

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

شیمی (۳)

رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

پایه دوازدهم

دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

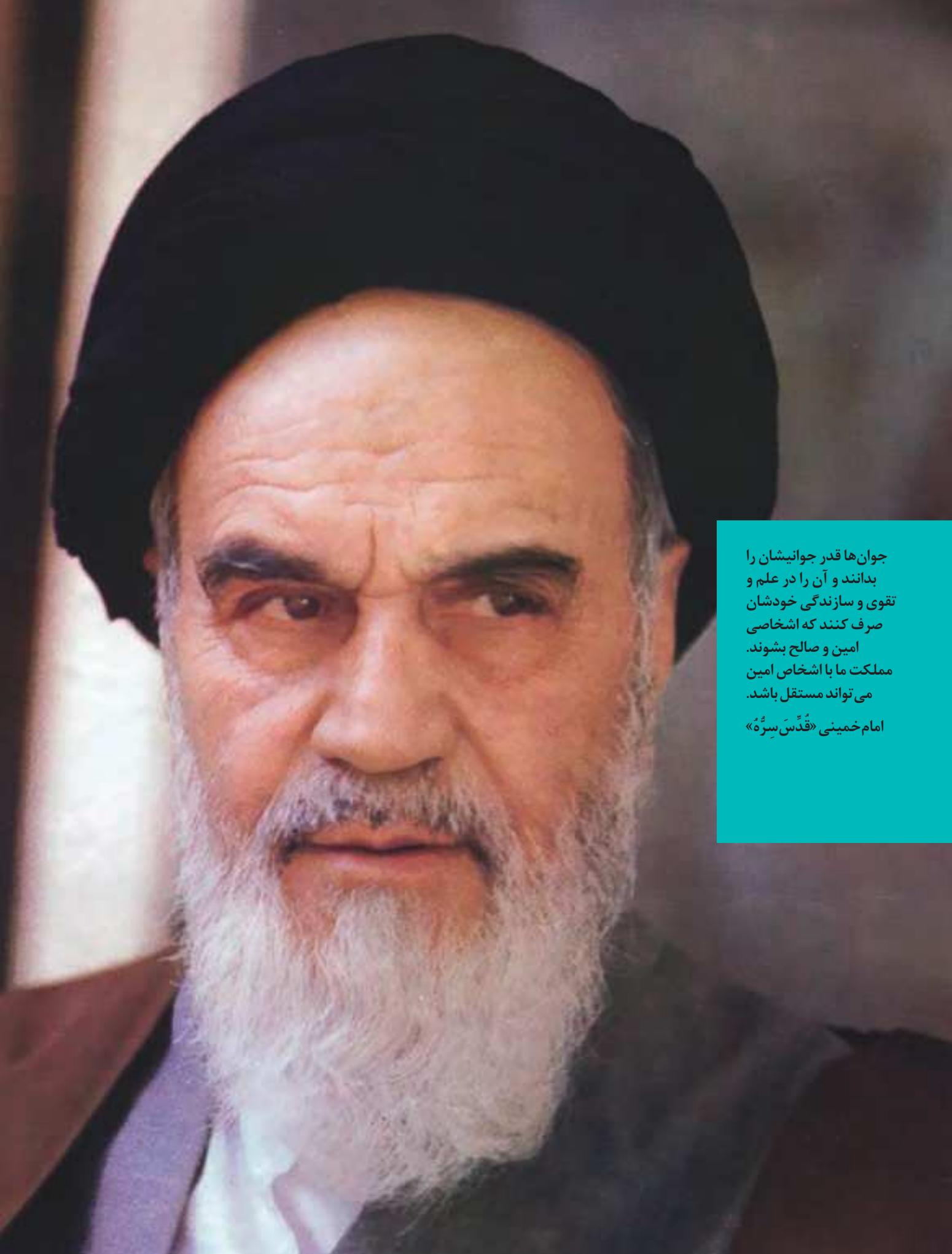
شیمی (۳) - پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۲۲۱۰
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر تأییف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، شریف کامیابی، رضا فارغی علمداری، محسن گلین حقیقی، محمد قربانی
دکامن، رسول عبدالله میرزاچی، عابد بدریان، دوست محمد سمعی، مقصومه شاه‌محمدی اردبیلی، راضیه بنکدار سخنی، حسین زمانی سیفی کار، فرشاد صیرفیزاده، بهزاد زنجانی‌نژاد و منصور مختاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، رضا فارغی علمداری و رسول عبدالله میرزاچی (اعضای گروه تألیف)-
حسن حذرخانی (ویراستار علمی)-علی‌اکبر میرجعفری (ویراستار ادبی)
اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - توفیق علائی (طرح گرافیک و صفحه‌آرا) - صبا کاظمی دوای (طرح جلد) - سیده‌فاطمه طباطبایی، فاطمه پزشکی، حمید ثابت کلاچاهی (امور آماده‌سازی)
تهران - خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۰۲۶۱-۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱
(داروپخش)، تلفن: ۰۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۰۵-۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵-۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
چاپ سوم ۱۳۹۹

نام کتاب:
پدیدآورنده:
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:
مدیریت آماده‌سازی هنری:
شناسه افزوده آماده‌سازی:
نشانی سازمان:
ناشر:
چاپخانه:
سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۳-۳۱۵۶-۰۵-۹۶۴-۸۷۸
ISBN: 978-964-05-3156-3

A close-up portrait of Ayatollah Ruhollah Khomeini, an elderly man with a long white beard and mustache, wearing a black turban and a dark robe. He has deep-set eyes and a serious expression.

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

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

..... فهرست

۱



۳۷



۶۵



۸۹



۱۲۲

۱۲۴

فصل اول: مولکول‌ها در خدمت تندرستی

فصل دوم: آسایش و رفاه در سایه شیمی

فصل سوم: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

واژه‌نامه

منابع

فصل چهارم: شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن تر

سخنی با دبیران ارجمند

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

- مسئولیت‌پذیر، نوع دوست، جمع‌گرا و جهان‌اندیش باشند.

● ضمن بهره برداری از منابع طبیعی، آنها را امانت الهی بدانند و این منابع را برای نسل‌های آینده حفظ کنند.

● از آموخته‌های خود در زندگی فردی و اجتماعی بهره بگیرند تا زندگی سالم و با نشاطی برای خود و جامعه فراهم کنند.

● اخلاق مدار باشند و در همه حال خداوند را ناظر و حاضر بر اعمال خود بدانند.

بر اساس این برنامه، دانش آموزان دوره دوم متوسطه باید به این شایستگی‌ها برسند:

● با درک ماهیت، روش و فرایند علوم تجربی، این علوم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده) به کار گیرند و محدودیت‌ها و توانمندی‌های این علوم را در حل مسائل گزارش کنند.

● با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره گیری از علم تجربی، بتوانند اندیشه‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیت‌های علمی ارائه دهند و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت کنند.

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

● ساختار و عملکرد ویژه‌ای دارند.

● با هم در ارتباط‌اند و بر یکدیگر اثر می‌گذارند.

● برای حفظ پایداری تغییر می‌کنند.

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

کتابی که پیش روی شماست، سومین کتاب شیمی در دوره دوم متوسطه است که با تلاش و کوشش مشتاقانه و دلسوزانه جمعی از استادان، کارشناسان و دبیران، تدوین و تألیف شده است. رسالت اصلی محتوا در این کتاب تربیت افرادی است که با کسب سواد علمی شیمی مبتنی بر اصول نقشه جامع علمی کشور، بتوانند زندگی خود را در همه سطح‌ها بهبود بخشنند. بر همین اساس، رویکرد سازماندهی محتوا در این درس، زمینه محور و ارتباط با زندگی و رویکرد آموزشی محتوا، یادگیری فعال و کشف مفهوم است. گفتنی است انتخاب رویکرد زمینه محور، سبب شده است تا از ارائه منسجم و متمرکز محتوا در یک پایه پرهیز شود. برای نمونه مبحث استوکیومتری و ساختار لوویس در هر سه پایه آموزش داده می‌شود. ملاک انتخاب و گسترۀ محتوا در این موارد، ارتباط آن موضوع با زندگی است.

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

یکی دیگر از ویژگی‌های کتاب شیمی دوازدهم، تصویر محور بودن آن است. مؤلفان تلاش کرده‌اند تا حد امکان از تصویرها، نمودارها و شکل‌های گوناگونی استفاده کنند تا افزون بر ایجاد جذابیت و شادابی، یادگیری محتوا آسان‌تر و ماندگاری آن را بیشتر کنند. همچنین برای آشنایی شما همکاران گرامی با

نمونه پرسش‌های ارزشیابی و مربور یافته‌های دانشآموزان، در پایان هر فصل تعدادی پرسش با عنوان «تمرین‌های دوره‌ای» طراحی و تألیف شده است.

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

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

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

سخنی با دانشآموزان گرامی

به دنبال کتاب شیمی ۱ و ۲، این کتاب در دوره دوم متوسطه برای پایهٔ دوازدهم تألیف و چاپ شده است. در شیمی ۱ با پیدایش عنصرها و رفتار آنها، هواکره و اجزای سازنده و در پایان با اهمیت و نقش کلیدی آب در زندگی آشنا شدید. از آنجا که هوا و آب دو نیاز حیاتی برای زندگی و ادامه آن هستند می‌توان پس از این دو، برداشت از منابع زمینی برای تهیهٔ غذا و پوشак را برای زندگی ضروری دانست.

در این راستا کتاب شیمی ۲ در سه فصل با عنوان‌های قدر هدایای زمینی را بدانیم، در پی غذای سالم و پوشاك نیازی پایان‌نایزیر تألیف شده است. به دنبال شیمی ۱ و ۲، در آخرین کتاب شیمی دوره دوم متوسطه، فصل‌های «مولکول‌ها در خدمت تندرستی»، «آسایش و رفاه در سایه شیمی»، «شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری» و «شیمی راهی به سوی آینده روشن‌تر» تألیف شده است. از آنجا که انتظار می‌رود، دانش‌آموزان پس از یادگیری مفاهیم شیمی، بتوانند آموخته‌های خود را برای حل مسائل زندگی به‌ویژه در موقعیت‌های جدید به کار گیرند، در فصل پایانی این کتاب نمونه‌هایی از مسائل پیش روی جوامع همراه با راه حل نگارش شده است. نگارشی که در آن رویکرد زیست-فناورانه مورد توجه قرار گرفته است. هر فصل با رویکرد زمینه محور به رشتہ تحریر درآمده و دانش شیمی بر اساس نیازها، تجربیات و رویدادهای زندگی آموزش داده می‌شود. برای تحقیق این رویکرد در تدوین و تألیف شیمی ۳ نیز همانند کتاب‌های پیشین از عنوان‌های گوناگونی استفاده شده که هر عنوان و نقش آن در فرایند آموزش به شرح زیر است:

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

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

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

● **پیوند با صنعت:** یکی از مبانی پیشرفت صنعت، رشد و گسترش علوم تجربی و کاربردی است. شیمی به عنوان علم مواد، فرایندها و واکنش‌ها در این راستا اهمیت و جایگاه کلیدی دارد. هدف از این عنوان، معرفی پیشرفت‌ها و دستاوردهای صنعتی جهان و نقش شیمی در گردشگری‌ها به‌ویژه توانمندی‌های صنعتی و بومی کشور ایران است.

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

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

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

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

فصل ۱

مولکول‌ها در خدمت تندرستی



وَاللَّهُ يُحِبُّ الْمُطَهَّرِينَ... (سورة توبه، آية ۸۰)

و خداوند پاکیزگان را دوست دارد.

هوا، آب، پوشاسک، بدن و زمین از جمله موهبت‌های الهی هستند که پیوسته باید برای پاکیزه نگهداشتن آنها بکوشیم. پاکیزگی رفتاری شایسته، نشاط‌آور و مایه آرامش است که بستری مناسب برای سلامت، رشد و بالندگی انسان و جامعه فراهم می‌کند. انسان‌ها با الهام از طبیعت و شناخت مولکول‌ها و رفتار آنها، راهی برای زدودن آلودگی‌ها پیدا کردند. راهی که با استفاده از مواد شوینده هموارتر می‌شود. این مواد بر اساس خواص اسیدی و بازی عمل می‌کنند. از این رو آشنایی با رفتار اسیدها و بازها می‌تواند ما را در تهیه و استفاده بهینه از شوینده‌ها یاری کند.

آیا می‌دانید

سالانه میلیون‌ها تن از انواع شوینده‌ها در جهان مصرف می‌شود. صنعت تولید شوینده‌ها و فراورده‌های پاک کننده، یکی از صنایع بزرگ و سودآور است که سالانه سود فراوانی را نصیب صاحبان آن می‌کند.



امروزه، بسته به هر نوع نیاز و کاربرد، شوینده و پاک‌کننده مناسب در بازار یافت می‌شود.

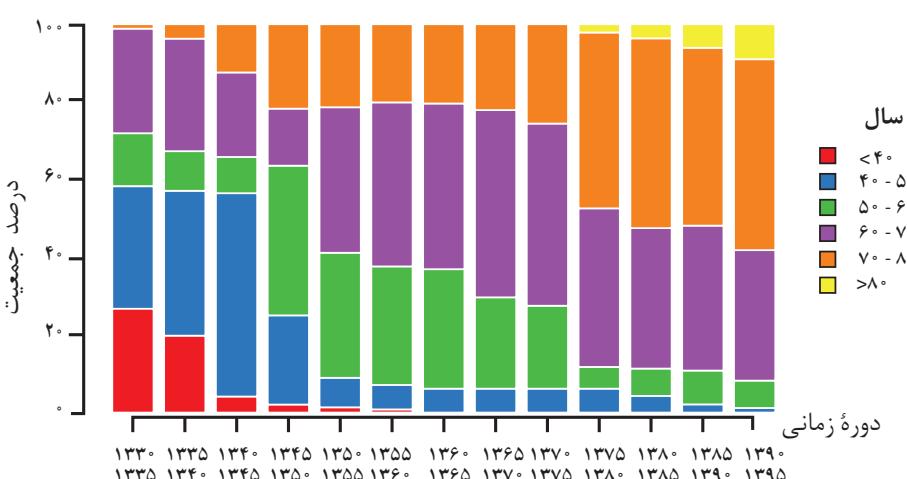
خود را بیازمایید

پاکیزگی و بهداشت همواره در زندگی جایگاه و اهمیت شایانی داشته است. یکی از دلایل اسکان انسان در کنار رود و رودخانه این بود که با دسترسی به آب، بدن خود را بشوبد و ابزار، ظروف و محیط زندگی خود را تمیز نگاه دارد. حفاری‌های باستانی از شهر بابل نشان می‌دهد که چند هزار سال پیش از میلاد، انسان‌ها به همراه آب از موادی شبیه به صابون امروزی برای نظافت و پاکیزگی استفاده می‌کردند. نیاکان ما نیز به تجربه‌پی برند که اگر ظرف‌های چرب را به خاکستر آغشته کنند و سپس با آب گرم شست و شو دهند، آسان‌تر تمیز می‌شوند.

در گذشته به دلیل عدم دسترسی، کمبود یا استفاده نکردن از صابون، سطح بهداشت فردی و همگانی بسیار پایین بود، به طوری که بیماری‌های گوناگون به سادگی در جهان گسترش می‌یافتد. برای نمونه وبايك بیماری واگیردار است که به دلیل آلوده شدن آب و نبود بهداشت شایع می‌شود. این بیماری در طول تاریخ بارها در جهان همه‌گیر شدو جان میلیون‌ها انسان را گرفت و هنوز هم می‌تواند برای هر جامعه تهدید کننده باشد. ساده‌ترین و مؤثرترین راه پیشگیری این بیماری، رعایت بهداشت فردی و همگانی است.

با گذشت زمان، استفاده از صابون و توجه به نظافت و بهداشت در جوامع گسترش یافت و سبب شدت میکروب‌ها، آلودگی‌ها و عوامل بیماری‌زادر محیط‌های فردی و همگانی کاهش یافته و سطح بهداشت جامعه افزایش یابد. با افزایش سطح تندرنستی و بهداشت فردی و همگانی، شاخص امید به زندگی نیز در جهان افزایش یافته است. شاخصی که نشان می‌دهد با توجه به خطراتی که انسان‌ها در طول زندگی با آن مواجه هستند، به طور میانگین چند سال در این جهان زندگی می‌کنند.

نمودار زیر توزیع جمعیت جهان را براساس امید به زندگی آنها در دوره‌های زمانی گوناگون نشان می‌دهد.



آ) با توجه به نمودار، جدول زیر را برای گستره سنی ۴۰ تا ۵۰ سالگی کامل کنید.

دوره زمانی	۱۳۳۰-۱۳۳۵	۱۳۶۵-۱۳۷۰	۱۳۹۰-۱۳۹۵	درصد جمعیت

آیا می‌دانید

شاخص امید به زندگی به عوامل گوناگونی مانند میزان شادی افراد جامعه، سلامت محیط‌زیست، سطح آکاهی مردم، میزان ورزش همگانی، نوع تعذیه و نیز شیوه و میزان ارائه خدمات بهداشتی و درمانی وابسته است، براساس آمار سازمان بهداشت جهانی، مردم کشور موناکو بیشترین امید به زندگی را با میانگین سنی بیش از ۸۵ سال و مردم کشور سیeralئون کمترین امید به زندگی را با میانگین سنی زیر ۵۰ سال دارند. میانگین سنی امید به زندگی در ایران ۷۳/۵ سال است.

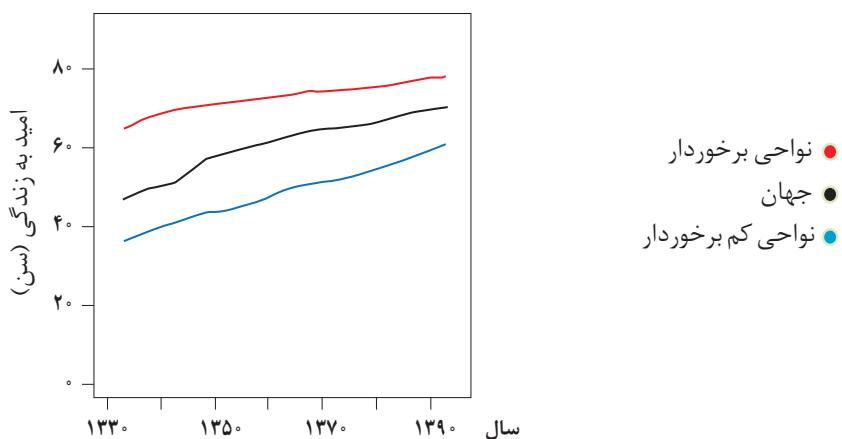
ب) در دوره زمانی ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۰، امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان حدود چند سال است؟

پ) در دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۰ امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در حدود چند سال است؟

ت) با گذشت زمان، امید به زندگی در سطح جهان افزایش یافته است یا کاهش؟ توضیح دهید.

ث) امروزه امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در حدود چند سال است؟

امید به زندگی شاخصی است که در کشورهای گوناگون و حتی در شهرهای یک کشور نیز با هم تفاوت دارد، زیرا این شاخص به عوامل گوناگونی بستگی دارد. نمودار ۱، نشان می‌دهد که امید به زندگی در مناطق توسعه یافته و برخوردار در مقایسه با مناطق کم برخوردار بیشتر است.



نمودار ۱- مقایسه امید به زندگی برای مناطق برخوردار و کم برخوردار با میانگین جهانی

در میان تارنماها

با توجه به اینکه پیشگیری و درمان بیماری‌ها نقش مهمی در افزایش شاخص امید به زندگی دارد، با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره همه‌گیری وبا و نیز آمار جان باختگان این بیماری در جهان و ایران از آغاز سده بیستم تاکنون، گزارشی تهیه و به کلاس ارائه دهید.

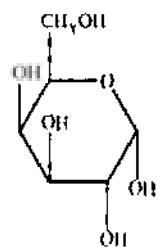
سلامت و بهداشت در شاخص امید به زندگی اهمیت بسیاری دارد و در راستای ارتقای آن پاک کننده‌ها و شوینده‌ها نقش پررنگی ایفا می‌کنند. آیا تاکنون اندیشیده‌اید که شوینده‌ها و پاک کننده‌ها از نظر شیمیایی چه ساختاری دارند؟ چگونه این مواد سبب پاک شدن یا از بین رفتن آلودگی‌ها می‌شوند؟ رفتار این مواد در محیط‌های شیمیایی چگونه است؟ شوینده‌ها و پاک کننده‌هایی مانند صابون، شامپو و پودر لباس‌شویی چگونه عمل می‌کنند؟ ورود این مواد به محیط‌زیست چه زیان‌هایی به دنبال دارد؟ تأثیر این مواد روی بدن چیست؟ آگاهی بیشتر از علم شیمی کمک می‌کند تا چگونگی عملکرد این مواد را درک کنید و با شوینده‌هایی آشنا شوید که آسیب کمتری به محیط‌زیست وارد می‌کنند. همچنین با روش استفاده درست و مصرف مناسب آنها در راستای افزایش سطح بهداشت فردی و همگانی آشنا خواهید شد.

پاکیزگی محیط با مولکول‌ها

آیا می‌دانید

افراد هر جامعه برای انجام فعالیت‌های روزانه خود در هر محیطی، کم و بیش در معرض انواع آلاینده‌ها هستند، به‌طوری که بدن، پوشاس و ابزاری که با آنها سروکار دارند، آلوده می‌شود. آلاینده‌ها موادی هستند که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، نمونه ماده یا یک جسم وجود دارند. گل‌ولای آب، گرد و غبار هوا، لکه‌های چربی و مواد غذایی روی لباس‌ها و پوست بدن نمونه‌هایی از انواع آنها هستند. برای داشتن لباس پاکیزه، هوای پاک و محیط بهداشتی باید این آلودگی‌ها را زدود. اکنون فرض کنید هنگام خوردن عسل مقداری از آن روی لباس می‌ریزد و دست‌ها به آن آغشته می‌شود. چگونه می‌توان این عسل را پاک کرد؟ لکه‌های دیگر را چگونه می‌توان زدود؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها باید به بررسی ساختار و رفتار ذره‌های سازنده آلاینده‌ها و مواد شوینده و نیز نیروهای بین مولکولی آنها پرداخت.

عسل به طور عمده حاوی قندهایی مانند گلوکز، فروکتوز، ساکاروز و مالتوز است. مولکول‌های سازنده این قندها شمار قابل توجهی گروه هیدروکسیل دارند. برای نمونه فرمول ساختاری گلوکز به صورت زیر است:



با این توصیف عسل حاوی قندهایی با مولکول‌های بسیار قطبی است و لکه‌های باقی‌مانده از آنها روی لباس در حلال‌های قطبی مانند آب حل شده و شسته می‌شود.

خود را بیازمایید

جدول زیر را کامل کنید و در هر مورد دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.

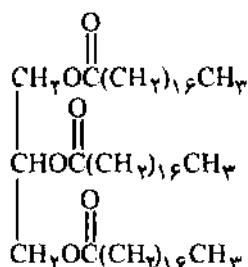
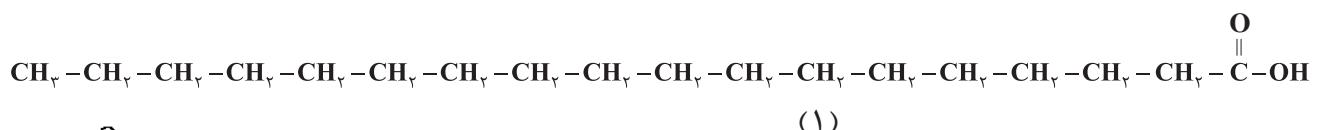
نام ماده	فرمول شیمیایی	محلول در آب	محلول در هگزان
اتیلن گلیکول (صدیخ)	CH ₂ OHCH ₂ OH	✓	×
نمک خوراکی	NaCl	✓	×
بنزین	C ₈ H ₁₈	✓	×
اوره	CO(NH ₂) ₂	✓	×
روغن زیتون	C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	✓	×
وازلین	C ₂₅ H ₅₂	✓	×

از شیمی ۱ به یاد دارید که مواد قطبی در حلال‌های قطبی و مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند. در واقع در فرایند اتحال، اگر ذره‌های سازنده حل شونده با مولکول‌های حلال جاذبه‌های مناسب برقرار کنند، حل شونده در حلال حل می‌شود در غیر این صورت ذره‌های حل شونده کنار هم باقی می‌مانند و در حلال پخش نمی‌شوند. برای نمونه دلیل اینکه لکه عسل به راحتی با آب شسته و در آن پخش می‌شود این است که عسل حاوی مولکول‌های قطبی است که در ساختار خود شمار قابل توجهی گروه هیدروکسیل (OH-) دارند. هنگامی که عسل وارد آب می‌شود، مولکول‌های سازنده آن با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند و در سرتاسر آن پخش می‌شوند. به این ترتیب، آب پاک کننده مناسبی برای لکه‌های شیرینی مانند آب قند، شربت آبلیمو و چای شیرین است. اما اگر دست‌ها به چربی یا گریس آغشته شود یا روی لباس، لکه چربی بر جای بماند، چگونه باید آنها را تمیز کرد؟ در زندگی روزانه دیده‌ایم که با استفاده از صابون و شوینده‌ها می‌توان لکه‌های چربی را شست و پوست یا لباس آغشته به آنها را تمیز کرد. چگونه مولکول‌های صابون سبب پاکیزگی و زدودن لکه‌های چربی می‌شوند؟

با هم بیند یشیم

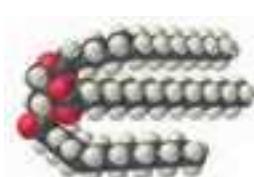
● اسیدهای چرب، کربوکسیلیک
اسیدهایی با زنجیر بلند کربنی هستند.

۱- چربی‌ها را می‌توان مخلوطی از اسیدهای چرب^۱ و استرهای بلند زنجیر (با جرم مولی زیاد) دانست، با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) کدامیک فرمول ساختاری یک اسید چرب و کدامیک فرمول ساختاری یک استر با جرم مولی زیاد را نشان می‌دهد؟ چرا؟

ب) بخش‌های قطبی و ناقطبی هر مولکول را مشخص کنید.



پ) دانشآموزی الگوی زیر را برای نمایش یک مولکول اسیدچرب و یک استرستین ارائه کرده است. در هر یک از این مولکول‌ها بخش قطبی و بخش ناقطبی را مشخص کنید.



● صابون جامد را از گرم کردن مخلوط روغن‌های گوناگون یا چربی مانند روغن زیتون، نارگیل و پیبه با سدیم هیدروکسید تهیه می‌کنند.

صابون‌های مایع، نمک پتاسیم یا آمونیوم اسیدهای حرب هستند.

ت) نیروی بین مولکولی غالب در چربی‌ها از چه نوعی است؟ چرا؟

ث) حیا حیے ها در آب حل نمی شوند؟ توضیح دهید.

۲- صابون را می‌توان نمک سدیم اسید چرب دانست. فرمول همگانی این نوع صابون‌ها که جامد هستند، RCOONa بوده که در آن R یک زنجیر هیدروکربنی بلند است. ساختار زیر نویعی صابون را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) بخش‌های قطعه و ناقشه آن را مشخص کنید.

ب) کدام بخش، صایه، آب‌دست و کدام بخش، آب‌گیز است؟

پ) هر گاه مخلوط مقداری از این صابون و آب را هم بزنید، مولکول‌های صابون در سرتاسر مخلوط پخش می‌شوند. از این تجربه درباره نیروهای جاذبه بین صابون و آب چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

ت) هرگاه مقداری صابون مایع را در روغن بریزید و مخلوط را به هم بزنید، مخلوطی مانند شکل رو به رو به دست می آید. با توجه به این مشاهده، درباره درستی جمله زیر گفت و گو کنید.



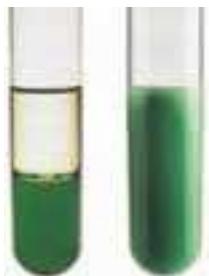
● مخلوط صابون مایع و روغن

«صابون ماده‌ای است که هم در آب و هم در چربی حل می‌شود.»

آپا می دانید

مخلوط‌ها نقش بسیار پررنگی در زندگی ما دارند به طوری که اغلب موادی که در زندگی روزانه با آنها سروکار داریم، از مخلوط دویا چند ماده تشکیل شده‌اند. آب دریا، هوا، نوشیدنی‌ها، انواع نگ‌ها، سرامیک‌ها، چسب‌ها، شوینده‌ها و داروهای همگی مخلوط هستند. مخلوط‌ها

توماس گراهام (۱۸۶۹-۱۸۰۵) شیمی‌دان انگلیسی در میلادی سال ۱۸۶۰ میلادی در بررسی موادی مانند نشاسته، چسب و رُلاتین پی برد که خواص آنها با محلول‌ها تفاوت دارد. او برای توصیف این مواد از واژه کلوئید استفاده کرد. کلوئید از واژه یونانی به معنای حسب گفتہ شده است.



شکل ۱- کلوئید پایدار شده آب و روغن با استفاده از صابون (البته برای نمایش بهتر به آب دو قطره رنگ افروده شده است).



رنگ پوششی، نمونه‌ای از یک کلوئید است.

خواص متفاوتی دارند. برای نمونه محلول مس (II) سولفات در آب، مخلوطی همگن است که نور را عبور می‌دهد. در حالی که شربت معده یک سوسپانسیون است. مخلوطی ناهمگن که تهنشین می‌شود و باید پیش از مصرف آن را تکان داد.

مخلوط آب و روغن نیز ناپایدار است زیرا به محض اینکه هم زدن را متوقف کنید، آب و روغن از هم جدا شده و دولایه مجزا تشکیل می‌دهند. اما اگر مقداری صابون به این مخلوط اضافه کنید و آن را به هم بزنید یک مخلوط پایدار ایجاد می‌شود که به ظاهر همگن است. شکل ۱، رفتار این مخلوط را نشان می‌دهد که همگن نبوده و حاوی توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوت است. این نوع مخلوط‌ها، **کلوئید**^۱ نامیده می‌شوند. نور در محلول و کلوئید رفتار متفاوتی دارد (شکل ۲). شیر، ژله، سس مایونز و رنگ نمونه‌هایی از کلوئیدها هستند.



شکل ۲- مقایسه رفتار نور در یک محلول و کلوئید. ذره‌های موجود در کلوئید درشت‌تر از محلول‌اند و به همین دلیل نور را پخش می‌کنند.

آیا می‌دانید

نمونه‌ای از کلوئید طلا: در این نمونه اتم‌های طلا به صورت توده‌های کوچک و بزرگ در آب پخش شده‌اند اما تهنشین نمی‌شوند. کلوئیدی که نخستین بار توسط مایکل فارادی تهیه شد.



خود را بیازمایید

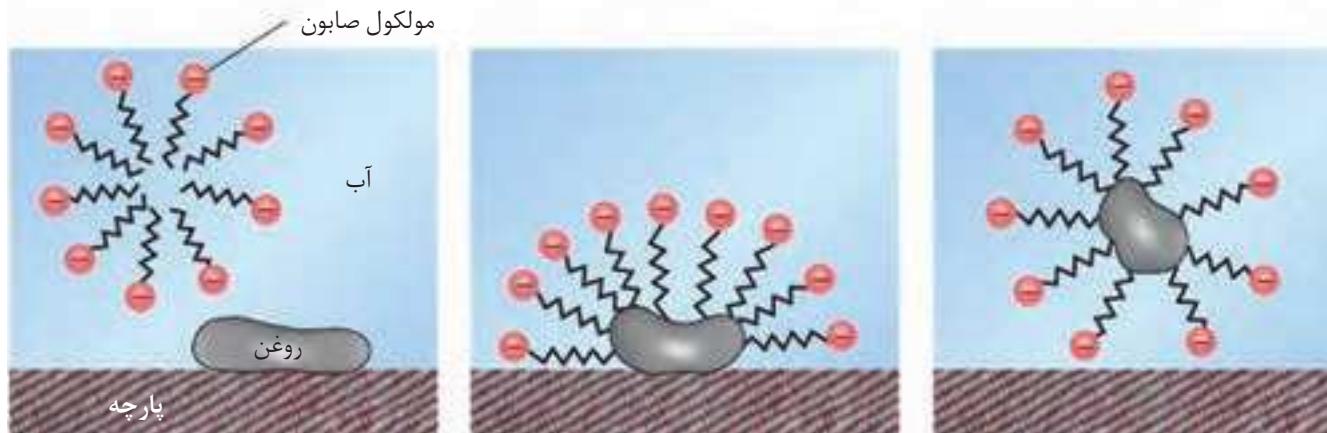
۱- در جدول زیر برخی ویژگی‌های کلوئیدها با مخلوط‌های دیگر مقایسه شده است. آن را کامل کنید.

نوع مخلوط	سوسپانسیون	کلوئیدها	محلول
ویژگی			
رفتار در برابر نور	نور را پخش می‌کنند	.....	.....
همگن بودن	ناهمگن	.....	همگن
پایداری	.....	پایدار است/ تهنشین نمی‌شود	.....
ذره‌های سازنده	ذره‌های ریز ماده	.....	.....

۲- درباره جمله زیر گفت و گو کنید.

«رفتار کلوئیدها را می‌توان رفتاری بین سوسپانسیون و محلول‌ها در نظر گرفت.»

دريافتيد که مولکول‌های صابون دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. بخش قطبی صابون، آب دوست است در حالی که بخش ناقطبی آن چربی دوست بوده و آب گرizer است. با اين توصيف هنگام شست وشوي يك لكه چربی با آب و صابون، مولکول‌های صابون، لكه چربی را زدوده و پاک می‌کند. در واقع مولکول‌های صابون، پاک کننده مناسبی برای چربی‌ها به شمار می‌رود. اکنون باید دید که صابون چگونه سبب پراکنده شدن چربی در آب می‌شود؟ شکل ۳، مراحل پاک شدن يك لكه چربی از روی پارچه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- مراحل پاک شدن يك لكه چربی يا روغن با صابون - برای پاک کردن لکه‌های چربی از چه مواد يا روش‌های دیگری می‌توان استفاده کرد؟

هنگامي که صابون وارد آب می‌شود، به کمک سرآب دوست خود در آن حل می‌شود. از سوی دیگر، ذره‌های صابون با بخش چربی دوست خود با مولکول‌های چربی جاذبه برقرار می‌کنند، گویی مولکول‌های صابون مانند پلی بین مولکول‌های آب و چربی قرار می‌گیرند. به اين ترتيب، ذره‌های چربی کم کم از سطح پارچه جدا و در آب پخش می‌شوند. با ادامه اين فرایند، لکه‌های چربی از روی لباس پاک می‌شود. باید توجه داشت که قدرت پاک کنندگی صابون به عوامل گوناگونی بستگی دارد. هر اندازه صابون بتواند مقدار بیشتری از آلاینده و چربی را بزدايد، قدرت پاک کنندگی بیشتری دارد. در واقع صابون همه لکه‌هارا به يك اندازه از بين نمي برد زيرا نوع پارچه، دما، نوع آب و نيز نوع و مقدار صابون نيز بر روی قدرت پاک کنندگی آن تأثير دارد.

کاوش کنید ۱

درباره «پاک کنندگی صابون در آب‌های گوناگون» کاوش کنید.

وسایل و مواد مورد نیاز: منیزیم کلرید، کلسیم کلرید، آب مقطر، بشر، قاشق.

۱- سه بشر 100 mL برداريد و آنها را از ۱ تا ۳ شماره گذاري کنيد.

۲- درون هر بشر 50 mL آب مقطر و يك قاشق چای خوری صابون رنده شده بريزيد.

۳- به محتويات بشر شماره ۲، نصف قاشق چای خوری منیزیم کلرید و به محتويات بشر

شماره ۳، نصف قاشق چای خوری کلسیم کلرید بیفزایید.

۴- محتویات هر بشر را به مدت ۳۰ ثانیه و با سرعتی برابر به هم بزنید. ارتفاع کف ایجاد شده را اندازه‌گیری و در جدول زیر یادداشت کنید. سپس به پرسش‌ها پاسخ دهید.

شماره بشر	۱	۲	۳
ارتفاع کف ایجاد شده (cm)			

آ) از این داده‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ب) با توجه به معادله‌های شیمیایی زیر، توضیح دهید چرا ارتفاع کف در ظرف شماره ۲ و ۳ کمتر از ظرف شماره ۱ است؟



پ) آیا قدرت پاک کنندگی صابون در آب دریا و آب چشمه یکسان است؟ چرا؟

آیا می‌دانید

نبوذ صابون، کمبود آن یا مصرف نادرست آن سبب ایجاد بیماری و افزایش مرگ و میر در جهان می‌شود. براساس آمار سازمان بهداشت جهانی برآورد می‌شود که سالانه ۱/۵ میلیون کودک در سراسر دنیا به دلیل کمبود بهداشت می‌میرند. به همین دلیل ۱۵ اکتبر ۲۳ (مهرماه) را روز جهانی شستن دست‌های نامیده‌اند تا مردم فراموش نکنند همیشه در شرایط بحرانی و حوادث غیرمتربقه مانند زلزله، سیل و... باید از صابون و شوینده‌ها برای شستن دست‌ها استفاده کنند.

آب دریا و آب‌های مناطق کویری که شور هستند، مقادیر چشمگیری از یون‌های کلسیم و منیزیم دارند. چنین آب‌هایی به آب سخت^۱ معروف‌اند. صابون در این آب‌ها به خوبی کف نمی‌کند و قدرت پاک کنندگی آن کاهش می‌یابد، زیرا صابون با یون‌های موجود در آب سخت رسوب تشکیل می‌دهد. لکه‌های سفیدی که پس از شستن لباس با صابون روی آنها بر جای می‌ماند، نشانه‌ای از تشکیل چنین رسوب‌هایی است.

خود را بیازمایید

دانش‌آموزی برای مقایسه قدرت پاک کنندگی دو نوع صابون، کاوشی انجام داد. او از دو نوع صابون برای پاک کردن لکه چربی یکسان از روی دو نوع پارچه استفاده و نتایج آزمایش خود را در جدول زیر یادداشت کرد. با توجه به جدول به پرسش‌ها پاسخ دهید.

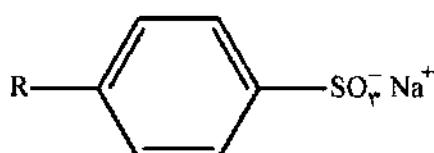
نوع صابون	نوع پارچه	دما (°C)	درصد لکه باقی مانده
صابون بدون آنزیم	نخی	۳۰	۲۵
صابون بدون آنزیم	نخی	۴۰	۱۵
صابون آنزیم‌دار	نخی	۳۰	۱۰
صابون آنزیم‌دار	نخی	۴۰	۰
صابون آنزیم‌دار	پلی‌استر	۴۰	۱۵

- آ) دما چه اثری بر قدرت پاک کنندگی صابون دارد؟
- ب) قدرت پاک کنندگی صابون با افزودن آنزیم چه تغییری می کند؟
- پ) آیا میزان چسبندگی لکه های چربی روی پارچه های گوناگون یکسان است؟ از کدام داده جدول چنین نتیجه ای به دست می آید؟

نقش پاک کنندگی صابون سبب شد تا کاربرد آن از پاکیزگی و تأمین بهداشت فردی و محیط خانه به مراکز صنعتی، بیمارستانی و اداری نیز گسترش یابد. این روند سبب رشد چشمگیر صابون سازی شد تا جایی که امروزه به یک صنعت بزرگ در جهان تبدیل شده است. صنعتی که نقش چشمگیری در کاهش بیماری های گوناگون داشته و سطح بهداشت را در جهان افزایش داده است. از سوی دیگر با افزایش جمعیت جهان، مصرف صابون نیز افزایش یافت. بدیهی است که برای تولید صابون در مقیاس انبوه به مقدار بسیار زیادی چربی نیاز بود و این خود چالشی بزرگ بود! از این روتامین صابون مورد نیاز جهان به روش های سنتی تقریباً ناممکن شد. همچنین صابون در همه شرایط به خوبی عمل نمی کرد زیرا استفاده از آن در محیط های گوناگون مانند سفرهای دریایی و صنایع وابسته به آب شور، پاسخگوی نیاز انسان نبود. نگرانی هایی از این دست، شیمی دانها را برای شناسایی و تولید دیگر پاک کننده ها ترغیب کرد.

