیب از تکرار مجموعه‌ای از اتم‌های کربن و هیدروژن به نام واحد تکرارشونده پدید آمده است. توجه کنید که تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است. به همین دلیل برای پلیمرها نمی‌توان فرمول مولکولی دقیقی نوشت. شیمی‌دان‌ها برای نمایش آنها، واحد تکرار شونده را درون کمانک نوشته و زیروند n را جلوی آن می‌نویسند (شکل ۵ـ الف و ب).



شکل ۵ـ الف) الگوی تشکیل یک پلیمر

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



شکل ۵ـ ب) الگوی تشکیل یک پلیمر دیگر

آیا می‌دانید

سالانه در حدود ۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلوگرم بسپار در شرکت‌های پتروشیمی در سراسر دنیا تولید می‌شود، به طوری که سرانه آن به ازای هر نفر حدود ۱۵ کیلوگرم برآورد می‌شود.
تاکنون حدود ۶۰۰۰۰ نوع پلیمر ساختگی تولید شده است.

۱ـ Monomer

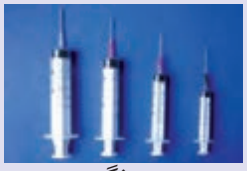
به یاد داشته باشید هر ترکیب آلی که در ساختار خود پیوند دوگانهٔ کربن-کربن ($\rangle C=C\langle$) در زنجیر کربنی داشته باشد، می‌تواند در این نوع واکنش پلیمری شدن شرکت کند. بر همین اساس، ترکیب‌های سیر نشده و حاوی چنین پیوندی در زنجیر کربنی می‌توانند در صنایع پتروشیمی با تأمین شرایط مناسب واکنش داده و پلیمرهای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

آیا می‌دانید

پلی‌وینیل‌استات پلیمری است که در تهیهٔ انواع پاستیل به کار می‌رود.

خود را بیازمایید

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

کاربرد پلیمر	نام و ساختار پلیمر	نام و ساختار مونومر
پتو	$+CH_2-\underset{CN}{\overset{H}{C}}+_n$ پلی سیانو اتن	....
 سرنگ	..... پلی پروپن	$CH_2=\underset{CH_3}{\overset{H}{C}}$ پروپن
ظروف یکبار مصرف	$+CH_2-\underset{}{\overset{H}{C}}+_n$	..... اِستیرن
نخ دندان	..... تفلون	$F_2C=CF_2$ تترافلوئورواتن
کیسهٔ خون	$+CH_2-\underset{Cl}{\overset{H}{C}}+_n$ پلی وینیل کلرید	....

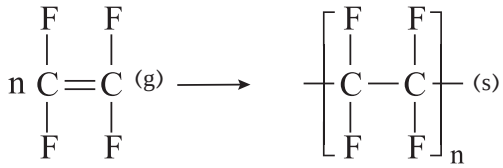
آیا می‌دانید

قراردادن لایه‌ای از پلی‌وینیل کلرید بین دو صفحهٔ شیشه‌ای مانع از فرو ریختن خرده‌های آن در اثر ضربه می‌شود.

پیوند با زندگی

«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 مطالعهٔ انواع سردکننده‌ها بودند. یکی از گازهایی که آنها مصرف می‌کردند، تترافلوئورواتن بود. یک روز هنگامی که پلانکت شیر کپسول گاز را باز کرد، متوجه شد که گاز خارج نمی‌شود. او تصور کرد که مسیر خروج گاز بسته است، از این‌رو تلاش کرد تا مسیر را باز کند، اما هیچ‌چیز نبود و او تعجب کرد. کنجکاوی وی سبب شد موضوع را بیشتر پیگیری کند. پلانکت برای یافتن دلیل آن، جرم کپسول را اندازه‌گیری کرد و با نتیجهٔ غیرمنتظره‌ای روبه‌رو شد. جرم کپسول مورد نظر با کپسول پر از گاز برابر بود! پافشاری وی برای حل مسئله، باعث شد تا او کپسول را برش دهد و داخل آن را مشاهده کند. او پس از برش کپسول با منظره تازه‌ای روبه‌رو شد. لایهٔ نازکی از یک مادهٔ جامد ته کپسول تشکیل شده بود. بررسی دقیق‌تر نشان داد که این مادهٔ جامد از پلیمری شدن تترافلوئورواتن به دست آمده است.



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

شکل ۶ـ برخی کاربردهای تفلون

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

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

پیوند با صنعت

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

شکل ۷ـ برخی کاربردهای پلی‌اتن

همان‌طور که مشاهده می‌کنید کالاهای ساخته شده از پلی‌اتن ویژگی‌های گوناگونی دارند. برخی مانند کیسهٔ پلاستیک موجود در مغازه‌ها و فروشگاه‌ها شفاف بوده و کمی انعطاف‌پذیرند درحالی‌که برخی دیگر مانند لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب یا بطری کدر شیر، 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 سازندهٔ این کالاها یکسان است؟

یافته‌های تجربی نشان داد که اتن در شرایط گوناگون، با انجام واکنش پلیمری شدن فراورده‌هایی با ساختار متفاوت پدید می‌آورد. نوعی پلی‌اتن، چگالی کمتری داشته و شفاف است، از این‌رو به **پلی‌اتن سبک**[۱] معروف است درحالی‌که **پلی‌اتن سنگین**[۲]، چگالی بیشتری داشته و کدر است. شکل ۸ ساختار کلی این پلی اتن‌ها را نشان می‌دهد.

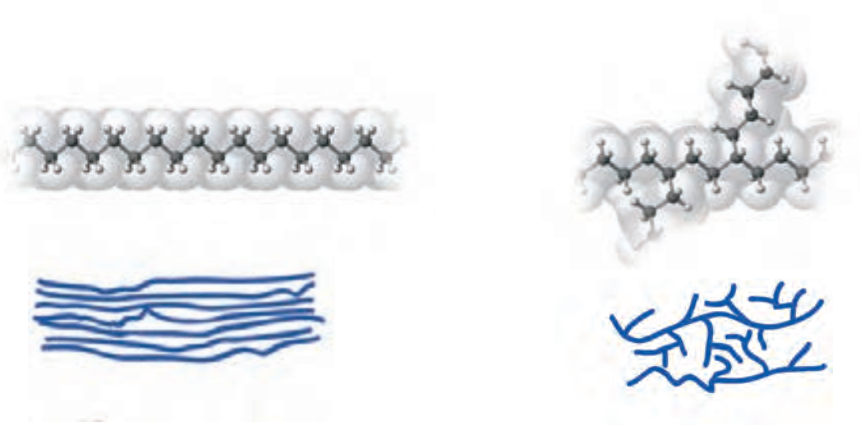
همان‌طور که در شکل ۸ می‌بینید، مولکول‌های اتن می‌توانند به دو صورت به یکدیگر افزوده شوند و دو فراوردهٔ متفاوت ایجاد کنند. مولکول‌های اتن در شرایط معین پشت سرهم به یکدیگر متصل شده و زنجیرهای بلند و بدون شاخه ایجاد می‌شود. اما در شرایطی دیگر برخی مولکول‌های اتن از کناره‌ها به یکدیگر افزوده شده و زنجیرهای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

۱ـ Low Density Poly Ethene (LDPE)
۲ـ High Density Poly Ethene (HDPE)

آیا می‌دانید

یافتن روش مناسب و شرایط بهینه برای انجام واکنش‌های شیمیایی آن قدر مهم است که به مناسب‌ترین روش‌ها جایزهٔ نوبل اختصاص می‌دهند. یافتن روش مناسب برای تولید پلی اتن 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، ۱۹۰۳-۱۹۷۹) برندهٔ جایزهٔ نوبل شیمی شدند. آنها موفق شدند کاتالیزگری بیابند که واکنش پلیمری شدن اتن را بدون ایجاد شاخهٔ فرعی پیش می‌برد.