در جستجوی پاک کننده های جدید

افزایش تقاضای جهانی برای صابون و کاربردهای آن از یک سو و کاهش عرضه این فراورده از سوی دیگر سبب شد تا شیمی دانها وارد عمل شوند. آنها در جستجوی موادی بودند که قدرت پاک کنندگی زیادی داشته باشند و بتوان آنها را به میزان انبوه و با قیمت مناسب تولید کرد. با توجه به رابطه بین ساختار و رفتار یک ماده، شیمی دانها به دنبال تولید موادی بودند که ساختار آنها شبیه صابون باشد. آنها توانستند از بنزن و دیگر مواد اولیه در صنایع پتروشیمی، مواد پاک کننده ای با فرمول همگانی زیر تولید کنند. موادی که به پاک کننده های غیرصابونی^۱ مشهورند.



حفظ کردن نام و ساختار شوینده ها و پاک کننده ها جزو هدف های آموزشی این کتاب نیست. بنابراین طرح هرگونه پرسش از این موارد در آزمون های نهایی و کنکور ممنوع است.

خود را بیازمایید

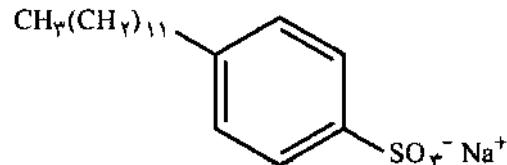
آیا می‌دانید

دانه برخی درختچه‌ها و درختان کوچک جنگلی به دانه‌های صابونی معروف‌اند. این دانه‌ها را می‌چینند و بعد از درآوردن هسته، در برابر آفتاب خشک‌می‌کنند. این میوه‌های خشک، صابون طبیعی به نام ساپونین دارند که براثر مخلوط شدن با آب کف ایجاد‌می‌کنند و پاک‌کننده چربی‌ها و آلودگی‌ها هستند.



در جنوب ایران نیز گیاهی به نام اشنان (اشلونگ) می‌روید که در گذشته نه چندان دور، مغز ریشه آن را خشک کرده و به عنوان شوینده استفاده‌می‌کردند.

شکل زیر فرمول ساختاری و مدل فضایی پاک‌کننده غیرصابونی نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) بخش‌های آب دوست و آب‌گریز آن را مشخص کنید.

ب) شباهت‌ها و تفاوت‌های این ماده را با صابون بنویسید.

پ) توضیح دهید که چگونه این ماده لکه‌های چربی را هنگام شست‌وشو با آب از بین می‌برد.

اینک می‌پذیرید که $\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_4^- \text{Na}^+$ همانند RCOONa یک پاک‌کننده است با این تفاوت که از مواد پتروشیمیایی طی واکنش‌های پیچیده در صنعت تولید می‌شود. این مواد قدرت پاک‌کنندگی بیشتری نسبت به صابون دارند و در آب‌های سخت نیز خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند زیرا با یون‌های موجود در این آب‌ها رسوب نمی‌دهند.

پیوند با صنعت

صابون طبیعی معروف به صابون مراغه با بیش از ۱۵۰ سال قدمت، معروف‌ترین صابون سنتی ایران است. برای تهیه این صابون، پیه گوسفند و سود سوزآور را در دیگ‌های بزرگ با آب برای چندین ساعت می‌جوشانند و پس از قالب‌گیری آنها را در آفتاب خشک می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴- سالانه حدود ۲۰۰ تن صابون در شهر مراغه تولید می‌شود و به دست مشتریان می‌رسد. البته توجه داشته باشید صابون‌های سنتی در شهرهای دیگری مانند آشتیان، رودبار و ... نیز تولید می‌شوند.

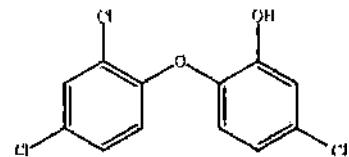
این صابون افزودنی شیمیایی ندارد و به دلیل خاصیت بازی مناسب برای موهای چرب استفاده می‌شود. امروزه صابون‌ها و شوینده‌های دیگری تولید می‌شوند که افزون بر خاصیت پاک‌کنندگی، خواص ویژه‌ای نیز دارند. برای نمونه صابون گوگردادار، برای از بین بردن جوش

- از نوعی صابون سنتی در تور نان‌سنگک برای چرب کردن سطح سنگ‌ها استفاده می‌شود.

آیا می‌دانید

صورت و همچنین قارچ‌های پوستی استفاده می‌شود. همچنین به منظور افزایش خاصیت ضد عفونی کنندگی و میکروب‌کشی صابون‌ها به آنها ماده شیمیایی کلردار اضافه می‌کنند. از سوی دیگر برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده، به آنها نمک‌های فسفات می‌افزایند، زیرا این نمک‌ها با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب‌های سخت واکنش می‌دهند و از تشکیل رسوب و ایجاد لکه جلوگیری می‌کنند. باید توجه داشت که هر چه شوینده‌ای مواد شیمیایی بیشتری داشته باشد، احتمال ایجاد عوارض جانبی آن بیشتر خواهد بود. به همین دلیل مصرف زیاد شوینده‌ها و تنفس بخار آنها، عوارض پوستی و بیماری‌های تنفسی ایجاد می‌کند. بنابراین برای حفظ سلامت بدن و محیط‌زیست، استفاده از شوینده‌های ملایم، طبیعی و مناسب توصیه می‌شود.

ترکیب‌های آروماتیک کلردار مانند تریکلولسان خاصیت گندزاری و میکروب‌کشی دارند. لازم به یادآوری است که این ماده شیمیایی به تازگی به دلیل عوارض جانبی برای انسان از شوینده‌ها حذف شده است.



آیا می‌دانید

پاک‌کننده‌های خورنده

تاکنون با پاک‌کننده‌هایی آشنا شدید که بر اساس برهمنکش میان ذره‌ها عمل می‌کنند. اما پاک‌کننده‌های دیگری هم وجود دارند که افرون بر این برهمنکش‌ها، با آلاندنه‌ها واکنش می‌دهند. برای نمونه رسوب تشکیل شده بر روی دیواره کتری، لوله‌ها، آبراه‌ها و دیگر های بخار آن چنان به این سطوح‌ها می‌چسبند که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زدوده نمی‌شوند. برای زدودن این رسوب‌ها به پاک‌کننده‌هایی نیاز است که بتوانند با آنها واکنش شیمیایی بدene و آنها را به فراورده‌هایی تبدیل کنند که با آب شسته شوند. موادی مانند هیدروکلریک اسید (جوهر نمک)، سدیم هیدروکسید و سفیدکننده‌ها از جمله این پاک‌کننده‌ها هستند. پاک‌کننده‌هایی که از نظر شیمیایی فعال‌اند و خاصیت خورنده‌ی دارند. به همین دلیل نباید با پوست تماس داشته باشند.

ورود نمک‌های فسفات ناشی از مصرف شوینده‌ها سبب شدت‌افاجعه مرگبار دریاچه اری (Erie lake) در دهه ۱۹۶۰ میلادی رخ‌دهد و تعداد زیادی از آبزیان این دریاچه از بین بروند.

با هم بیندیشیم

۱- با توجه به تغییر رنگ کاغذ pH، در هر یک از شکل‌های زیر مشخص کنید که هر

پاک‌کننده چه خاصیتی دارد؟



سرکه سفید



صابون



محلول سود



محلول جوهر نمک

۲- نوعی پاک‌کننده که به شکل پودر عرضه می‌شود شامل مخلوط سدیم هیدروکسید و پودر آلومینیم است. این پاک‌کننده برای باز کردن مجاري مسدود شده در برخی وسائل و دستگاه‌های صنعتی استفاده می‌شود. با توجه به الگوی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) توضیح دهید چرا از این پودر برای باز کردن لوله‌ها و مسیرهایی استفاده می‌شود که بر اثر ایجاد رسوب و تجمع چربی‌ها بسته شده‌اند؟

ب) از آنجا که واکنش این مخلوط با آب گرماده است، توضیح دهید این ویژگی چه اثری بر قدرت پاک‌کنندگی آن دارد؟

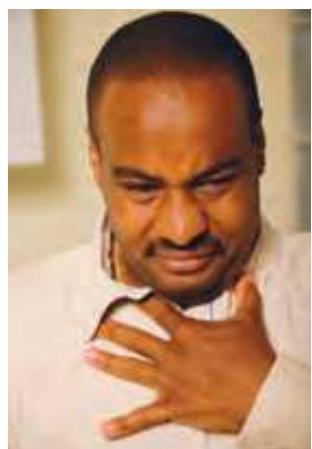
پ) تولید گاز چگونه قدرت پاک‌کنندگی این مخلوط را افزایش می‌دهد؟ توضیح دهید.

تا اینجا با برخی ویژگی‌ها و رفتارهای مواد شوینده و ساختار برخی از آنها آشنا شدید. اکنون می‌پرسید که از نظر شیمیایی پاک‌کننده‌ها به کدام دسته از مواد تعلق دارند؟ چه واکنش‌هایی انجام می‌دهند؟ آیا خاصیت اسیدی و بازی همه آنها یکسان است؟ چرا این مواد سبب تغییر pH محیط می‌شوند؟ یک سامانه نشان‌دهنده چیست؟ این کمیت چگونه اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود؟ pH شوینده‌ها چه اثری روی بدن و محیط‌زیست دارد؟ برای یافتن پاسخ پرسش‌هایی از این دست، آشنایی و درک مفاهیمی مانند اسید، باز و قدرت اسیدی و بازی ضروری است.

اسیدها و بازها

هر روز در بخش‌های گوناگون زندگی افزون بر شوینده‌ها و پاک‌کننده‌ها، مقادیر متفاوتی از مواد شیمیایی گوناگون مصرف می‌شود که در اغلب آنها اسیدها و بازها نقش مهمی دارند. عملکرد بدن مانیز به میزان مواد اسیدی و بازی موجود در آن وابسته است. اسیدهای خوراکی مزه ترش و بازها مزه تلخ دارند.

اسیدها با اغلب فلزها واکنش می‌دهند و در تماس با پوست سوزش ایجاد می‌کنند. برای نمونه دلیل سوزش معده که درد شدیدی در ناحیه سینه ایجاد می‌کند، برگشت مقداری از محتويات اسیدی معده به لوله مری است. در حالی که بازها در سطح پوست همانند صابون، احساس لیزی ایجاد می‌کنند اما به آن نیز آسیب می‌رسانند (شکل ۵).



● یاخته‌های دیواره معده با ورود مواد غذایی به آن هیدروکلریک اسید ترش می‌کنند. این اسید افرون بر فعال کردن آنزیم‌ها برای تجزیه مواد غذایی، جانداران ذره‌بینی موجود در غذارانیز از بین می‌برد.

آیا می‌دانید



(آ) برای کاهش میزان اسیدی بودن (ب) اغلب داروها ترکیب‌هایی با خاصیت اسیدی یا بازی هستند. شوینده‌ها ضروری است.



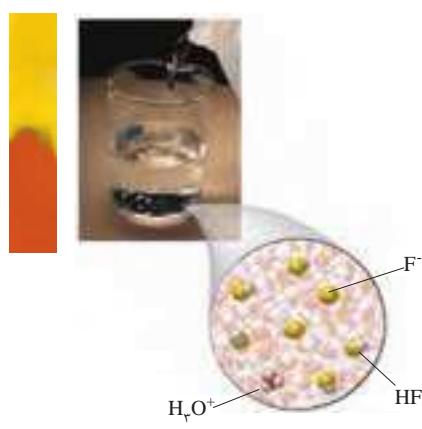
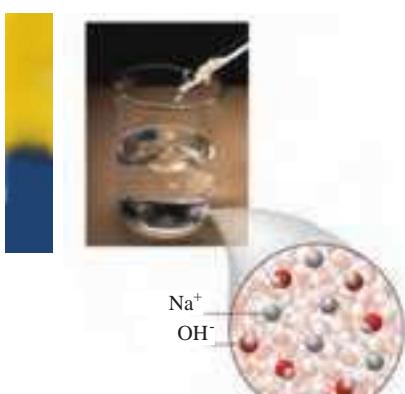
(ج) ورود فاضلاب‌های صنعتی به محیط زیست سبب تغییر pH می‌شود. آب وابسته است.

شکل ۵ - نمونه‌هایی از مواد اسیدی و بازی در زندگی

شواهد بسیاری در تاریخ علم وجود دارد که نشان می‌دهند پیش از آنکه ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون بر ویژگی‌های اسیدها و بازها با برخی واکنش‌های آنها نیز آشنا بودند. اما توجیه رفتار اسیدها و بازها به یک مبنای علمی نیاز داشت. سوانح آرنسنوس نخستین کسی بود که اسیدها و بازها را بر یک مبنای علمی توصیف کرد. او بر روی رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی کار می‌کرد. یافته‌های تجربی او نشان داد که محلول اسیدها و بازها رسانای برق هستند، هر چند میزان رسانایی آنها با یکدیگر یکسان نیست.

با هم بیندیشیم

- ۱- با حل شدن اسیدها یا بازها در آب، مقدار یون‌های موجود در آب افزایش می‌یابد. شکل‌های زیر نمایی ذره‌ای از محلول چند ماده در آب را نشان می‌دهند. با توجه به شکل و تغییر رنگ کاغذ pH به پرسش‌ها پاسخ دهید.



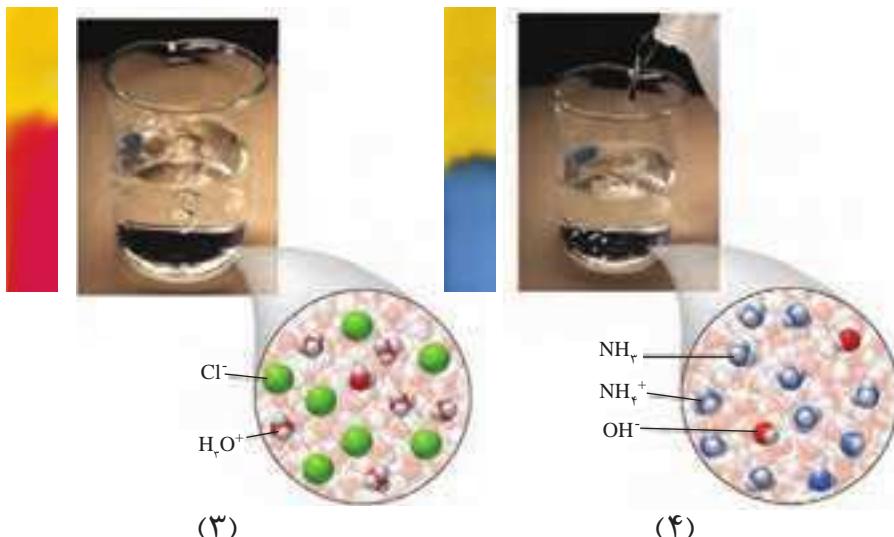
(۱)

(۲)



سوانت آرنسنوس ۱۸۵۹-۱۹۲۷
شیمی‌دان سوئدی، برنده جایزه نوبل شیمی در سال ۱۹۰۳

● یون $H^+(aq)$ در آب به شکل $H_3O^+(aq)$ یافت می‌شود که به یون هیدرونیوم معروف است. برای آسانی در نوشتمن در منابع علمی به جای $H^+(aq)$ از نماد $H_3O^+(aq)$ برای نشان دادن یون هیدرونیوم استفاده می‌شود.



آ) کدام محلول‌ها خاصیت اسیدی و کدام‌ها خاصیت بازی دارند؟

ب) خاصیت اسیدی محلول‌های ۲ و ۳ را به کدام یون نسبت می‌دهید؟ چرا؟

پ) خاصیت بازی محلول‌های ۱ و ۴ را به کدام یون نسبت می‌دهید؟ چرا؟

۲- یافته‌هایی از این دست به آرنیوس کمک کرد تا مدلی برای اسید و باز ارائه کند. اگر اساس مدل آرنیوس افزایش غلظت یون‌های $H^+(aq)$ یا $OH^-(aq)$ باشد، اسید و باز آرنیوس را تعریف کنید.

۳- در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.

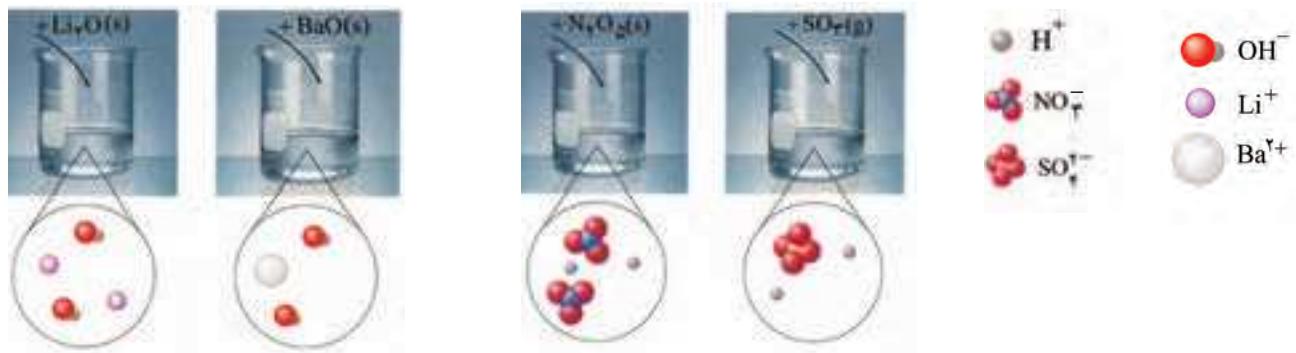
آ) گاز هیدروژن کلرید یک $\frac{\text{اسید}}{\text{باز}}$ آرنیوس به شمار می‌رود، زیرا در آب سبب افزایش غلظت $\frac{\text{هیدرونیوم}}{\text{هیدروکسید}}$ می‌شود.

ب) سدیم هیدروکسید جامد یک $\frac{\text{اسید}}{\text{باز}}$ آرنیوس به شمار می‌رود، زیرا در آب سبب افزایش غلظت $\frac{\text{هیدرونیوم}}{\text{هیدروکسید}}$ می‌شود.

مواد و ترکیب‌هایی که با حل شدن در آب، غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را افزایش می‌دهند به ترتیب اسید و باز آرنیوس هستند. در واقع رفتار اسید و باز آرنیوس را می‌توان براساس غلظت یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ توصیف کرد. بدیهی است هر چه $[H^+]$ در محلولی بیشتر باشد، آن محلول اسیدی تر و هر چه $[OH^-]$ در محلولی بیشتر باشد، آن محلول بازی تر است. با این توصیف اگر در یک سامانه غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با هم برابر باشد، آن سامانه حالت خنثی دارد.

خود را بیازمایید

آ) برخی اکسیدها با آب واکنش می‌دهند. با توجه به شکل زیر مشخص کنید اکسیدی که وارد آب می‌شود، اسید آرنیوس است یا باز آرنیوس؟ چرا؟



ب) معادله شیمیایی واکنش هر یک از این اکسیدها را با آب بنویسید و موازنہ کنید.
پ) جدول زیر را کامل کنید.

رنگ کاغذ pH در محلول	نوع اکسید		فرمول شیمیایی	نام ترکیب شیمیایی
	بازی	اسیدی		
				گوگرد تری اکسید
			CO ₂	
				کلسیم اکسید
			Na ₂ O	

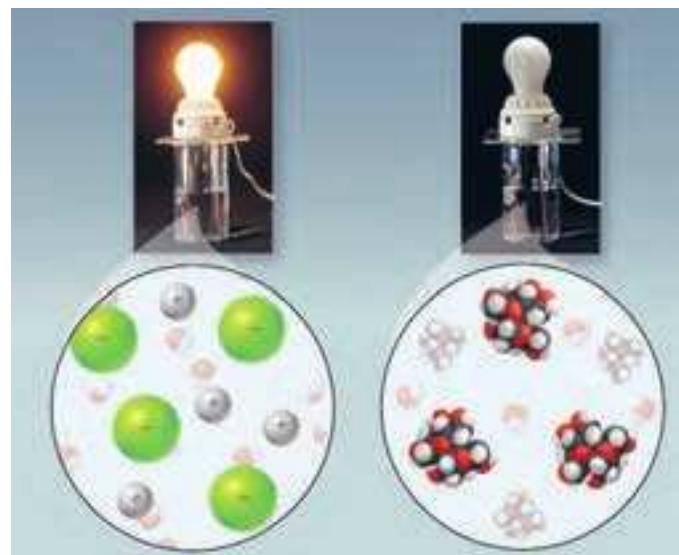
اکنون با اینکه می‌توان اسید و باز را براساس مدل آرنیوس تشخیص داد اما نمی‌توان درباره میزان اسیدی یا بازی بودن یک محلول اظهار نظر کرد. برای نمونه آیا می‌دانید در دمای اتاق از بین دو محلول یک مولار استیک اسید و هیدروکلریک اسید، کدام یک اسیدی‌تر است؟ برای یافتن پاسخ این پرسش باید مشخص کرد که غلظت یون هیدرونیوم در کدام محلول بیشتر است.

رسانایی الکتریکی محلول‌ها و قدرت اسیدی

خوراکی‌ها، شوینده‌ها، داروهای آرایشی و بهداشتی شامل مقادیر متفاوتی از یون‌ها به ویژه یون هیدرونیوم هستند. غلظت این یون بر روی ماندگاری این مواد و در نتیجه سلامتی تأثیر شایانی دارد. برای نمونه شیر سالم با افزایش غلظت یون هیدرونیوم، ترش شده به طوری که دیگر قابل نوشیدن نیست. این نمونه نشان می‌دهد که در فرایند تولید مواد گوناگون اغلب تعیین و کنترل غلظت یون هیدرونیوم نقش مهمی دارد. یکی از روش‌هایی که برای تعیین غلظت یون هیدرونیوم می‌توان به کار برد، سنجش رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی است.

می‌دانید که فلزها و گرافیت (مغز مداد) رسانای جریان برق هستند. از آنجا که رسانای آنها به وسیله الکترون‌ها انجام می‌شود، به آنها **رسانای الکترونی**^۱ می‌گویند. نوع دیگری از رسانایی نیز وجود دارد که به وسیله یون‌ها انجام می‌شود و به آن **رسانای یونی**^۲ می‌گویند. این رسانایی هنگامی انجام می‌شود که یون‌ها بتوانند از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر جابه‌جا شوند، زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه‌جا خواهد شد.

برای نمونه، محلول آبی سدیم کلرید را در نظر بگیرید. این محلول حاوی یون‌های Na^+ (aq) و Cl^- (aq) است که با جنبش‌های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر آن پراکنده‌اند. هرگاه این محلول در مدار الکتریکی قرار گیرد، جریان برق در مدار برقرار می‌شود، زیرا یون‌ها به سوی قطب‌های ناهمنام حرکت می‌کنند. یون‌های Na^+ (aq) به سوی قطب منفی و یون‌های Cl^- (aq) به سوی قطب مثبت پیش می‌روند. جابه‌جایی یون‌ها نشان‌دهنده جابه‌جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه، رسانایی الکتریکی محلول سدیم کلرید است. به موادی مانند NaCl(s) , **الکترولیت**^۳ و به NaCl(aq) , **محلول الکترولیت**^۴ می‌گویند. نکته جالب این است که همه محلول‌های یونی رسانایی یکسانی ندارند (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی سدیم کلرید و شکر

- به موادی مانند اتانول و شکر که انحلال آنها در آب به شکل مولکولی است، غیرالکترولیت و به محلول آنها، محلول غیرالکترولیت می‌گویند.

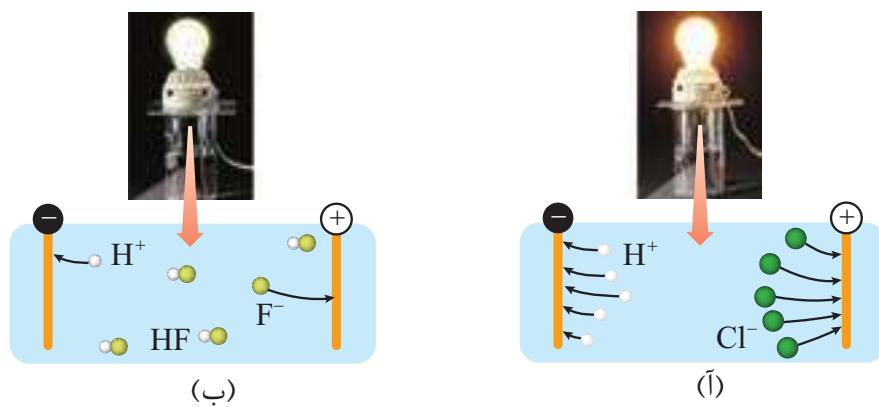
اگر محلول الکترولیت‌های گوناگون در چنین مداری قرار گیرند، روشنایی یکسانی در لامپ ایجاد نمی‌کنند. برای نمونه شکل ۷، رسانایی الکتریکی محلول ۱٪ مولار هیدروکلریک اسید را در مقایسه با محلول ۱٪ مولار هیدروفلوریک اسید در دمای اتاق نشان می‌دهد.

۱-Electronic Conductor

۲-Ionic Conductor

۳-Electrolyte

۴-Electrolyte Solution



شکل ۷- رسانایی الکتریکی دو محلول الکترولیت آ) $HCl(aq)$ ب) $HF(aq)$

کمتر بودن رسانایی الکتریکی هیدروفلوریک اسید نشان می‌دهد که در شرایط یکسان شمار یون‌های موجود در این محلول کمتر از محلول هیدروکلریک اسید است. به دیگر سخن غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها (یون‌های هیدرونیوم) در $HCl(aq)$ بیشتر است. با این توصیف شیمی‌دان‌ها به کمک مدل آرنیوس، هیدروکلریک اسید را یک اسید قوی^۱ و هیدروفلوریک اسید را یک اسید ضعیف^۲ می‌نامند.

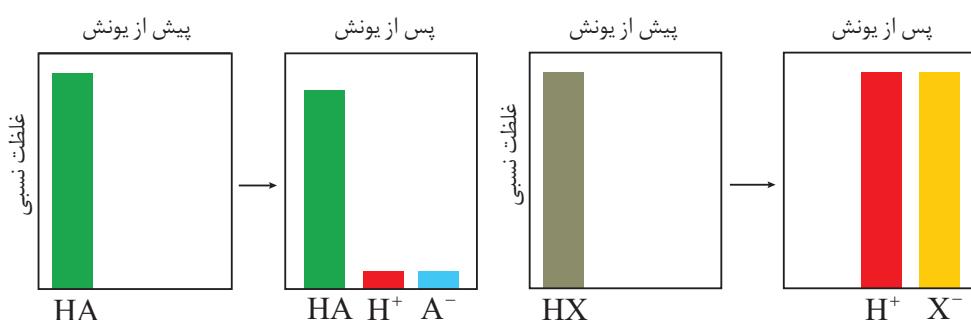
با هم بیندیشیم

به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می‌تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، اسید تکپروتون‌دار^۳ می‌گویند. با این توصیف:

۱- معادله یونش را برای اسیدهای تکپروتون‌دار $HCl(aq)$ و $HF(aq)$ در آب بنویسید.

۲- نمودارهای زیر غلظت نسبی گونه‌های موجود در محلول این دو اسید را پیش و پس از یونش نشان می‌دهند.

- به فرایندی که در آن یک ترکیب مولکولی در آب به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شود، یونش می‌گویند.



آ) کدام اسید به طور کامل و کدامیک به طور جزئی یونیده شده است؟

۱- Strong Acid

۲- Weak Acid

۳- Monoprotic Acid

● در رابطه درجه یونش به جای شمار مولکول‌ها، می‌توان شمار مول‌ها یا غلظت مولی گونه‌ها را قرار داد.

ب) کدام نمودار را می‌توان به هیدروکلریک اسید و کدام نمودار را می‌توان به هیدروفلوریک اسید نسبت داد؟ چرا؟

۳- شیمی‌دان‌ها برای بیان میزان یونش اسیدها، از کمیتی به نام **درجه یونش** (α) استفاده می‌کنند که به صورت زیر بیان می‌شود:

● در منابع علمی معتبر گاهی به جای درجه یونش از درصد یونش ($\alpha \times 100$) استفاده می‌کنند.

$$\frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده}} = \frac{\text{درجۀ یونش}}{100}$$

آ) پیش‌بینی کنید درجه یونش برای HCl در محلول هیدروکلریک اسید چند است؟ چرا؟

ب) اگر در محلول هیدروفلوریک اسید از هزار مولکول حل شده در دمای اتاق تنها مولکول یونیده شود، درجه و درصد یونش آن را حساب کنید.

اینک می‌توان اسیدها را بر مبنای میزان یونشی که در آب دارند در دو دسته قوی و ضعیف جای داد. اسیدهایی قوی هستند که می‌توان یونش آنها را در آب کامل در نظر گرفت ($\alpha \approx 1$). اسیدهای ضعیف در آب به میزان جزئی یونیده می‌شوند و شمار یون‌ها در محلول آنها کم است ($\alpha < 1$).

خود را بیازمایید

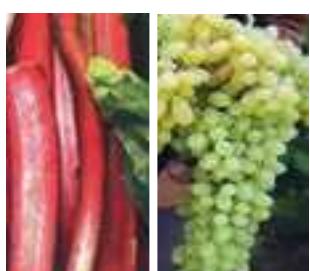
۱- نیتریک اسید، یک اسید قوی است. در محلول 2% مولار این اسید، غلظت یون‌های هیدرونیوم و نیترات را با دلیل پیش‌بینی کنید.

● کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل آنها می‌تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود.

۲- اگر در محلول 1% مولار استیک اسید (CH_3COOH)، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $10^{-3} \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ باشد:

آ) معادله یونش استیک اسید را بنویسید.

ب) درصد یونش آن را حساب کنید.



● اسیدهای موجود در سیب، انگور، ریواس و مرکبات مانند پرتقال و لیمو و نیز انواع سرکه از جمله اسیدهای خوراکی و ضعیف هستند.

در زندگی روزانه با انواع اسیدها سر و کار داریم که برخی قوی و اغلب آنها ضعیف هستند. اسیدهای قوی را می‌توان محلولی شامل یون‌های آب پوشیده دانست، به طوری که در آنها تقریباً مولکول‌های یونیده نشده یافت نمی‌شود. این در حالی است که در محلول اسیدهای ضعیف افزون بر اندک یون‌های آب پوشیده، مولکول‌های اسید نیز یافت می‌شوند. برای نمونه، در محلول سرکه شمار ناچیزی از یون‌های آب پوشیده هم‌زمان با شمار زیادی از مولکول‌های استیک اسید یونیده نشده حضور دارند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که در شرایط معین، غلظت همه گونه‌های موجود در محلول این اسید، همانند دیگر اسیدهای ضعیف ثابت است.

آیا می‌دانید حضور هم‌زمان یون‌ها و مولکول‌های یونیده نشده با غلظت ثابت در محلول چنین اسیدهایی بیانگر چیست؟

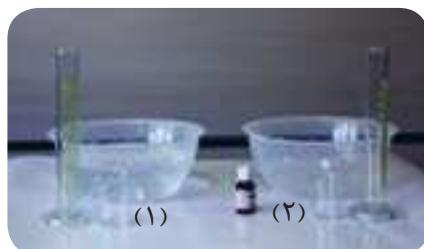
ثابت تعادل و قدرت اسیدی

در شیمی ۱ آموختید که حضور هم‌زمان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در مخلوط واکنش را می‌توان نشانه‌ای از برگشت‌پذیر بودن واکنش‌ها دانست. واکنش‌هایی که در آنها همه واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل نمی‌شوند، بلکه در شرایط معین مقدار آنها در سامانه ثابت خواهد ماند. گویی این واکنش‌ها تا حدی پیش می‌روند و پس از آن، مقدار مواد شرکت‌کننده دیگر تغییر نخواهد کرد.

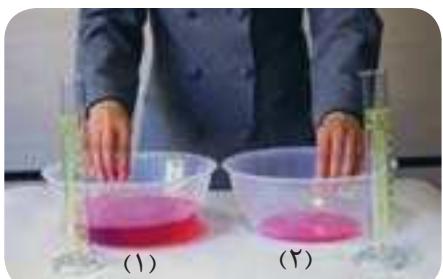
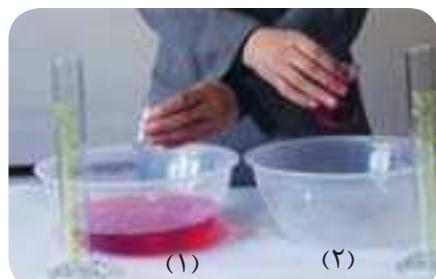
کاوش کنید

درباره «فرایند برگشت‌پذیر تبدیل A به B تاریخیدن به تعادل» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز: دو ظرف پلاستیکی با حجم حدود ۲ لیتر، دو بشر ۱۰۰ و ۵۰ میلی لیتری، دو استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری و حدود یک لیتر آب حاوی رنگ خوراکی.
۱- دو ظرف پلاستیکی دو لیتری را شماره‌گذاری کنید و درون یکی حدود یک لیتر آب بریزید.
۲- به ظرف محتوی آب چند قطره رنگ خوراکی بیفزایید.



۳- با بشر ۱۰۰ میلی لیتری، از محتويات ظرف (۱) بردارید و به ظرف (۲) بریزید، هم‌زمان با بشر ۵۰ میلی لیتری از محتويات ظرف (۲) بردارید (ظرف خالی) و به ظرف (۱) بریزید.
محتويات کدام ظرف را می‌توان به عنوان فراورده در نظر گرفت؟ چرا؟



۴- جابه‌جایی محتويات دو ظرف را با همین روند ادامه دهيد اما پيش از اينكه هر بار به ظرف ديگر منتقل کنيد نخست آنها را در دو استوانه مدرج بريزيد و پس از مقاييسه حجم آنها، محلول‌ها را با استوانه مدرج جابه‌جا کنيد (دليل اين عمل را توضيح دهيد).



۵- سرانجام به مرحله‌اي خواهيد رسيد که حجم محلول‌های جابه‌جا شده ميان دو ظرف برابر و مقدار محتويات هر ظرف ثابت خواهد ماند اما مقدار اين محتويات با هم برابر نيست.



۶- درباره درستی نتيجه زير گفت و گو کنيد.
«در يك واکنش برگشت پذير که همزمان واکنش‌های رفت و برگشت به‌طور پيوسته انجام می‌شوند، سرانجام مقدار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند».

واکنش‌های برگشت پذیر، آنهایی هستند که می‌توانند در هر دو جهت انجام شوند. این نوع واکنش‌ها در شرایط مناسب همزمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند تا اينکه سرانجام لحظه‌ای فرا می‌رسد که غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند. اين ويژگي تنها هنگامي رخ می‌دهد که سرعت واکنش رفت با برگشت برابر شود زира در اين شرایط، هر مقداری از فراورده‌ها که در واحد زمان تولید می‌شود، همزمان به همان مقدار از آنها مصرف می‌شود. برای واکنش‌دهنده‌ها نيز چنین است. در شيمى به چنین سامانه‌هایی، سامانه تعادلی می‌گويند. واکنش‌های رفت و برگشت در سامانه‌های تعادلی به‌طور پيوسته و با سرعت برابر انجام می‌شوند و به همین دليل مقدار مواد شركت کننده در سامانه ثابت می‌ماند.

نمونه‌ای از سامانه‌های تعادلی، محلول اسیدهای ضعیف در آب است. در این محلول‌ها به دلیل یونش ناچیز اسیدهای ضعیف، میان اندازه یون‌های حاصل از یونش و مولکول‌های یونیده نشده، تعادل برقرار می‌شود. برای نمونه در محلول هیدروفلوئوریک اسید تعادل زیر برقرار است.



برای این سامانه نیز در دمای ثابت همانند دیگر سامانه‌های تعادلی، واکنش‌های رفت و برگشت پیوسته در حال انجام هستند به طوری که در هر گسترهٔ زمانی معین، شمار مولکول‌های HF که یونیده می‌شوند با شمار مولکول‌های HF که از پیوستن یون‌های F⁻ و H⁺ به یکدیگر پدید می‌آیند، برابر است. این رفتار سامانه تعادلی نشان می‌دهد که سرعت تولید هرگونه با سرعت مصرف آن برابر است، رفتاری که سبب می‌شود غلظت تعادلی همه گونه‌های موجود در سامانه ثابت بماند. افزون بر این توصیف کیفی، سامانه‌های تعادلی را از دیدگاه کمی نیز می‌توان بررسی کرد به طوری که این سامانه‌ها با کمیتی به نام **ثابت تعادل**^۱ توصیف می‌شوند و در آن تنها غلظت تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش آورده می‌شود. مقدار این کمیت در دمای ثابت برای هر تعادل ثابت است.

نماد \rightleftharpoons ، در واکنش‌های تعادلی به کار می‌رود.

درباره دیگر تعادل‌های شیمیایی، عبارت ثابت تعادل و عوامل مؤثر بر جایه‌جایی تعادل‌ها در فصل ۴ بیشتر خواهد آموخت.

با هم بیندیشیم

۱- جدول زیر غلظت تعادلی گونه‌های موجود در سه محلول از هیدروفلوئوریک اسید با غلظت‌های آغازی گوناگون را در دمای ۲۵°C نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$K = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$	غلظت تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده (مول بر لیتر)			شماره محلول
	[H ⁺]	[F ⁻]	[HF]	
.....	۱/۷۵ × ۱۰ ^{-۲}	۱/۷۵ × ۱۰ ^{-۲}	۰/۵۲	۱
.....	۱/۳۱ × ۱۰ ^{-۲}	۱/۳۱ × ۱۰ ^{-۲}	۰/۲۹	۲
.....	۲/۴۳ × ۱۰ ^{-۲}	۲/۴۳ × ۱۰ ^{-۲}	۱/۰	۳

آ) توضیح دهید چرا در هر سه محلول [H⁺] = [F⁻] است؟

ب) کسر داده شده در ستون آخر را عبارت ثابت تعادل می‌نامند و با K نمایش می‌دهند.

مقدار K را حساب کرده و جاهای خالی را پر کنید.

پ) توضیح دهید آیا نتیجه‌گیری زیر درست است؟

«برای یک واکنش تعادلی در دمای معین، مقداری ثابت است.»

ت) آیا ثابت تعادل در دمای ثابت به مقدار آغازی واکنش دهنده‌ها بستگی دارد؟ توضیح دهید.

۲- اگر غلظت تعادلی یون هیدرونیوم در محلول استیک اسید در دمای معین برابر با 6 mol L^{-1} باشد:

آ) غلظت تعادلی یون استات (CH_3COO^-) را تعیین کنید.

ب) اگر غلظت تعادلی استیک اسید در این محلول برابر با 2 mol L^{-1} باشد، ثابت تعادل را در این دما حساب کنید.

آموختید که برای هر واکنش تعادلی، یک ثابت تعادل وجود دارد که ویژه همان واکنش بوده و فقط تابع دما است. ثابت تعادل برای اسیدها به ثابت یونش اسید^۱ معروف است. کمیتی که با K_a نشان داده می‌شود. ثابت یونش یک اسید، نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی یون‌های موجود در محلول را به غلظت تعادلی آن اسید نشان می‌دهد. به دیگر سخن ثابت یونش، بیانی از میزان پیشرفت فرایند یونش تاریخی است، به طوری که هر چه ثابت یونش اسیدی در دمای معین بزرگ‌تر باشد، آن اسید بیشتر یونیده شده و غلظت یون‌های موجود در محلول آن بیشتر است. در واقع در دمای معین هر چه ثابت یونش اسیدی بزرگ‌تر باشد، آن اسید قوی‌تر است. جدول زیر ثابت یونش برخی اسیدها در دمای اتاق نشان می‌دهد.

جدول ۱- ثابت یونش برخی اسیدها در دمای اتاق

نام اسید	فرمول شیمیایی	ثابت یونش (K_a)	معادله یونش در آب
هیدروبیدیک اسید	HI	بسیار بزرگ	$\text{HI(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq})$
هیدروبرمیک اسید	HBr	بسیار بزرگ	$\text{HBr(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq})$
هیدروکلریک اسید	HCl	بسیار بزرگ	$\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
سولفوریک اسید	H_2SO_4	بسیار بزرگ	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$
نیتریک اسید	HNO_3	بزرگ	$\text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
نیترو اسید	HNO_2	$4/5 \times 10^{-4}$	$\text{HNO}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{aq})$
فورمیک اسید	HCOOH	$1/8 \times 10^{-4}$	$\text{HCOOH(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCOO}^-(\text{aq})$
استیک اسید	CH_3COOH	$1/8 \times 10^{-5}$	$\text{CH}_3\text{COOH(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$
هیدروسیانیک اسید	HCN	$4/9 \times 10^{-10}$	$\text{HCN(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CN}^-(\text{aq})$

^۱- Acid Ionization Constant

خود را بیازمایید

۱- این شکل‌ها واکنش دو قطعه نوار منیزیم یکسان را با محلول دو اسید متفاوت در دما و غلظت یکسان نشان می‌دهند.

آ) سرعت کدام واکنش بیشتر است؟ چرا؟

ب) غلظت یون هیدرونیوم در محلول کدام اسید بیشتر است؟ چرا؟

پ) اگر ثابت یونش یک اسید، K_{a_1} و دیگری K_{a_2} باشد، ثابت یونش این دو اسید را با یکدیگر مقایسه کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.



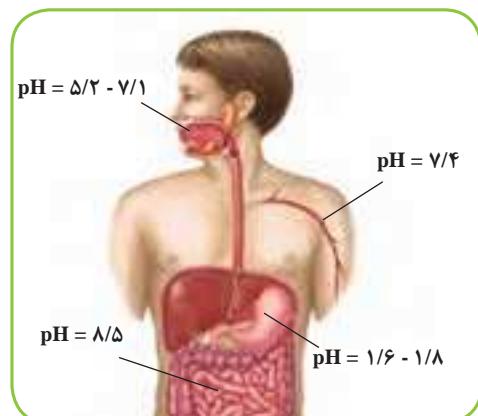
(آ)



(ب)

pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن

با کاغذ pH و تغییر رنگ آن در محلول‌های اسیدی و بازی آشنا هستید. این تغییر رنگ معیاری برای تشخیص اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها است. افزون بر این، رنگی که این کاغذ درون یک محلول به خود می‌گیرد، نشان‌دهنده pH تقریبی آن محلول است. pH برخی سامانه‌ها در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸- pH- محلول موجود در چند سامانه، محلول کدام سامانه اسیدی و کدام سامانه بازی است؟

آیا می‌دانید چه رابطه‌ای بین pH و غلظت یون هیدرونیوم موجود در محلول برقرار است؟ برای نمونه برای محلولی با $pH = 3/7$ غلظت یون هیدرونیوم چقدر است؟ چگونه باید آن را حساب کرد؟

پیوند با ریاضی

در درس ریاضی با لگاریتم آشنا شدید. تابعی که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\log_{10}^x = \log x$$

آیا می‌دانید

روش بسیار دقیقی برای اندازه‌گیری غلظت یون هیدرونیوم موجود در یک محلول وجود دارد که به کمک pH سنج‌های دیجیتال انجام می‌گیرد. این pH سنج‌ها با تقویت و لذت‌کشی کوچکی که با وارد کردن الکترود دستگاه درون محلول ایجاد می‌شود و نمایش نتیجه روی صفحه نمایشگر، مقدار pH آن محلول را مشخص می‌کند.



$$\log_a x = b \leftrightarrow x = a^b$$

$$\log ab = \log a + \log b , \quad \log \frac{a}{b} = \log a - \log b , \quad \log a^n = n \log a$$

۱- آ) با توجه به رابطه بالا، جاهای خالی زیر را پر کنید.

$$\log 2 = ? / 3 \rightarrow 2 = 10^{\dots}$$

$$\log \dots = ? / 48 \rightarrow 3 = 10^{\dots}$$

$$\log 7 = ? \rightarrow \dots = \dots / 85$$

ب) با استفاده از لگاریتم‌های بالا، بنویسید در هر مورد زیر به جای؟ چه عددی باید قرار گیرد؟

$$\log 21 = ?$$

$$\log ? = ? / 85$$

۲- شیمی‌دان‌ها کمیت pH را با تابع لگاریتم به صورت زیر بیان می‌کنند.

$$pH = -\log [H^+]$$

با توجه به این رابطه، جدول زیر را کامل کنید.



شیر ترش شده، خاصیت اسیدی

داشته و $pH < 7$ دارد.

[H ⁺]	pH	خاصیت محلول
3×10^{-9}	.....	.....
.....	4	.....
$1/8 \times 10^{-2}$	.....	.....

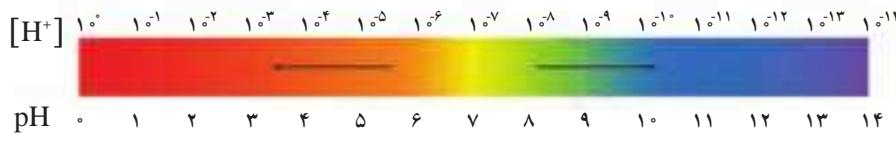
۳- دانش آموزی مطابق روند زیر غلظت یون هیدرونیوم را برای شیر ترش شده با $pH = 2/7$ به درستی حساب کرده است. در این روند هر یک از جاهای خالی را با عدد مناسب پر کنید.

$$pH = -\log[H^+] \rightarrow [H^+] = 10^{-pH} \xrightarrow{pH=2/7} [H^+] = 10^{-2/7} = 10^{-0.3} = \dots$$

۴- جدول زیر را کامل کنید.

[H ⁺]	pH	خاصیت محلول
.....	2/15	.....
$3/6 \times 10^{-4}$	.....	.....
.....	11/4	بازی
.....	0	.....

اینک می‌پذیرید که برای پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم می‌توان از کمیت pH استفاده کرد زیرا اعدادی به مراتب ساده‌تر و قابل فهم‌تر ارائه می‌دهد. این کمیت برای محلول‌های آبی در دمای اتاق با اعدادی در گستره °تا ۱۴ بیان می‌شود (نمودار ۲).



نمودار ۲- گستره تغییر pH برای محلول‌های آبی در دمای اتاق

به نظر شما چرا گستره تغییر pH در محلول‌های آبی و در دمای اتاق از °تا ۱۴ است؟ یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که آب و همه محلول‌های آبی، محتوی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید هستند. اما کاغذ pH در برخی محلول‌ها و آب خالص تغییر رنگ نمی‌دهد، رفتاری که تأیید می‌کند که غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در این سامانه‌ها با یکدیگر برابراست ($[H^+] = [OH^-]$). به همین دلیل چنین سامانه‌هایی، خنثی هستند.

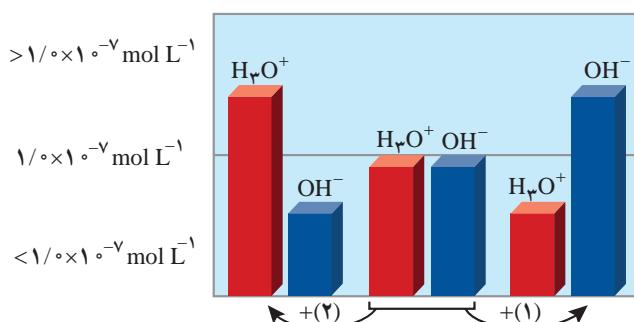
با هم بیندیشیم

۱- آزمایش‌های دقیق نشان می‌دهند که آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. این ویژگی بیانگر وجود مقدار بسیار کمی از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید است. در واقع در یک نمونه از آب خالص شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های H_2O به یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ یونیده می‌شوند. جالب این است که اندازه‌گیری‌ها و یافته‌های تجربی در دمای اتاق برای آب و محلول‌های آبی رابطه زیر را تأیید می‌کنند:

$$[H^+] [OH^-] = 10^{-14}$$

آ) غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در دمای اتاق برای آب خالص حساب کنید.
ب) pH آب خالص و محلول‌های خنثی^۱ را در دمای ۲۵°C حساب کنید.

۲- شکل زیر تغییر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را هنگام افزودن هر یک از مواد ۱ و ۲ به آب خالص نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



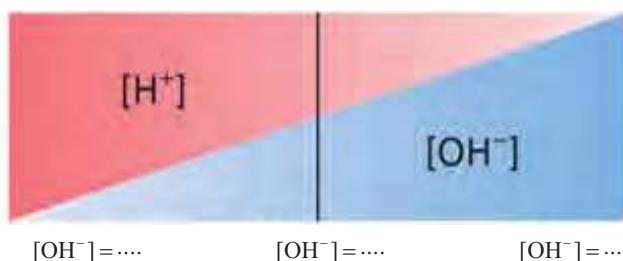
آیا می‌دانید

حتی در خالص‌ترین نمونه آب، مقدار ناچیزی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید وجود دارد. یون‌هایی که به دلیل جایه‌جایی یون هیدروژن از یک مولکول آب به دیگری تولید می‌شوند. این ویژگی سبب می‌شود که هر نمونه آب خالص در دمای ثابت (مانند ۲۵°C) یک سامانه تعادلی به شمار آید.
 $2H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$
مقدار ثابت این تعادل در دمای اتاق برابر با 1.0×10^{-14} است.

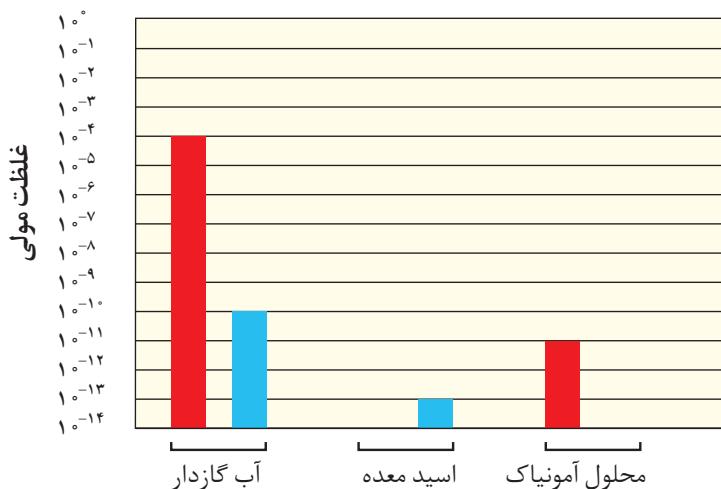
- آ) کدامیک از مواد افزوده شده اسید آرنیوس است؟ چرا؟
- ب) غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید را در محلول بازی با یکدیگر مقایسه کنید.
- پ) آیا می توان گفت در محلول های اسیدی، یون هیدروکسید وجود ندارد؟ توضیح دهید.

۳- گروهی از دانش آموزان برای نمایش تغییر غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول های آبی و دمای اتاق، الگوی زیر را طراحی کرده اند. جاهای خالی را پر کنید و اساس کار آنها را توضیح دهید.

$$[\text{H}^+] = \dots \quad [\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \quad [\text{H}^+] = 10^{-14} \text{ mol L}^{-1}$$



۴- در نمودار زیر برای محلول آمونیاک، ستون نشان دهنده غلظت یون هیدروکسید و برای اسید معده، ستون نشان دهنده غلظت یون هیدرونیوم را رسم کنید.

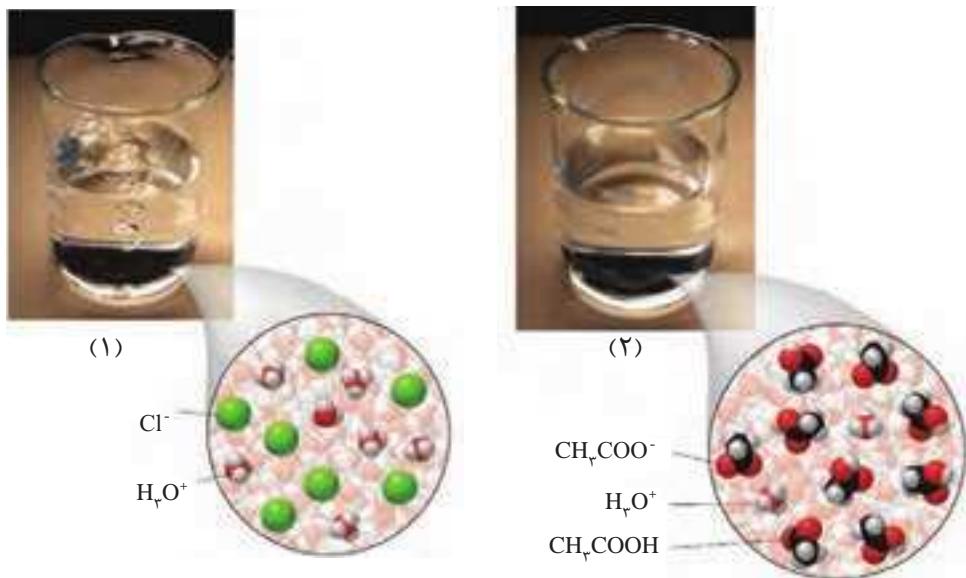


پی بردید که هر اندازه غلظت یکی از یون های هیدرونیوم یا هیدروکسید در محلولی بیشتر شود به همان نسبت از دیگری کاسته خواهد شد، تا حاصل ضرب غلظت این یون ها در دمای اتاق برابر با 10^{-14} شود. با این توصیف برای محلول $\text{HCl} 1 \text{ mol L}^{-1}$ می توان نوشت:

$$[\text{HCl}] = 1 \text{ mol L}^{-1} \rightarrow [\text{H}^+] = 1 \text{ mol L}^{-1} \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ mol L}^{-1}$$

خود را بیازمایید

۱- در دما و غلظت یکسان، pH کدام محلول زیر کمتر است؟ چرا؟



۲- جدول زیر را کامل کنید.

درصد یونش	pH	$[OH^-]$	$[H^+]$	غلظت محلول	نام محلول
				۰/۰۰۴	هیدروکلریک اسید
۲/۵				۰/۰۰۴	هیدروفلوریک اسید
	۳/۷				نیتریک اسید
۸/۵۲					نمونه‌ای از آب یک دریاچه

pH ≤ ۱۴ بازها محلول‌هایی با

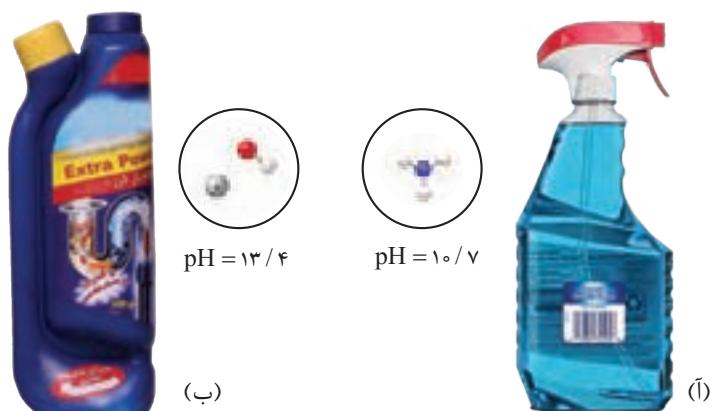
بازهای معروفی مانند سود سوزآور (NaOH) و پتاس سوزآور (KOH) بسیار قوی هستند به طوری که موادی خورنده به شمار می‌روند. در محلول آبی این مواد $[OH^-] > [H^+]$ و pH محلول آنها در دمای اتاق در گستره ۷ تا ۱۴ خواهد بود. بدیهی است که هر چه غلظت یون هیدروکسید در محلول آنها بیشتر باشد، pH بزرگ‌تر و به ۱۴ نزدیک‌تر است. برای نمونه pH محلول مولار سدیم هیدروکسید برابر با ۱۴ است (چرا?).

بازها کاربردهای گسترده‌ای در زندگی روزانه دارند که از جمله آنها می‌توان به شیشه‌پاک کن و لوله بازکن اشاره کرد (شکل ۹).

آیا می‌دانید

واژه قلیابه معنی خاکستر باقی مانده از سوختن گیاهان است که چربی‌ها را در خود حل می‌کند. قلیابها، بازهای محلول در آب هستند. فلزهای گروه ۱ در جدول دوره‌ای به فلزهای قلیابی معروف‌اند زیرا اغلب ترکیب‌های آنها در آب خاصیت بازی یا قلیابی دارد.

● بازها نیز همانند اسیدها ثابت یونش دارند که آن را با K_b نمایش می‌دهند. بدیهی است در دمای معین هر چه K_b بزرگ‌تر باشد، آن باز قوی‌تر است.

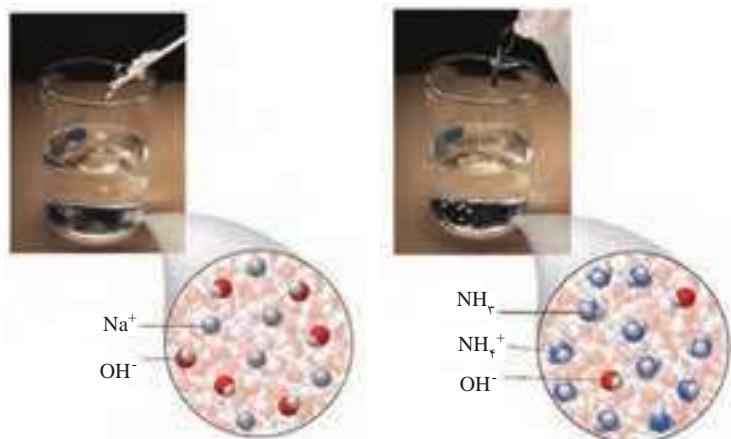


شکل ۹- pH دو نمونه محلول بازی در دما و غلظت یکسان، (آ) آمونیاک و (ب) سدیم هیدروکسید

آمونیاک از جمله بازهای ضعیف^۱ است. به طوری که در محلول آن افزون بر مقدار کمی از یون‌های آب پوشیده، شمار بسیاری از مولکول‌های آمونیاک نیز یافت می‌شود (شکل ۱۰).

آیا می‌دانید

آمونیاک به دلیل تشکیل پیوندهای هیدروژنی، در آب به خوبی حل می‌شود. انحلال این ماده به طور عمده مولکولی است و محلول آن حاوی شمار اندکی از یون‌های NH_4^+ (aq) و OH^- (aq) است. از این رو برای توجیه خاصیت بازی محلول آمونیاک، می‌توان آن را به صورت NH_3OH (aq) در نظر گرفت. محلولی که یک سامانه تعادلی است.



شکل ۱۰- نمای ذره‌ای از محلول‌های سدیم هیدروکسید و آمونیاک

خود را بیارمایید

۱- شکل‌های زیر رسانایی الکتریکی دو محلول بازی را در شرایط یکسان نشان می‌دهند. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



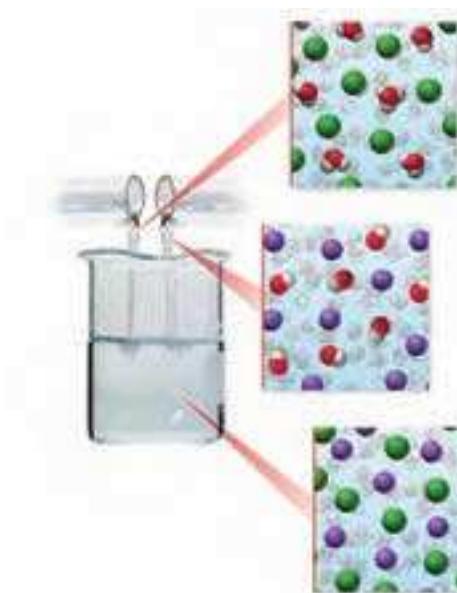
- آ) کدام محلول نشان دهنده باز ضعیفتری است؟ چرا؟
- ب) پیش‌بینی کنید کدام محلول می‌تواند به عنوان لوله بازکن استفاده شود؟ چرا؟
- ۲- اگر در 100 ml لیتر از یک محلول، 2 mol از پتاسیم هیدروکسید وجود داشته باشد:
- آ) غلظت یون هیدروکسید را در این محلول حساب کنید.
- ب) حساب کنید pH سنج دیجیتال چه عددی را برای این محلول نشان می‌دهد؟



● هنگام استفاده از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید به عنوان لوله بازکن، رعایت نکات ایمنی ضروری است، زیرا تماس این محلول با بدن و تنفس بخارات آن آسیب جدی به دنبال دارد.

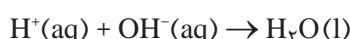
شوینده‌های خورنده چگونه عمل می‌کنند؟

با برخی رفتارهای اسیدها و بازها آشنا شدید. یکی از رفتارهای جالب و پرکاربرد آنها واکنش‌های شیمیایی است که بین این دو دسته از مواد انجام می‌شود. برای نمونه به واکنش بین محلول هیدروکلریک اسید با سدیم هیدروکسید توجه کنید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نمای ذره‌ای از یک واکنش اسید - باز

اگر با دقیقت این معادله شیمیایی را بررسی کنید در می‌یابید که یون‌های هیدرونیوم در واکنش با یون‌های هیدروکسید به مولکول‌های آب تبدیل می‌شوند در حالی که یون‌های $\text{Na}^+(\text{aq})$ و $\text{Cl}^-(\text{aq})$ دست نخورده باقی می‌مانند. به همین دلیل می‌توان معادله واکنش میان اسید و بازهایی از این دست را به صورت زیر نمایش داد. معادله‌ای که نشان‌دهنده واکنش خنثی شدن^۱ اسید و باز است.



این واکنش مبنایی برای کاربرد شوینده‌ها و پاک‌کننده‌های است. برای نمونه فرض کنید که مسیر لوله‌ای با مخلوطی از اسیدهای چرب مسدود شده است، برای باز کردن این لوله باید

آیا می‌دانید

محلول استیک اسید یک پاک‌کننده بوده و خاصیت ضد عفونی کننده‌ی نیز دارد. استفاده از این اسید و محلول‌های اسیدی دیگر برای پاک‌کردن سنگ مرمر مناسب نیست زیرا سبب می‌شود لایه‌ای از سنگ مرمر با این اسیدها واکنش داده و سطح سنگ خوردگ شود.

از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید استفاده کرد. معادله واکنش‌هایی که انجام می‌شود را می‌توان به شکل کلی زیر نمایش داد.



فراورده چنین واکنش‌هایی، خود نوعی پاک‌کننده است که در آب حل می‌شود و می‌تواند چربی‌های اضافی را بزداید. اما چرا برای باز کردن برخی لوله‌ها و مجاري از محلول غلیظ هیدروکلریک اسید استفاده می‌شود؟ بدیهی است موادی که سبب گرفتگی این لوله‌ها و مجاري می‌شوند، خاصیت بازی دارند، به طوری که روی دیواره لوله‌ها و مجاري به شکل رسوب به جای مانده‌اند. در این حالت، لوله بازن در واکنش با این رسوب‌ها، فراورده‌های محلول در آب یا گازی تولید می‌کند و از این راه سبب جرم‌گیری در آنها می‌شوند.

آیا می‌دانید

پیوند با زندگی

برگشت شیره معده به مری، ریفلاکس معده نام دارد که سبب ایجاد مزه ترش در گلو و دهان می‌شود. ساده‌ترین روش درمان آن افزایش وعده‌های غذایی و کاهش حجم هر وعده غذایی است.

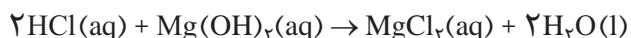


pH شیره معده به اندازه‌ای است که سبب می‌شود در هر دقیقه حدود نیم میلیون یاخته از بافت دیواره آن از بین برود.

شاید در نزدیکان شما نیز کسانی باشند که از سوزش سینه یا ترش شدن دهان و گلو رنج می‌برند. آیا می‌دانید این درد و مزه ترش، ناشی از چیست؟ چگونه می‌توان آن را کاهش داد یا درمان کرد؟ معده برای گوارش غذا به اسید نیاز دارد. خوردن غذا سبب می‌شود که غده‌های موجود در دیواره معده، هیدروکلریک اسید ترشح کنند.

در بدن انسان بالغ روزانه بین دو تا سه لیتر شیره معده تولید می‌شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود 10^{-3} mol/L است. در واقع درون معده یک محیط بسیار اسیدی است و حتی می‌تواند فلز روی را در خود حل کند! دیواره داخلی معده به طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند. این جذب سبب نابودی سلول‌های سازنده دیواره معده می‌شود. حال اگر مقدار اسید معده به هر دلیل بیش از اندازه باشد، شمار یون‌های جذب شده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می‌شود. بدیهی است که مصرف غذاها و داروهای اسیدی سبب تشدید بیماری‌های معده خواهد شد. از این روش‌کسانی که به این بیماری‌ها مبتلا هستند افزون بر کاهش مصرف این مواد باید از داروهای دیگری استفاده کنند.

ضداسیدها^۱ داروهایی هستند که برای این منظور توسط پزشکان تجویز می‌شود. شیر منیزی یکی از رایج‌ترین آنهاست که شامل منیزیم هیدروکسید است. این دارو اسید معده را مطابق معادله زیر خنثی می‌کند و سبب کاهش مقدار اسید معده می‌شود.



جدول زیر مواد مؤثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می‌دهد.

۳	۲	۱	شماره ضداسید
NaHCO _۳	Al(OH) _۳ ، Mg(OH) _۲	Al(OH) _۳ ، NaHCO _۳	ماده مؤثر

خود را بیازمایید

۱- pH شیره معده را حساب کنید (غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود $10^{-۳} \text{ mol L}^{-۱}$ است).

۲- در زمان استراحت، pH معده برابر با $7/3$ است. غلظت یون هیدرونیوم را در این حالت حساب کنید.

۳- با توجه به ویژگی و کاربرد سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین) مطابق جدول بالا:

آ) پیش‌بینی کنید که محلول سدیم هیدروژن کربنات در آب چه خاصیتی دارد؟ چرا؟

ب) توضیح دهید چرا برای افزایش قدرت پاک کردن چربی‌ها، به شوینده‌ها جوش شیرین می‌افزایند؟

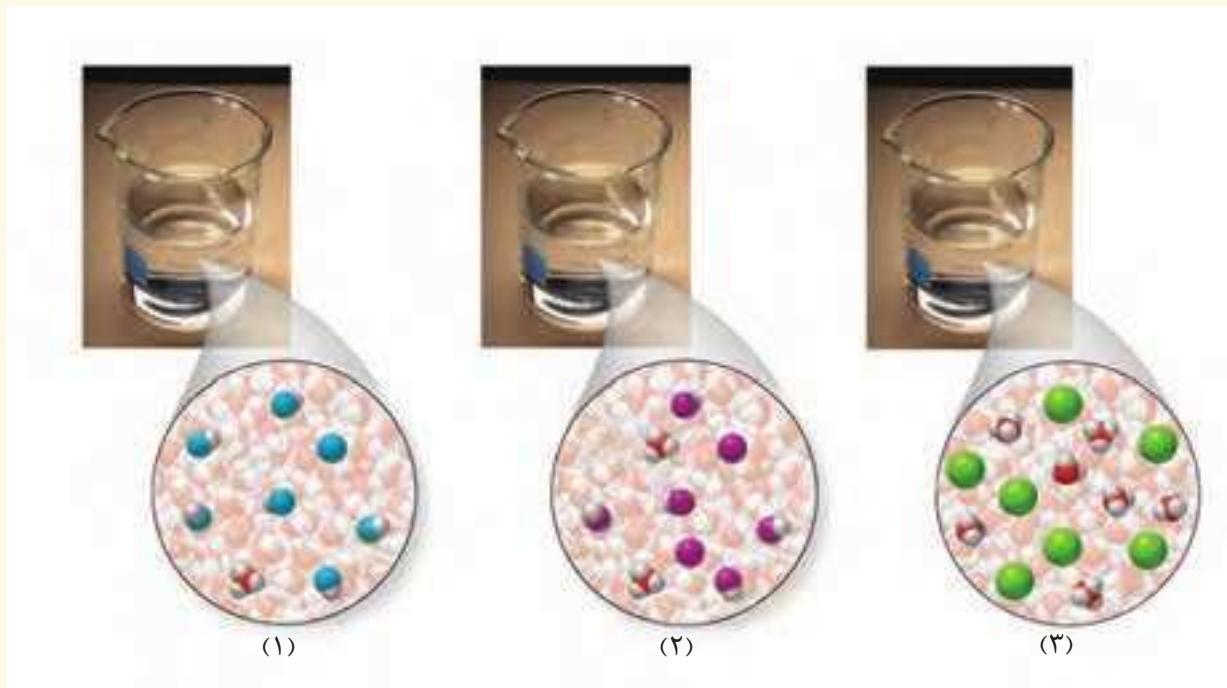
در این فصل آموختید که مصرف مناسب مواد شوینده و پاک کننده در پیشگیری از بیماری‌ها مؤثر است. همچنین مصرف درست و به موقع داروها سبب درمان بیماری‌ها می‌شود. این توصیف نشان می‌دهد که نوع و میزان ارائه خدمات بهداشتی، دارویی و درمانی نقش تعیین‌کننده‌ای در سطح سلامت جامعه دارد. به دیگر سخن بهره‌گیری از دانش شیمی در پیشگیری و درمان بیماری‌ها راهگشاست. از این‌رو می‌تواند بر شاخص امید به زندگی اثر داشته باشد.

تمرین‌های دوره‌ای

- ۱- برای هر یک از موارد زیر دلیلی بیاورید.
- آ) اسیدها و بازها با ثابت یونش کوچک، الکتروولیت ضعیف به شمار می‌روند.
 - ب) اغلب اسیدها و بازهای شناخته شده، ضعیف هستند.
 - پ) در محلول 1 mol L^{-1} $[\text{NO}_3^-] = 1\text{ mol L}^{-1}$ است.
 - ت) در محلول 1 mol L^{-1} $[\text{HCOOH}] > [\text{H}^+]$ است.
- ۲- کاغذ pH بر اثر آغشته شدن به نمونه‌ای از یک محلول، به رنگ سرخ در می‌آید. همچنین رسانایی الکتریکی این محلول در شرایط یکسان به طور آشکاری از محلول آبی سدیم کلرید کمتر است. این محلول محتوی کدام ماده حل شونده می‌تواند باشد؟ توضیح دهید.



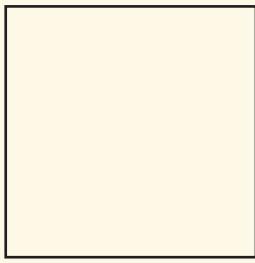
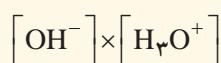
- ۳- در دما و غلظت یکسان، هر یک از شکل‌های زیر به کدام یک از محلول‌ها تعلق دارد؟ چرا؟
- آ) محلول استیک اسید ($K_a = 10^{-5}$).
 - ب) محلول هیدروبرمیک اسید (K_a بسیار بزرگ).
 - پ) محلول هیدروسیانیک اسید ($K_a = 10^{-10}$).



۴- رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی که غلظت یون هیدرونیوم آن $1 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$ است به رنگ آبی اما در خاک دیگری که غلظت یون هیدرونیوم $4 \times 10^{-9} \text{ molL}^{-1}$ است به رنگ سرخ شکوفا می‌شود. pH این دو نوع خاک را حساب کنید.

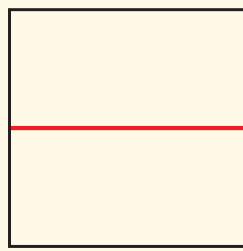


۵- دانش آموزی برای نشان دادن ارتباط بین حاصل ضرب غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با حجم محلول، شکل‌های باتات را پیشنهاد داده است.

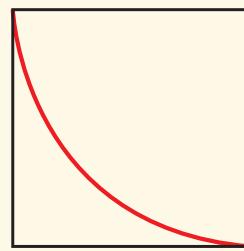


(آ) حجم محلول

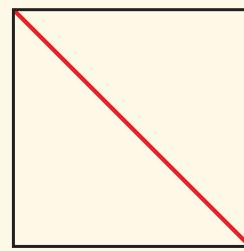
کدامیک از این شکل‌ها ارتباط بین کمیت‌های داده شده را به درستی نشان می‌دهد؟



(ت)



(پ)



(ب)

۶- در نمونه‌ای از عصاره گوجه فرنگی، غلظت یون هیدرونیوم $4 \times 10^{-6} \text{ molL}^{-1}$ برابر غلظت یون هیدروکسید است. pH آن را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.



۷- pH یک نمونه از آب سیب برابر با $\frac{7}{4}$ است. نسبت غلظت یون های هیدرونیوم به یون های هیدروکسید را در این نمونه حساب کنید.

۸- شکل های زیر 5° میلی لیتر از محلول آبی، دو حل شونده متفاوت را نشان می دهد.



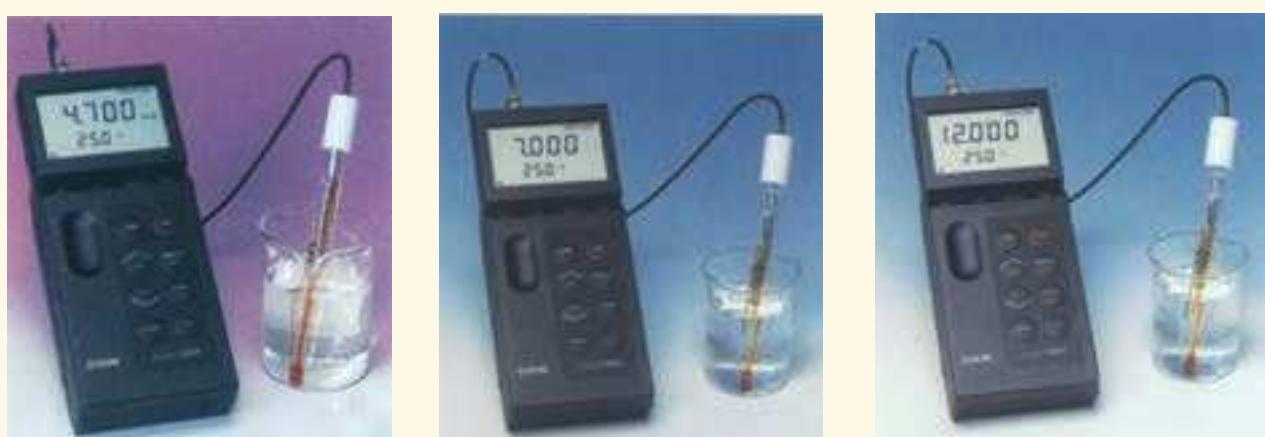
آ) این نوع حل شونده‌ها اسید آرنیوس هستند یا باز آرنیوس؟ حیر؟

ب) در چه پیونش و pH را پای ای هر یک از آنها حساب کنید (هر ذره ۱۱٪ مول از آن گونه در نظر بگیرید).

۹- HX و HY دو اسید ضعیف هستند. اگر ۱۲ گرم از HX و ۸ گرم از HY جدآگانه در یک لیتر آب حل شوند، pH این دو محلول برابر خواهد شد. با مقایسه درجه یونش آنها مشخص کنید کدام اسید قوی‌تری است؟ چرا؟

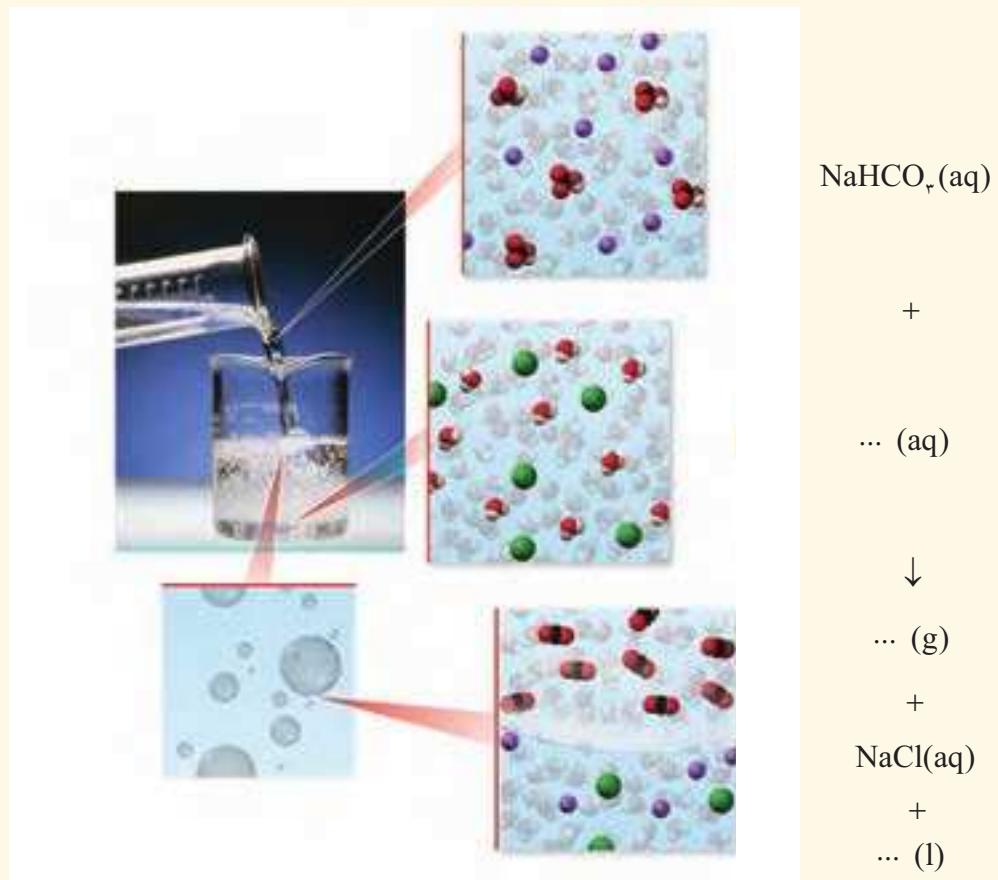
(1 mol HX = 15 g, 1 mol HY = 5 g)

۱- یک کارشناس شیمی، pH نمونه‌هایی از ۲۰۰ لیتر محلول تهیه شده (۱ و ۲) را اندازه‌گیری کرده است. حساب کنید، چه جرمی از هر ماده حل شونده به ۲۰۰ لیتر آب افزوده شده است؟ از تغییر حجم چشم پوشی کنید.



(١) ?gHNO_3 آب خالص ?gKOH (٢)

۱۱- با توجه به شکل زیر که نمای ذره‌ای از یک واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.