● پلی اتن مذاب را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا به ورقهٔ نازک پلاستیکی تبدیل می‌کنند.



پلی اتن بدون شاخه　　پلی اتن شاخه‌دار

شکل ۸ـ ساختار دو نوع پلی‌اتن

خود را بیازمایید

داده‌های تجربی نشان می‌دهد که چگالی پلی‌اتن‌های نشان داده شده در شکل ۸ برابر با ۰/۹۷ و ۰/۹۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

الف) کدام چگالی به کدام پلی‌اتن تعلق دارد؟ چرا؟

ب) کدام پلی اتن سبک و کدام سنگین است؟

پ)نیروی بین مولکولی در پلی‌اتن چیست؟

ت) چرا استحکام پلی‌اتن سنگین از سبک بیشتر است؟

تاکنون با پلیمرهایی آشنا شدید که از واکنش مونومرهای دارای پیوند دوگانهٔ 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، شیمی‌دان‌ها 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. پلی‌استرها دسته‌ای از آنها هستند که از اتم‌های C، H و O تشکیل شده‌اند. از این پلیمرها می‌توان الیاف، نخ و

آیا می‌دانید

پلی‌اتن سبک از پلیمری شدن گاز اتن در دمای ۲۰۰°C و در فشار ۲۰۰۰atm و در حضور مقدار ناچیزی از گاز اکسیژن به‌دست می‌آید. در حالی که پلی‌اتن سنگین از پلیمری شدن گاز اتن در دمای ۶۰°C و فشار ۲۰۰atm و در حضور مقدار کمی از کاتالیزگر زیگلر ـ ناتا تولید می‌شود.

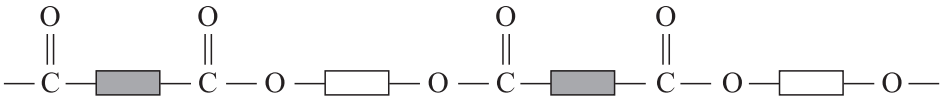
آیا می‌دانید

مقدار n در ساختار یک پلیمر نشان می‌دهد که چه تعداد از مولکول‌های مونومر باهم 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	۱×۱۰^{۴}
پلی اتن سنگین	۲×۱۰^{۵}
پلی استیرن	۳×۱۰^{۳}
پلی وینیل کلرید	$۱/۵\times۱۰^{۳}$

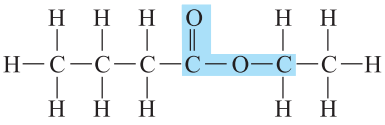
در نهایت پارچه‌های پلی‌استری تولید کرد. شکل ۹ نمایی از ساختار کلی پلی استرها را نشان می‌دهد.

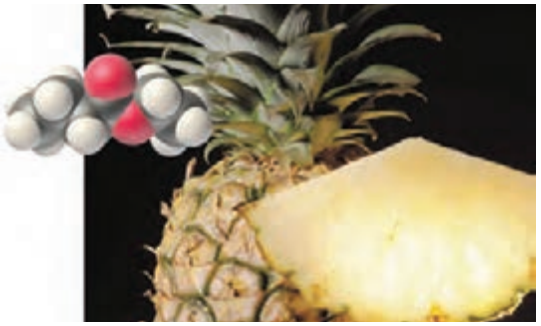


شکل ۹ـ الگویی از ساختار پلی‌استرها

برای اینکه بدانید چنین پلیمرهایی از چه موادی تهیه می‌شوند، افزون بر گروه عاملی هیدروکسیل باید با گروه عاملی کربوکسیل و به‌ویژه گروه عاملی استر و برخی رفتار آنها بیشتر آشنا شوید.

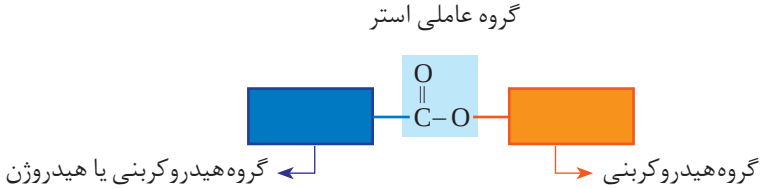
استرها دسته‌ای از مواد آلی هستند که منشأ بوی خوش شکوفه‌ها، گل‌ها، عطرها و نیز بو و طعم میوه‌ها هستند. برای نمونه، بو و طعم خوش آناناس به دلیل وجود اتیل بوتانوات در آن است (شکل ۱۰).





شکل ۱۰ـ فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن اتیل بوتانوات

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



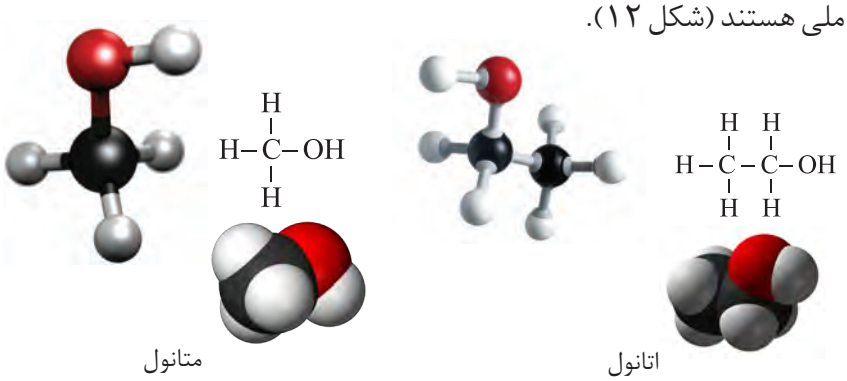
شکل ۱۱ـ نمایش گروه عاملی استر

آیا می‌دانید

بوی خوش گل یاسمن به دلیل وجود نوعی استر است.

الکل‌ها و اسیدها

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 خانوادهٔ الکل‌های یک عاملی هستند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲ـ فرمول ساختاری، مدل فضاپرکن و گلوله ـ میله برای متانول و اتانول

الکل‌های یک عاملی 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 مزهٔ ترش دارند به طوری که مزهٔ ترش میوه‌هایی مانند انگور، لیمو ترش، کیوی، گوجه سبز و... ناشی از وجود چنین مولکول‌هایی در آنهاست. متانوئیک (فورمیک) اسید، HCOOH، اولین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدهاست که بر اثر گزش مورچهٔ سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود.