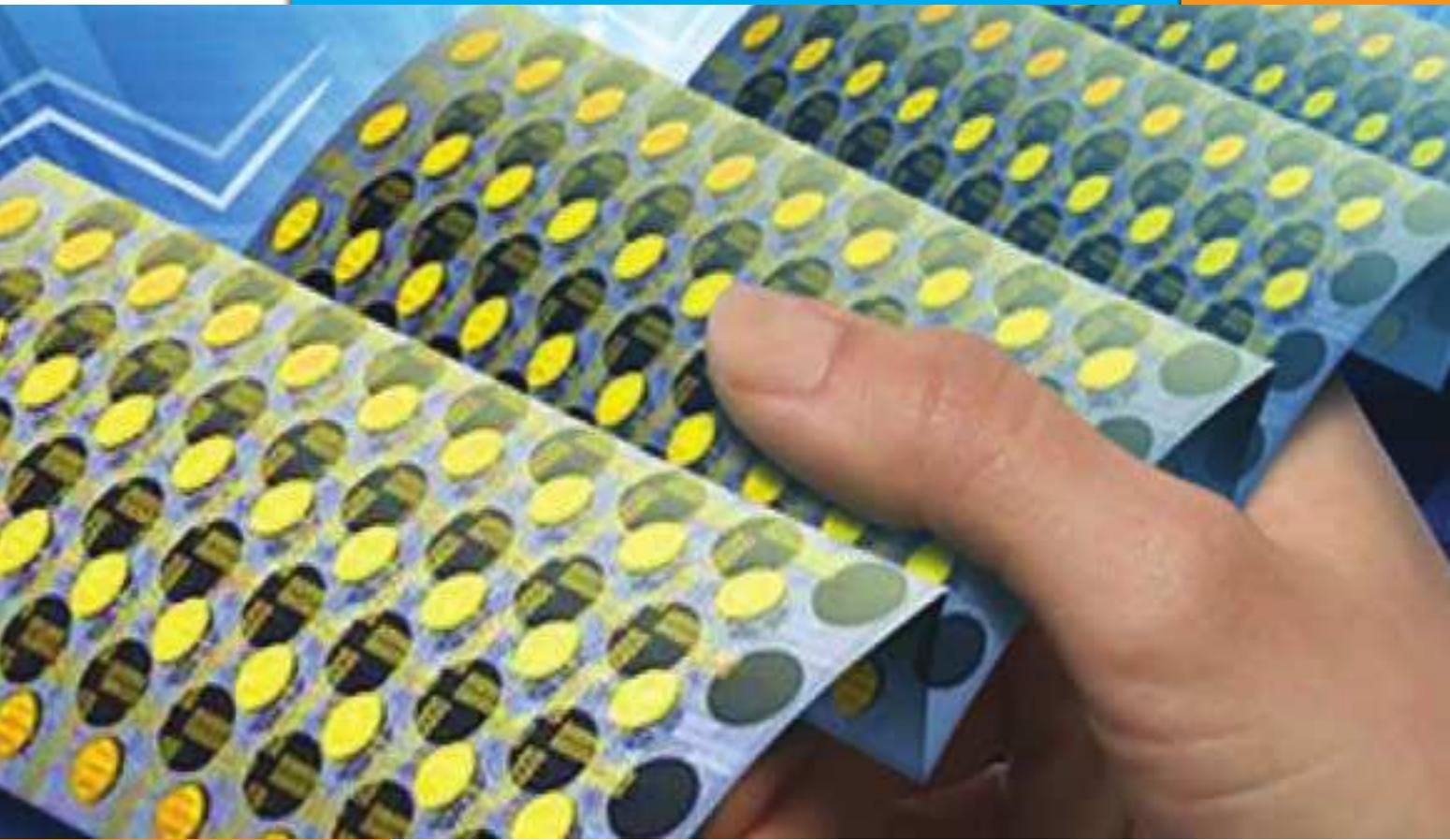
- آ) هر یک از جاهای خالی را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.
 ب) از واکنش $100 \text{ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید } / 2^{\circ} \text{ مول بر لیتر}$ با مقدار کافی از سدیم هیدروژن کربنات، چند میلی لیتر گاز کربن دی اکسید در STP تولید می‌شود؟

۱۲- ثابت یونش برای محلول‌های $\text{BOH}(\text{aq})$ و $\text{B}'\text{OH}(\text{aq})$ در دمای اتاق به ترتیب برابر با $10^{-5} / 8 \times 10^{-4}$ است.

- آ) کدامیک باز قوی‌تری است؟ چرا؟
 ب) pH کدام محلول کمتر است؟ چرا؟

فصل ۲

آسایش و رفاه در سایه شیمی



هُوَ الَّذِي يُرِيكُمُ الْبَرَقَ حَوْفًا وَ طَمَعًا... (سوره رعد، آیه ۱۲)

اوست که برق را به شما نشان می دهد که هم مایه ترس و هم مایه امید است.

پدیده‌های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می دهند که انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود. پدیده‌هایی از این دست که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشم می گیرند سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش‌های شامل داد و ستد الکترون به شکل هدفمند دنبال شود. واکنش‌هایی که مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. تولید انرژی الکتریکی پاک و ارزان دستاورده از دانش الکتروشیمی است که در سایه فناوری‌های پیشرفته، افزایش سطح رفاه و آسایش را در جهان به دنبال داشته است. الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.

رشد دانش و پیشرفت فناوری، انجام فعالیت‌های فردی، اقتصادی، صنعتی و... را آسان‌تر کرده و افزایش سطح رفاه و آسایش را به دنبال داشته است. تأمین روشنایی، گرمایش و سرمایش آسان‌تر، حمل و نقل سریع‌تر و ایمن‌تر، درمان و کاهش اثر نقص عضو و انتقال ایمن آب آشامیدنی نیم رخی از افزایش سطح رفاه و آسایش را نشان می‌دهند (شکل ۱).



شکل ۱- نمونه‌هایی از فناوری که نقش الکتروشیمی را در آسایش و رفاه نشان می‌دهند.

دو رکن اساسی تحقق این فناوری‌ها، دستیابی به مواد مناسب و تأمین انرژی است. می‌دانید که پرکاربردترین شکل انرژی در به کارگیری این فناوری‌ها انرژی الکتریکی است. الکتروشیمی^۱ شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد (شکل ۲).

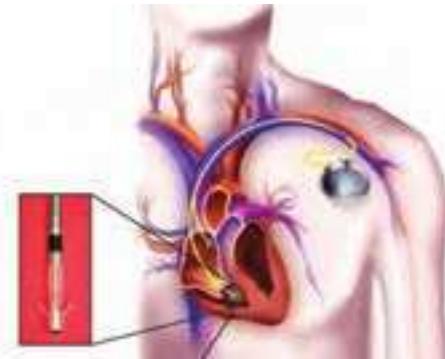


شکل ۲- برخی قلمروهای الکتروشیمی

باتری یکی از فراورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتریسیته تولید می‌کند. برای نمونه تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است (شکل ۳).

آیا می‌دانید

فاصله میان اندام‌های مصنوعی و واقعی هر روز کمتر و کمتر می‌شود و به لطف پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه ساخت باتری، ربات‌های کنترل‌شونده با مغز و هوش مصنوعی، اندام‌های مکانیکی به عضوی از بدن تبدیل می‌شوند.



شکل ۳- برخی کاربردهای باتری

از سوی دیگر ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی‌های محتوى مواد غذایی، لوازم آشپزی که در برابر خوردگی مقاوم هستند و مانع از آلوده شدن آب و مواد غذایی می‌شوند، همچنین کسب اطمینان از کیفیت تولید فراورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و... چهره‌ای دیگر از افزایش سطح رفاه و آسایش هستند. دستیابی به این موفقیت‌ها در گرو بهره‌گیری از دانش الکتروشیمی است. دانشی که می‌تواند دستاوردهای گوناگونی را برای رفاه بشر به ارمغان آورد و در ایجاد آسایش بیشتر برای مردم همچنین پیشرفت کشورمان نقش ایفا کند. برای دستیابی به این مهم نخست باید بدانید در چه واکنش‌هایی الکترون داد و ستد می‌شود؟ چگونه می‌توان از این واکنش‌ها در تأمین الکتریسیته بهره جست؟ الکتروشیمی چه نقشی در تأمین انرژی سبز و پاک دارد؟ چگونه می‌توان خواص مواد را بهبود بخشید؟



انجام واکنش با سفر الکترون

از درس علوم به یاد دارید که یکی از راه‌های بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده در فلزها، اتصال آنها در شرایط مناسب به یکدیگر است. برای نمونه با یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ LED را روشن کرد (شکل ۴).

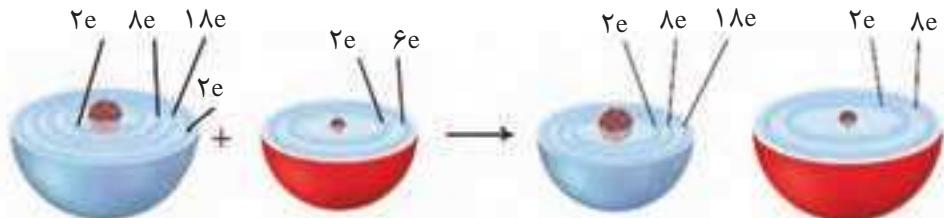


شکل ۴- باتری لیمویی

موتورسیکلت برقی و تلفن همراه نمونه‌هایی از وسایلی هستند که با انرژی ذخیره شده در باتری کار می‌کنند. در واقع باتری، مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود و موتور را به حرکت درآورد. با این توصیف شناخت نوع و شیوه انجام واکنش‌های درون باتری‌ها کمک خواهد کرد تا بتوان از واکنش‌های شیمیایی برای رفع نیازها به درستی بهره برد.

با هم بیندیشیم

اکسیژن نافلزی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می‌دهد و آنها را به اکسید فلز تبدیل می‌کند، در حالی که با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی‌دهد. شکل زیر الگوی ساده‌ای از واکنش بین اتم‌های روی و اکسیژن را با ساختار لایه‌ای اتم نشان می‌دهد.

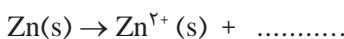


آ) کدام ساختار اتم روی و کدام یک اتم اکسیژن را نشان می‌دهد؟

ب) کدام اتم الکترون از دست داده و کدام الکترون گرفته است؟

پ) اگر گرفتن الکترون را کاهش^۱ و از دست دادن الکترون را اکسایش^۲ بنامیم، کدام گونه کاهش و کدام اکسایش یافته است؟

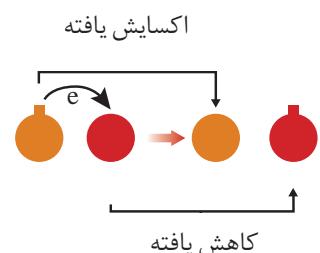
ت) شیمی‌دان‌ها هریک از فرایندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک نیم‌واکنش^۳ نمایش می‌دهند که هر نیم‌واکنش باید از لحاظ جرم (اتم‌ها) و بار الکتریکی موازن‌به باشد. اینک با قرار دادن شمار معینی الکترون، هریک از نیم‌واکنش‌های زیر را موازن‌کنید.



ث) کدام یک از نیم‌واکنش‌های بالا، نیم‌واکنش اکسایش و کدام یک نیم‌واکنش کاهش را نشان می‌دهد؟ چرا؟

ج) ماده‌ای که با گرفتن الکترون سبب اکسایش گونه دیگر می‌شود، اکسنده^۴ و ماده‌ای که با دادن الکترون سبب کاهش گونه دیگر می‌شود، کاهنده^۵ نام دارد. در واکنش روی با اکسیژن، گونه اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

دریافتیید که در واکنش‌های اکسایش-کاهش، گونه‌های شیمیایی الکترون داد و ستد می‌کنند به‌طوری که برخی گونه‌ها با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابند و در مقابل، برخی گونه‌ها با گرفتن الکترون کاهش می‌یابند.



- اکسایش: از دست دادن الکترون
- کاهش: به دست آوردن الکترون

- اغلب فلزها در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون خود را به نافلزها داده و ضمن اکسایش به کاتیون تبدیل شوند. نافلزها نیز با گرفتن یک یا چند الکترون کاهش یافته و به آئیون تبدیل کاهنده از این رو فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اکسنده هستند.

۱- Reduction

۲- Oxidation

۳- Half-Reaction

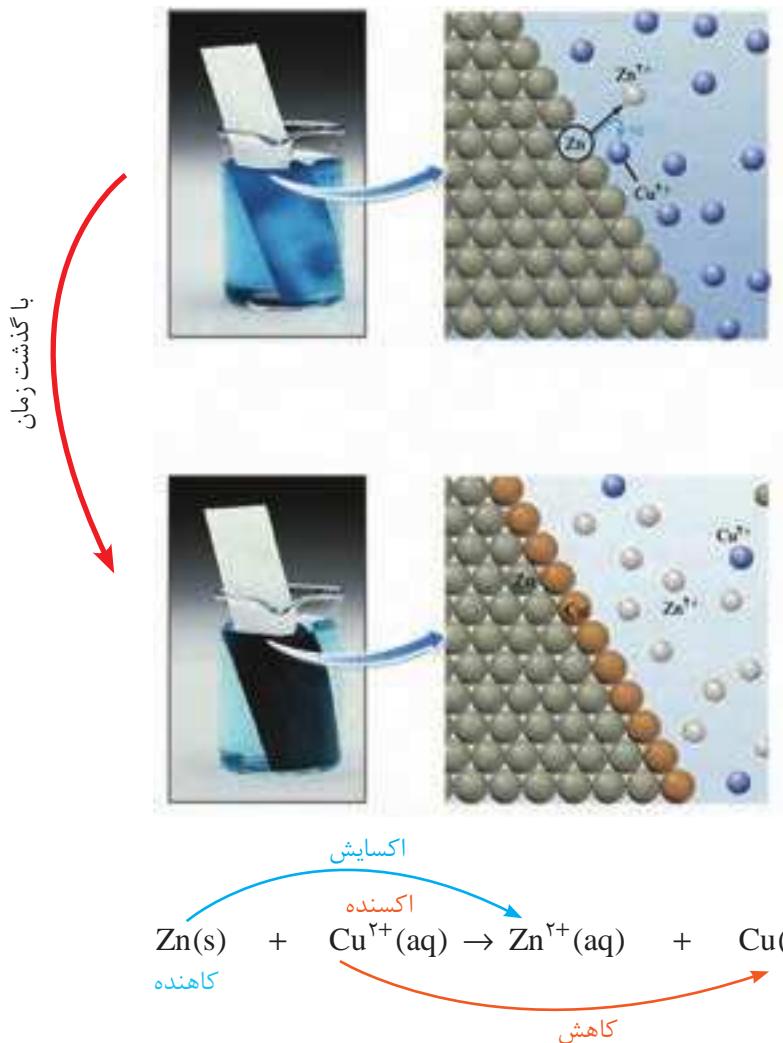
۴- Oxidant

۵- Reductant

برای نمونه هرگاه تیغه‌ای از جنس روی درون محلول مس (II) سولفات آبی رنگ قرار گیرد، به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. این تغییر رنگ نشان‌دهنده انجام واکنش شیمیایی زیر است:



در این واکنش اتم‌های روی (Zn) هر یک با از دست دادن دو الکترون به یون‌های روی (Zn^{2+}) اکسایش یافته و همزمان با آن، هر یون مس (Cu^{2+}) با دریافت همان دو الکترون به اتم مس (Cu) کاهش می‌یابد. در واکنش‌هایی از این دست، فراورده‌ها پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند (شکل ۵).



شکل ۵- واکنش فلز روی با یون‌های مس (II)

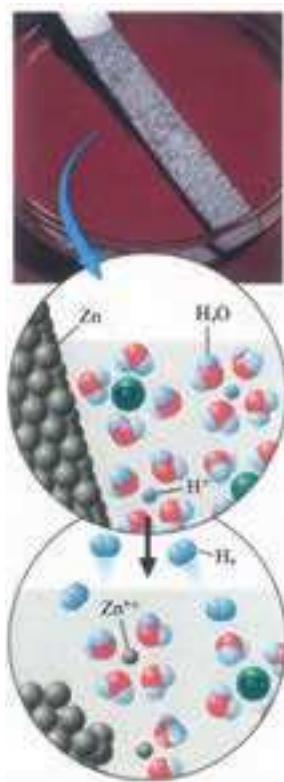
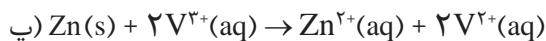
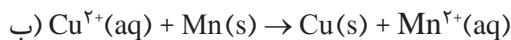
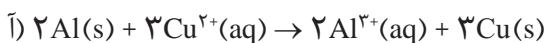
بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در هر واکنش شیمیایی هنگامی که بار الکتریکی یک گونه (atom, molecule or ion) مثبت‌تر می‌شود، آن گونه اکسایش یافته و گونه‌ای که بار الکتریکی آن منفی‌تر می‌شود، کاهش می‌یابد.

خود را بیازمایید

- ۱- اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. با توجه به این شکل که نمایی از این واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.
- آ) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ چرا؟
 - ب) نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و موازن کنید.
 - پ) نیم واکنش‌ها را با هم جمع کنید تا با حذف الکترون‌ها، معادله واکنش به دست آید.
 - ت) با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت داده شده را کامل کنید.

در این واکنش، اتم‌های روی الکترون $\frac{\text{از دست می‌دهند}}{\text{به دست می‌آورند}}$ و $\frac{\text{کاهش}}{\text{اکسایش}}$ می‌یابند و سبب کاهش یون‌های هیدروژن می‌شوند، از این روابط اتم‌های روی نقش $\frac{\text{اکسنده}}{\text{کاهنده}}$ دارند. در حالی که اکسایش یون‌های هیدروژن، الکترون $\frac{\text{از دست می‌دهند}}{\text{به دست می‌آورند}}$ و $\frac{\text{کاهش}}{\text{اکسایش}}$ می‌یابند و سبب اکسایش اتم‌های روی می‌شوند، از این رو یون‌های هیدروژن نقش $\frac{\text{اکسنده}}{\text{کاهنده}}$ دارند.

- ۲- در هریک از واکنش‌های زیر، گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



- واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید.

در میان تار نماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر در مورد سیر تحول تولید نور در فلاش عکاسی، از سوختن منیزیم تا لامپ‌های امروزی اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس گزارش کنید. در بحث خود به نقش جریان الکتریکی در نوآوری‌های مرتبط با فلاش عکاسی اشاره نمایید.

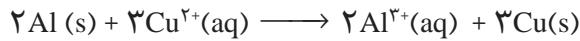
جاری شدن انرژی با سفر الکترون

در برخی واکنش‌های اکسایش - کاهش افزون بر داد و ستد الکtron، انرژی نیز آزاد می‌شود. در شیمی ۱ دیدید که فلزهایی مانند منیزیم و سدیم در اکسیژن می‌سوزند، نور و گرما تولید می‌کنند.

- در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد. در این واکنش Mg(s) با نور خیره کننده‌ای در MgO(g) می‌سوزد و به $\text{O}_2(\text{g})$ تبدیل می‌شود. در این واکنش گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



همچنین از واکنش میان فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیم با محلول مس (II) سولفات گرما آزاد می‌شود. شکل ۶، واکنش بین فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات را همراه با معادله شیمیایی آن نشان می‌دهد.



- واکنش الیاف آهن با محلول مس (II) سولفات.

شکل ۶-هنگامی که Al(s) درون $\text{CuSO}_4\text{(aq)}$ قرار گیرد، براثر واکنش اکسایش-کاهش، دمای محلول افزایش می‌یابد.

در واکنش بالا هر اتم آلومینیم سه الکترون از دست می‌دهد و اکسایش می‌یابد در حالی که هر یون مس دو الکترون می‌گیرد و کاهش می‌یابد. با این توصیف بر اساس معادله موازنۀ شده واکنش، چند الکترون میان اتم‌های آلومینیم و یون‌های مس داد و ستد می‌شود؟

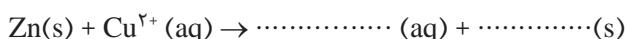
خود را بیازمایید

جدول زیر داده‌هایی را از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول مس (II) سولفات در دمای 20°C نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نام فلز	نشانه شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی ($^{\circ}\text{C}$)
آهن	Fe	۲۳
طلاء	Au	۲۰
روی	Zn	۲۶
مس	Cu	۲۰



- (آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان‌دهنده چیست؟
 (ب) هریک از واکنش‌های زیر را کامل کرده سپس گونه‌های کاهنده و اکسنده را مشخص کنید.



- (پ) با توجه به تغییر دمای هر سامانه، کدام فلز تمايل بيشتری به از دست دادن الکترون دارد؟ چرا؟
 (ت) فلزهای Fe , Au , Cu و Zn را بر اساس قدرت کاهنده‌گی مرتب کنید.
 (ث) پیش‌بینی کنید هرگاه تیغه مس درون محلول روی سولفات قرار گیرد، آیا واکنشی انجام می‌شود؟ چرا؟



- تیغه مس در محلول روی سولفات پس از مدت طولانی تغییری نمی‌کند.

آموختید که تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون در محلول‌های آبی یکسان نیست. به دیگر سخن فلزها قدرت کاهندگی متفاوتی دارند. برای نمونه فلز روی کاهنده‌تر از مس است. با این توصیف در یک واکنش اکسایش - کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می‌تواند با برخی کاتیون‌های فلزی واکنش دهد و آنها را به اتم‌های فلزی بکاهد. در واکنش‌هایی از این دست، مخلوط واکنش گرمتر می‌شود زیرا سامانه واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می‌دهد. به نظر شما آیا می‌توان این واکنش‌ها را به گونه‌ای انجام داد تا همراه با تولید گرما، از الکترون‌های داد و ستد شده برای ایجاد جریان الکتریکی استفاده کرد؟

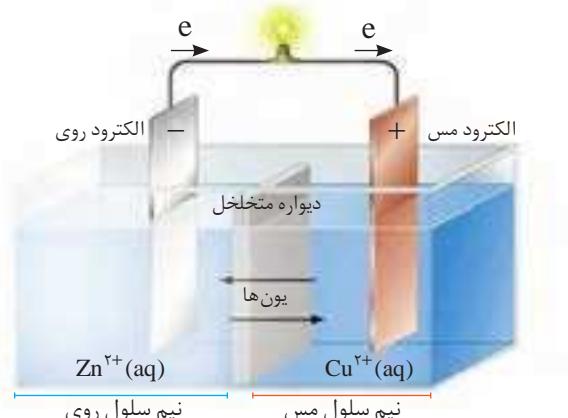
واکنش‌های شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون‌ها

برای ایجاد جریان الکتریکی باید الکترون‌ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا نمود. اگر به جای داد و ستد مستقیم الکترون بین گونه‌های اکسنده و کاهنده در یک واکنش، بتوان الکترون‌ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه‌جا کرد آنگاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش - کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود. آیا می‌دانید برای دستیابی به این هدف چه تغییری باید در شرایط و چگونگی انجام یک واکنش اکسایش - کاهش صورت گیرد؟



آیا می دانید

شواهد تاریخی نشان می‌دهد که ایرانیان باستان با ظرف‌های سفالی، قطعه‌هایی از فلز‌های آهن و مس همراه با محلول نمک خوارکی یا سرکه، دستگاهی برای تبدیل انرژی شمیابه به الکتریک، ساخته بودند.



شکل ۷- نمایی از سلول گالوانی Zn-Cu

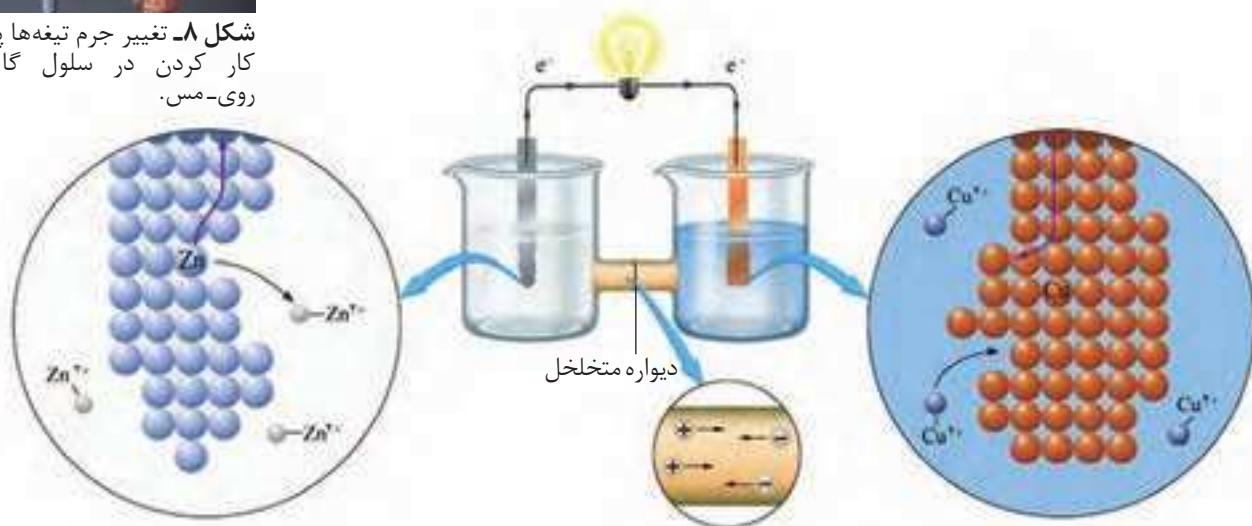


شکل ۸- تغییر جرم تیغه‌ها پس از کار کردن در سلول گالوانی روی- مس.

اگر پس از انجام واکنش، تیغه‌های روی و مس را از سلول گالوانی جدا کنید، خواهید دید که از جرم تیغه روی کاسته شده و بر جرم تیغه مس افزوده شده است (شکل ۸).

با هم بیندیشیم

شکل زیر نمای ذره‌ای از سلول گالوانی روی- مس ($Zn - Cu$) را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) نیم واکنش‌های انجام شده در هر نیم سلول و واکنش کلی سلول را بنویسید.

ب) آند^۱ الکترودی است که در آن نیم واکنش اکسایش و کاتد^۲ الکترودی است که در آن نیم واکنش کاهش رخ می‌دهد. با این توصیف، کدام الکترود نقش آند و کدام نقش کاتد را دارد؟

پ) در مدار بیرونی، حرکت الکترون‌ها در چه جهتی است؟ چرا؟

ت) توضیح دهید چرا پس از مدتی جرم تیغه روی کم و جرم تیغه مس زیاد شده است؟

آموختید که سلول گالوانی، دستگاهی است که می‌تواند بر اساس قدرت کاهنده‌گی فلزها انرژی الکتریکی تولید کند. برای نمونه در سلول گالوانی روی- مس، نیم واکنش اکسایش در آند (الکترود روی) انجام می‌شود و هر اتم روی دو الکtron از دست می‌دهد و به شکل یون روی وارد محلول می‌شود. به دلیل تولید الکtron در این الکترود آن را با علامت منفی نشان می‌دهند. الکترون‌های تولید شده در سطح الکترود روی از طریق مدار بیرونی (سیم رابط) به سوی کاتد (الکترود مس) روانه می‌شوند. هر یون مس موجود در محلول، این دو الکترون را می‌گیرد و به شکل اتم مس بر سطح تیغه می‌نشیند. انتظار می‌رود با ادامه این روند به تدریج در محلول

- نیم واکنش اکسایش را نیم واکنش آندی و نیم واکنش کاهش را نیم واکنش کاتدی می‌نامند.

۱-Anode

۲-Cathode

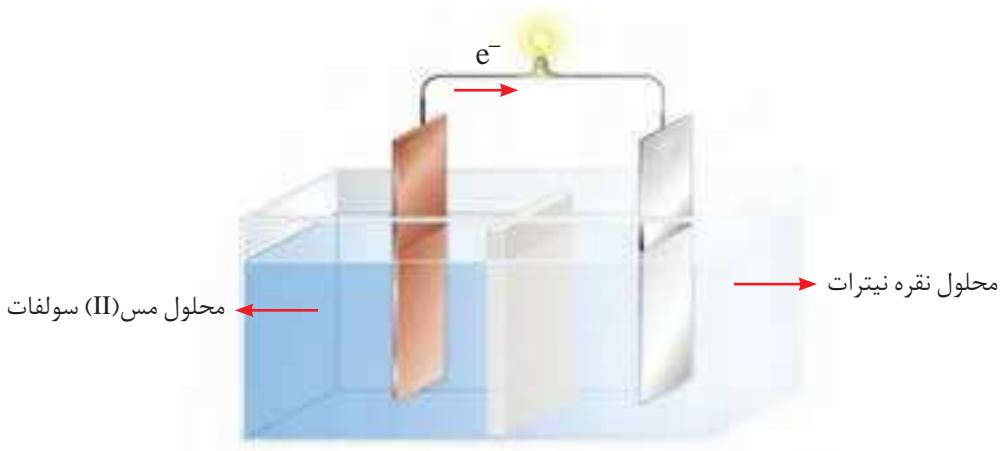
آیا می‌دانید

دیواره متخلخل از جنس سفال، خاک چینی (کائولن)، آربیست یا گرد فشرده شبشه است که از مخلوط شدن مستقیم و سریع دو الکترولیت جلوگیری می‌کند اما برخی یون‌های موجود در دو محلول می‌توانند از آن عبور کنند.

پیرامون الکترود آند، غلظت کاتیون روى از آنیون‌ها بیشتر شده اما در محلول پیرامون الکترود کاتد، غلظت آنیون‌ها از کاتیون مس بیشتر شود. جالب اینکه در عمل هیچگاه چنین پدیده‌ای رخ نمی‌دهد زیرا برای ادامه واکنش اکسایش - کاهش، محلول‌های موجود در هر دو ظرف باید از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. این مهم هنگامی امکان‌پذیر است که کاتیون‌ها از نیم‌سلول آند به کاتد و آنیون‌ها از نیم‌سلول کاتد به آند با گذر از دیواره متخلخل مهاجرت کنند.

خود را بیازمایید

شكل زیر سلول گالوانی مس - نقره ($\text{Cu} - \text{Ag}$) را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



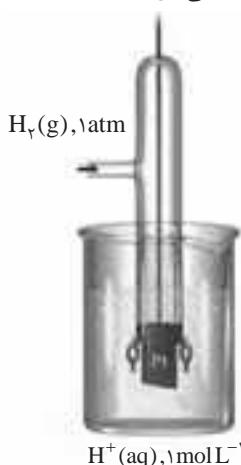
- آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.
- ب) نیم‌واکنش‌های انجام شده در آند و کاتد را بنویسید.
- پ) با انجام واکنش، جرم الکترودها چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.
- ت) جهت حرکت یون‌ها از دیواره متخلخل مشخص کنید.

با ساختار و شیوه کار سلول گالوانی آشنا شدید. سلولی که به دلیل تولید انرژی الکتریکی، ویژگی‌های یک باتری را دارد. با اینکه هر سلول گالوانی ولتاژ معینی دارد اما در آنها با تغییر هر یک از اجزای سلول، ولتاژ تغییر می‌کند. آیا می‌دانید این ولتاژ ناشی از چیست؟ چگونه می‌توان آن را اندازه‌گیری کرد؟

اگر در سلول گالوانی به جای لامپ، ولتسنج قرار گیرد، ولتاژی که ولتسنج نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌سلول است. کمیتی که به نیروی الکتروموتوری^۱ معروف است و با emf نمایش داده می‌شود. اینک می‌پرسید برای تعیین سهم هر یک از نیم سلول‌ها در ولتاژ سلول چه باید کرد؟

آیا می‌دانید

SHE شامل یک الکترود پلاتینی است که در محلولی با $\text{pH} = ۰$ و دمای 25°C قرار دارد و گاز هیدروژن با فشار 1 atm از روی آن عبور داده می‌شود.



• رتبه‌بندی فلزها براساس E° آنها در یک جدول، سری الکتروشیمیایی نامیده می‌شود.

اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به طور نسبی اندازه‌گیری شود. شیمی‌دان‌ها برای دستیابی به این هدف، نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به عنوان مبنای انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند. در ادامه با تشکیل سلول گالوانی از هر نیم‌سلول با SHE توانستند پتانسیل بسیاری از نیم‌سلول‌ها را اندازه‌گیری کرده و در جدولی ثبت کنند (جدول ۱). این اندازه‌گیری‌ها در دمای 25°C ، 25°C ، فشار 1 atm و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت‌ها انجام شده است. در این شرایط پتانسیل اندازه‌گیری شده را پتانسیل استاندارد^۱ نیم‌سلول می‌نامند و با E° نمایش می‌دهند.

جدول ۱- پتانسیل کاهشی استاندارد برای برخی نیم‌سلول‌ها

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ (\text{V})$
$\text{Au}^{\text{۳+}} (\text{aq}) + ۳\text{e}^- \rightarrow \text{Au} (\text{s})$	+ ۱/۵°
$\text{Pt}^{\text{۲+}} (\text{aq}) + ۲\text{e}^- \rightarrow \text{Pt} (\text{s})$	+ ۱/۲°
$\text{Ag}^+ (\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} (\text{s})$	+ ۰/۸°
$\text{Cu}^{\text{۲+}} (\text{aq}) + ۲\text{e}^- \rightarrow \text{Cu} (\text{s})$	+ ۰/۳۴
$۲\text{H}^+ (\text{aq}) + ۲\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 (\text{g})$	۰/۰۰
$\text{Sn}^{\text{۲+}} (\text{aq}) + ۲\text{e}^- \rightarrow \text{Sn} (\text{s})$	- ۰/۱۴
$\text{Fe}^{\text{۳+}} (\text{aq}) + ۲\text{e}^- \rightarrow \text{Fe} (\text{s})$	- ۰/۴۴
$\text{Zn}^{\text{۲+}} (\text{aq}) + ۲\text{e}^- \rightarrow \text{Zn} (\text{s})$	- ۰/۷۶
$\text{Mn}^{\text{۳+}} (\text{aq}) + ۲\text{e}^- \rightarrow \text{Mn} (\text{s})$	- ۱/۱۸
$\text{Al}^{\text{۳+}} (\text{aq}) + ۳\text{e}^- \rightarrow \text{Al} (\text{s})$	- ۱/۶۶
$\text{Mg}^{\text{۲+}} (\text{aq}) + ۲\text{e}^- \rightarrow \text{Mg} (\text{s})$	- ۲/۳۷

کاهشی
رتبه‌بندی

کاهشی
رتبه‌بندی

آیا می‌دانید

همان‌گونه که مشاهده می‌کنید در این جدول، نیم‌واکنش‌ها به شکل کاهش نوشته شده‌اند و این پیشنهاد آیوپاک برای هماهنگی در همه منابع علمی معتبر به کار می‌رود. در هر نیم‌واکنش، گونه کاهنده در سمت راست و گونه اکسیده در سمت چپ نوشته می‌شود. در این جدول علامت E° فلزهایی که قدرت کاهنده‌گی بیشتری از H_2 دارند، منفی و علامت E° فلزهایی که قدرت کاهنده‌گی کمتری از H_2 دارند، مثبت است.

خود را بیازمایید

با استفاده از جدول ۱ مشخص کنید در سلول گالوانی ساخته شده از نقره و منیزیم :

آ) کدام الکترود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟

ب) نیم واکنش های انجام شده را بنویسید و واکنش کلی سلول را به دست آورید.

پیوند با ریاضی

۱- با مراجعه به جدول ۱، هریک از جاهای خالی را پر کنید.

$$E^\circ(Cu^{2+} / \dots) = + \dots V$$

$$E^\circ(\dots / Zn) = - \dots V$$

۲- در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم سلول بالا مشخص کنید کدام یک نقش آند و کدام یک نقش کاتد را دارد؟

۳- شکل زیر سلول گالوانی استاندارد روی - مس را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش های زیر پاسخ دهید:



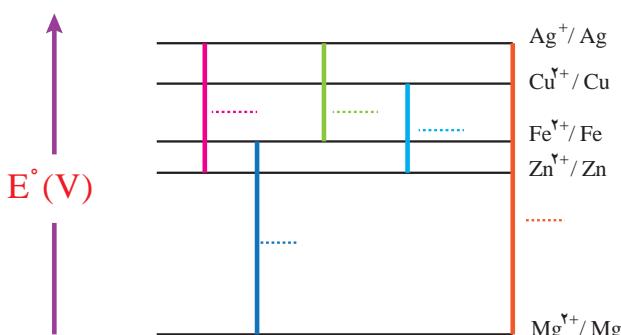
آ) این emf را از روی شکل مشخص کنید.

ب) کدام رابطه زیر برای محاسبه این کمیت به کار رفته است؟ توضیح دهید.

$$emf = E^\circ(آند) - E^\circ(کاتد)$$

$$emf = E^\circ(کاتد) - E^\circ(آندر)$$

۴- در نمودار زیر هر خط رنگی نشان دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش ها پاسخ دهید.



آیا می دانید

emf کمیتی از جنس انرژی است که آن را در فیزیک با نام نیروی محرکه الکتریکی شناختید. شیمی دانها در منابع علمی معتبر آن را با سلول نیز نشان می دهند.

E°

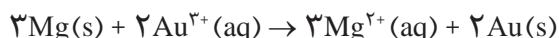
سلول

نیز نشان می دهند.

آ) نخست برای هر سلول گالوانی، آند و کاتد را مشخص کرده سپس emf را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.

ب) اگر چند نیم سلول در اختیار داشته باشد و بخواهید از آنها یک سلول گالوانی با بیشترین ولتاژ بسازید، از کدام نیم سلول‌ها استفاده می‌کنید؟ چرا؟

۵- با استفاده از جدول ۱، سلولی را حساب کنید که واکنش اکسایش - کاهش زیر در آن رخ می‌دهد.



با واکنش‌های اکسایش - کاهش و کاربرد آنها در ساخت سلول‌های گالوانی آشنا شدید. سلول‌هایی که می‌توانند به عنوان باتری، منبع تولید انرژی الکتریکی باشند. باید توجه داشت که هر باتری، ساختاری مناسب برای کاربردی معین دارد. در ادامه با برخی از آنها آشنا خواهید شد.

۰ پیوند با زندگی

لیتیم، فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی

اگر به پیرامون خود توجه کنید وسایلی را می‌یابید که با باتری کار می‌کنند. ساعت مچی و تلفن همراه از جمله وسایلی هستند که انرژی الکتریکی آنها با استفاده از باتری تأمین می‌شود. باتری‌هایی که در شکل، اندازه و کارایی با یکدیگر تفاوت آشکاری دارند اما در همه آنها با انجام شدن نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می‌شود.

با رشد و پیشرفت چشمگیر صنایع گوناگون هر روز نیاز و تقاضا پیوسته برای ساخت باتری‌ها با ویژگی‌های گوناگون و کاربرد معین افزایش یافته است. شیمی‌دان‌ها در پی پاسخ به این نیازها طی پژوهش‌های بسیاری توانستند به فناوری ساخت باتری‌های جدید دست‌یابند. در این فناوری، نقش فلز لیتیم پررنگ است زیرا لیتیم در میان فلزها، کمترین چگالی و E° را دارد. این ویژگی‌های لیتیم سبب شد راه برای ساخت باتری‌های سبک‌تر، کوچک‌تر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی هموار شود. باتری‌های لیتیمی از نوع دگمه‌ای در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون به کار می‌روند. دسته‌ای دیگر از باتری‌های لیتیمی آنهایی هستند که در تلفن و رایانه همراه به کار می‌روند و می‌توان آنها را بارها شارژ کرد (شکل ۹).





شکل ۹- نمونه‌هایی از باتری‌های لیتیمی

افزایش تقاضا برای باتری‌های لیتیمی، سبب شد این فلز جایگاه ممتازی در تأمین انرژی جهان پیدا کند به طوری که سالانه از میلیاردها باتری لیتیمی درون دستگاه‌های الکترونیک در سرتاسر جهان استفاده می‌شود و سرانجام این دستگاه‌ها به همراه باتری‌های درون خود به شکل پسماند دور ریخته می‌شوند. به این ترتیب حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی مانند تلفن و رایانه همراه، باتری‌های لیتیمی و... تولید می‌شود. این پسماندها به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند زیرا محیط زیست را آلوده می‌کنند. از سوی دیگر برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

آیا می‌دانید

در سال ۱۸۳۹ ویلیام گرو فیزیک‌دان و روزنامه‌نگار انگلیسی اصول کار سلول سوختی را کشف کرد. اما تولید سلول سوختی به سال ۱۸۸۹ توسط لودویک‌مندو چارلز لنجربرمی‌گردد. از سال ۱۹۶۰ ناسا از سلول‌های سوختی در سفینه‌های جیمینی و آپولو برای تهیه الکتریسیته و آب مورد نیاز فضانوردان استفاده کرد. در دهه هفتاد میلادی فناوری سلول سوختی در وسایل خانگی و خودروها به کار گرفته شد. از دهه هشتاد به بعد شرکت بالارد کانادا زیردریایی مجهز به سلول سوختی را ساخت. پهلوان سلول سوختی در سال ۲۰۰۰ با نیروی محرکه دوگانه (باتری خورشیدی و سلول سوختی) با توان شش ماه پرواز به بهره برداری رسید.

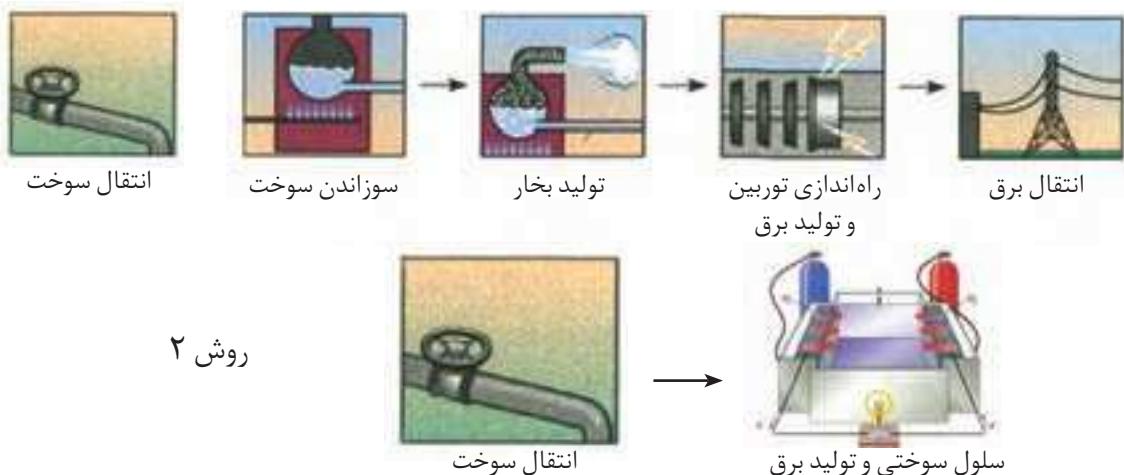
سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

سوخت‌های فسیلی رایج‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها به شمار می‌روند. از این رو استخراج و مصرف بی‌رویه این سوخت‌ها سبب شده تا از ذخایر آنها به سرعت کاسته شود. از سوی دیگر گسترش روزافرون آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، جهان را با چالشی نگران کننده رو به رو کرده است. با این توصیف، یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی به ویژه در خودروها ضروری است. **سلول سوختی**^۱ نوعی سلول گالوانی است که شیمی‌دان‌ها برای گذر از این تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط‌زیست پیشنهاد می‌دهند. این سلول‌ها افرون بر کارایی بیشتر می‌توانند ردپای کربن‌دی‌اکسید را کاهش دهند به طوری که دوستدار محیط‌زیست بوده و منبع انرژی سبز به شمار می‌روند.

خود را بیار مایید

در هر یک از روش‌های زیر مراحل تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی نشان داده شده است. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

روش ۱



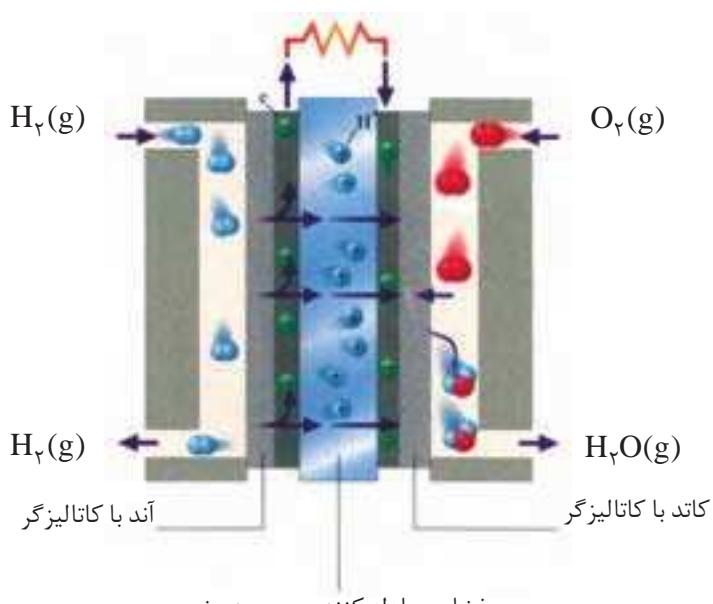
آ) در کدام روش اتلاف انرژی به شکل گرمایی بیشتر است؟ چرا؟

ب) کدام روش کارایی بالاتری دارد؟ توضیح دهید.

- سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون‌سوز، بازدهی نزدیک به 20% درصد دارد در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می‌دهد.

raig ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن - اکسیژن است. دستگاهی که در آن گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به صورت کنترل شده واکنش می‌دهد و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود (شکل ۱).

- آیا می‌دانید**
- در برخی از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور، پژوهش‌های خوبی روی سلول‌های سوختی انجام شده و موفقیت‌هایی نیز به دست آمده است. تولید توده سلول سوختی در دانشگاه شهید رجایی نمونه‌ای از آنها است.



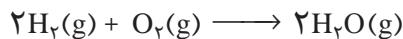
شکل ۱۰ - نوعی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن

آیا می‌دانید

مهندسان و پژوهشگران کشور در چند دانشگاه نمونه‌هایی از خودروهای برقی را طراحی کرده و ساخته‌اند این خودرو از طریق ترکیب هیدروژن و اکسیژن در سلول سوختی، انرژی خود را تأمین می‌کند. همچنین در این خودرویک باطرباتری شارژی وجود دارد.



همان‌گونه که شکل ۱۰ نشان می‌دهد هر سلول سوختی سه جزء اصلی دارد به‌طوری که شامل یک غشا، الکترود آند و الکترود کاتد است. در این سلول، آند و کاتد دارای کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش سرعت می‌بخشند. واکنش کلی در چنین سلولی به صورت زیر است:



از عملکرد این سلول پیداست که گاز هیدروژن به عنوان سوخت پیوسته وارد شده، اکسایش می‌یابد و همزمان با آن گاز اکسیژن در واکنش با سوخت کاهش می‌یابد. روندی که در معادله واکنش دیده نمی‌شود زیرا همه گونه‌های شرکت کننده در واکنش، مولکول‌های خنثی هستند و شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها در واکنش تغییر نمی‌کند. به راستی در واکنش‌هایی از این دست چگونه می‌توان گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کرد؟ شیمی‌دان‌ها با معرفی عدد اکسایش^۱ راه حل مناسبی برای حل این مشکل ارائه کردند.

با هم بیندیشیم

۱ - با توجه به واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) ساختار الکترون - نقطه‌ای گونه‌های شرکت کننده را رسم کنید.

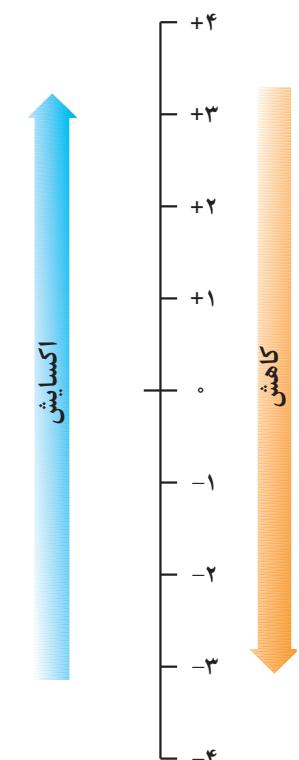
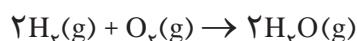


ب) در هر ساختار:

- به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم یکسان، یک الکترون به هر اتم نسبت دهید.
- همه الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت دهید.
- به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم متفاوت، هر دو الکترون را به اتم با خصلت نافلزی بیشتر نسبت دهید.

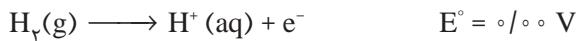
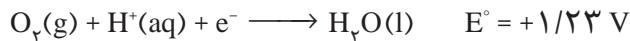
پ) الکترون‌های نسبت داده شده به هر اتم را بشمارید و آن را از شمار الکترون‌های ظرفیت همان اتم کم کنید. عدد به دست آمده عدد اکسایش اتم مورد نظر را نشان می‌دهد.

۲ - هرگاه بدانید که بیشتر شدن عدد اکسایش، نشان دهنده اکسایش یافتن و کمتر شدن آن نشان دهنده کاهش یافتن اتم‌هاست، در واکنش زیر گونه‌های اکسایش یافته، کاهش یافته، اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



- افزایش عدد اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و فرایند اکسایش است در حالی که کاهش آن به معنای به دست آوردن الکترون و فرایند کاهش است.

۳- دانش آموزی نیم واکنش های انجام شده در نوعی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن را به صورت زیر از منابع علمی معتبر استخراج کرده است.



آ) هر یک از نیم واکنش ها را موازن کنید سپس واکنش کلی سلول را به دست آورید.

ب) emf این سلول را حساب کنید.

۴- با پیشرفت علم و فناوری، سلول های سوختی تازه ای طراحی شده اند که در آنها به جای گاز خطرناک هیدروژن، گاز متان مصرف می شود. با توجه به معادله واکنش کلی زیر به پرسش ها پاسخ دهید:



آ) با تعیین عدد اکسایش اتم ها، گونه های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

ب) از دید محیط زیست گاز هیدروژن چه مزیتی نسبت به گاز متان دارد؟

• اغلب نافلزها و فلزهای واسطه عدد اکسایش گوناگونی در ترکیب های خود دارند. برای نمونه عدد اکسایش آهن در FeCl_4 و FeCl_3 به ترتیب $+2$ و $+3$ است. به همین دلیل این ترکیب ها را آهن (II)، (III) کلرید و آهن کلرید می نامند. همچنانی عدد اکسایش اتم گوگرد در SO_4 و SO_2 به ترتیب $+6$ و $+4$ است. (چرا؟)

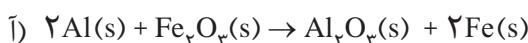
با تعیین عدد اکسایش اتم ها در یک گونه شیمیایی آشنا شدید. برای نمونه عدد اکسایش هیدروژن و اکسیژن به حالت آزاد برابر با صفر است. از این رو عدد اکسایش دیگر عنصر ها نیز به حالت آزاد مانند Fe ، Mg و Cl_2 برابر با صفر خواهد بود. در حالی که عدد اکسایش یون های تک اتمی برابر با بار الکتریکی آنهاست. برای نمونه عدد اکسایش یون اکسید و یون کلسیم در CaO به ترتیب برابر با -2 و $+2$ است. همچنانی دریافتید که با تغییر عدد اکسایش اتم ها در یک واکنش می توان گونه های اکسنده و کاهنده را تعیین کرد. روشی که به کمک آن می توان واکنش اکسایش - کاهش را از دیگر واکنش ها تشخیص داد.

خود را بیازمایید

۱- در هر مورد با تعیین عدد اکسایش مشخص کنید که آن اتم اکسایش یا کاهش یافته است؟



۲- در هر یک از واکنش های زیر با محاسبه تغییر عدد اکسایش، گونه کاهنده و اکسنده را تعیین کنید.



اینک می‌پذیرید که برای تأمین انرژی الکتریکی می‌توان از واکنش‌های اکسایش - کاهش در سلول‌های گالوانی مانند باتری‌ها و سلول‌های سوختی بهره برد. با اینکه سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند اما در آنها نیز پیوسته سوخت در شرایط کنترل شده، مصرف و جریان الکتریکی برقرار می‌شود. یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی هیدروژن - اکسیژن خودنمایی می‌کند، تأمین سوخت آنهاست. آیا با استفاده از دانش الکتروشیمی می‌توان راهی برای تولید گاز هیدروژن یافت؟

برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن

تاکنون با سلول‌هایی آشنا شدید که در آنها با انجام واکنش‌های اکسایش - کاهش انرژی تولید می‌شود. نوع دیگری از سلول‌های الکتروشیمیایی وجود دارند که با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش‌راند.

این سلول‌ها به **سلول‌های الکترولیتی**^۱ معروف هستند و **برقکافت**^۲ آب یک نمونه از واکنش‌هایی است که در آنها انجام می‌شود (شکل ۱۱).

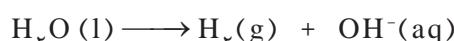


شکل ۱۱- تجزیه آب به گازهای هیدروژن و اکسیژن با مصرف انرژی الکتریکی

● آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد از این رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.

خود را بیازمایید

نیم واکنش‌های انجام شده در سلول الکترولیتی هنگام برقکافت آب به صورت زیر است:



آ) با وارد کردن نماد الکترون در هر نیم واکنش مشخص کنید کدام نیم واکنش، آندی و کدام کاتدی است؟

ب) هر یک از نیم واکنش‌ها را موازن کنید و معادله کلی واکنش را به دست آورید.

پ) پیش‌بینی کنید کاغذ pH در محلول پیرامون آند و کاتد به چه رنگی درمی‌آید؟ چرا؟

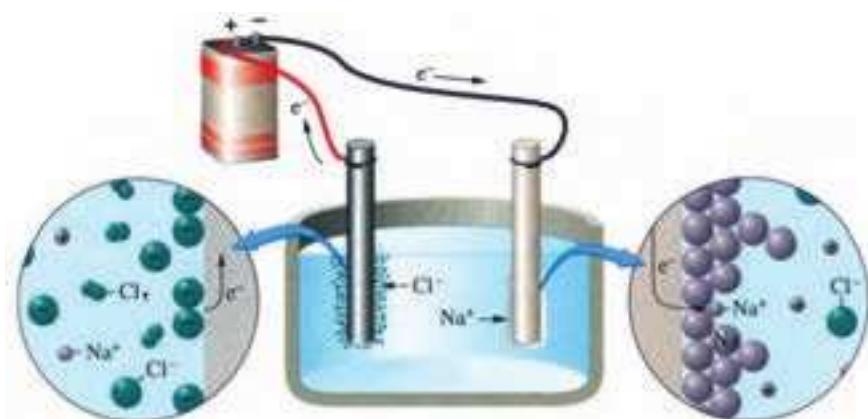
دريافتيد که در سلول الکتروليتي، دو الکترود درون يك الکتروليت قرار دارند، الکترودهایي که اغلب گرافيتی هستند. در اين سلول‌ها، کاتد الکترودی است که به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل است و الکتروليت محتوى یون‌هایي است که آزادانه جابه‌جا می‌شوند. در واقع الکتروليت، يك محلول یونی يا يك ترکيب یونی مذاب است. هنگامی که به اين سلول ولتاژ معينی اعمال شود، یون‌ها به سوی الکترود با بار ناهمنام حرکت می‌کنند. به طوری که کاتيون‌ها به سوی کاتد و آنيون‌ها به سوی آند روانه می‌شوند تا به سطح الکترودها برسند و در نيم واکنش اکسایش و کاهش شرکت کنند.

آيا می‌دانيد

سلول دانز يك سلول الکتروليتي است که در صنعت برای تهیه فلز سدیم به کار می‌رود. در این سلول، برقکافت سدیم کلرید مذاب انجام می‌شود.



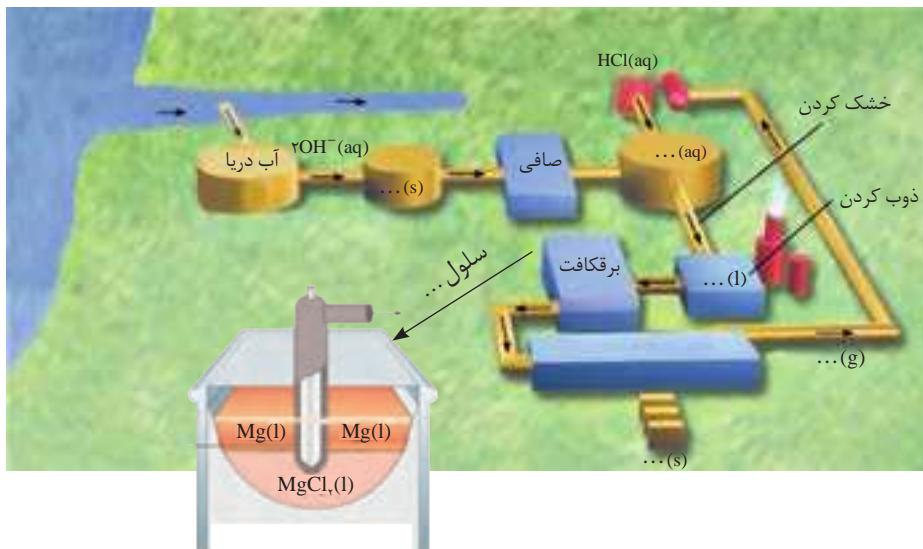
فلز سدیم يك کاهنده قوي است که در طبيعت به حالت آزاد یافت نمي‌شود، عنصری که در ترکيب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. اين واقعیت نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند. به همین دليل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. شکل ۱۲، تهیه اين فلز را از برقکافت سدیم کلرید مذاب در يك سلول الکتروليتي نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- برقکافت سدیم کلرید مذاب، با نوشتن نيم واکنش‌ها، معادله واکنش کلی را برای آن به دست آوريد.
از آنجا که دیگر فلزهای فعال نیز کاهنده‌های قوي هستند، باید آنها را همانند سدیم از برقکافت نمک مذاب آنها تهیه کرد. برای نمونه فلز منیزیم را در صنعت از برقکافت منیزیم کلرید مذاب تهیه می‌کنند.

خود را بیار مایید

شکل صفحهٔ بعد مراحل تهیه فلز منیزیم را از آب دریا نشان می‌دهد. جاهای خالی را پر کردد و درباره اين روش در کلاس گفت و گو کنيد.



تاکنون با دو نوع سلول الکتروشیمیایی آشنا شدید. در سلول گالوانی، انجام یک واکنش اکسایش-کاهش منجر به تولید انرژی الکتریکی شده اما در سلول الکتروولیتی با اعمال ولتاژ بیرونی معین، یک واکنش اکسایش-کاهش دلخواه انجام می‌شود. واکنش‌های انجام شده در هر دو سلول، مطلوب و سودمند هستند، این در حالی است که پیرامون ما واکنش‌های اکسایش-کاهش زیادی مانند سیاه شدن وسایل نقره‌ای، فساد مواد خوراکی و... انجام می‌شوند که مطلوب ما نیستند و گاهی زیان‌هایی به دنبال دارند.



- ظرف نقره‌ای در اثر انجام واکنش اکسایش-کاهش کدر می‌شود.



- ظرف نقره‌ای که در اثر انجام واکنش اکسایش-کاهش، جلامی‌باد.

خوردگی، یک واکنش اکسایش-کاهش ناخواسته

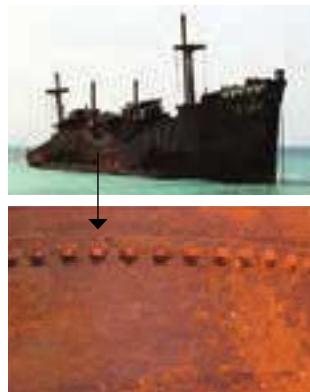
سالانه صدها میلیون تن از فلزهای گوناگون به ویژه آهن برای ساختن اسکله نفتی، اسکلت ساختمان، پل، کشتی، لوکوموتیو و راه آهن، خودرو، هواپیما و... مصرف می‌شود. هنگامی که فلزها در هوا قرار می‌گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید در می‌آیند. در فلزهایی مانند آهن با ادامه اکسایش، لایه‌ای ترد و شکننده تشکیل می‌شود که به تدریج فرو می‌ریزد. در این حالت می‌گویند فلز خورده شده است.

از آنجا که آهن پر مصرف‌ترین فلز در جهان است، خوردگی آن خسارت‌های هنگفتی به اقتصاد کشورها وارد می‌کند به طوری که سالانه حدود ۲۰ درصد از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورده شده مصرف می‌شود.

پتانسیل کاهشی اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است. با این توصیف اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آنها را اکسید کند. هنگامی که وسایل آهنی در هوای مرطوب قرار گیرند، یک واکنش اکسایش-کاهش انجام

- خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش-کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن و زنگار سبز بر سطح مس نمونه‌هایی از خوردگی هستند.

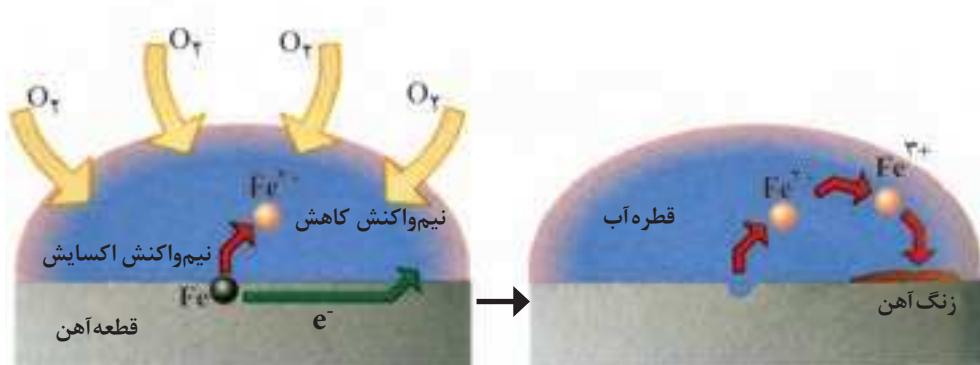
می‌شود. واکنشی که به طور طبیعی باعث اکسایش آهن می‌شود و از زیبایی و استحکام آن می‌کاهد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نمونه‌ای از زنگ زدن آهن، بدنه آهنی کشتی در مجاورت هوا و رطوبت قرار گرفته و بر سطح آن زنگ آهن تشکیل شده است. فرایندی که باعث خوردگی می‌شود.

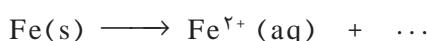
با هم بیندیشیم

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



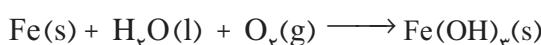
آ) چگونگی تشکیل زنگ آهن را توصیف کنید.

ب) هر یک از نیم واکنش‌های زیر را موازن کنید.

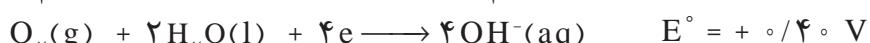
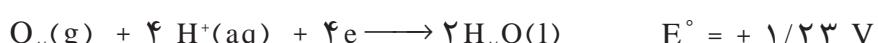


پ) با توجه به اینکه زنگ آهن حاوی یون آهن (III) است، نیم واکنش اکسایش یون آهن (II) به یون آهن (III) را بنویسید.

ت) فراورده نهایی خوردگی، زنگ آهن است. اگر فرمول شیمیایی آن را Fe(OH)_3 در نظر بگیریم، معادله واکنش زیر را به روش وارسی موازن کنید.



۲- با توجه به نیم واکنش‌های زیر توضیح دهید چرا :



آ) خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد؟

ب) با گذشت زمان فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعمق دریا همچنان درخشان باقی می‌ماند؟

پی بردید که فلزهای نجیبی مانند طلا و پلاتین حتی در محیط‌های اسیدی اکسایش نمی‌یابند اما وسایل آهنی در هوای مرطوب دچار خوردگی می‌شوند. واکنش ناخواسته‌ای که در شهرهای بندری و ساحلی بیشتر خودنمایی می‌کند. بدیهی است که ساده‌ترین راه برای جلوگیری از خوردگی آهن، ایجاد یک پوشش محافظ است تا از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری کند. پوششی که با روش‌هایی مانند رنگ زدن، قیراندود کردن و روکش دادن ایجاد می‌شود. باید توجه داشت که چنین روش‌هایی نمی‌توانند به‌طور کامل از خوردگی پیشگیری کنند زیرا به‌تدربیج رطوبت و اکسیژن از روزنه‌های این پوشش‌ها به درون نفوذ کرده و به سطح آهن می‌رسند و خوردگی دوباره آغاز می‌شود. با توجه به آنچه که آموخته‌اید چه روش دیگری پیشنهاد می‌کنید که تا حد امکان آسیب‌ها و زیان‌های خوردگی را کاهش دهد؟

○ پیوند با صنعت

فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز کاهنده‌تر در این رقابت برنده می‌شود. برای پیش‌بینی فلز برنده باید از پتانسیل کاهشی استاندارد کمک گرفت. اینک به E° فلزهای زیر توجه کنید.

$$E^\circ(\text{Cu}^{\text{2+}}/\text{Cu}) = +\text{ }0/34 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Fe}^{\text{2+}}/\text{Fe}) = -\text{ }0/44 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Zn}^{\text{2+}}/\text{Zn}) = -\text{ }0/76 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Mg}^{\text{2+}}/\text{Mg}) = -\text{ }2/37 \text{ V}$$

تصور کنید فلز روی یا منیزیم در هوای مرطوب با آهن تماس داشته باشد، با توجه به E° آنها بی‌شک روی یا منیزیم است که در رقابت برنده شده و اکسید می‌شود. اکسایشی که نشان از فداکاری آنها داشته و سبب پیشگیری از اکسایش آهن خواهد شد. این در حالی است که اگر فلز مس در تماس با آهن باشد در این رقابت، آهن دچار خوردگی می‌شود. اینک می‌بذرید که مهندسین با تکیه بر دانش الکتروشیمی توانسته‌اند روش‌های عملی و مؤثرتری برای حفاظت از آهن در محیط‌های گوناگون به کار گیرند (شکل ۱۴).



● باید توجه داشت که با گذشت زمان منیزیم اکسایش یافته و مصرف می‌شود. از این رو باید به شکل دوره‌ای تکه‌های منیزیم را تعویض کرد.



(ب)



(آ)

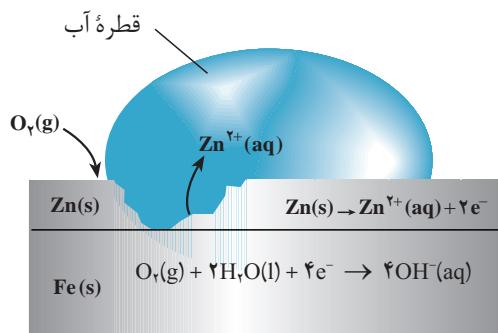
شکل ۱۴- حفاظت از آهن با منیزیم، آ) بدنه کشته ب) لوله‌های نفتی



- تانکر آب ساخته شده از آهن سفید.

فداکاری فلز روی برای حفاظت از آهن سبب شد تا در صنعت ورقه‌های آهنی با پوششی از فلز روی تهیه شود. این نوع آهن به آهن گالوانیزه^۱ (آهن سفید) معروف است و در ساخت تانکر آب، کanal کولر و... به کار می‌رود.

هنگامی که خراشی در سطح آهن گالوانیزه پدید می‌آید، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند و برای اکسایش رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز روی، اکسید شده و آهن محافظت می‌شود (شکل ۱۵).



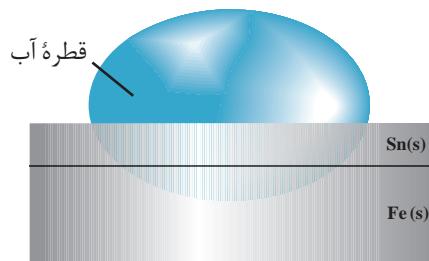
شکل ۱۵- رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه



- قوطی‌هایی از جنس حلی در اثر خراش زودتر و آسان‌تر دچار خوردگی می‌شوند.

خود را بیازمایید

شکل زیر بخشی از یک ورقه آهنی را نشان می‌دهد که با لایه نازکی از قلع پوشیده شده است. به این نوع آهن، حلی می‌گویند. از ورقه‌های حلی برای ساختن قوطی‌های روغن نباتی و کنسرو استفاده می‌شود. با مراجعه به جدول E°:



آ) در اثر ایجاد خراش در سطح این نوع آهن، کدام فلز خورده می‌شود؟ کدام فلز در برابر خوردگی محافظت می‌شود؟

ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید.

پ) توضیح دهید چرا برخلاف حلی از آهن گالوانیزه نمی‌توان برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد؟

پیوند با زندگی

در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره در و... استفاده می‌شود که فلز اصلی سازنده آنها آهن یا مس است. خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن زیبایی وسیله می‌شود و از سوی دیگر به سلامتی بدن آسیب می‌رساند. به همین دلیل، سطح اغلب این وسایل فلزی را با فلزهای مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می‌پوشانند (شکل ۱۶).

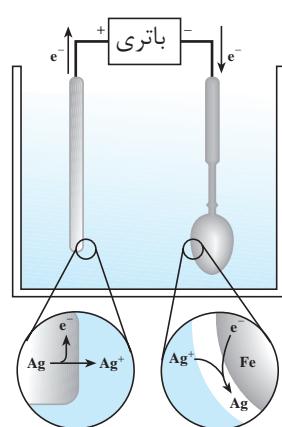


شکل ۱۶- نمونه‌هایی از برخی وسایل فلزی

پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری^۱ نام دارد. فرایندی که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود.

خود را بیازمایید

شکل زیر آبکاری یک قاشق فولادی را با فلز نقره نشان می‌دهد با توجه به آن:



- آ) قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟
 ب) نیم واکنش کاتدی را بنویسید.
 پ) چرا الکتروولیت را محلولی از نمک نقره انتخاب کرده‌اند؟

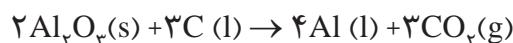
برخی فلزها با اینکه اکسایش می‌یابند اما خورده نمی‌شوند. از این فلزها می‌توان برای ساخت وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی تری استحکام خود را حفظ می‌کنند. آلومنینیم یکی از این فلزهای فعال که به سرعت در هوا اکسید می‌شود ($E^\circ = -1/66\text{ V}$). این فلز با تشکیل لایه چسبنده و مترکم Al_2O_3 از ادامه اکسایش جلوگیری می‌کند به طوری که لایه‌های زیرین برای مدت طولانی دست نخورده باقی می‌ماند و استحکام خود را حفظ می‌کند. این ویژگی آلومنینیم سبب شده که از آن در ساخت لوازم خانگی، هوپیما، کشتی و... استفاده کرد (شکل ۱۷).



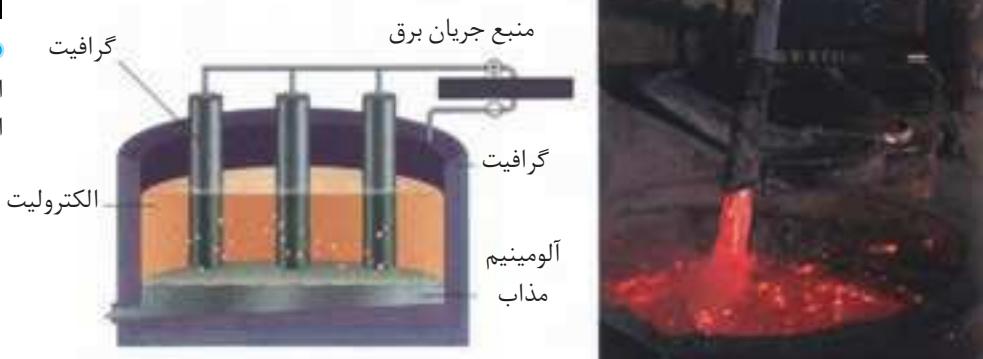
ب) قطعه‌ای از موتور خودرو
شکل ۱۷- برخی کاربردهای آلومنینیم

آ) چرخ گوشت

با این توصیف فلز آلومنینیم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است. آلومنینیم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود از این رو این فلز هم از برق‌کافت نمک‌های مذاب آن به دست می‌آید. رایج‌ترین روشی که به فرایند هال^۱ معروف است (شکل ۱۸).



- چارلز مارتین هال (۱۸۶۳-۱۹۱۴) این شیمی دان آمریکایی در ۲۳ سالگی این روش را ابداع کرد.



شکل ۱۸- فرایند هال برای تولید آلومنینیم از Al_2O_3

آیا می‌دانید

فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی هزینه بالایی دارد؛ از این رو با بازیافت فلز آلومینیم می‌توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم‌ترین منابع تجدید ناپذیر طبیعت، برخی از هزینه‌های تولید این فلز را کاهش داد. برای نمونه تولید قوطی‌های آلومینیمی از قوطی‌های کهنه فقط به ۷ درصد از انرژی لازم برای تهیه همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

آلومینیم در صنایع به طور عمده به شکل آلیاژ استفاده می‌شود. از این فلز آلیاژهای گوناگونی تهیه می‌شود. نمونه‌ای از آنها مگنالیوم است که در ساخت بدنه کشتی به کار می‌رود. درصد فلزهای سازنده این آلیاژ مطابق جدول زیر است.

خود را بیازمایید

لوحة آموزشی زیر، آبکاری یک قاشق مسی را با فلز نقره نشان می‌دهد. درباره آن در کلاس گفت و گو کنید.

فلز	درصد جرمی
Al	۸۳
Mg	۱۵
Ca	۲



تمرین‌های دوره‌ای

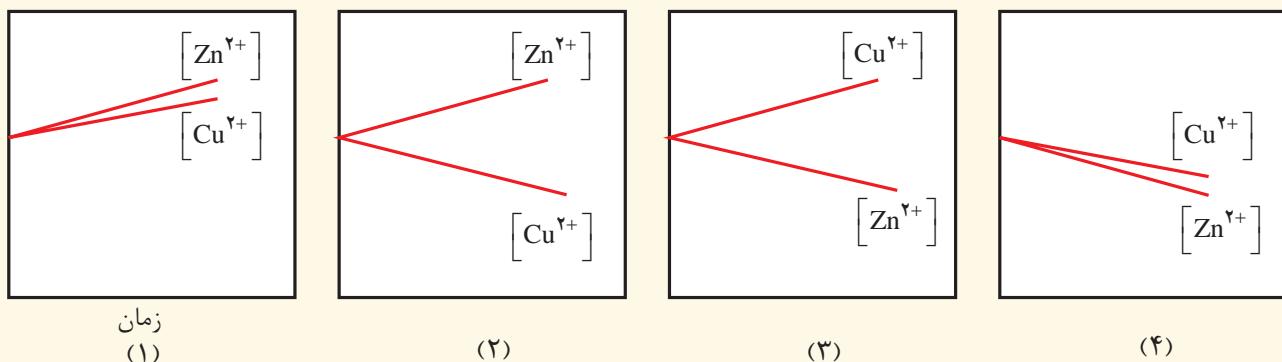
۱- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

آ) فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.

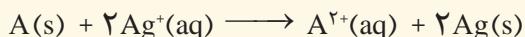
ب) فلور، اکسنده‌ترین عنصر در جدول دوره‌ای است.

پ) عدد اکسایش اکسیژن در OF_2 برابر با $+2$ است.

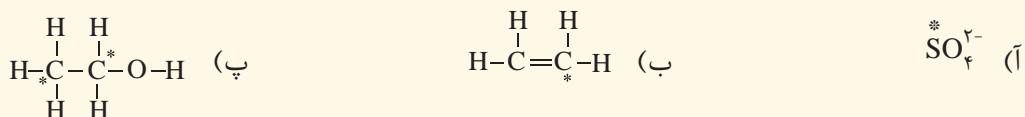
۲- با مراجعه به جدول ۱، توضیح دهید کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی-مس نشان می‌دهد.



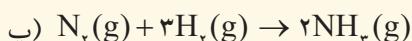
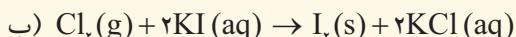
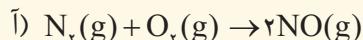
۳- سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با $1/98 \text{ V}$ است. NiM سلول A را حساب کرده و با مراجعه به جدول ۱، مشخص کنید A کدام فلز است؟



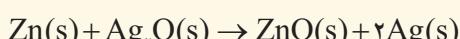
۴- عدد اکسایش اتم نشان داده شده با ستاره را مشخص کنید.



۵- در هر یک از واکنش‌های زیر گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



۶- باتری‌های روی-نقره از جمله باتری‌های دگمه‌ای هستند که در آنها واکنش زیر انجام می‌شود.



آ) گونه‌های اکسنده و کاهنده را در آن مشخص کنید.

ب) آند و کاتد را در این باتری مشخص کنید.

۷- با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

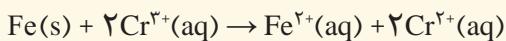
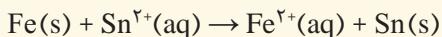
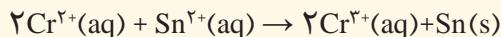
نیمه واکنش کاهاش	$E^\circ(V)$
$A^+(aq) + e^- \rightarrow A(s)$	+1/33
$B^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow B(s)$	+0/87
$C^{3+}(aq) + e^- \rightarrow C^{2+}(aq)$	-0/12
$D^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow D(s)$	-1/59

آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیفترین اکسنده است؟

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیفترین کاهاش است؟

پ) کدام گونه‌ها می‌توانند C^{2+} را اکسید کنند؟

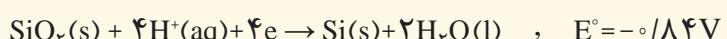
۸- با توجه به واکنش‌های زیر که به طور طبیعی انجام می‌شوند، گونه‌های کاهاش و گونه‌های اکسنده را بر حسب کاهاش قدرت مرتب کنید.



۹- با توجه به جدول پتانسیل‌های کاهاشی استاندارد توضیح دهید محلول هیدروکلریک اسید را در کدام ظرف (مسی یا آهنه) می‌توان نگه داشت؟



۱۰- شیمی دانها در برخی سلول‌های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش-کاهاش از نور بهره می‌برند و آنها را سلول نور الکتروشیمیایی می‌نامند. در نمونه‌ای از آنها که برای تهیه گاز هیدروژن از آب به کار می‌رود، با توجه به نیمه واکنش‌های زیر:



آ) نیم سلول آند و کاتد را مشخص و emf سلول را حساب کنید.

ب) یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که افزون بر emf، بازده و سرعت انجام واکنش در این سلول پایین است، با این توصیف چرا برخی استفاده از آنها را برای تهیه گاز هیدروژن مناسب می‌دانند؟

فصل ۳

شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری



إِنَّا جَعَلْنَا مَا عَلَيِ الْأَرْضِ زِينَةً لَهَا لِنَبْلُوْهُمْ أَيُّهُمْ أَخْسَنُ عَمَالًا... (سوره کهف، آيه ۷۰)



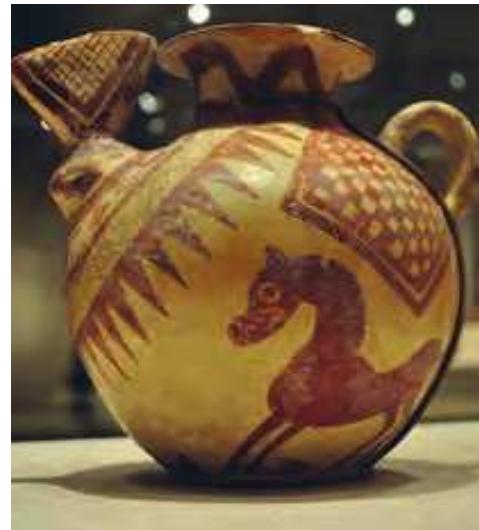
مسلمًا ما آنچه را روی زمین است، زینت زمین قرار دادیم تا آنان را آزمایش کنیم که کدامشان در عمل نیکوترند.

آفریدگار هستی به ما فرصتی به نام زندگی بخشیده است تا برای پر رنگ کردن نقش و تأثیر خود در این جهان پهناور پیوسته تلاش کنیم. تلاشی آگاهانه و هدفمند برای آفریدن آثاری جاودانه، آن چنان که آینه‌ای باشد از شکرانه امروز و سرمایه‌ای ارزشمند برای آیندگان. پویندگان چنین راهی در این پهنه، پیوسته به کشف اسرار می‌پردازند از جمله آنکه چگونه شمار بسیاری ماده با رفتارهای گوناگون، تنها از شمار معینی اتم با آرایش و چیدمانی نظام مند پدید آمده‌اند. شیمی دانشی است که به ما کمک می‌کند تا هوشمندانه از مواد در خلق آثاری هنرمندانه، زیبا و ماندگار بهره ببریم.

انسان از دیر باز مواد ضروری برای زندگی خود را از خوان نعمت‌های الهی گستردۀ شده در جای جای زمین تأمین کرده و برای رفع نیاز آنها را تغییر داده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در تغییر این مواد، افزون بر محیط و شیوهٔ زندگی، آیین‌ها، آداب و رسوم و حتی ادبیات و افسانه‌ها نیز نقش داشته‌اند. با این توصیف، هر یک از آثار به جای مانده از گذشتگان در جهان را می‌توان نمادی از هنر زمان خویش دانست که افرون بر زیبایی، بازتابی از ماندگاری آن اثر نیز به شمار می‌رود (شکل ۱).



پ) مجسمهٔ موآی در جزیرهٔ ایستر



ب) سفالینه‌ای از ایران باستان



آ) تنگ آبخوری دورهٔ ساسانی

شکل ۱- نمونه‌های فلزی، سفالی و سنگی به جای مانده از گذشتگان

بدیهی است که مواد اولیه برای ساخت چنین آثاری افزون بر فراوانی و در دسترس بودن، باید واکنش‌پذیری کم، استحکام زیاد و پایداری مناسبی داشته باشند. توجه کنید که عمر طولانی این آثار، تأییدی بر این ویژگی‌ها است و هر چه عمر یادگار به جا مانده بیشتر باشد، گفتنی‌های بیشتری با خود دارد، گفتنی‌هایی که اسرار هنر، زیبایی و ماندگاری را فاش می‌کند. با رشد و پیشرفت علوم به ویژه شیمی، پرده از این اسرار برداشته شد تا پایه‌ای برای ساخت سازه‌ها و بناهای امروزی و در خورستایش فراهم گردد.