اتانوئیک اسید (استیک اسید) یک اسید دو کربنی است که یکی از پرکاربردترین اسیدها در زندگی روزانه است (شکل ۱۳).

شکل ۱۳ـ فرمول ساختاری استیک اسید و کاربردی از آن

کربوکسیلیک اسیدهای یک عاملی را می‌توان با فرمول RCOOH یا $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ نشان دادکه در آن R، یک زنجیر هیدروکربنی یا هیدروژن است.

آیا می‌دانید

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

با هم بیندیشیم

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

CH_3-CH_2-OH

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

الف) پیش‌بینی کنید چه نوع نیروهای بین مولکولی در این دو الکل وجود دارد؟

ب) مولکول این الکل‌ها دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی هیدروکربن‌ها حدود صفر است، این دو بخش را در هر مولکول بالا مشخص کنید.

پ) پیش بینی کنید در شرایط یکسان انحلال‌پذیری کدام الکل در آب بیشتر است؟

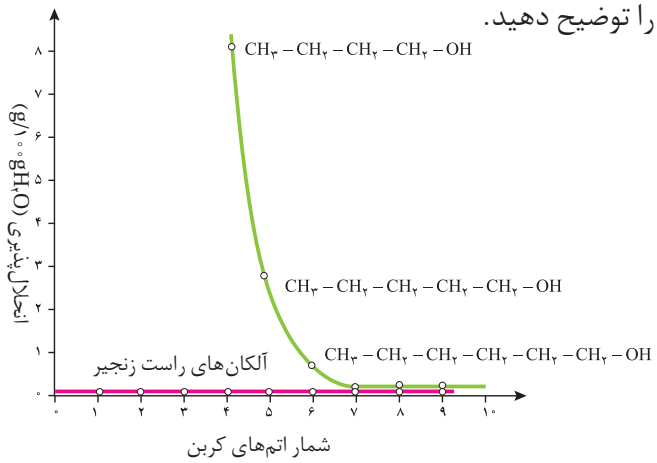
ت) درستی پیش‌بینی خود را با توجه به داده‌های جدول زیر بررسی کنید.

فرمول الکل	انحلال پذیری ($g/100gH_2O$)
CH_3CH_2OH	به هر نسبتی حل می‌شود
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	۰/۰۴۶

ث) دربارهٔ درستی جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها، نیروی وان‌درووالس 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.

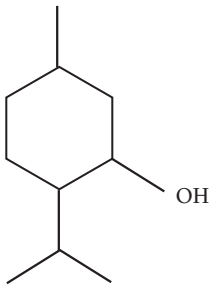


دریافتید که مولکول الکل‌ها دو بخش قطبی و ناقطبی دارد. زنجیر هیدروکربنی، بخش ناقطبی مولکول و گروه عاملی هیدروکسیل، بخش قطبی مولکول را تشکیل می‌دهد. بنابراین

در الکل‌ها دو نوع نیروی بین مولکولی هیدروژنی و وان‌درووالسی وجود دارد. به طوری که در الکل‌های کوچک و تا پنج کربن، بخش قطبی بر ناقطبی غلبه دارد و الکل در آب محلول است. به دیگر سخن، نیروی بین مولکولی غالب در الکل‌ها تا پنج کربن از نوع هیدروژنی بوده و به همین دلیل به‌خوبی در آب حل می‌شوند. اما با افزایش شمار اتم‌های کربن، بخش ناقطبی مولکول بزرگ‌تر شده و میزان قطبیت مولکول کاهش می‌یابد. این روند سبب می‌شود که الکل‌های بزرگ‌تر در آب حل نشوند بلکه در چربی حل شوند. از این رو ویژگی چربی دوستی الکل‌ها با افزایش شمار اتم‌های کربن، افزایش می‌یابد. به بیان دیگر، هرچه شمار اتم‌های کربن الکل‌ها بیشتر شود، ویژگی آب‌گریزی آنها افزایش می‌یابد.

آیا می‌دانید

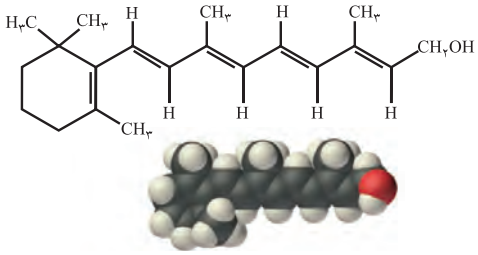
منتول الکلی با فرمول ساختاری زیر است که بوی نعناع و سوسنبر ناشی از آن است. از منتول در تهیهٔ برخی آدامس‌ها، آب‌نبات‌ها و داروها استفاده می‌شود.



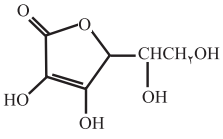
خود را بیازمایید

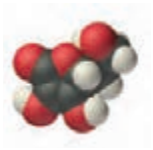
۱ـ کدام ویتامین‌های زیر در آب و کدام‌ها در چربی حل می‌شود؟ چرا؟

الف) ویتامین آ (A)

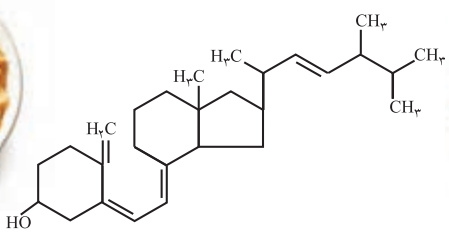


ب) ویتامین ث (C)





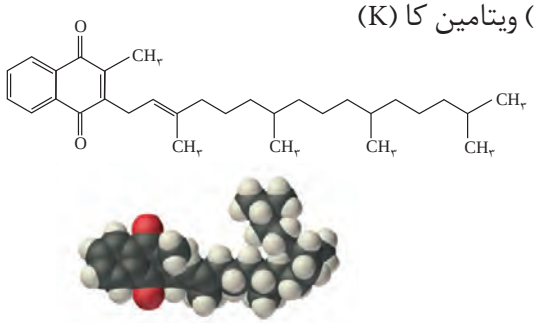
پ) ویتامین دی (D)



شاید تاکنون با افرادی روبه‌رو شده‌اید که از گرفتگی عضلات، کمردرد، دردهای عضلانی و درد مفاصل رنج می‌برند. این افراد برای کاهش درد خود از پمادهای موضعی گوناگونی استفاده می‌کنند که دارای چندین مادهٔ آلی هستند. یکی از ترکیب‌های آلی موجود در برخی از آنها منتول است.

حفظ کردن فرمول شیمیایی مواد آلی و ارزشیابی از آنها، جزو اهداف کتاب نیست و نباید در آزمون‌های نهایی و کنکور سراسری مورد ارزیابی قرار گیرد.

ت) ویتامین کا (K)



۲ـ مصرف بیش از اندازهٔ کدام دسته از ویتامین‌ها برای بدن مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند؟ چرا؟

۳ـ گروه‌های عاملی موجود در هر یک از ترکیب‌های بالا را مشخص کنید.