شیمی‌دان‌ها در گام نخست نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازندهٔ آثار به جا مانده را بررسی کردند، سپس با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری دست یابند. موادی با خواص ویژه که کاربردهای معین داشتند. برخی بر این باورند که چنین موادی را می‌توان مبنای کار و کلید موفقیت طراحان، هنرمندان و مهندسان برای خلق سازه‌های زیبا و ماندگار امروزی دانست.

آیا می‌دانید

خاکرس از نخستین مواد در دسترس بشر به شمار می‌رود. این مخلوط به دلیل تفاوت در نوع و مقدار اجزای سازنده بسیار متنوع است، به طوری که فراورده‌های آن گستره‌ای از آجر تا ظروف چینی را در بر می‌گیرد. سفال معروف به جادوی آب و خاک از کهن‌ترین دست سازه‌های انسان است که از خاکرس ساخته می‌شود.

خود را بیازمایید

خاک رس مخلوطی از مواد گوناگون است. جدول زیر درصد جرمی^۱ مواد سازنده نوعی خاک رس^۲ را نشان می‌دهد که از یک معن طلا استخراج شده است.

- درصد جرمی هر ماده در نمونه، گرم آن ماده را در صد گرم از نمونه نشان می‌دهد.

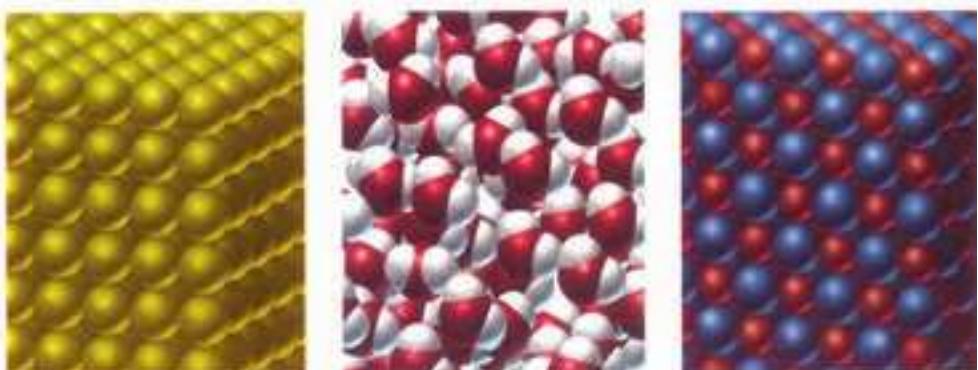
ماده	درصد جرمی	SiO _۲	Al _۲ O _۳	H _۲ O	Na _۲ O	Fe _۲ O _۳	MgO	Au و دیگر مواد
۴۶/۲۰	۳۷/۷۴	۱۳/۳۲	۱/۲۴	۰/۹۶	۰/۴۴	۰/۱	۴۶/۲۰	درصد جرمی

- با توجه به داده‌های جدول به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
 - آ) نام شیمیایی هر یک از مواد موجود در این نوع خاک را بنویسید.
 - ب) سرخ فام بودن این نوع خاک رس را به وجود کدام ماده نسبت می‌دهید؟
 - پ) پیش‌بینی کنید هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از این نوع خاک رس، از جرم کدام ماده به مقدار بیشتری کاسته می‌شود؟ چرا؟

- اگر اجزای این مخلوط نخست جداسازی شده سپس خالص‌سازی شوند، پیش‌بینی کنید ساختار ذره‌ای هریک از این اجزا در حالت خالص و جامد (به جز SiO_۲) با کدام الگوی زیر همخوانی دارد؟ چرا؟



نمونه‌ای از نقشکندر روی سنگ در گنجنامه همدان.



(پ)

(ب)

(آ)

- با مواد سازنده نوعی خاک رس آشنا شدید که مخلوطی از اکسیدها را دربرمی‌گیرد. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که SiO_۲ افرون برخاک‌های رس، یکی از سازنده‌های اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و نیز شن و ماسه است. وجود این ماده باعث استحکام و ماندگاری سازه‌های سنگی و نقشکندهای روی آنها شده است. آیا می‌دانید چه ساختاری باعث این رفتار ویژه می‌شود؟

۱- Mass Percent

۲- Clay

سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است به طوری که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند، از این رو سیلیس^۱ (SiO_2)، فراوان‌ترین اکسید در این لایه از سیاره ما به شمار می‌رود. کوارتز^۲ از جمله نمونه‌های خالص و ماسه از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است.

از شیمی^۲ به یاد دارید که Si_{14} ، شبه فلزی از خانواده کربن است، از این روشاید تصور کنید که ساختار سیلیسیم مانند کربن است و سیلیس ساختاری همانند کربن دی اکسید دارد! (شکل ۲).

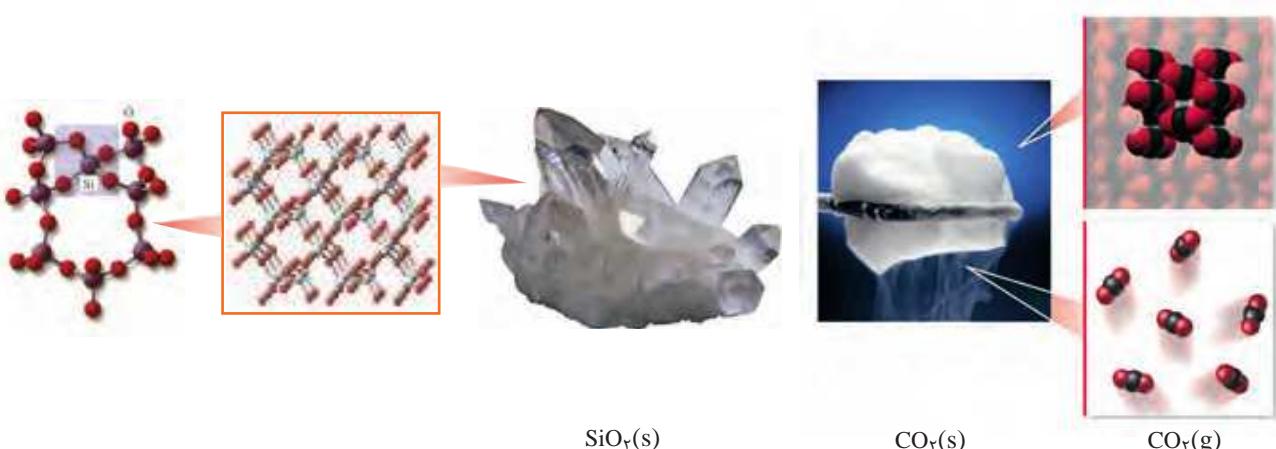


شکل ۲- نمونه‌ای از سیلیسیم، سیلیس و یخ خشک

برای آشکار شدن این موضوع باید ساختار هر یک از آنها را بررسی و با یکدیگر مقایسه کرد.

با هم بیندیشیم

۱- با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.



۱- Silica

۲- Quartz

● پختن نان سنگک بر روی دانه های درشت سنگ را می توان نشانه ای از مقاومت گرمایی سیلیس دانست.

آ) از شیمی ۱ به یاد دارید که مواد مولکولی در ساختار خود مولکول های مجزا دارند. کدام ماده جزو مواد مولکولی است؟

ب) ماده کووالانسی مجموعه ای از اتم های بسیاری است که با هم پیوندهای اشتراکی دارند. بر این اساس کدام ماده، کووالانسی است؟

آیا می دانید

سختی یک کانی، میزان مقاومت آن را در برابر خراشیده شدن نشان می دهد و با یکای موس (Mohs) سنجیده می شود. الماس و کوارتز از سخت ترین مواد موجود در طبیعت هستند که به ترتیب درجه سختی ۷ و ۶ دارند.

آیا می دانید

فرایند ذوب یک ماده خالص در دما و فشار معین رخ می دهد که در آن دما و فشار، ماده از حالت جامد به مایع تبدیل می شود. در این فرایند، میانگین انرژی جنبشی ذره های سازنده ماده در حالت جامد (اتم ها در جامد کووالانسی و مولکول ها در ماده مولکولی) به تدریج افزایش می یابد تا جایی که ذره ها می توانند با لغزیدن روی یکدیگر، از جایی به جای دیگر حرکت کنند. در این شرایط حالت مایع پدید می آید.

۲- پیش بینی کنید کدام ماده:

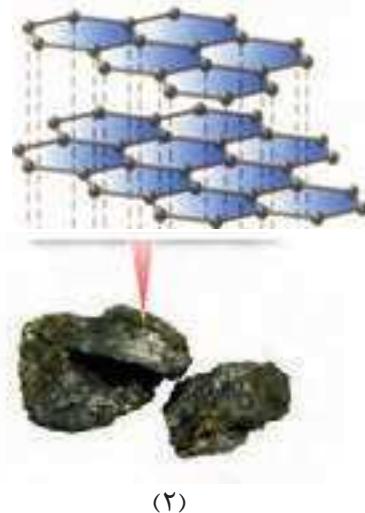
آ) سخت تر است؟ چرا؟

ب) نقطه ذوب پایین تری دارد؟ چرا؟

دريافتيد که موادی مانند کربن دی اکسید و آب، مواد مولکولی به شمار می روند زیرا ذره های سازنده آنها مولکول های مجزا هستند، اما موادی مانند سیلیس، شامل شمار بسیار زیادی از اتم های سیلیسیم و اکسیژن با پیوندهای اشتراکی Si-O-Si بوده و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول آساست. ساختاری که دلیلی بر سختی بالا و دیرگذار بودن چنین موادی است. از آنجا که این مواد در دما و فشار اتفاق به حالت جامد هستند، آنها را با نام جامد کووالانسی نیز می خوانند. یافته های تجربی نشان می دهد که عنصرهای اصلی سازنده جامد های کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم هستند، دو عنصری که از آنها تاکنون یون تک اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است، زیرا اتم های C^{14} و Si^{14} با تشکیل پیوندهای اشتراکی به آرایش الکترونی هشت تابی می رسند.

خود را بیاز مایید

۱- گرافیت و الماس از جمله دگر شکل های طبیعی کربن بوده که جزو جامد های کووالانسی هستند. با توجه به ساختارهای زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



- آ) کدام ساختار، جامد کووالانسی با چینش دو بعدی اتم‌ها و کدام یک، جامد کووالانسی با چینش سه بعدی اتم‌ها را نشان می‌دهد؟
- ب) با توجه به اینکه گرافیت موجود در مغز مداد بر روی کاغذ اثر به جا می‌گذارد، کدام ساختار با این ویژگی همخوانی دارد؟ توضیح دهید.
- پ) چرا در ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه از الماس استفاده می‌شود؟
- ت) کدام چگالی (۲/۲۷ یا ۵/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) را به گرافیت می‌توان نسبت داد؟ چرا؟



نقش زیبای مداد بر کاغذ.

۲- با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

Si-Si	C-C	پیوند
۲۲۶	۳۴۸	میانگین آنتالپی (kJmol⁻¹)

- آ) اگر سیلیسیم خالص ساختاری همانند الماس داشته باشد، پیش‌بینی کنید نقطه ذوب الماس بالاتر است یا سیلیسیم؟ چرا؟
- ب) اگر آنتالپی پیوند O-Si-Si بیشتر از پیوند Si-Si و ساختار SiO₄ با (s) مشابه باشد، توضیح دهید چرا سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به طور عمدی به شکل سیلیس یافت می‌شود؟



شکل ۳- مدل گلوله و میله برای نمایش گرافن.

گرافن، گونه‌ای به ضخامت یک اتم

گرافن، تک لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش گوشه تشکیل داده‌اند (شکل ۳). چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام ویژه‌ای دارد به طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است. از آنجا که ضخامت گرافن به اندازه یک اتم کربن است، می‌توان آن را یک گونه شیمیایی دو بعدی دانست و انتظار می‌رود شفاف و انعطاف‌پذیر باشد. یافته‌های تجربی نیز این ویژگی‌های گرافن را تأیید می‌کنند. یک روش ساده برای تهیه گرافن استفاده از گرافیت و نوار چسب نازک برای جدا کردن لایه‌هایی از آن است (شکل ۴).



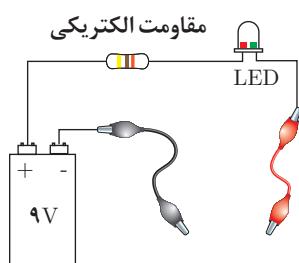
شکل ۴- تهیه گرافن با استفاده از نوار چسب

در این روش، نخست مقداری گرد گرافیت را بین دو تکه نوار چسب فشار می‌دهند. سپس یکی از نوارچسب‌ها را جدا می‌کنند. به این ترتیب لایه‌هایی از گرافیت روی سطح چسبنده نوارچسب قرار می‌گیرد. در ادامه، این نوارچسب را به سطح چسبنده نوارچسب سوم چسبانده، فشار می‌دهند و از هم جدا می‌کنند تا لایه نازک‌تری از گرافیت روی نوار چسب سوم باقی بماند. با ادامه این کار لایه‌ای به ضخامت نانومتر در برخی قسمت‌های نوار چسب باقی می‌ماند که همان گرافن است.

در میان تارنمایها

با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره کاربردهای گرافن اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

کاوش کنید ۱



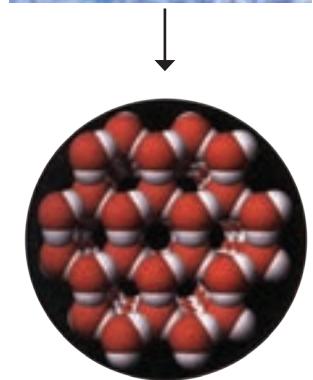
درباره «رسانایی الکتریکی گرافن» کاوش کنید.

وسایل و مواد مورد نیاز: لامپ LED، باتری ۹ ولتی، سیم، سوکت، مقاومت 33Ω اهمی، مداد و کاغذ.

- ۱- مداری مطابق شکل روبرو بسازید.
- ۲- با یک مداد نرم، چهار گوشه‌ای ضخیم و تیره روی کاغذ بکشید، به طوری که حدود 3 cm تا 4 cm سانتی‌متر طول و حدود $1/5\text{ cm}$ سانتی‌متر عرض داشته باشد، سپس مستطیل را با مداد به طور کامل سیاه کنید.
- ۳- نوک فلزی دو سیم رابط را با مستطیل گرافیتی که ضخامتی در حدود چند نانومتر دارد تماس دهید سپس به لامپ نگاه کنید، چه رخ می‌دهد؟
- ۴- دو نقطه اتصال را به هم نزدیک یا از هم دور کنید، چه تغییری در شدت روشنایی لامپ پدید می‌آید؟

سازه‌های یخی، زیبا با ظاهری سخت اما زودگداز

با ساختار و رفتار سیلیس به عنوان نماینده‌ای از جامد‌های کووالانسی آشنا شدید. ماده‌ای که در حالت خالص و تراش خورده، شفاف، زیبا و سخت است. یخ نیز ظاهری شبیه به آن دارد به طوری که سازه‌های یخی شفاف بوده و هنر به کار رفته در آنها، خود جلوه‌گر زیبایی است (شکل ۵).



شکل ۵- نمونه‌هایی از سازه‌های یخی

می‌دانید مولکول‌های H_2O در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه بُعدی با تشکیل حلقه‌های شش گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. در این ساختار هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوندهای هیدروژنی متصل است. این در حالی است که در سیلیس همه اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند.

خود را بیازمایید

- دانه برف یک سازه یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های شش گوشه است.

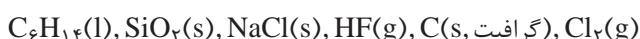
۱- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

در ساختار یک جامد $\frac{\text{کووالانسی}}{\text{مولکولی}}$ ، میان $\frac{\text{همه}}{\text{شمار معینی از}} \text{ اتم‌ها}$ پیوندهای اشتراکی وجود

دارد به همین دلیل چنین موادی نقطه ذوب $\frac{\text{بالایی}}{\text{پایینی}}$ دارند و دیرگداز هستند.

- اغلب ترکیب‌های آلی جزو مواد مولکولی هستند.

۲- واژه‌های شیمیایی رایج مانند مادهٔ مولکولی، فرمول مولکولی و نیروهای بین مولکولی را برای توصیف کدام مواد زیر می‌توان به کار برد؟ چرا؟



آیا می‌دانید

دربافتید که مولکول‌ها، واحدهای سازندهٔ مواد مولکولی هستند، واحدهای مجزایی که شامل دو یا چند اتم با پیوندهای اشتراکی بوده و نقشی کلیدی در تعیین خواص و رفتار این دسته از مواد دارند. رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آنها بستگی دارد. برای نمونه آنتالپی تبخیر و نقطه جوش یک ترکیب مولکولی به حالت مایع

- هر نمونه از گاز نجیب حاوی اتم‌هایی با برحمنش‌های واندروالس است، به همین دلیل گازهای نجیب، مواد مولکولی به شمار می‌روند. گویی هر نمونه از گاز نجیب از مولکول‌های تکاتمی تشکیل شده است.

به نیروهای بین مولکولی آن وابسته است، در حالی که رفتار شیمیایی آن به طور عمدۀ به پیوندهای اشتراکی (جفت الکترون‌های پیوندی) و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.

رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها

در شیمی ۱ آموختید که ساختار لوویس، الکترون‌های ظرفیت اتم‌های سازنده یک گونهٔ شیمیایی را طوری نمایش می‌دهد که هر اتم بر اساس توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی می‌کند به جز اتم هیدروژن که تنها یک جفت الکtron پیوندی یا یک پیوند اشتراکی پیرامون آن نمایش داده می‌شود. توزیع این جفت الکترون‌ها در هر مولکول نقش مهمی در تعیین رفتار آن به ویژه در میدان الکتریکی دارد.

ساده‌ترین مولکول‌ها، دواتمی هستند. مولکول‌هایی مانند H_2 و Cl_2 که از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند، **مولکول دو اتمی جور هستهٔ ۱** نامیده می‌شوند. چنین مولکول‌هایی در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، به دیگر سخن، گشتاور دو قطبی آنها صفر بوده و مولکول‌های ناقطبی هستند. از سوی دیگر مولکول‌های دو اتمی مانند HCl ، **مولکول دواتمی ناجور هستهٔ ۲** بوده و قطبی هستند. شکل ۶، توزیع الکترون‌ها را بر اساس نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی برای این مولکول‌ها نشان می‌دهد.

آیا می‌دانید

نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی ابزاری مناسب برای بررسی تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازنده یک گونهٔ شیمیایی است. این نقشه‌ها به شیمی‌دان‌ها کمک می‌کنند تا واکنش‌پذیری، قدرت اسیدی، قدرت بازی و... را برای گونه‌های شیمیایی پیش‌بینی و با یکدیگر مقایسه کنند.



مثبت

منفی

ب) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است، گویی بیشتر وقت خود را آنجا می‌گذراند، از این رو احتمال حضور آنها روی هسته‌ها، یکسان و متقاض است.

آ) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی پیرامون هسته اتم کلر بیشتر بوده زیرا خاصیت نافلزی آن بیشتر است، از این رو احتمال حضور الکترون‌های پیوندی روی هسته‌ها، یکسان و متقاض نیست.

شکل ۶-نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون‌های دواتمی آنچور هستهٔ ب) جور هسته. رنگ سرخ تراکم بیشتر و رنگ آبی تراکم کمتر بار الکتریکی را نشان می‌دهد.

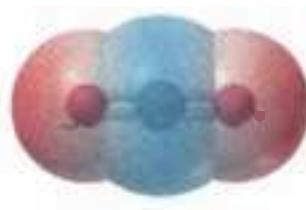
۱- Homonuclear Diatomic Molecule
۲- Heteronuclear Molecule

آیا می‌دانید

شیمی دانه‌دار مباحث نظری برای توجیه بارهای الکتریکی جزئی در یک گونه شیمیابی از یک کمیت نسبی به نام الکترونگاتیوی بهره می‌گیرند. کمیتی که برای اتم‌های یک عنصر در گونه‌های شیمیابی مختلف، متفاوت است.

براساس شکل ۶، توزیع یکنواخت و متقارن الکترون‌ها در مولکول‌های دو اتمی جو هسته، نشانه ناقطبی بودن آن است در حالی که در مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته، توزیع الکترون‌ها یکنواخت نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازنده آن یکسان نیست، در این شرایط به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیشتر است، بار جزئی^۱ منفی ($-\delta$) و به دیگری بار جزئی مثبت ($\delta+$) نسبت می‌دهند. بدیهی است چنین مولکول‌هایی گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند.

آیا می‌دانید نقشهٔ پتانسیل مولکول‌های سه اتمی چگونه است؟ شکل ۷، دو نمونه از این نقشه‌ها را نشان می‌دهد.



(ب)



(آ)

شکل ۷- نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی (آ) آب، (ب) کربن دی‌اکسید

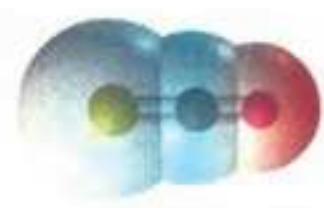
در مولکول خطی کربن دی‌اکسید، تراکم بار الکتریکی بر روی اتم‌های اکسیژن بیشتر از اتم کربن است، از این رو به اتم‌های اکسیژن بار جزئی منفی ($-\delta$) و به اتم کربن بار جزئی مثبت ($\delta+$) نسبت داده می‌شود، هر چندکه به دلیل توزیع متقارن بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی، این مولکول در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند و گشتاور دوقطبی آن صفر است. اگر چه در مولکول خمیده آب تراکم بار الکتریکی روی هسته اتم اکسیژن بیشتر است اما این مولکول برخلاف کربن دی‌اکسید در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند (چرا؟).

- در مولکول خطی سه اتمی، هسته هر سه اتم سازنده آن بر روی یک خط راست قرار دارند.

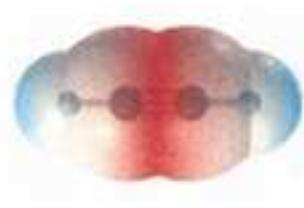
- یکی از عواملی که می‌تواند تقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را در مولکول‌های چند اتمی به هم بزند، وجود جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی است.

خود را بیازمایید

۱- شکل زیر نقشهٔ پتانسیل مولکول‌های کربونیل سولفید (SCO) و اتین (C_2H_6) را نشان می‌دهد. با توجه به آنها گشتاور دوقطبی کدام مولکول برابر با صفر است؟ چرا؟

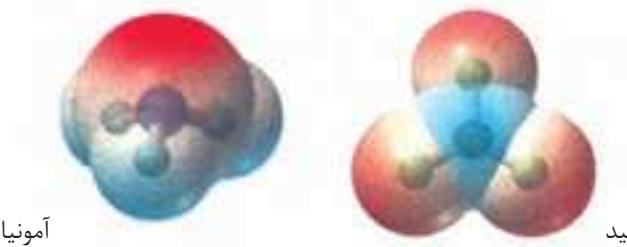


کربونیل سولفید



اتین

۲- با توجه به نقشهٔ پتانسیل مولکول‌های آمونیاک و گوگردتری اکسید به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) با بیان دلیل، هر یک از اتم‌ها را در نقشه‌های بالا با $(\delta+)$ و $(\delta-)$ نشان دار کنید.

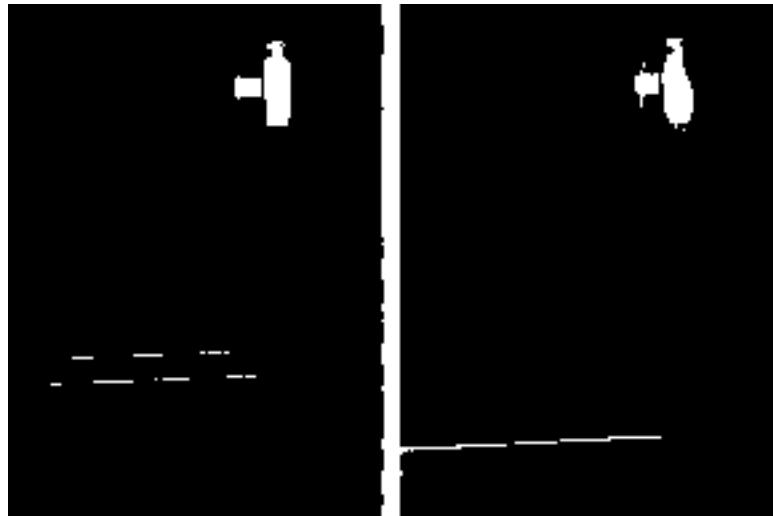
ب) کدام مولکول قطبی و کدام ناقطبی است؟ چرا؟

۳- با توجه به شکل‌های زیر با دلیل پیش‌بینی کنید کدام مایع، کلروفرم (CHCl_3) و کدامیک

کربن‌تتراکلرید (CCl_4) است؟

آیا می‌دانید

کلروفرم، مایعی بی‌رنگ بوده که بخار آن سمی و اعتیاد‌آور است. در گذشته از آن به عنوان مادهٔ بیهودهٔ کنندهٔ بیمار در اتاق عمل استفاده می‌شد.



هنرمنایی شاره‌(سیال)‌های مولکولی و یونی برای تولید برق

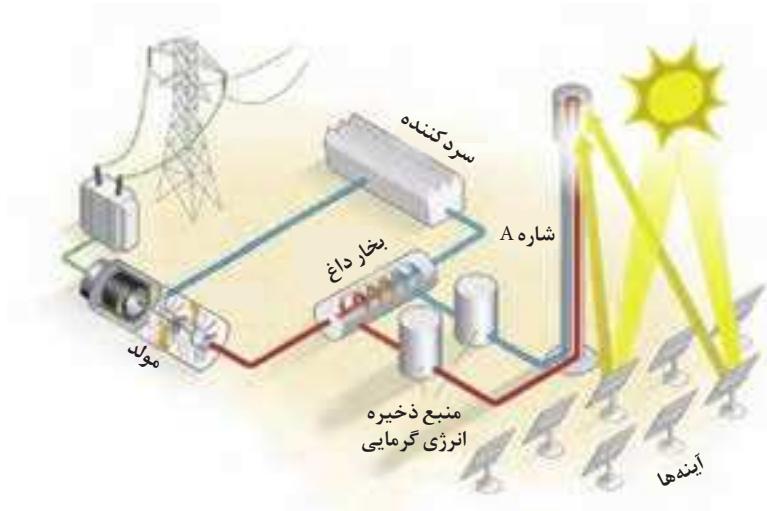
خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی برای زمین است. منبعی تجدیدپذیر که انرژی خود را با پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل می‌دارد. بدیهی است که بهره‌گیری بیشتر از این انرژی پاک، کاهش ردپای زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت. دانشمندان برای استفاده بهینه از انرژی خدادادی و رایگان خورشید به دنبال فناوری‌هایی هستند که بتوانند بخشی از آن را ذخیره نموده و به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخه مصرف نمایند (به‌ویژه شب‌هنگام که نیاز به آن بیشتر احساس می‌شود). گفتنی است که برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتریکی به دانش و فناوری پیشرفت‌نه نیازمند است، از این رو تنها در برخی کشورهای توسعه یافته انجام می‌شود.

با هم بیندیشیم

شکل زیر نمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



نمایی از مجتمع فناوری تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی.



۱- مشخص کنید هر یک از جمله‌های زیر، توصیف کدام بخش از این فناوری است؟

- آ) پرتوهای خورشیدی را روی برج گیرنده متمرکز می‌کنند.
- ب) شاره‌ای بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود.
- پ) شاره‌ای که توربین را به حرکت در می‌آورد.

۲- با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

نقطه جوش (°C)	نقطه ذوب (°C)	ماده
-۱۹۶	-۲۱	N ₂
۱۹	-۸۳	HF
۱۴۱۳	۸۰۱	NaCl

آ) کدام ماده در گسترهٔ دمایی کمتری به حالت مایع است؟ چرا؟

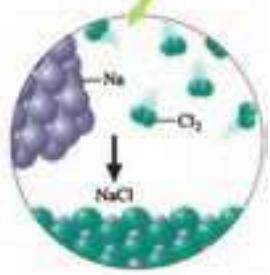
ب) کدام ماده را به جای شاره A پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟

۳- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، جمله زیر را کامل کنید.

مطابق یک قاعدهٔ کلی هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک مادهٔ خالص $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ باشد،

آن ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازندهٔ

$\frac{\text{قوی تر}}{\text{ضعیف تر}}$ است.



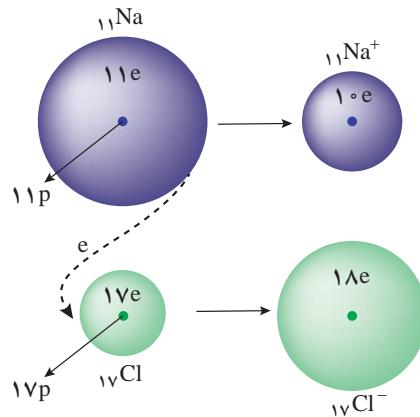
از واکنش فلز سدیم با گاز کلر، جامد یونی سفید رنگی بر جای می‌ماند که همان نمک خوارکی است. نور و گرمای زیاد آزاد شده در این واکنش نشان می‌دهد که بسیار گرماده است.

دریافتید که با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرنده برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شاره یونی) افزایش می‌یابد و این شاره بسیار داغ به منبع ذخیره انرژی گرمایی سرازیر می‌شود تا حتی در روزهای ابری و شب‌هنجام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. بخار داغ، توربین را برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت در می‌آورد.

داده‌های تجربی نشان می‌دهند که گسترهٔ دمایی سدیم کلرید مذاب در این فناوری در حدود $135^{\circ} - 185^{\circ}$ است، گسترهٔ دمایی که برای مواد مولکولی نمی‌توان انتظار داشت! آیا می‌دانید این ویژگی نشان‌دهنده چه نوع نیروی جاذبه میان ذره‌ها است؟ و چه ساختاری برای سدیم کلرید تصویر می‌کند؟

چینش زیبا، منظم و سه بعدی یون‌ها در جامد یونی

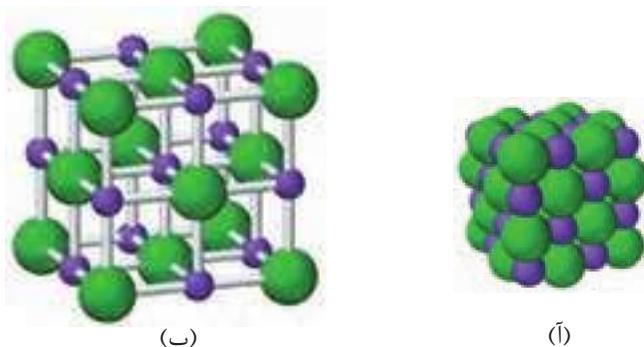
می‌دانید که هر ترکیب یونی دوتایی را می‌توان فراوردهٔ واکنش یک فلز با یک نافلز دانست، واکنشی که در آن اتم‌ها با یکدیگر الکترون دادوستد می‌کنند. در واکنش‌هایی از این دست، اتم فلز با از دست دادن الکترون و اتم نافلز با به دست آوردن الکترون، به ترتیب به کاتیون و آئیون تبدیل می‌شوند. شکل ۸، دادوستد الکترون میان اتم‌های سدیم و کلر را هنگام تشکیل سدیم کلرید نشان می‌دهد.



شکل ۸- دادوستد الکترون میان اتم‌ها. چرا شعاع اتم‌ها هنگام تبدیل به یون تغییر می‌کند؟

پس از دادوستد الکترون و تشکیل یون‌ها، میان یون‌های ناهمنام، نیروی جاذبه و میان یون‌های همنام، نیروی دافعه پدید می‌آید. اگر هر یک از یون‌ها همانند کره‌ای باردار باشد، انتظار می‌رود نیروهای جاذبه و دافعه از همهٔ جهت‌ها به آن وارد شود، به دیگر سخن این نیروها به شمار معینی از یون‌ها محدود نشده بلکه میان همهٔ آنها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود. وجود سدیم کلرید و دیگر جامد‌های یونی در طبیعت نشان می‌دهد که نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهمنام بر نیروهای دافعه میان یون‌های همنام غالب است، آن چنان که شمار بسیار زیادی از یون‌ها به سوی یکدیگر کشیده می‌شوند. چنین روندی، دلیل پدید آمدن

آرایش منظمی از یون‌ها در سه بعد و تشکیل شبکه بلوری جامد یونی است (شکل ۹).



شکل ۹- آرایش یون‌ها در شبکه بلوری سدیم کلرید (آ) فضا پرکن (ب) گلوله و میله

با کمی دقت در شکل ۹، در می‌یابید که آرایش یون‌ها در سرتاسر شبکه بلوری سدیم کلرید به عنوان نمایندهً جامد‌های یونی از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند، به طوری که هر کاتیون با شمار معینی آنیون و هر آنیون با شمار معینی کاتیون احاطه شده است. به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهمنام موجود پیرامون هریون در شبکه بلور، عدد کوئوردیناسیون^۱ می‌گویند، بنابراین عدد کوئوردیناسیون هر یک از یون‌های Na^+ و Cl^- در بلور سدیم کلرید با هم مساوی و برابر با ۶ است (چرا؟).

- واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به کار می‌رود.

- فرمول شیمیایی هر ترکیب یونی، ساده‌ترین نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های سازنده آن را نشان می‌دهد.

آیا می‌دانید

در بسیاری از ترکیب‌های یونی عدد کوئوردیناسیون کاتیون و آنیون یکسان نیست. کلسیم فلوئورید از جمله آنها است. در این ترکیب یونی عدد کوئوردیناسیون کاتیون، ۸ و عدد کوئوردیناسیون آنیون، ۴ است.

با هم بیندیشیم

۱- توضیح دهید چرا برای توصیف ترکیب‌های یونی در منابع علمی معتبر هیچ‌گاه واژه‌هایی

مانند مولکول و فرمول مولکولی به کار نمی‌رود؟

۲- جدول زیر اندازهٔ شعاع برخی یون‌های متداول را در مقایسه با اندازهٔ اتم سازنده آنها نشان

می‌دهد. در مورد این جدول با یکدیگر گفت‌وگو کنید و روندهای موجود در آن را توضیح دهید.

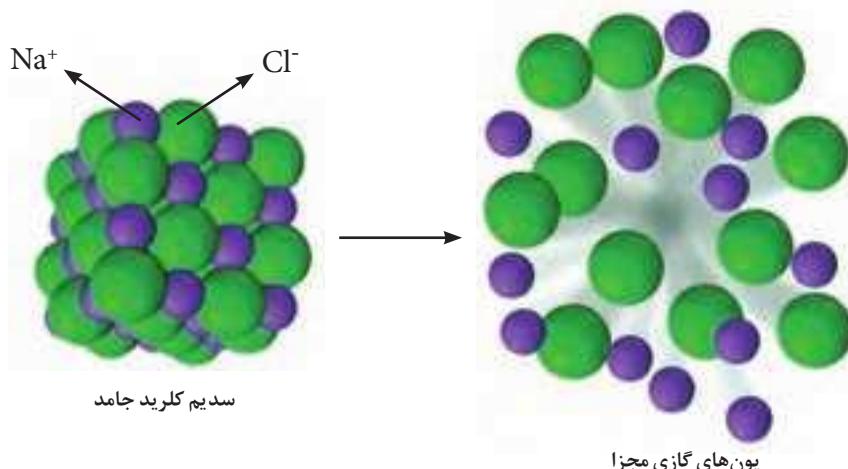
۱	۲	۱۶	۱۷	گروه دوره
Li $1+ \quad 152, 76$		O $2- \quad 73, 140$	F $1- \quad 71, 133$	دوم
Na $1+ \quad 186, 102$	Mg $2+ \quad 160, 72$	S $2- \quad 102, 184$	Cl $1- \quad 99, 181$	سوم

۳- اگر هریون را کره‌ای باردار در نظر بگیرید، چگالی بار هم ارز با نسبت بار به حجم آن است. کمیتی که می‌تواند برای مقایسه میزان برهم‌کنش میان یون‌ها به کار رود. نسبت ساده‌تری که می‌توان به کاربرد، نسبت مقدار بار یون به شعاع آن است. با این توصیف جدول زیر را کامل کنید و به پرسش‌ها پاسخ دهید.

کاتیون	شعاع (pm)	آنیون	نسبت بار به شعاع	کاتیون	شعاع (pm)	آنیون	نسبت بار به شعاع
Na^+	۱۰۲	F^-	$9/80 \times 10^{-3}$	K^+	۱۸۱	Cl^-	$7/24 \times 10^{-3}$
Mg^{2+}	...	O^{2-}	$2/77 \times 10^{-3}$	Ca^{2+}	۱۸۴	S^{2-}	$1/09 \times 10^{-2}$

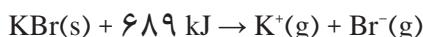
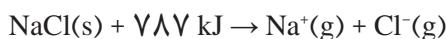
- آ) چگالی بار کدام کاتیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟
 ب) چگالی بار کدام آنیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟
 پ) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه قوی‌تر است؟ چرا؟
 ت) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه ضعیفتر است؟ چرا؟

اینک می‌پذیرید که نوع و بار یون‌ها و در نتیجه قدرت نیروی جاذبه میان آنها در شبکه بلوری، کلیدی برای درک رفتار آنهاست. هر چه نیروی جاذبه میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکه یونی بیشتر بوده و برای فروپاشی آن یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر به انرژی بیشتری نیاز است. شکل ۱۰، فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید و تبدیل آن به بون‌های گازی مجزا

انرژی لازم برای فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید برابر با 787 kJ mol^{-1} بوده و بیشتر از پتانسیم برمید (689 kJ mol^{-1}) است، زیرا چگالی بار یون‌های سازنده شبکه در سدیم کلرید به ترتیب بیشتر از یون‌های سازنده در پتانسیم برمید است. در شیمی می‌توان چنین مقایسه‌ای را با دو معادله واکنش به صورت زیر نمایش داد:



گرمای مصرف شده در فشار ثابت برای واکنش‌هایی از این دست را آنتالپی فروپاشی شبکه

می‌نامند و با $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$ نمایش می‌دهند. بنابراین:

$$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(\text{NaCl,s}) = +787 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(\text{KBr,s}) = +689 \text{ kJ mol}^{-1}$$

خود را بیازمایید

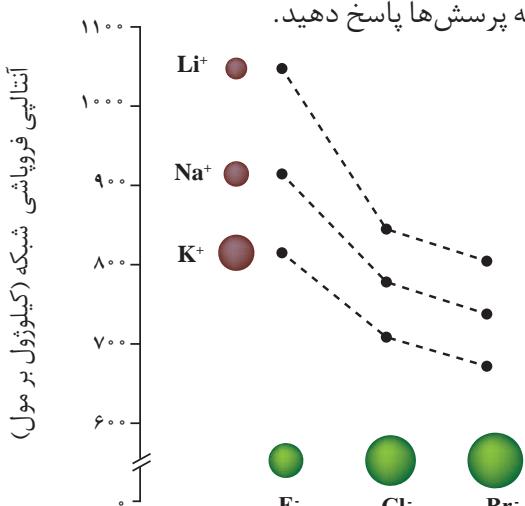
۱- در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، هر یک از عبارت‌های زیر را کامل کنید:

- آ) آنتالپی فروپاشی، گرمای $\frac{\text{آزاد}}{\text{صرف}}$ شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک مول $\frac{\text{گرم}}{\text{مول}}$ از شبکه یونی و تبدیل آن به $\frac{\text{اتم‌های}}{\text{یون‌های}}$ گازی سازنده است.
- ب) هر چه $\frac{\text{بار}}{\text{چگالی بار}}$ یون‌های سازنده یک جامد یونی کمتر باشد، شبکه آن $\frac{\text{آسان‌تر}}{\text{دشوار‌تر}}$ فروپاشیده می‌شود.

۲- با توجه به داده‌های متن درس پیش‌بینی کنید کدام آنتالپی فروپاشی شبکه را می‌توان

به KCl(s) نسبت داد؟ چرا؟ 717 kJ mol^{-1} ، 649 یا 1037 .