۴ـ عبارت زیر را با خط زدن واژهٔ نادرست در هر مورد کامل کنید.

در ترکیب‌های آلی مانند الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها که دو بخش قطبی و ناقطبی دارند، با افزایش طول زنجیر کربنی بخش $\frac{\text{ناقطبی}}{\text{قطبی}}$ بزرگ‌تر می‌شود، قطبیت مولکول $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ می‌یابد و انحلال‌پذیری آن در آب $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ می‌شود.

واکنش استری شدن

یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها، واکنش میان آنهاست. این مواد در شرایط مناسب واکنش می‌دهند و با از دست دادن آب، به استر تبدیل می‌شوند. معادلهٔ زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می‌کند.

$$\underset{\text{کربوکسیلیک اسید}}{R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH} + \underset{\text{الکل}}{H-OR'} \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{استر}}{R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OR'} + H_2O$$

با این توصیف از واکنش استیک اسید با اتانول، طبق معادلهٔ زیر اتیل‌استات به دست می‌آید.

$$\underset{\text{اتانوئیک اسید}}{CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH} + \underset{\text{اتانول}}{HOCH_2CH_3} \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{اتیل اتانوات}}{CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OCH_2CH_3} + H_2O$$

آیا می‌دانید

طعم یک مادهٔ غذایی و میوه از کنار هم قرار گرفتن شمار زیادی از ترکیب‌های شیمیایی ایجاد می‌شود. برای مثال، پرتقال دارای ۲۵۰ نوع مادهٔ شیمیایی است که با هم طعم آن را می‌سازند. استرها از مواد اصلی سازندهٔ طعم و بوی مواد غذایی هستند. شیمی‌دان‌ها با شناسایی اجزای سازندهٔ طعم‌های گوناگون، آنها را در آزمایشگاه و صنعت تهیه و تولید می‌کنند.

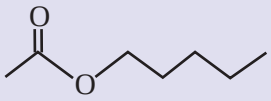
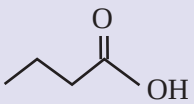
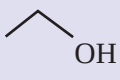
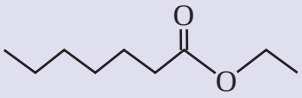
به همین ترتیب می‌توان اتیل بوتانوات را در مقیاس صنعتی تولید و از آن برای تولید شوینده با بوی آناناس استفاده کرد.

$$CH_3CH_2CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + HO-CH_2CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2CH_3 + H_2O$$

بوتانوئیک اسید — اتانول — اتیل بوتانوات

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	CH_3OH		
انگور			

آیا می‌دانید

اسیدهای موجود در انگور و ریواس به ترتیب تارتاریک اسید و اگزالیک اسید نام دارند.

HOOCCOOH

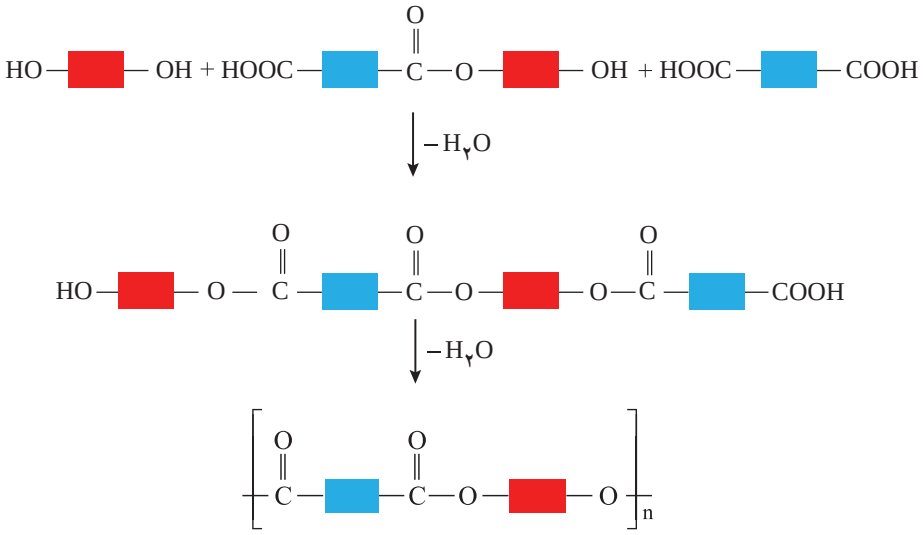
$HO-CHCOOH$
$|$
$HO-CHCOOH$

اکنون با توجه به واکنش استری شدن، می‌توان نتیجه گرفت که از واکنش یک کربوکسیلیک‌اسید دوعاملی با یک الکل دو عاملی در شرایط مناسب، یک پلی‌استر تولید می‌شود. در مرحلهٔ نخست این واکنش، یکی از گروه‌های هیدروکسیل موجود در الکل با یکی از گروه‌های کربوکسیل موجود در اسید ترکیب شده و با از دست دادن آب، گروه عاملی استری را ایجاد می‌کند (شکل ۱۴ـ الف).

شکل ۱۴ـ الف) الگویی از واکنش استری شدن بین کربوکسیلیک‌اسید و الکل دو عاملی

همان‌طور که در شکل ۱۴ـ الف می‌بینید در ساختار فراورده، همچنان یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد. این ساختار نوید می‌دهد که واکنش استری شدن می‌تواند ادامه پیدا کند، آن‌چنان که از یک سو با عامل اسیدی و از سوی دیگر با عامل الکلی در واکنش شرکت می‌کند. با ادامهٔ این روند مولکول‌های بیشتر و بیشتری با یکدیگر واکنش می‌دهند و سرانجام مولکول‌هایی با زنجیر بلند و شمار زیادی عامل استری تشکیل می‌شود. فراورده‌ای که **پلی‌استر**[1] نامیده می‌شود (شکل ۱۴ـ ب).

۱ـ Polyester

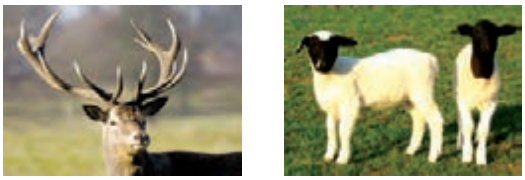


شکل ۱۴ـ ب) الگوی واکنش تشکیل پلی‌استر

می‌دانید که رفتار و ویژگی‌های مواد به ساختار آنها بستگی دارد. بنابراین با استفاده از کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌های دو عاملی گوناگون، پلی‌استرهایی با ساختار متفاوت و گوناگون می‌توان تهیه کرد. پلیمرهایی که به دلیل داشتن خواص معین و منحصر به فرد، کاربردهای ویژه‌ای دارند. گوناگونی رفتار پلیمرها سبب شد تا شیمی‌دان‌های بیشتری به بررسی واکنش پلیمری شدن علاقه‌مند شوند. نتیجهٔ این بررسی‌ها شناسایی دستهٔ تازه‌ای از پلیمرها بود.

پلی آمیدها

پلیمرهای طبیعی زیادی شناسایی شده است که در ساختار آنها اتم‌های C، H، O و N وجود دارد. مو، ناخن، پوست بدن ما همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه‌ای از این پلیمرهای طبیعی هستند. در این دسته از پلیمرها گروه عاملی آمید $\left(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\underset{|}{N}-\right)$ در طول زنجیر کربنی تکرار شده است (شکل ۱۵).

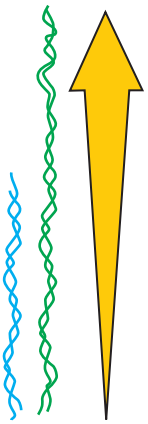


شکل ۱۵ـ نمونه‌هایی از پلیمرهای طبیعی

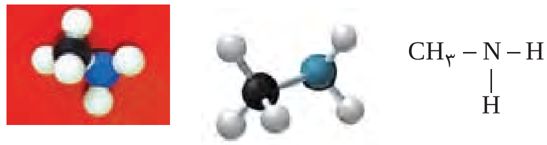
عامل آمیدی از واکنش اسید آلی با آمین به دست می‌آید. آمین، ترکیبی آلی است که در ساختار آنها اتم‌های C، H و N وجود دارد. متیل آمین، ساده‌ترین آمین است. وجود اتم نیتروژن، خواص شیمیایی و فیزیکی منحصر به فردی به آمین‌ها داده است (شکل ۱۶). به طوری که بوی ماهی ناشی از آمین‌های موجود در آن است.

آیا می‌دانید

نخ‌های خیاطی از جنس پلی استر هستند. هر چه مولکول سازندهٔ پلی استر طولانی‌تر باشد، نیروی بین آنها قوی‌تر و استحکام نخ آن بیشتر است.

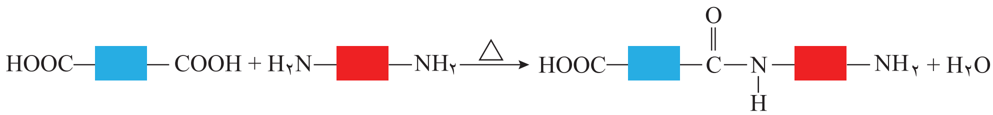


بوی ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین‌های دیگر است.



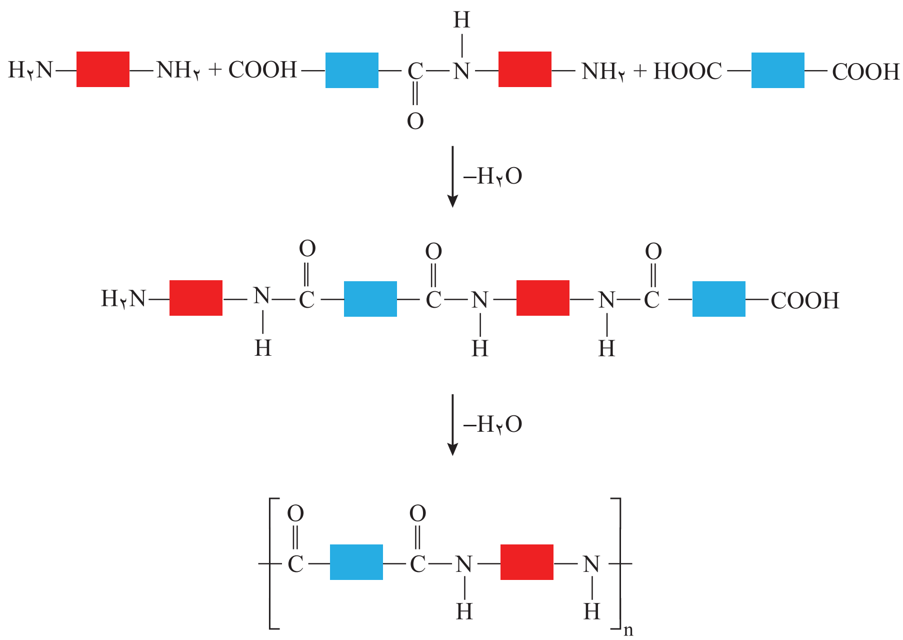
شکل ۱۶ـ فرمول ساختاری، مدل گلوله ـ میله و فضا پرکن متیل آمین

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



شکل ۱۷ـ الف) تشکیل گروه آمیدی

با ادامهٔ واکنش، گروه‌های آمیدی بیشتری تشکیل شده و سرانجام **پلی‌آمید**[1] تولید می‌شود (شکل ۱۷ـ ب).



شکل ۱۷ـ ب) الگوی واکنش تشکیل پلی‌آمید

● پوشاک دوخته شده از کولار سبک و بسیار محکم بوده و در برابر ضربه، خراش و بریدگی مقاوم است. این پلیمر تاکنون جان میلیون‌ها انسان را در حوادث گوناگون نجات داده است.

پلی‌آمیدهای ساختگی را در صنایع پتروشیمی از واکنش دی‌آمین‌ها با دی اسیدها تولید می‌کنند. **کِولار**[2] یکی از معروف‌ترین پلی‌آمیدها است. این پلیمر از فولاد هم جرم خود پنج‌برابر مقاوم‌تر است. از کولار در تهیهٔ تایر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس‌های مخصوص مسابقهٔ موتورسواری و جلیقه‌های ضدگلوله استفاده می‌شود (شکل ۱۸).

۱ـ Polyamide
۲ـ Kevlar

شکل ۱۸ـ برخی کاربردهای کولار

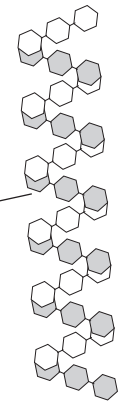
پلیمرها، ماندگار یا تخریب پذیر

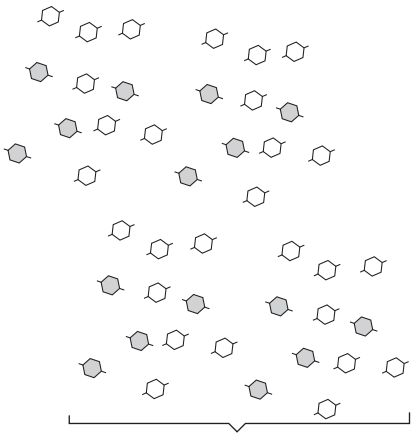
آیا نان یا سیب‌زمینی مزه‌ای شیرین دارد؟ نان و سیب‌زمینی از نشاسته غنی هستند. نشاسته، پلی‌ساکاریدی است که از اتصال مولکول‌های گلوکز به یکدیگر تشکیل شده است. اینک پاسخ شما به پرسش بالا چیست؟ واقعیت این است که اگر نان را برای مدت طولانی‌تری در دهان بجَوید، مزه‌ای شیرین احساس خواهید کرد. سیب زمینی پخته نیز اندکی مزهٔ شیرین دارد. این مزهٔ شیرین ناشی از چیست؟

شیمی‌دان‌ها بر اساس یافته‌های تجربی دریافته‌اند که مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به آرامی به مونومرهای سازنده (گلوکز) تبدیل می‌شوند و مزهٔ 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 کال و نارس نشاسته دارند. این نشاسته هم‌زمان با رسیدن میوه به گلوکز تبدیل می‌شود و مزهٔ شیرین آن را ایجاد می‌کند. البته شیرینی میوه‌ها به دلیل وجود دیگر قندهای ساده از جمله فروکتوز نیز هست.