۳- با توجه به نمودار زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟
توضیح دهید.

ب) با افزایش شعاع آنیون هالید، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

۴- با توجه به جدول زیر که آنتالپی فروپاشی شبکه را برای برخی ترکیب‌های یونی نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آنیون \ کاتیون	F ⁻	O ²⁻
Na ⁺	۹۲۶	۲۴۸۸
Mg ^{۲+}	۲۹۶۵	۳۷۹۸

آ) درباره درستی جمله زیر گفت و گو کنید.
«آنتالپی فروپاشی شبکه هم با بر الکتریکی کاتیون و هم با بر الکتریکی آنیون، رابطه مستقیم دارد.»

ب) آیا می‌توان میان آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطه ذوب جامد‌های یونی رابطه‌ای در نظر گرفت؟ توضیح دهید.

فلزها، عنصرهایی شکل‌پذیر با جلایی زیبا

مواد از جمله فلزها همواره برای زندگی انسان و ادامه آن ضروری و ارزشمند بوده‌اند به‌طوری که تمدن‌های آغازی نیز بر اساس گسترهٔ کاربری آنها نام‌گذاری شده‌اند.

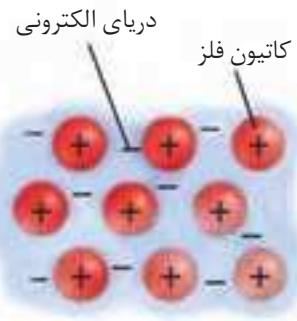
پس از دورهٔ سنگی، در دورهٔ برنز و سپس آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشمگیری شدند و این خود نشان از جایگاه بر جستهٔ فلزها در تمدن بشری دارد. این عنصرها هنوز هم کلید رشد، گسترش و ارتقای کیفیت زندگی به شمار می‌روند، آن‌چنان که بسیاری باور دارند پایداری جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است.

می‌دانید که فلزها بخش عمدی از جدول دوره‌ای را تشکیل می‌دهند، عنصرهایی که در هر چهار دستهٔ s، p، d و f جای داشته‌اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند.

داشتن جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری از جمله رفتارهای فیزیکی فلزها بوده در حالی که واکنش‌پذیری و تنوع اعداد اکسایش از جمله رفتارهای شیمیایی آنهاست.

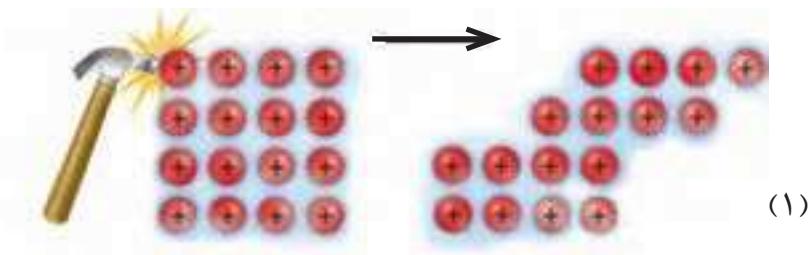
به نظر شما این رفتارها از چه ساختاری سرچشمه می‌گیرند؟ شبکه بلوری فلزها با ساختار مواد کووالانسی، مولکولی و یونی چه تفاوت‌هایی دارد؟

با هم بیندیشیم

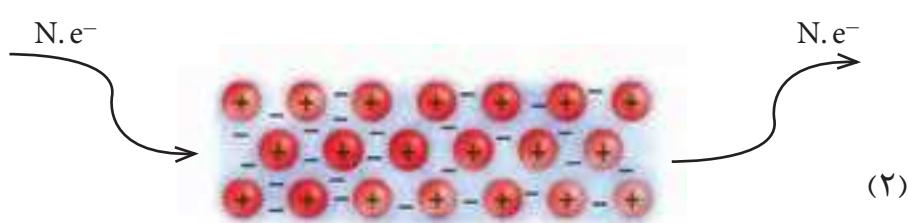


۱- این شکل یک الگوی ساده از شبکه بلوری فلزها را نشان می‌دهد که برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی آنها ارائه شده و به مدل دریای الکترونی^۱ معروف است. براساس این مدل، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است که در فضای میان آنها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم، دریابی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند. با این توصیف به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

- آ) پیش‌بینی کنید کدام الکترون‌ها (درونی-ظرفیت)، دریای الکترونی را می‌سازند؟ چرا؟
 ب) کدام ویژگی دریای الکترونی سبب می‌شود که هر الکترون موجود در آن را نتوان تنها متعلق به یک اتم معین دانست؟
 پ) درباره درستی جمله زیر با یکدیگر گفت‌وگو کنید.
 «دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند.»
 ۲- با توجه به شکل‌های داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(۱)



(۲)

- آ) هر یک از شکل‌ها نشان دهنده کدام رفتار فیزیکی فلز است?
 ب) رفتار فلز را در هر یک از این دو شکل با توجه به الگوی دریای الکترونی توجیه کنید.

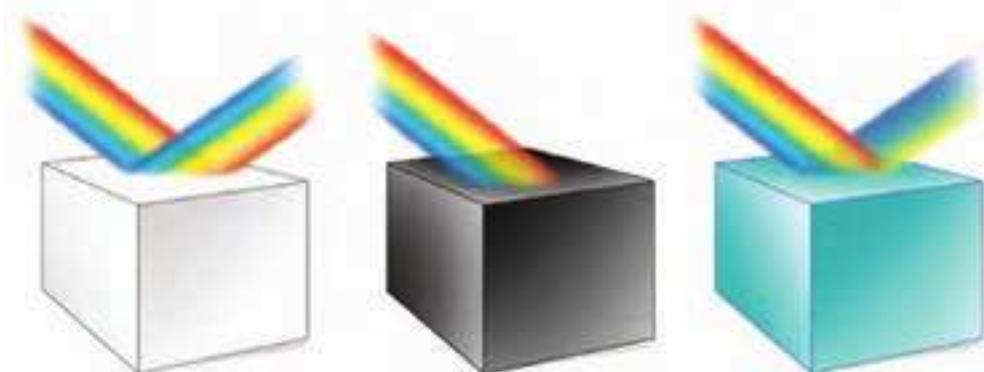
آیا می‌دانید

یکی از رفتارهای فیزیکی آشکار فلزها، جلای آنها بوده که به بازتاب نور از سطح آنها وابسته است. سطح فلزها نور را همانند یک آینه به‌طور مستقیم بازتاب می‌کند از این رو جلای ویژه‌ای دارند اما موادی که مات دیده می‌شوند نور بازتاب شده از سطح آنها در همه جهت‌ها پخش می‌شود.

«رنگ، نماد زیبایی»

طبیعت زیستگاهی برای ما و آزمایشگاهی بزرگ برای علوم تجربی است که در آن رنگ و رنگ‌آمیزی یکی از خوشایندترین جلوه‌ها است و به انسان لذتی همراه با آرامش می‌بخشد. آیا می‌دانید چرا پوشش بهاری به رنگ سبز، ابرها به رنگ سفید و گل‌رُز به رنگ سرخ دیده می‌شود؟ آیا می‌دانید چرا محلول ترکیب‌های برخی فلزهای واسطه به رنگ‌های گوناگون دیده می‌شوند؟ به طور کلی احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می‌رسد، در واقع این نورها همان پرتوهای الکترومغناطیسی بوده که طول موج آنها در گسترهٔ ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm است و چشم ما آنها را می‌بیند.

از این رو اگر در محیطی نور مرئی نباشد، انسان نمی‌تواند پیرامون خود را ببیند. شکل ۱۱، نشان می‌دهد که مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌مانده آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند.



آیا می‌دانید

سبز، آبی و قرمز سه نور اصلی هستند. هنگامی که دو تا از آنها مخلوط شوند نورهای فرعی زرد، فیروزه‌ای و ارغوانی پدید می‌آید. از مخلوط هر سه، تنها نور سفید پدید می‌آید.



شکل ۱۱- تابیدن نور و دیدن مواد رنگی

براساس شکل ۱۱، اگر یک نمونه ماده همه طول موج‌های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همه آنها را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می‌شود، همچنین چشم ما مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آنها می‌بیند. اینک می‌پرسید که مواد رنگی چه ساختاری دارند؟ سازنده اصلی یک ماده رنگی که به آن رنگ می‌بخشد، رنگ دانه^۱ نام دارد، برای نمونه Fe_2O_3 و TiO_2 دوده از جمله رنگ دانه‌های معدنی هستند که به ترتیب رنگ‌های سفید، قرمز و سیاه ایجاد می‌کنند. در گذشته انسان، این مواد رنگی را از منابع طبیعی همچون گیاهان، جانوران و برخی کانی‌ها تهیه می‌کرد.

آیا می‌دانید

رنگدانه‌های آلی گستره وسیعی دارند به طوری که شمار آنها بسیار زیاد و متنوع است. از این مواد در غذا، نساجی و... استفاده می‌شود.

امروزه پیشرفت و گسترش تولید فراورده‌های صنعتی آن چنان سریع و چشمگیر است که این فراورده‌ها در رقابتی اقتصادی افزون بر جنبه‌های کمی و کیفی از دیدگاه زیباشناختی، باید رنگ و رنگ‌آمیزی مناسب و جذابی نیز داشته باشند. چنین اهمیتی باعث تولید رنگ‌های ساختگی گوناگونی شده است. رنگ‌هایی که در صنایع غذایی، نساجی، ساختمانی و... به کار می‌روند.

توجه کنید رنگ^۱‌هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، نوعی کلوبید هستند که لایه نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد.

خود را بیازمایید

شكل زیر پیشرفت واکنش فلز روی با محلول نمکی از وانادیم (V) را نشان می‌دهد.



محلولی از نمک وانادیم (V)

افزودن گرد روی



محلولی از نمک وانادیم (IV)



محلولی از نمک وانادیم (III)



محلولی از نمک وانادیم (II)

با توجه به شکل به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

آ) آرایش الکترونی اتم وانادیم (۲۳V) را بنویسید.

ب) آرایش الکترونی وانادیم را در حالت‌های اکسایش (II) و (III) بنویسید.

پ) توضیح دهید چرا در هر مرحله رنگ محلول متفاوت از دیگری است؟

ت) در این واکنش، وانادیم (V) کدام نقش را دارد (اکسنده یا کاهنده)؟ چرا؟

تیتانیم، فلزی فراتر از انتظار

آیا می‌دانید

تیتانیم، نهادین عنصر فراوان در پوسته جامد زمین است. این عنصر در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود و از جمله کانی‌های آن FeTiO₄ و TiO₂ است.

از آنجا که تهیه فلز تیتانیم خالص، گران و دشوار است، اغلب از TiO₂ در صنایع اولیه استفاده می‌شود. ترکیبی که پایدار، غیر سمی و منعکس‌کننده مناسی برای پرتوهای فرابنفش خورشید است. از این رنگ سفید در کرم‌های ضدآفتاب و صنایع کاغذ استفاده می‌شود.

فلزها افزون بر رفتارهای مشابه، تفاوت‌های آشکاری در برخی رفتارها نشان می‌دهند، در واقع هر فلز افزون بر رفتارهای مشترک، رفتارهای ویژه خود را نیز دارد. برای نمونه فلزهای دسته d همانند فلزهای دسته s و p، دارای ویژگی‌هایی مانند جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و نیز شکل‌پذیری هستند، اما در ویژگی‌هایی مانند سختی، نقطه ذوب و تنوع اعداد اکسایش با آنها تفاوت دارند.

در میان عنصرهای دسته d از دوره چهارم جدول دوره‌ای، تیتانیم (Ti₂₂) با ویژگی‌های باورنکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری واستحکام مناسب از جمله این ویژگی‌هاست.

با هم بیندیشیم

جدول زیر برخی ویژگی‌های تیتانیم را در مقایسه با فولاد زنگ نزن نشان می‌دهد. با توجه به جدول به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

فولاد	تیتانیم	ماده ویژگی
۱۵۳۵	۱۶۶۷	نقطه ذوب (°C)
۷/۹۰	۴/۵۱	چگالی (g mL ^{-۱})
متوسط	ناچیز	واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا
ضعیف	عالی	مقاومت در برابر خوردگی
عالی	عالی	مقاومت در برابر سایش



نمایی از موتور جت



موزه گوگنهایم در اسپانیا

(آ) هنگامی که موتور جت کار می‌کند همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارند. تیتانیم بر اساس کدام ویژگی‌ها برای ساخت این موتور به کار رفته است؟ توضیح دهید.

(ب) توضیح دهید چرا امروزه در ساخت پروانه کشتی اقیانوس‌پیما به جای فولاد از تیتانیم استفاده می‌کنند؟

(پ) ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار همانند موزه گوگنهایم با پوشش بیرونی تیتانیم، از چه مزایایی برخوردار است؟ توضیح دهید.

تیتانیم افزون بر ویژگی‌های یادشده به شکل آلیاژهای گوناگون نیز کاربرد گسترده‌ای در صنعت یافته است. برای نمونه **نیتینول**^۱ آلیاژی از نیکل و تیتانیم بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی به کار می‌رود (شکل ۱۲).



(پ)



(آ)



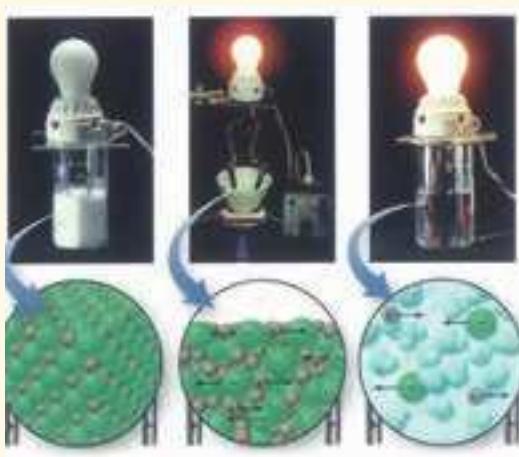
(ب)

آ) سازه فلزی در ارتودنسی ب) استنت برای رگ‌ها

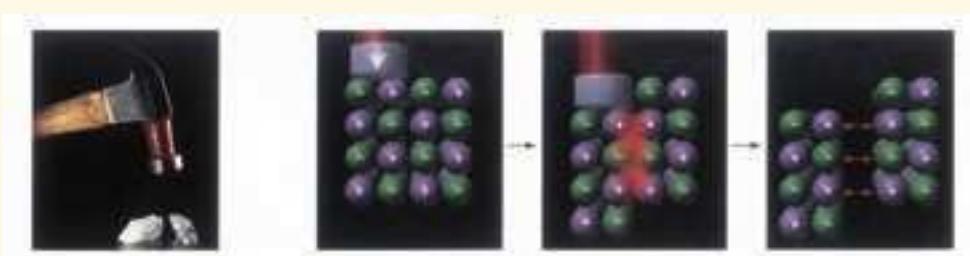
شکل ۱۲- برخی کاربردهای تیتانیم

تمرین‌های دوره‌ای

- ۱- با توجه به ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای عنصرها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.
- آ) عنصرهای کدام گروه‌ها جزو مواد مولکولی هستند؟
 - ب) عنصرهای کدام گروه جزو مواد کووالانسی هستند؟
 - پ) عنصرهای کدام دسته (s، p یا d) همگی فلزند؟
- ۲- سیلیسیم کربید (SiC) یک ساینده ارزان است که در تهیه سنباده به کار می‌رود.
- آ) این ماده را در کدام دسته از مواد جای می‌دهید؟ چرا؟
 - ب) سختی آن را در مقایسه با الماس و سیلیسیم پیش‌بینی کنید.
- ۳- هر یک از شکل‌های زیر رفتاری از مواد یونی را نشان می‌دهد. در هر مورد آن رفتار را با دلیل توصیف کنید.



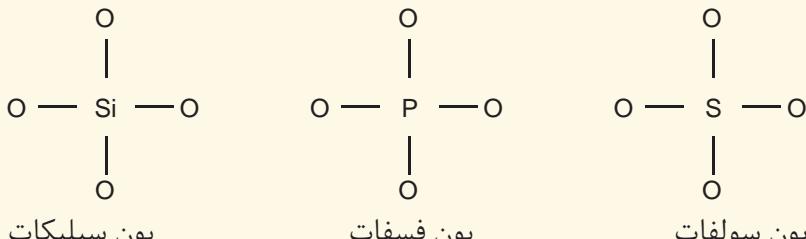
(آ)



(ب)

- ۴- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیل بنویسید.
- آ) تنوع و شمار مواد مولکولی بیشتر از مواد کووالانسی است.
 - ب) ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، جزو مواد مولکولی به شمار می‌روند.
 - پ) ترتیب واکنش‌پذیری فلزهای پتاسیم، کلسیم و تیتانیم به صورت $\text{Ca} > \text{Ti} > \text{K}$ است.

۵- سیلیسیم، فسفر و گوگرد از جمله عناصرهای اکسیژن دوست هستند به طوری که در طبیعت به شکل نمک‌های اکسیژن‌دار یافت می‌شوند. با توجه به ساختار لوویس آنیون‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) هریک از ساختارهای لوویس را با جفت نقطه‌ها کامل کرده سپس بار الکتریکی هر آنیون را مشخص کنید.

ب) فرمول شیمیایی نمک حاصل از این آنیون‌ها را با یون سدیم سپس یون کلسیم بنویسید.

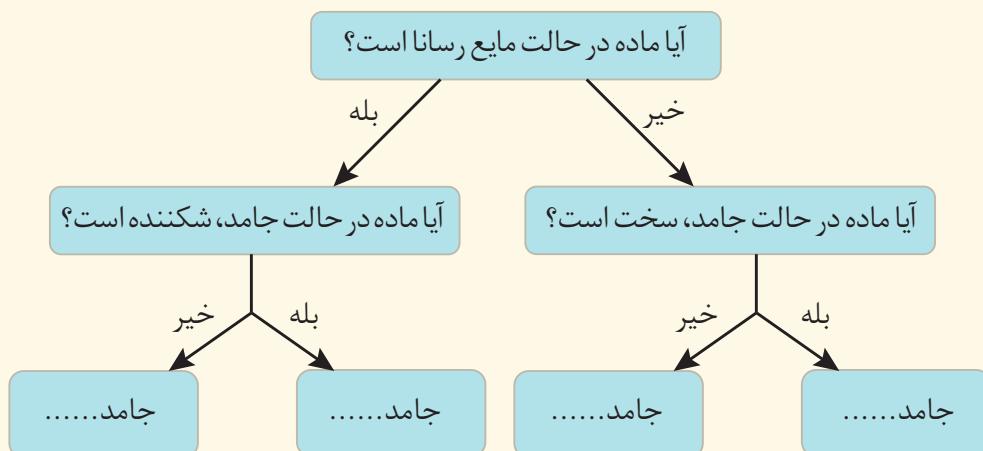
۶- نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی پروپان و دی‌متیل‌اتر با جرم مولی نزدیک به هم به صورت زیر است. با توجه به آنها به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) کدام یک در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند؟ چرا؟

ب) توضیح دهید کدام یک از این دو ماده گازی شکل، آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود؟

۷- گروهی از دانش‌آموزان همه مواد خالص را براساس رفتار آنها مطابق نمودار زیر دسته‌بندی کرده‌اند. با پر کردن جاهای خالی، نمونه‌ای برای هر جامد مثال بزنید.



شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر



وَأَن لَّيْسَ لِلإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ (سوره النجم، آيه ۳۹)

و اینکه برای انسان جز آنچه تلاش کرده (بهره‌ای) نیست.

..... رشد و پیشرفت هر جامعه تنها در سایه تلاش هدفمند و آگاهانه افراد خبره ، کاردان و ورزیده دستیافتنی است. در واقع برای بالا رفتن از نردبان پیشرفت، افزون بر انگیزه باید نخست تکیه‌گاه مناسبی برای آن یافت. این تکیه‌گاه دانش، توانایی، مهارت و زیرساخت‌های لازم است. با تأمین این شرایط برای دستیابی به هدفی معین، تلاش و پشتکار شرط کافی خواهد بود. آنچنان که تداوم و خستگی ناپذیری در این راه پیامدهایی فراتر از انتظار توأم با کسب افتخار به دنبال خواهد داشت. از جمله پیامدهای رشد و پیشرفت جامعه می‌توان دسترسی آسان و ارزان‌تر به فناوری نورانام برد. بهره‌گیری از مبدل کاتالیستی در خودرو و کود شیمیایی سبز و همچنین تبدیل مواد شیمیایی خام به مواد ارزشمند از جمله فناوری‌هایی به شمار می‌رود که در آنها دانش شیمی همراه با انگیزه و تلاش راهی را به سوی آینده‌ای روشن‌تر رقم می‌زنند.

یکی از ویژگی‌های ذاتی انسان، کنجدکاوی و پرسشگری است. از این‌رو، پیوسته در پی شناخت محیط پیرامون خود است. او همواره برای زندگی و ادامه آن با چالش‌ها و مشکلات گوناگونی روبرو بوده است اما با بهره‌گیری از هوش، خرد و الهام از طبیعت توانسته برای هر پرسش در ذهن خود پاسخی بیابد. انسان همچنین برای حل مسئله در هر زمان و مکان، راهکاری عملی یافته است. هرچند که برخی پاسخ‌های ارائه شده و راهکارهای استفاده شده، ساده و برخی دیگر پیچیده‌اند، اما هر یک از آنها در جای خود نوآورانه و کارآمد بوده‌اند. مجموعه چنین تلاش‌هایی در گذر زمان منجر به تولید و انباست دانش و فناوری شده است. یکی از آنها، دانش شیمی و فناوری‌های آن است که نقش پررنگی برای گذر از تنگناها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است. شکل ۱ برخی از دستاوردهای مهم شیمی را در این راستا نشان می‌دهد.



فناوری شناسایی و تولید مواد
بی‌حس‌کننده و آنتی‌بیوتیک، راه را
برای جراحی‌های گوناگون هموار کرد.

فناوری تولید پلاستیک، صنعت
پوشак و صنعت بسته‌بندی (غذا،
دارو و ...) را دگرگون ساخت.

فناوری تصفیه آب، مانع گسترش
بیماری‌هایی از جمله وبا در جهان
شده است.



گسترش فناوری صفحه‌های نمایشگر
در وسایل الکترونیک، مدبون دانش
شیمی است.

فناوری تولید بنزین به حمل و نقل
سرعت پخشید و مبدل‌های کاتالیستی
آلودگی ناشی از مصرف آن را کاهش داد.

فناوری‌های شناسایی و تولید کودهای
شیمیایی مناسب، نقش چشمگیری در
تأمین غذای جمعیت جهان دارد.

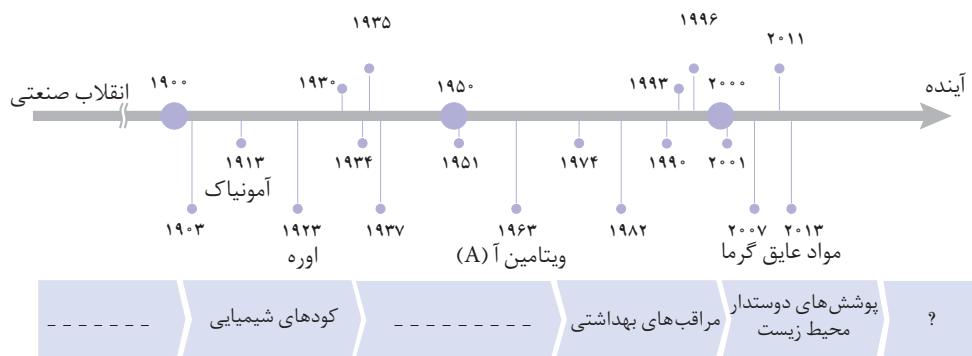
شکل ۱- برخی دستاوردهای شیمی در جهان

شواهد تاریخی در گذر زمان نشان می‌دهد که انسان به تدریج با مسائل پیچیده‌تری روبرو شده است. از این‌رو پیش‌بینی می‌شود که در آینده چالش‌های تازه و حیاتی پیش‌رو داشته باشد. بدیهی است برطرف کردن و حل هر یک از آنها به دانش و فناوری‌های پیشرفته‌تری نیاز خواهد داشت (نمودار ۱).

آیا می‌دانید

شیمی‌دان ژاپنی برنده نوبل ۲۰۰۱،
ریوچی نویوری (Ryoji Noyori)
معتقد است:

شیمی آگاهی مورد نیاز برای
دستیابی به توسعه پایدار و حل
مسائلی که زندگی را روی زمین
تهدید می‌کند، فراهم می‌نماید.



نمودار ۱- چند نمونه فراورده حاصل از فناوری‌های شیمیایی در گذر زمان

باتوجه به کارآمدی علوم تجربی، بسیاری بر این باورند که این علوم و از جمله دانش شیمی و فناوری‌های آن می‌توانند آینده روشی را برای جهان رقم بزنند. باید توجه داشت با اینکه استفاده بهینه و درست از دانش و فناوری، آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می‌کند، اما استفاده نادرست از آن، آثار مخرب تر و زیانبارتری به دنبال خواهد داشت. در واقع نوع استفاده از دانش و فناوری دو روی یک سکه هستند. برای نمونه تولید سلاح‌های شیمیایی استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهد.

در این فصل با سه نمونه از دستاوردهای شیمی برای کاهش آلودگی هوا، افزایش فراورده‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری منابع شیمیایی آشنا خواهید شد.

به دنبال هوای پاک

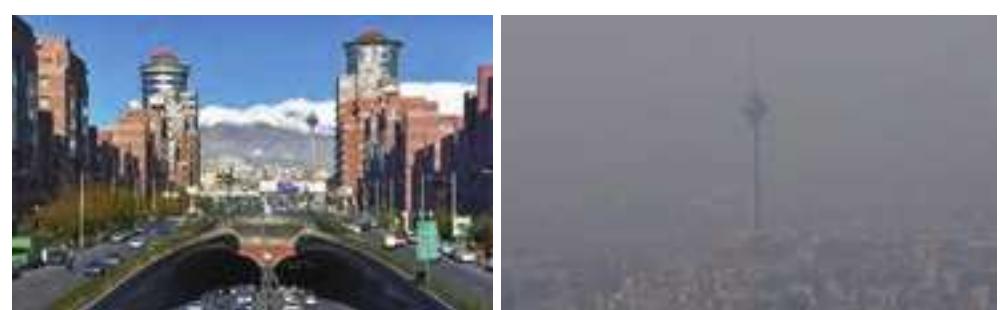
آیا می‌دانید

هر فرد روزانه به طور میانگین ۱۱۰۰۰ لیتر هوا تنفس می‌کند.

تماشای آسمان آبی و تنفس در هوای پاک همیشه لذت‌بخش و شادی‌آفرین است آنچنان که سعدی، استاد سخن، می‌فرماید: «هر نفسی که فرو می‌رود مُمِدّ حیات است و چون بر می‌آید مُفَرّح ذات، ...». افسوس که با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با رفتارهای نادرست، دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است. شاید شما هم لایه قهوه‌ای روشن که سطح شهرهای بزرگ جهان و کشورمان را به ویژه در زمستان می‌پوشاند، دیده باشید. هوایی که نه تنها شادی‌آفرین نیست بلکه نفس کشیدن را دشوار کرده و مشکلات تنفسی ایجاد می‌کند (شکل ۲).

آیا می‌دانید

هوای آلوده شامل ترکیبات آلی اکسیژن‌دار مانند اتانال است. این مواد از واکنش هیدروکربن‌ها با سایر گازهای موجود در هوا که تشکیل می‌شوند.

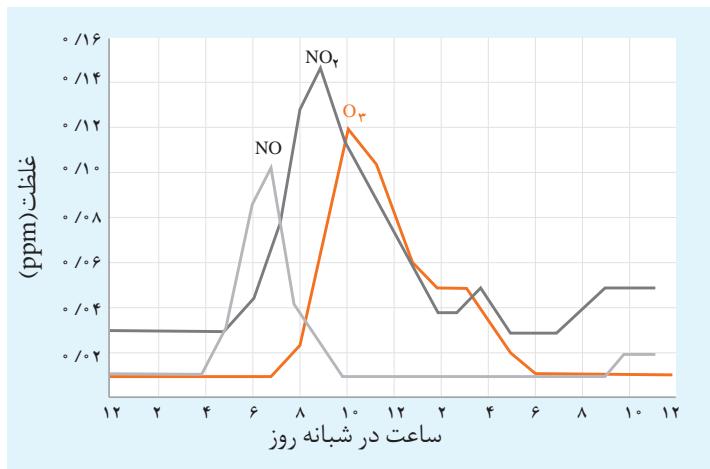


شکل ۲- یکی از چالش‌های مهم در جهان امروز داشتن هوای پاک است.

هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور یکنواخت در هوا کره پخش شده‌اند. در حالی که هوای آلوده افزون بر آنها حاوی گازهای گوناگونی مانند O_2 , SO_2 , CO , NO_x , ذره‌های معلق و مواد آلی فرآاست. به دلیل وجود این آلاینده‌ها، هوای آلوده بوی بدی دارد، چهاره شهر را زشت می‌کند، فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد و سبب ایجاد و تشديد بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود.

خود را بیازمایید

۱- نمودار زیر غلظت برخی از این آلاینده‌هار ادر نمونه‌ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می‌دهد.



آ) مقدار این آلاینده‌ها بین چه ساعت‌هایی از شبانه روز به بیشترین حد خود می‌رسد؟

ب) چرا هوای آلوده به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود؟

پ) چرا با کاهش مقدار گاز NO_x , مقدار گاز O_3 , رو به افزایش است؟

۲- در شیمی ۱، آموختید که آلاینده‌های زیر در خروجی اگزوژن خودروها وجود دارند.



آ) دلیل وجود هیدروکربن‌ها در گازهای خروجی از اگزوژن را توضیح دهید.

ب) پیدایش گازهای کربن مونوکسید، گوگرد دی اکسید و نیتروژن مونوکسید را با نوشتن معادله شیمیایی موازن شده توجیه کنید.

هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب بی‌رنگ هستند و نمی‌توان به آسانی وجود آنها را تشخیص داد. همچنین نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آنها در شهرهای گوناگون متفاوت است. آیا می‌دانید چگونه می‌توان نوع و مقدار آلاینده‌ها را در یک نمونه هوای آلوده تعیین کرد؟ برای پاسخ به این پرسش، باید رفتار این مواد را بررسی کرد. یکی از این رفتارها،

فرمول شیمیایی آلاینده	مقدار آلاینده به‌ازای طی یک کیلومتر (گرم)
CO	۵/۹۹
C_xH_y	۱/۶۷
NO	۱/۰۴

حساب کنید روزانه چند تن آلاینده وارد هوا کرده می‌شود؟ فرض کنید روزانه صد میلیون خودرو در جهان به طور میانگین ۵ کیلومتر مسافت می‌پیمایند.

آیا می‌دانید

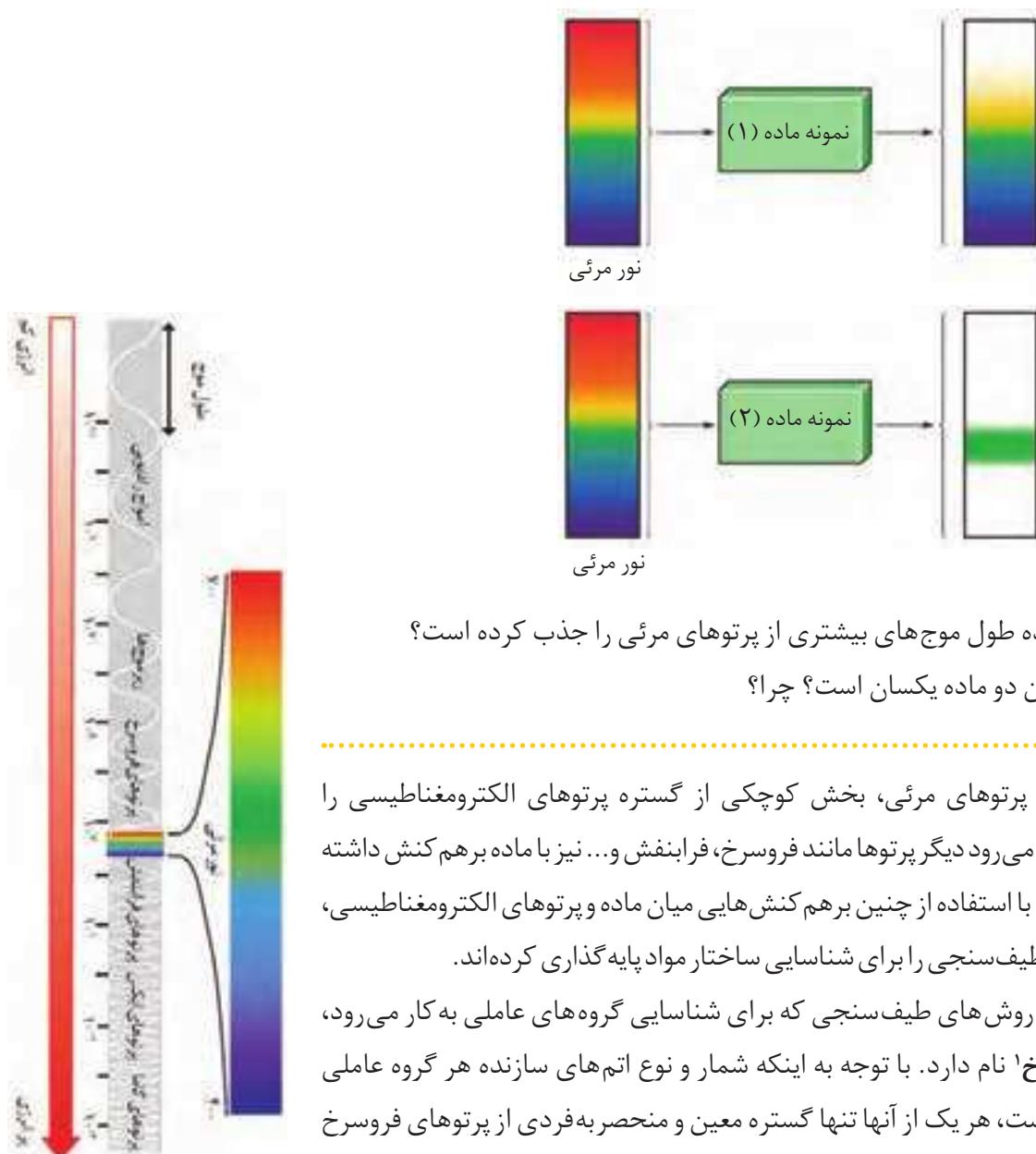
یکی از کاربردهای برجسته الکتروشیمی، اندازه‌گیری غلظت گونه‌های شیمیایی است. کاربردی که با دقت بالا برای گستره وسیعی از گونه‌ها در محیط‌های آزمایشگاهی، زیستی، صنعتی و... رایج شده‌اند. اساس اغلب اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیابی، وجود دو الکترود در ساختار یک سلول است. از این دو الکترود، یکی استاندارد و دیگری شناساگر است. پتانسیل الکترود استاندارد ثابت اما گونه‌آزمایشی بستگی دارد. از emf چنین سلول‌هایی می‌توان نخست پتانسیل الکترود شناساگر و سپس غلظت گونه‌آزمایشی را تعیین کرد. H_e سنج دیجیتال، گلوکومتر و دستگاه اندازه‌گیری آلاینده‌ها در مراکز معاینة فنی خودروها بر همین اساس کار می‌کنند.

برهم‌کنش مواد با پرتوهای الکترومغناطیسی است.

پیش از این آموختید هرگاه یک نمونه ماده در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی قرار گیرد، ممکن است گستره معینی از آنها را جذب و پرتوهای باقی‌مانده را بازتاب کند یا عبور دهد.

خود را بیازمایید

هر یک از شکل‌های زیر رفتار یک نمونه ماده را در برابر پرتوهای مرئی نشان می‌دهد، با توجه به آنها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



آ) کدام نمونه ماده طول موج‌های بیشتری از پرتوهای مرئی را جذب کرده است؟

ب) آیا ساختار این دو ماده یکسان است؟ چرا؟

با توجه به اینکه پرتوهای مرئی، بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی را دربرمی‌گیرد، انتظار می‌رود دیگر پرتوها مانند فروسرخ، فرابینفس و... نیز با ماده برهم‌کنش داشته باشند. شیمی‌دان‌ها با استفاده از چنین برهم‌کنش‌هایی میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی، روش‌های گوناگون طیف‌سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه‌گذاری کرده‌اند.

یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به کار می‌رود، طیف‌سنجی فروسرخ^۱ نام دارد. با توجه به اینکه شمار و نوع اتم‌های سازنده هر گروه عاملی متفاوت از دیگری است، هر یک از آنها تنها گستره معین و منحصر به‌فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند. همین تفاوت، اساس شناسایی گروه‌های عاملی از یکدیگر است.

● گستره‌پرتوهای الکترومغناطیسی

آیا می‌دانید

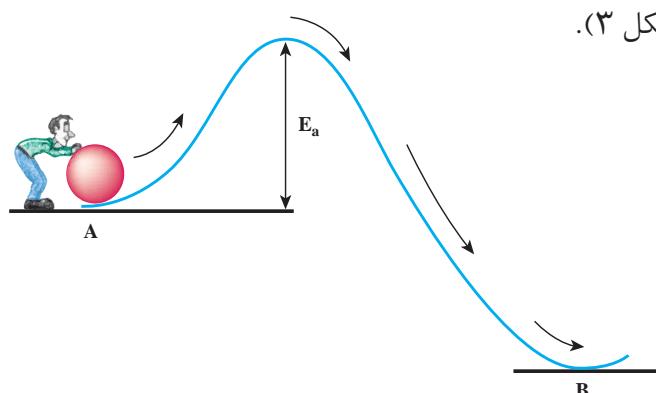
همچنین از طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد. افزون بر طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان از برهم‌کنش پرتوهای فرابنفش، نور مرئی، امواج رادیویی و... نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. ام. آ. آی (MRI) خود، نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

پس از شناسایی و تعیین میزان آلاینده‌ها اکنون این پرسش مطرح است که چگونه می‌توان مقدار این آلاینده‌ها را در هواکره کاهش داد یا آنها را حذف کرد؟ آشنایی با رفتار واکنش‌های شیمیایی آلاینده‌ها، انرژی فعال‌سازی و نقش کاتالیزگر در چنین واکنش‌هایی می‌تواند ما را در حل این مسئله یاری کند.

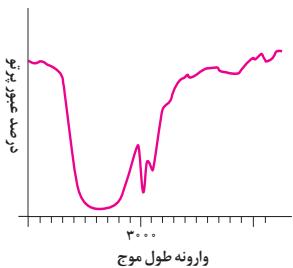
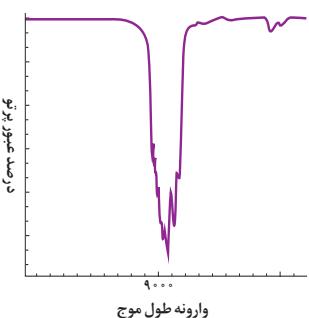
انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های شیمیایی

در شیمی ۲ آموختید که واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های گوناگون انجام می‌شوند. برای نمونه واکنش زنگ زدن آهن کُند در حالی که واکنش سوختن متان، تند است. به راستی چرا سرعت واکنش‌های شیمیایی با هم تفاوت دارند؟ همچنین می‌دانید که افزایش دما سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود؛ برای نمونه گاز نیتروژن با گاز اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی‌دهد اما درون موتور خودرو اندکی از آنها به نیتروژن مونوکسید تبدیل می‌شود. آیا می‌دانید چرا این واکنش در دمای اتاق انجام نمی‌شود؟

هر واکنش برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی آغاز شود باید واکنش‌دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند. برای درک بهتر این موضوع، فرض کنید شخصی می‌خواهد گلوله‌ای را از نقطه A به نقطه B منتقل کند (شکل ۳).



در شیمی ۱ آموختید که نور، کلید شناخت جهان است. شیمی‌دان‌ها برای شناسایی ساختار دقیق مواد از رفتار آنها در برابر پرتوهای الکترومنغناطیسی (نور) بهره بسیاری برده‌اند. هر بخش از گستره پرتوهای الکترومنغناطیسی برهم‌کنش ویژه‌ای با ماده دارد و برای شناسایی بخشی از آن ماده به کار می‌رود. برای نمونه طیف‌سنجی گروه‌های عاملی به کار می‌رود. شکل زیر بخشی از طیف فروسرخ دو ماده با فرمول مولکولی یکسان را (C_6H_6O) نشان می‌دهد.