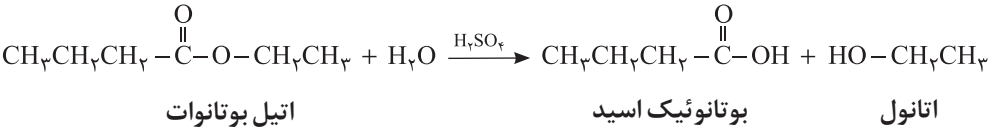




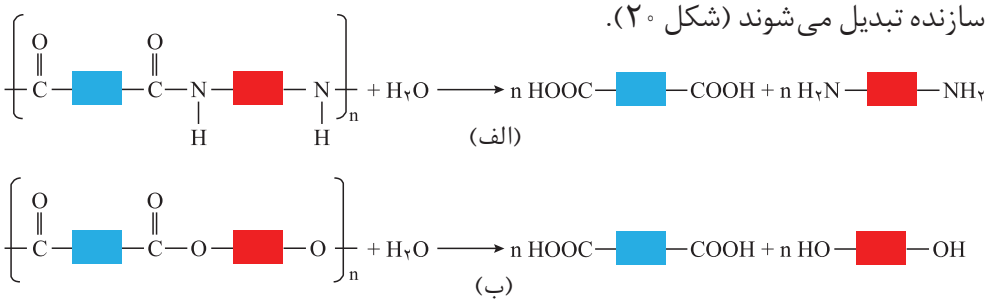
شکل ۱۹ـ الگوی تبدیل نشاسته به مونومرهای سازندهٔ آن

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 صفحهٔ بعد آبکافت

اتیل‌بوتانوات را نشان می‌دهد که اتانول و بوتانوئیک اسید را تولید می‌کند.



پلی‌آمیدها و پلی‌استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به مونومرهای سازنده تبدیل می‌شوند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰ـ الف) نمایی کلی از واکنش‌های تجزیه پلی‌آمید و ب) تجزیه پلی‌استر

با توجه به اینکه هر نوع پوشاک تاریخ مصرفی دارد می‌توان گفت پس از مدتی تار و پود آنها سست و پوسیده می‌شوند زیرا مولکول‌های پلیمر سازندهٔ آنها با مولکول‌های موجود در محیط پیرامون واکنش می‌دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آنها مانند پیوند استری یا آمیدی شکسته می‌شوند. با شکستن این پیوندها، استحکام الیاف پارچه کم شده و تار و پود آن به سادگی گسسته می‌شود. بدیهی است که هرچه آهنگ شکستن این پیوندها سریع‌تر باشد، فرایند پوسیده شدن پارچه سریع‌تر رخ می‌دهد.

● مواد زیست تخریب‌پذیر موادی هستند که در طبیعت توسط جانداران ذره‌بینی به مولکول‌های ساده و کوچک مانند کربن دی‌اکسید، متان، آب و... تبدیل می‌شوند. پلیمرهای طبیعی زیست‌تخریب‌پذیرند.

خود را بیازمایید

۱ـ در کدام شرایط زیر لباس‌های نخی زودتر پوسیده می‌شوند؟ چرا؟

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

۲ـ چرا استفادهٔ بی رویه از شوینده‌ها در شستن لباس‌ها سبب پوسیده شدن سریع‌تر آنها می‌شود؟

۳ـ اگر لباس‌ها را برای مدت طولانی در محلول آب و شوینده قرار دهید، بوی بد و نافذی پیدا می‌کنند. توضیح دهید چه رخ می‌دهد؟

۴ـ برای شستن تمیزتر لباس‌ها از شوینده‌ها و سفیدکننده‌ها استفاده می‌کنند. اگر سفیدکننده‌ها را به‌طور مستقیم روی لباس بریزند، رنگ لباس در محل تماس به سرعت از بین می‌رود. اما اگر سفیدکننده را در آب بریزید سپس لباس را درون محلول فرو ببرید، تغییر

محسوسی در رنگ لباس ایجاد نمی‌شود. چرا؟

۵ـ لباس‌های پلی‌استری در اثر عوامل محیطی در طول زمان پوسیده می‌شوند. این پوسیده شدن به معنی شکستن پیوندهای استری و سست شدن تار و پود لباس است. جدول زیر داده‌های مربوط به واکنش آبکافت یک نوع استر را در حضور اسید نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

[استر]	۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۸
زمان (s)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰

الف) نمودار تغییر غلظت استر برحسب زمان را رسم کنید.

ب) سرعت متوسط آبکافت استر در بازهٔ زمانی صفر تا ۳۰ ثانیه چند مول بر لیتر بر ثانیه است؟

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

صفر تا ۲۰ ثانیه ۶۰ تا ۹۰ ثانیه

هرچند پلی‌استرها و پلی‌آمیدها شکسته می‌شوند، اما آهنگ این واکنش‌ها به ساختار مونومرهای سازنده بستگی دارد. بنابراین جنس لباس، در مدت زمان استفاده از آن مؤثر است. تجربه نشان می‌دهد که به‌طور کلی واکنش آبکافت پلی‌استرها و پلی‌آمیدها کند است. به همین دلیل لباس‌های تهیه شده از این نوع پارچه‌ها برای مدت‌های طولانی قابل استفاده است زیرا استحکام خود را حفظ می‌کنند. این در حالی است که پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده، به انجام واکنش تمایلی ندارند و از این رو پوشاک و پوشش‌های تهیه شده از این مواد در طبیعت تجزیه نمی‌شوند و برای سالیان طولانی دست نخورده باقی می‌مانند. در واقع پلیمرهای ماندگارند. علت این است که این پلیمرها، ساختاری شبیه به آلکان‌ها دارند و سیر شده هستند. هر چند استفاده از این پلیمرها صرفهٔ اقتصادی دارد، اما از نگاه پیشرفت پایدار، تولید و استفاده از این پلیمرها الگوی مصرف مطلوبی نیست زیرا ماندگاری دراز مدت این مواد در طبیعت سبب ایجاد مشکلات فراوانی مانند تبدیل محیط‌زیست به گورستان زباله، کثیف شدن چهرهٔ 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 فراورده‌های حاصل از بازیافت، برای هر پلیمر نشانه‌ای در نظر گرفته‌اند که بر روی کالاها حک می‌شود.

آیا می‌دانید

مصرف برخی پلیمرها در صنایع گوناگون بیشتر است. به طوری که شش پلیمر نشان داده شده در جدول زیر نزدیک به ۷۵ درصد پلیمرهای ساختگی را تشکیل می‌دهند.

نام پلیمر	نشانه پلیمر
پلی اتیلن ترفتالات	۱ PET
پلی اتن سنگین	۲ HDPE
پلی وینیل کلرید	۳ PVC ,or V
پلی اتن سبک	۴ LDPE
پلی پروپن	۵ PP
پلی استیرن	۶ PS

این نشانه شامل عددی است که درون یک مثلث قرار دارد. از این رو انتظار می‌رود که این نشانه روی همهٔ کالاهای ایرانی نیز حک شود تا فرایند بازیافت آنها آسان‌تر شود.

جایگزینی پلیمرهای ساختگی با پایهٔ نفتی با پلیمرهای زیست تخریب پذیر، راهکار دیگری است که در دو دهه اخیر مورد توجه همهٔ جهانیان قرار گرفته است.

پلیمر سبز[1]

شیمی‌دان‌ها با انجام پژوهش‌های گسترده، موفق به ساخت دسته‌ای از پلیمرها شدند که توسط جانداران ذره‌بینی 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 دی اکسید تبدیل می‌شوند. چنین پلیمرهایی دوستدار محیط زیست بوده و به پلیمرهای سبز معروف هستند.

این پلیمرها را از فراورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌کنند. به‌طوری که نخست نشاستهٔ موجود در این مواد را به لاکتیک اسید تبدیل کرده سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، **پلی لاکتیک اسید**[2] تولید می‌کنند.

از پلی لاکتیک اسید انواع ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسهٔ پلاستیکی و... تولید شده و کاربرد آنها رو به گسترش است. این پلاستیک‌ها امکان تبدیل شدن به کود را دارند به همین دلیل ردپای کوچک‌تری در محیط‌زیست برجای می‌گذارند.

در میان تار نما ها

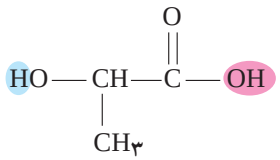
شیمی‌دان‌ها همچنان در جستجوی پلیمرهای جدید با کاربردهای ویژه‌ای هستند. برخی از آنها عبارت‌اند از:

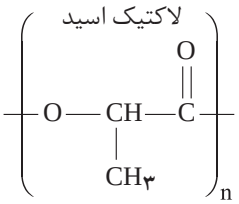
- مواد پرکننده دندان
- آستر نرم برای دندان مصنوعی
- پوشاک ضد آب
- پلاستیک‌های رسانا
- نخ بخیه هوشمند

با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر دربارهٔ آنها اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

آیا می‌دانید

ساختارهای لاکتیک اسید و پلی‌لاکتیک اسید به شکل زیر است:





پلی لاکتیک اسید

شیر ترش‌شده دارای لاکتیک اسید است.

آیا می‌دانید

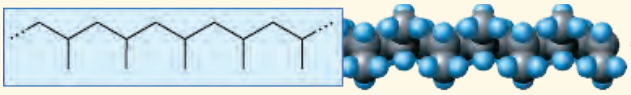
از پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر برای بخیه‌زدن استفاده می‌شود.

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

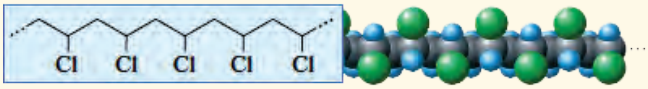
تمرین‌های دوره‌ای

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

الف)



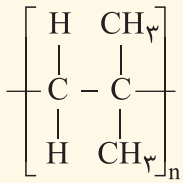
ب)



پ) $CH_3-CH_2-CH=CH_2$

ت) $R_2C=CH_2$

ث)



۲ـ در شرایط یکسان انحلال‌پذیری کدام کربوکسیلیک اسید در آب بیشتر است؟ چرا؟

۱) CH_3-COOH ۲) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$

۳ـ برای استری با فرمول $C_2H_4O_2$:

الف) ساختار آن را رسم کنید.

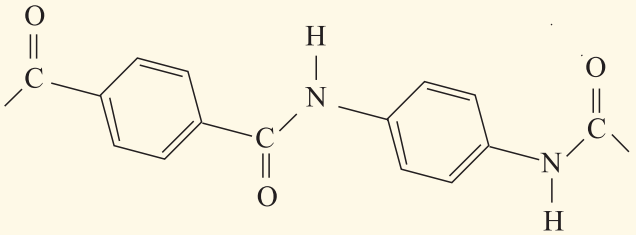
ب) ساختار الکل و اسید سازندهٔ آن را رسم کنید.

پ) نیروی بین مولکولی را مشخص کنید.

ت) جرم مولی را حساب کنید.

ث) نقطهٔ جوش آن را با بیان دلیل با اتانوئیک اسید مقایسه کنید.

۴ـ بخشی از ساختار مولکول سازندهٔ یک پلیمر در شکل زیر ارائه شده است.با توجه به آن:



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

ب) نیروی بین مولکول‌های این پلیمر از چه نوعی است؟

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

● دی آمین و دی اسید ● دی الکل و دی اسید ● آمین و اسید

۵ـ با توجه به معادلهٔ واکنش زیر به پرسش‌های خواسته شده پاسخ دهید.

$$CH_2=CH_2(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{FeCl_3(s)} CH_2ClCH_2Cl\,(g) \qquad \Delta H = -178\ kJ\ mol^{-1}$$

۱، ۲- دی کلرواتان

الف) ساختار لوویس فراورده را رسم کنید.

ب) نمودار آنتالپی واکنش را رسم کنید.

پ) حساب کنید از واکنش ۴۲ گرم گاز اتن با مقدار کافی از گاز کلر، چند کیلو ژول گرما مبادله می‌شود؟

۶ـ واکنش پلیمری شدن اتن در شرایط گوناگونی به تولید پلی اتن‌هایی با جرم مولی میانگین متفاوت منجر می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که جرم مولی میانگین به مقدار کاتالیزگرهای واکنش بستگی دارد. در جدول زیر نتایج یک پژوهش تجربی در این مورد داده شده است.

شمار مول های کاتالیزگر محتوی تیتانیم (شماره ۱)	شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی آلومینیم (شماره ۲)	جرم مولی میانگین پلیمر (گرم)
۱	۱۲	۲۷۲۰۰۰
۱	۶	۲۹۲۰۰۰
۱	۳	۲۹۸۰۰۰
۱	۱	۲۸۴۰۰۰
۱	۰/۶۳	۱۶۰۰۰۰
۱	۰/۵۳	۴۰۰۰۰
۱	۰/۵۰	۲۱۰۰۰
۱	۰/۲۰	۳۱۰۰۰

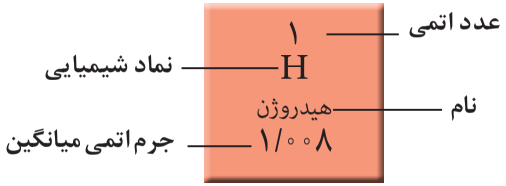
الف) در چه نسبت مولی از این دو کاتالیزگر پلی اتن با بیشترین جرم مولی تولید می‌شود؟

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

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

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

جدول دوره‌ای عنصرها



	۱												۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
۱	۱ H هیدروژن ۱٫۰۰۸	۲																۲ He هلیم ۴٫۰۰۳
۲	۳ Li لیتیم ۶٫۹۴	۴ Be بریلیم ۹٫۰۱											۵ B بور ۱۰٫۸۰	۶ C کربن ۱۲٫۰۱	۷ N نیتروژن ۱۴٫۰۱	۸ O اکسیژن ۱۶٫۰۰	۹ F فلوئور ۱۹٫۰۰	۱۰ Ne نئون ۲۰٫۱۸
۳	۱۱ Na سدیم ۲۲٫۹۹	۱۲ Mg منیزیم ۲۴٫۳۱	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳ Al آلومینیم ۲۶٫۹۸	۱۴ Si سیلیسیم ۲۸٫۰۹	۱۵ P فسفر ۳۰٫۹۷	۱۶ S گوگرد ۳۲٫۰۷	۱۷ Cl کلر ۳۵٫۴۵	۱۸ Ar آرگون ۳۹٫۹۵
۴	۱۹ K پتاسیم ۳۹٫۱۰	۲۰ Ca کلسیم ۴۰٫۰۸	۲۱ Sc اسکاندیم ۴۴٫۹۶	۲۲ Ti تیتانیم ۴۷٫۸۷	۲۳ V وانادیم ۵۰٫۹۴	۲۴ Cr کروم ۵۲٫۰۰	۲۵ Mn منگنز ۵۴٫۹۴	۲۶ Fe آهن ۵۵٫۸۵	۲۷ Co کبالت ۵۸٫۹۳	۲۸ Ni نیکل ۵۸٫۶۹	۲۹ Cu مس ۶۳٫۵۵	۳۰ Zn روی ۶۵٫۳۹	۳۱ Ga گالیم ۶۹٫۷۲	۳۲ Ge ژرمانیم ۷۲٫۶۴	۳۳ As آرسنیک ۷۴٫۹۲	۳۴ Se سلنیم ۷۸٫۹۶	۳۵ Br برم ۷۹٫۹۰	۳۶ Kr کریپتون ۸۳٫۸۰
۵	۳۷ Rb روبیدیم ۸۵٫۴۷	۳۸ Sr استرانسیم ۸۷٫۶۲	۳۹ Y ایتریم ۸۸٫۹۱	۴۰ Zr زیرکونیم ۹۱٫۲۲	۴۱ Nb نیوبیم ۹۲٫۹۱	۴۲ Mo مولیبدن ۹۵٫۹۴	۴۳ Tc تکنسیم –	۴۴ Ru روتنیم ۱۰۱٫۱	۴۵ Rh رودیم ۱۰۲٫۹۰	۴۶ Pd پالادیم ۱۰۶٫۴۰	۴۷ Ag نقره ۱۰۷٫۹۰	۴۸ Cd کادمیم ۱۱۲٫۴۰	۴۹ In ایندیم ۱۱۴٫۸۰	۵۰ Sn قلع ۱۱۸٫۷۰	۵۱ Sb آنتیموان ۱۲۱٫۸۰	۵۲ Te تلوریم ۱۲۷٫۶۰	۵۳ I ید ۱۲۶٫۹۰	۵۴ Xe زنون ۱۳۱٫۳۰
۶	۵۵ Cs سزیم ۱۳۲٫۹	۵۶ Ba باریم ۱۳۷٫۳	۷۱ Lu لوتسیم ۱۷۵٫۰۰	۷۲ Hf هافنیم ۱۷۸٫۵	۷۳ Ta تانتال ۱۸۰٫۹۰	۷۴ W تنگستن ۱۸۳٫۸۰	۷۵ Re رنیم ۱۸۶٫۲۰	۷۶ Os اسمیم ۱۹۰٫۲۰	۷۷ Ir ایریدیم ۱۹۲٫۲۰	۷۸ Pt پلاتین ۱۹۵٫۱	۷۹ Au طلا ۱۹۷٫۰۰	۸۰ Hg جیوه ۲۰۰٫۶۰	۸۱ Tl تالیم ۲۰۴٫۳۰	۸۲ Pb سرب ۲۰۷٫۲۰	۸۳ Bi بیسموت ۲۰۹٫۰۰	۸۴ Po پولونیم [۲۰۹]	۸۵ At استاتین [۲۱۰]	۸۶ Rn رادون [۲۲۲]
۷	۸۷ Fr فرانسیم [۲۲۳]	۸۸ Ra رادیم [۲۲۶]	۱۰۳ Lr لورنسیم [۲۶۲]	۱۰۴ Rf رادرفوردیم [۲۶۷]	۱۰۵ Db دابنیم [۲۶۸]	۱۰۶ Sg سیبورگیم [۲۷۱]	۱۰۷ Bh بوریم [۲۷۲]	۱۰۸ Hs هاسیم [۲۷۷]	۱۰۹ Mt مایتنریم [۲۷۶]	۱۱۰ Ds دارمشتاتیم [۲۸۱]	۱۱۱ Rg رونتگنیم [۲۸۰]	۱۱۲ Cn کوپرنسیم [۲۷۷]	۱۱۳ Nh نیهونیم [۲۸۴]	۱۱۴ Fl فلرویم [۲۸۹]	۱۱۵ Mc مسکوویم [۲۸۸]	۱۱۶ Lv لیورموریم [۲۹۳]	۱۱۷ Ts تنسینه [۲۹۶]	۱۱۸ Og اوگانسون [۲۹۴]

۵۷ La لانتان ۱۳۸٫۹۰	۵۸ Ce سریم ۱۴۰٫۱۰	۵۹ Pr پراسئودیمیم ۱۴۰٫۹۰	۶۰ Nd نئودیمیم ۱۴۴٫۲۰	۶۱ Pm پرومتیم [۱۴۵]	۶۲ Sm ساماریم ۱۵۰٫۴۰	۶۳ Eu اوروپیم ۱۵۲٫۰۰	۶۴ Gd گادولینیم ۱۵۷٫۳۰	۶۵ Tb تربیم ۱۵۸٫۹۰	۶۶ Dy دیسپروزیم ۱۶۲٫۵۰	۶۷ Ho هولمیم ۱۶۴٫۹۰	۶۸ Er اربیم ۱۶۷٫۳۰	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸٫۹۰	۷۰ Yb ایتربیم ۱۷۳٫۰۰
۸۹ Ac اکتینیم [۲۲۷]	۹۰ Th توریم ۲۳۲٫۰۰	۹۱ Pa پروتاکتینیم ۲۳۱٫۰۰	۹۲ U اورانیم ۲۳۸٫۰۰	۹۳ Np نپتونیم [۲۳۷]	۹۴ Pu پلوتونیم [۲۴۴]	۹۵ Am امریسیم [۲۴۳]	۹۶ Cm کوریم [۲۴۷]	۹۷ Bk برکلیم [۲۴۷]	۹۸ Cf کالیفرنیم [۲۵۱]	۹۹ Es اینشتینیم [۲۵۲]	۱۰۰ Fm فرمیم [۲۵۷]	۱۰۱ Md مندلیم [۲۵۸]	۱۰۲ No نوبلیم [۲۵۹]