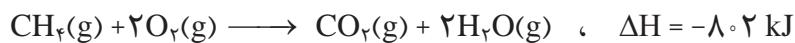


● دمای موتور خودروها بیشتر از $100^{\circ}C$ است.

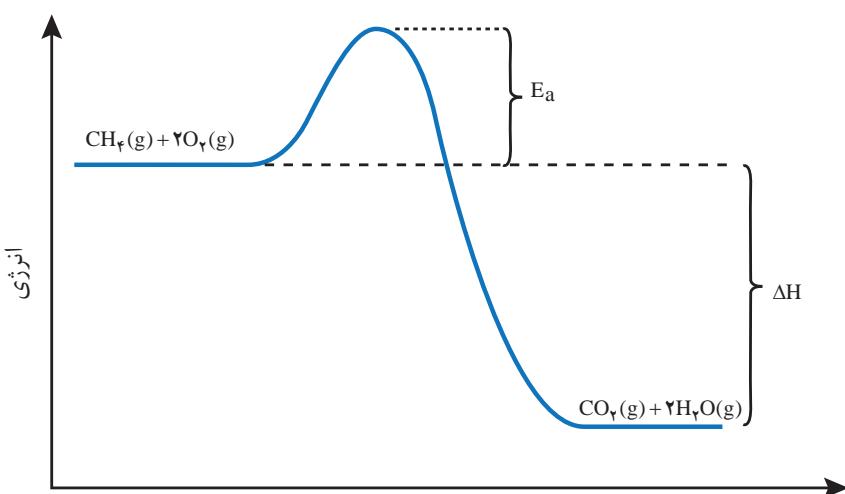
برای این منظور، او دست کم باید انرژی لازم برای رساندن گلوله به بالای قله را تأمین کند؛ زیرا از آن به بعد گلوله بر اثر نیروی گرانش روی سطح شیب‌دار به پایین سرازیر می‌شود. بدیهی است هر چه ارتفاع قله کمتر باشد، انتقال گلوله آسان‌تر و سریع‌تر انجام می‌شود (چرا؟).



برای واکنش‌های شیمیایی نیز چنین است، به طوری که برای آغاز هر واکنش شیمیایی، مقدار معینی از انرژی لازم است که به آن انرژی **فعال سازی**^۱ واکنش می‌گویند. یکی از روش‌های تأمین این انرژی، گرمادن به واکنش‌دهنده‌ها است. جالب اینکه واکنش‌های شیمیایی صرف نظر از اینکه گرماده یا گرماییر باشند، برای آغاز شدن به انرژی نیاز دارند؛ برای نمونه به واکنش سوختن متان (گاز شهری) در اجاق گاز توجه کنید.



هر چند این واکنش گرماده است اما برای آغاز شدن به جرقه یا شعله نیاز دارد. در واقع جرقه یا شعله فندک و کبریت، انرژی فعال سازی واکنش را تأمین می‌کند (نمودار ۲).



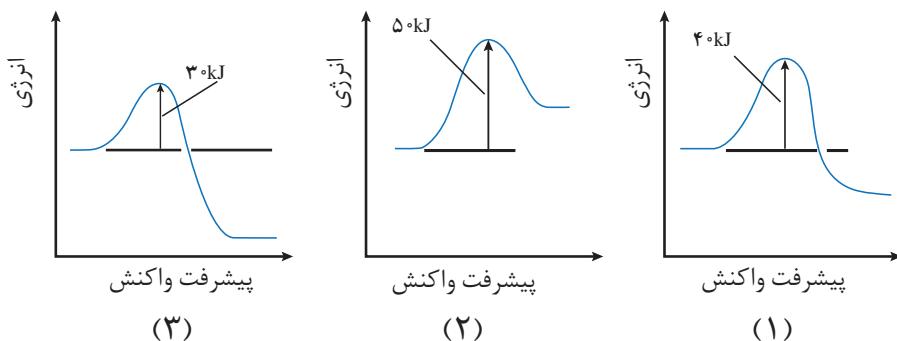
نمودار ۲- نمودار انرژی- پیشرفت واکنش سوختن متان

این نمودار نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای آغاز واکنش باید حداقلی از انرژی را داشته باشند تا با عبور از سد انرژی به فراورده‌ها تبدیل شوند. فراورده‌هایی که در این واکنش پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. به دیگر سخن اگر انرژی فعال سازی این واکنش تأمین نشود، واکنش‌دهنده‌ها دست نخورده باقی می‌مانند.

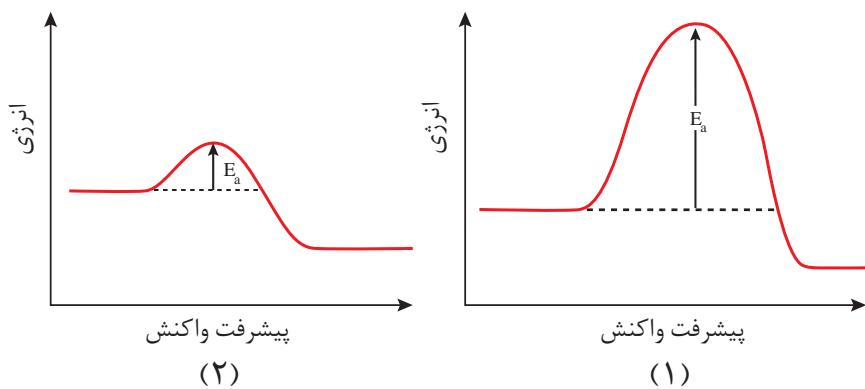
بدیهی است که هرچه انرژی فعال سازی واکنشی بیشتر باشد، سرعت آن کمتر است. در نتیجه واکنش در شرایط دشوارتر و دمای بالاتری انجام می‌شود زیرا بزرگ بودن E_a نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای عبور از این سد به انرژی بیشتری نیاز دارند. از این رو با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر می‌شود. به طوری که شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند، افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد. این توصیف کمک می‌کند تا بتوان با مقایسه E_a واکنش‌ها، درباره سرعت و شرایط آغاز آنها اظهارنظر کرد.

خود را بیازمایید

با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



- آ) گرماده یا گرمگیر بودن هر یک از واکنش‌ها را مشخص کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.
- ب) کدام واکنش در شرایط یکسان سریع‌تر انجام می‌شود؟ چرا؟
- پ) فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. با توجه به این واقعیت کدام نمودار به کدام واکنش مربوط است؟ چرا؟



برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده‌ها در آنها صرفه اقتصادی ندارد (چرا؟). از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایط بهینه (دما و فشار پایین‌تر) برای انجام چنین واکنش‌هایی هستند. به نظر شما چگونه می‌توان واکنش‌هایی از این دست که انرژی فعال‌سازی زیادی دارند را در دما و فشار پایین با سرعت مناسب انجام داد؟ بدون تردید پاسخ شما، یافتن راهی برای کاهش انرژی فعال‌سازی است که با استفاده از کاتالیزگر امکان‌پذیر است. ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد، در حالی که خودش در پایان واکنش باقی می‌ماند. اما چگونه چنین چیزی ممکن است؟

● کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند؛ اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. از این‌رو می‌توان آنها را بارها و بارها به کار برد. همچنین استفاده از کاتالیزگرها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

در بدن انسان مجموعه‌ای از واکنش‌های پیچیده انجام می‌شود. همه‌این واکنش‌ها باید با سرعتهای کنترل شده و دقیقی انجام شوند تا انسان رازنده نگهداشته باشد. آنزیم‌های برای کنترل این واکنش‌ها نقش حیاتی دارند. بیشتر آنزیم‌ها پروتئین‌هایی با مولکول‌های بزرگ هستند. هر واکنشی که در بدن انسان انجام می‌شود، آنزیم ویژه‌ای به آن سرعت می‌بخشد. نکته جالب این است که برخی آنزیم‌ها تنها تولید یک مادهٔ خاص در یک واکنش ویژه را کنترل می‌کنند.



کاتالیزگر را می‌توان به تونلی در یک جاده کوهستانی تشیبیه کرد. تونل با کوتاه کردن مسیر حرکت سبب می‌شود که مسافران زودتر به مقصد برسند، کاتالیزگر نیز با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش‌دهنده‌ها سریع‌تر به فراورده‌ها تبدیل شوند.

۱- جدول زیر برخی داده‌ها برای واکنش میان گازهای هیدروژن و اکسیژن را در شرایط گوناگون نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

شرایط آزمایش	دما (°C)	سرعت واکنش	آنالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	-۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	-۵۷۲
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	-۵۷۲

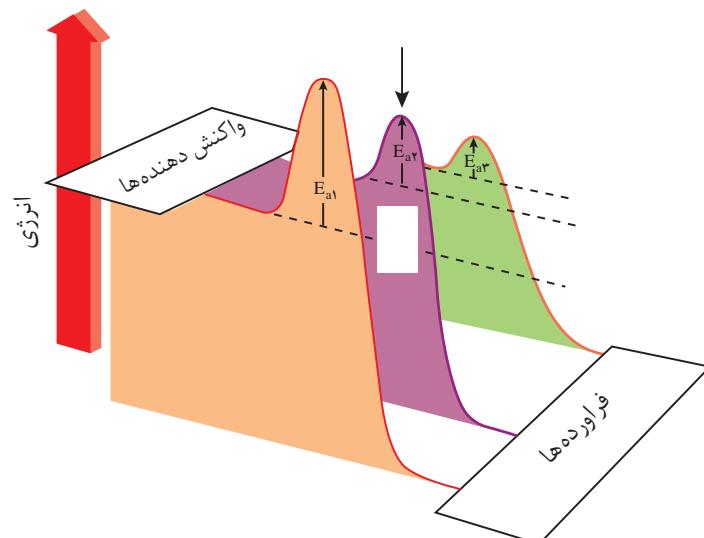
آ) توضیح دهید چرا این واکنش در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود؟

ب) نقش جرقه در انجام واکنش چیست؟

پ) نقش پودر روی و توری پلاتینی در این واکنش چیست؟

ت) کدام کمیت برای این واکنش در هر شرایطی ثابت می‌ماند؟

۲- هر یک از نمودارها را به کدام شرایط واکنش می‌توان نسبت داد؟ توضیح دهید.



۳- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت داده شده را کامل کنید.

کاتالیزگر در هر واکنش شیمیایی با $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ ثابت می‌ماند.

می‌دهد، اما آنتالپی واکنش $\frac{\text{افزایش می‌یابد}}{\text{افزایش می‌یابد}}.$

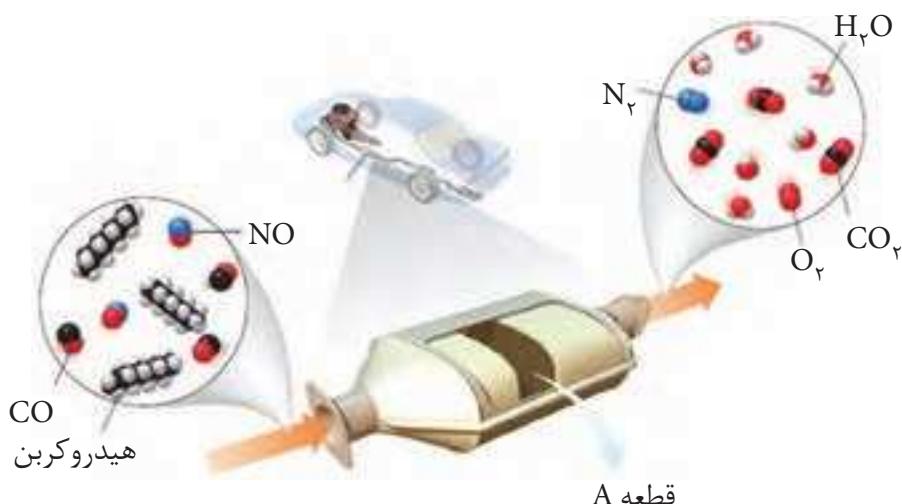
پی بر دید که انرژی فعال سازی واکنش را می توان با استفاده از گرماتامین کرد یا با استفاده از کاتالیزگر کاهش داده تا واکنش ها را با سرعت دلخواه انجام داد. اینک زمان آن رسیده است که در نقش یک شیمی دان یا مهندس شیمی با تکیه بر دانش شیمی خود، راهکارهایی برای کاهش یا حذف آلاینده های خروجی از اگزوز خودروها ارائه کنید. نکته شایان توجه این است که این آلاینده ها در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هواکره می شوند. همچنین دمای آنها در این زمان بسیار کوتاه به سرعت کاهش می یابد.

آیا می دانید

گازهای خروجی از اگرزو تنها ۰/۴ ثانیه در تماس با کاتالیزگرهای مدل کاتالیستی هستند.

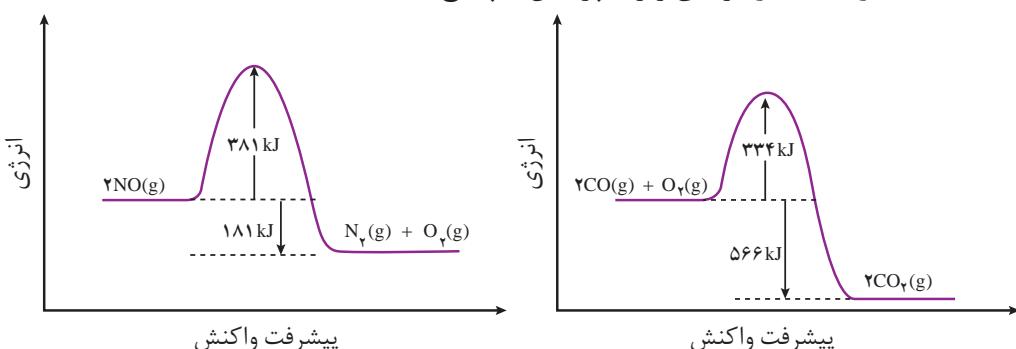
با هم بیندیشیم

- ۱- برای حذف آلاینده های موجود در اگزوز خودروها (CO و NO , C_xH_y) قطعه ای را در مسیر خروج گازها قرار می دهند. با توجه به شکل زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



- آ) هر آلاینده پس از عبور از قطعه A به چه فراورده ای تبدیل می شود؟
ب) معادله شیمیایی حذف هر یک از آلاینده ها را بنویسید و موازنہ کنید.

- ۲- با توجه به نمودارهای زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



- آ) چرا این واکنش ها در دماهای پایین انجام نمی شوند یا بسیار کند هستند؟
ب) انرژی فعال سازی و آنتالپی هر واکنش را تعیین کنید.

۳- جدول زیر مقدار این آلاینده‌ها را در حضور و غیاب قطعه A نشان می‌دهد.

آ) با توجه به آن پیش‌بینی کنید نقش این قطعه چیست؟

NO	C _x H _y	CO	فرمول شیمیایی آلاینده	مقدار آلاینده بر حسب گرم	بهازای طی یک کیلومتر
۱/۰۴	۱/۶۷	۵/۹۹	در غیاب قطعه A		
۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۶۱	در حضور قطعه A		

ب) تجربه نشان می‌دهد که کارایی قطعه A به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن بستگی دارد.

این قطعه محتوی سه نوع کاتالیزگر است. با این توصیف کدام عبارت زیر درست است؟ چرا؟

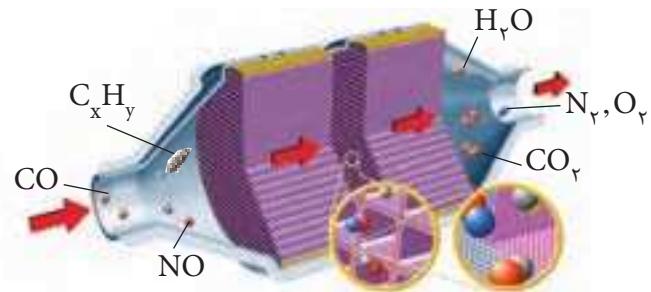
● هر کاتالیزگر می‌تواند به همه واکنش‌ها سرعت ببخشد.

● هر کاتالیزگر به شمار محدودی واکنش سرعت می‌بخشد.

آیا می‌دانید

برای صنعت خودرو سازی جهان در سال ۲۰۰۸ میلادی حدود $1/۳ \times 10^5 \text{ kg Pd}$ ، $1/۲ \times 10^5 \text{ kg Pt}$ و $2/6 \times 10^4 \text{ kg Rh}$ مصرف شده است.

دريافتيد که در مسیر گازهای خروجی از خودروها قطعه‌ای قرار می‌دهند که می‌تواند باعث حذف یا کاهش آلاینده‌ها شود. مبدل کاتالیستی^۱ نامی است که به آن نسبت می‌دهند. بر روی سطح این قطعه سرامیکی که به شکل توری به کار می‌رود، فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) نشانده شده است. برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل میش (دانه)‌های ریز در می‌آورند و کاتالیزگرهای را روی سطح آن می‌نشانند (چرا؟) (شکل ۴).



شکل ۴- در سطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲۰ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند.

با اینکه مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند اما پس از مدت معینی کارایی آن کاهش می‌یابد و دیگر قابل استفاده نیست.

در میان تارنمایها

با مراجعه به منابع معتبر اینترنتی درباره اینکه «سوخت مناسب برای خودروهای مججهز به مبدل کاتالیستی، بنزین بدون سرب است» اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

خود را بیازمایید

۱- با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از آگزوز خودروها به هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای C_xH_y ، NO و CO بیشتری مشاهده می‌شود.

آ) دلیل این پدیده را توضیح دهید.

ب) چه راهکاری برای برطرف کردن این مشکل پیشنهاد می‌کنید؟

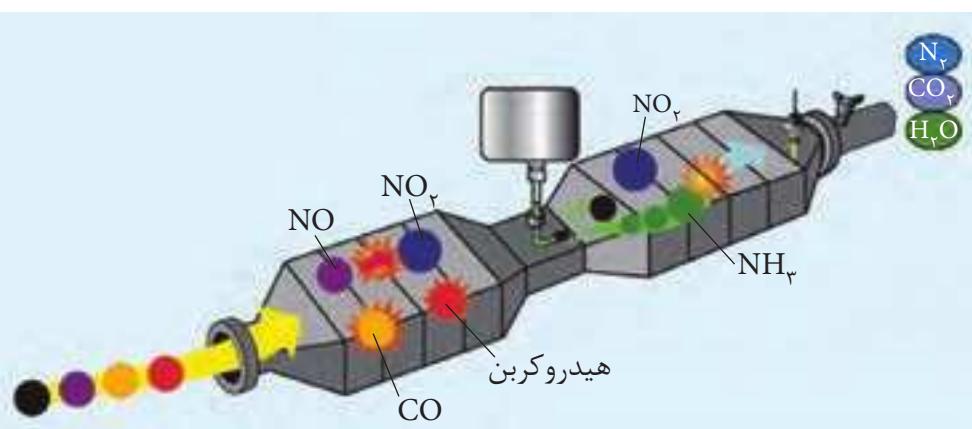
۲- درباره درستی جمله‌های زیر گفت و گو کنید.

● کاتالیزگر اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می‌کند.

● در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود.

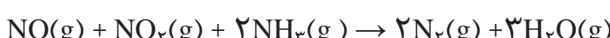
● کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.

پی بردید که با استفاده از مبدل کاتالیستی می‌توان از ورود آلاینده‌های تولید شده در خودروهای بنزینی به هوا کره جلوگیری کرد. اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از این نوع مبدل‌ها نمی‌توان گازهای NO و NO_2 خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. بنابراین ضروری است برای حل این مسئله، مبدلی نو طراحی کرد. پژوهشگران و مهندسان برای خودروهای دیزلی مبدلی به شکل ۵ طراحی کرده‌اند.



شکل ۵- مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی

در این مبدل با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای NO و NO_2 به گاز N_2 تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود گازهای NO و NO_2 به هوا کره جلوگیری می‌شود.



تفکر نقادانه

می‌دانید که افزایش کربن دی‌اکسید سبب ایجاد اثر گلخانه‌ای و بالارفتن دمای کره زمین شده است. درنتیجه بخ‌های قطبی در حال آب شدن هستند. این مسئله سبب خواهد شد تا رفت و آمد کشتی‌ها و همچنین حفاری در اعماق اقیانوس قطب شمال و استخراج سوخت‌های فسیلی آن منطقه آسان‌تر شود. براین اساس عده‌ای معتقدند که بیازی به کنترل کربن دی‌اکسید هوا کره نیست. این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی

آیا می‌دانید

برای تأمین غذا افزون بر کودهای شیمیایی مناسب، دانش و فناوری‌های دیگری از جمله شناسایی و تولید مواد شیمیایی برای کنترل آفت‌ها، به کارگیری دانش شیمی خاک، فراوری فراورده‌های کشاورزی و ... نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. برای نمونه تنظیم pH خاک در رشد گیاه مؤثر است.

می‌دانید که غذا به عنوان محور رشد و سلامتی، یکی از ضرورت‌های زندگی برای ادامه آن به شمار می‌رود. اما محدودیت منابع و روند رو به افزایش جمعیت سبب شده تا تأمین غذا به یکی دیگر از چالش‌های زندگی تبدیل شود. بهترین راه حل برای این مسئله، افزایش بهره‌وری در تولید فراورده‌های کشاورزی است. در این راستا شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک راهگشا خواهد بود.

گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این‌رو باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افروز (شکل ۶).

گستره pH مناسب برای رشد	نام گیاه
۶/۸ - ۷/۵	گندم
۵/۷ - ۷/۵	جو
۵/۷ - ۶/۸	ذرت
۶/۸ - ۷/۵	یونجه



شکل ۶- در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

- گیاهان برای رشد افزون بر کربن دی‌اکسید و آب به عنصرهایی مانند K، N، P، S نیاز دارند.

از شیمی ۱ به یاد دارید که در دمای اتاق، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه پیش نمی‌رود (چرا؟). از سوی دیگر این واکنش، برگشت‌پذیر است و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد. تعادلی که در دمای معین، مخلوطی از گازهای واکنش‌دهنده و فراورده با غلظت ثابت است.

خود را بیازمایید

با توجه به معادله واکنش تعادلی تولید گاز آمونیاک و عبارت ثابت تعادل آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



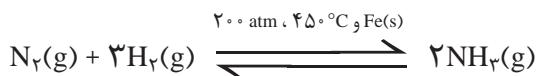
آ) توضیح دهید چگونه می‌توان از روی معادله یک واکنش، عبارت ثابت تعادل را برای آن نوشت؟

ب) جدول صفحه بعد غلظت تعادلی گونه‌ها را در دمای معینی برای این واکنش نشان

می‌دهد. با محاسبه K ، مشخص کنید میزان پیشرفت واکنش در این دما کم است یا زیاد؟ چرا؟

$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$	K
۰/۰۲	۰/۵	۰/۴	.....

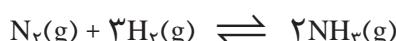
تولید فراورده بیشتر در شرایط معین، به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به دیگر سخن هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند. از این‌رو شیمی‌دان‌ها به دنبال یافتن شرایطی هستند که در آن، واکنش‌دهنده‌ها تا حد ممکن به فراورده‌ها تبدیل شده باشند. فریتس هابر برای یافتن چنین شرایطی، این واکنش را بارها و بارها در شرایط گوناگون انجام داد و سرانجام موفق شد شرایط بهینه واکنش را بیابد.



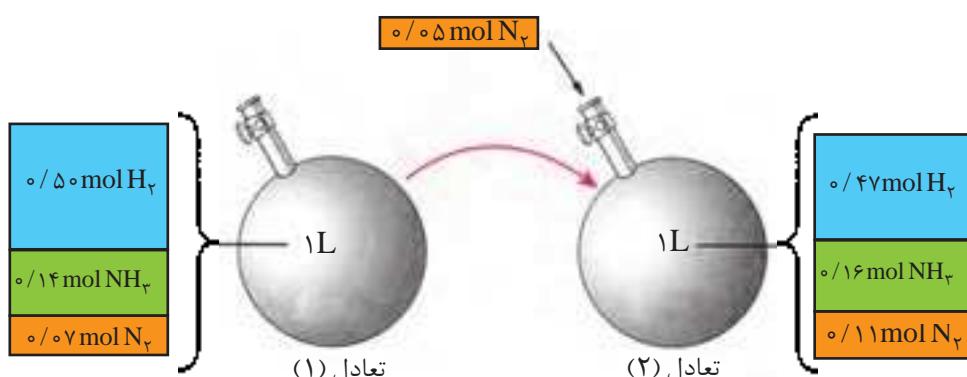
به راستی او بر چه اساسی واکنش را در این شرایط طراحی کرد؟ چگونه میزان پیشرفت واکنش تعادلی را با تغییر شرایط افزایش داد؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها باید درباره واکنش‌های تعادلی بیشتر بیاموزید.

با هم بیندیشیم

در محفظه‌ای به حجم یک لیتر، تعادل زیر در دمای $20^\circ C$ برقرار است.



شکل زیر افزودن مقداری نیتروژن را به این سامانه در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



۱- جدول زیر را کامل کنید.

K	[N₂]	[H₂]	[NH₂]	کمیت تعادل
				۱
				۲

۲- غلظت کدام مواد در تعادل (۲) در مقایسه با تعادل (۱) افزایش یافته است؟

۳- با افزودن (g) N₂ به تعادل (۱)، واکنش در چه جهتی پیش رفته است تا به تعادل جدید

برسد؟ چرا؟

۴- K در این آزمایش چه تغییری کرده است؟ از این ویژگی چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

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

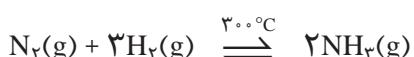
هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در سامانه تعادلی افزایش یابد، واکنش در جهت مصرف آن تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل آغازی جدید برسد.

پی بردید که واکنش تعادلی با افزایش غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در دمای ثابت، در جهتی پیش می‌رود که تا حدامکان مقداری از آن را مصرف کند و به تعادل جدید برسد اما در این جایه‌جایی، K ثابت می‌ماند.

بدیهی است که با کاهش غلظت هر ماده شرکت‌کننده، واکنش تا حد امکان در جهت تولید آن ماده پیش خواهد رفت. این ویژگی نشان می‌دهد که اگر تغییری سبب بهم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جایه‌جا می‌شود که تا حدامکان اثر آن تغییر را جبران کند. این توصیف، بیانی از اصل لوشاتلیه^۱ است.

خود را بیازمایید

واکنش تعادلی زیر در سامانه‌ای با حجم و دمای ثابت برقرار است. با هر یک از تغییرهای زیر تعادل در چه جهتی جایه‌جا می‌شود؟ چرا؟



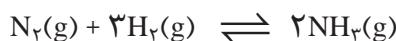
آ) خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه

ب) وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه

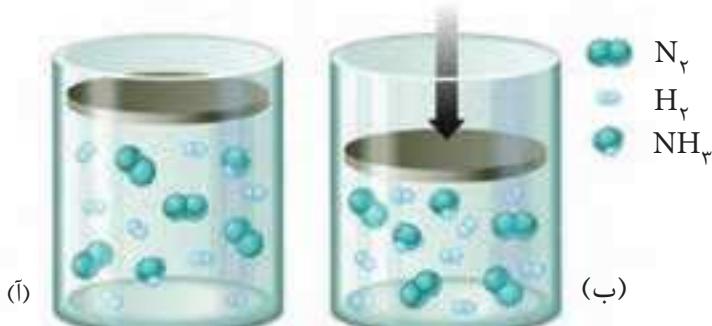
تغییر حجم سامانه در تعادل‌های گازی

با اثر تغییر غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده بر تعادل گازی در دمای ثابت آشنا شدید. دریافتید که در دما و حجم ثابت با افزایش شمار مول‌های یکی از مواد شرکت‌کننده، غلظت آن افزایش می‌یابد و مطابق اصل لوشاتلیه واکنش تعادلی تا حدامکان در جهت مصرف آن جابه‌جا می‌شود.

برای تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده می‌توان از روش دیگری نیز بهره برد. روشی که در آن حجم سامانه در دمای ثابت تغییر می‌کند. برای نمونه اگر تعادل:



در سیلندری مجهز به پیستون روان (شکل ۷-آ) برقرار باشد، با افزایش فشار بر روی پیستون می‌توان حجم چنین سامانه‌ای را در دمای ثابت کاهش داد (شکل ۷-ب).



شکل ۷- کاهش حجم سامانه تعادلی در دمای ثابت

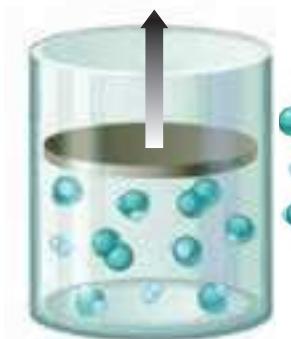
یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که کاهش حجم این سامانه سبب می‌شود تعادل در جهت رفت جابه‌جا شود، به طوری که در تعادل جدید شمار مول‌های آمونیاک افزایش یافته و شمار مول‌های نیتروژن و هیدروژن کاهش می‌یابد اما ثابت تعادل تغییری نمی‌کند (شکل ۸).



شکل ۸- برقراری تعادل جدید برای کاهش اثر فشار

این جابه‌جایی نشان می‌دهد که کاهش حجم سامانه گازی در دمای ثابت، تعادل را در جهت مول‌های گازی کمتر جابه‌جا می‌کند.

خود را بیازمایید



۱- اگر در سامانه (آ) شکل ۷، پیستون بیرون کشیده شود تا در دمای ثابت حجم آن افزایش

یابد:

(آ) پیش‌بینی کنید تعادل در کدام جهت جایه‌جا می‌شود؟ چرا؟

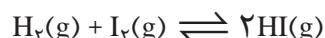
(ب) با این تغییر، شمار مول‌های آمونیاک چه تغییری می‌کند؟

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

هنگامی که در دمای ثابت، فشار بر یک تعادل گازی $\xrightleftharpoons[\text{کاهش}]{\text{افزایش}}$ می‌یابد، واکنش در جهت

شمار مول‌های گازی $\xrightleftharpoons[\text{بررسد. آغازی}]{\text{جديد}} \xrightleftharpoons[\text{بیشتر}]{\text{پیش می‌رود تا به تعادل}}$

۳- پیش‌بینی کنید در دمای ثابت با افزایش فشار بر سامانه تعادلی زیر:



(آ) شمار مول‌های هر یک از مواد شرکت کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

(ب) غلظت مولی هر یک از مواد شرکت کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

پی بردید که کاهش حجم یک سامانه محتوی تعادل گازی یا افزایش فشار بر این سامانه در دمای ثابت سبب می‌شود که تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جایه‌جا شود زیرا هرچه شمار مول‌های گاز موجود در یک سامانه کمتر باشد، شمار برخورد مولکول‌ها به دیواره‌ها کمتر و در نتیجه فشار گاز کمتر خواهد شد. بدیهی است که افزایش فشار بر یک واکنش تعادلی با شمار مول‌های گازی برابر در دو سوی معادله واکنش، تأثیری بر جایه‌جایی تعادل نخواهد داشت.

دما، عاملی برای جایه‌جایی تعادل و تغییر K

با رفتار تعادل گازی در برابر تغییر غلظت مواد شرکت کننده و تغییر فشار وارد بر سامانه در دمای ثابت آشنا شدید، رفتاری که با اصل لوشاتلیه توجیه می‌شود.

تنها عاملی که افروزن بر جایه‌جا کردن تعادل، توانایی تغییر K را نیز دارد، دماست. در واقع هنگامی که دمای یک سامانه محتوی تعادل گازی تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید افزوزن بر تغییر غلظت مواد شرکت کننده، K نیز تغییر خواهد کرد.

جالب اینکه اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون، یکسان نیست و به گرماده یا گرمگیر بودن آنها بستگی دارد.

با هم بیندیشیم

۱- جدول داده شده اثر دما را بر ثابت تعادل زیر نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها

پاسخ دهید.

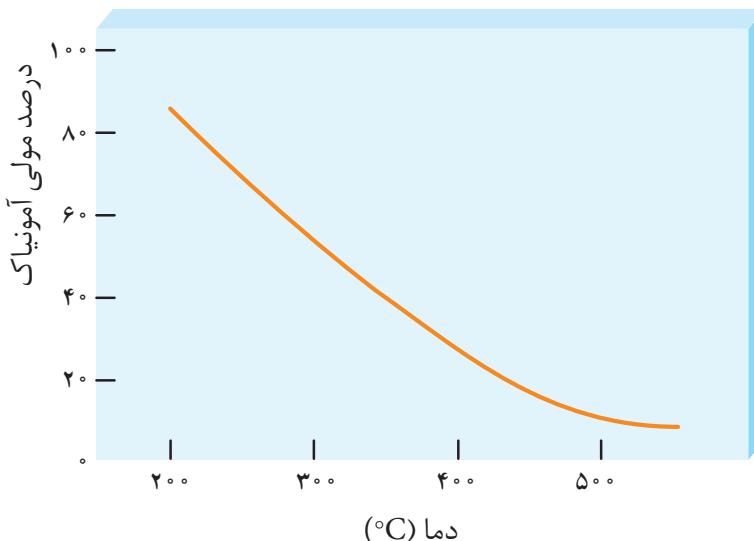
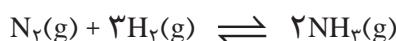


۴۳۵	۲۲۵	۲۵	دما (°C)
4×10^{-5}	4×10^{-11}	$2/5 \times 10^{-25}$	K

- آ) عبارت ثابت تعادل را برای آن بنویسید.
 ب) میزان پیشرفت واکنش در کدام دما بیشتر است؟ چرا؟
 پ) با افزایش دما K چه تغییری کرده است؟ این تغییر، جابه‌جا شدن تعادل را در چه جهت نشان می‌دهد؟
 ت) اگر برای این واکنش $\Delta H > 0$ باشد، جا به جا شدن تعادل و افزایش K را به کمک اصل لوشاتلیه توجیه کنید.

۲- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.
 هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی افزایش می‌یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{صرف}}{\text{تولید}}$ گرمای پیش می‌رود، اگر این واکنش گرمایگیر باشد مقدار $\frac{\text{فراروده‌ها}}{\text{واکنش‌دهنده‌ها}}$ در سامانه کاهش می‌یابد.

۳- نمودار زیر درصد مولی آمونیاک را برای سامانه تعادلی زیر در فشار ثابت نشان می‌دهد.
 با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



- آ) با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در سامانه چه تغییری می‌کند؟
- ب) این واکنش گرماده است یا گرمایی؟ چرا؟
- پ) مقدار ثابت تعادل آن در سه دمای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به صورت زیر است.
- $$K_1 = 6/2 \times 10^{-4}, \quad K_2 = 2/24, \quad K_3 = 6/0 \times 10^5$$

کدام یک، ثابت تعادل را در دمای اتاق نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

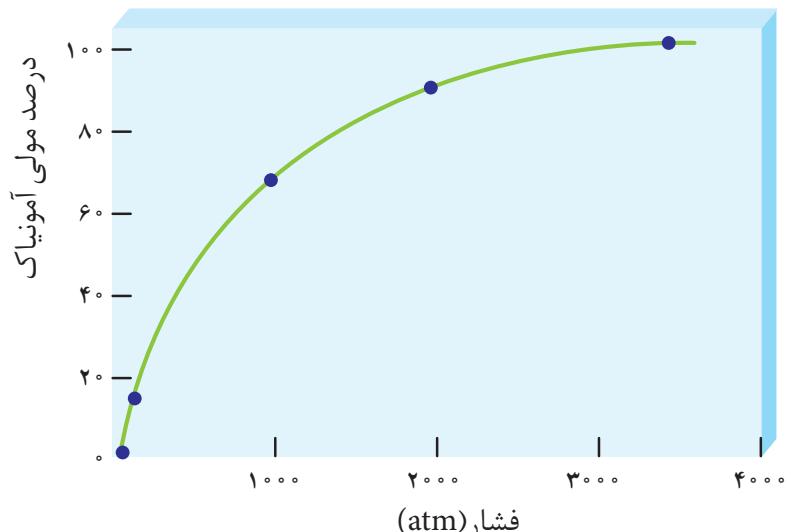
آیا می‌دانید

ساخت تجهیزات لازم برای تولید آمونیاک به روش هابر مدیون مهندسی کارل بوش است. او کسی بود که مهندسی تجهیزات تولید آمونیاک را گسترش داد. از این‌رو، گاهی از فرایند هابر به عنوان فرایند هابر-بوش نام برده می‌شود.



فریتس هابر شیمی‌دان مشهور آلمانی و همکارش کارل بوش برای تلاش در تهییه آمونیاک از واکنش گازهای نیتروژن و هیدروژن، جایزه نوبل دریافت کردند.

تاکنون آموختید که با تغییر غلظت، فشار و دما می‌توان سامانه‌های تعادلی را در جهت دلخواه جابه‌جا کرد. فریتس هابر نیز انتظار داشت که با تغییر این عوامل بتواند مقدار آمونیاک را در مخلوط تعادلی افزایش دهد. او می‌دانست که با افزایش دما و تأمین انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. از این‌رو واکنش را در دماهای بالاتر بررسی کرد. دماهایی که در آنها واکنش با سرعت چشمگیری انجام می‌شد، اما با پیشرفت کمی به تعادل می‌رسید به طوری که سامانه محتوی مخلوطی از هر سه گاز بود. جالب اینکه او هر چه دما را بالاتر می‌برد، درصد مولی آمونیاک در مخلوط کاهش می‌یافتد (چرا؟). هابر دریافت که افزایش دما نمی‌تواند برای تولید آمونیاک بیشتر ثمربخش باشد. او با استفاده از کاتالیزگر توانست واکنش را در دماهای پایین‌تر با سرعت مناسب انجام دهد، هرچند که هنوز هم درصد مولی آمونیاک در مخلوط مطلوب نبود. او برای رفع این مشکل، از افزایش فشار بر سامانه بهره برد (نمودار ۳).

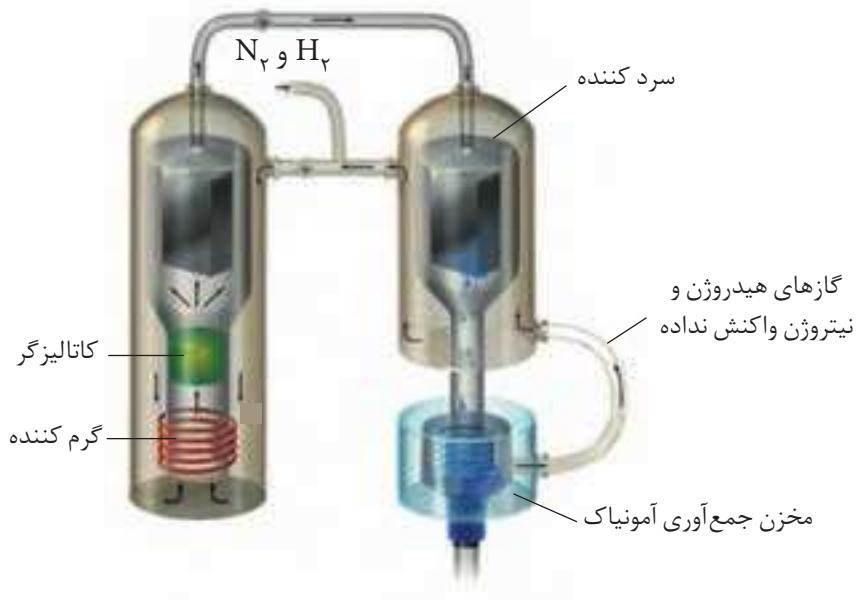


نمودار ۳- در دمای ثابت، با افزایش فشار درصد مولی آمونیاک در سامانه افزایش می‌یابد.

به این ترتیب هابر توانست شرایط بهینه برای تولید آمونیاک را بیابد. شرایطی که در آن، تنها ۲۸ درصد مولی مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد. در پایان برای جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش، از تفاوت آشکار در نقطه جوش آمونیاک با دو گاز دیگر استفاده کرد.

خود را بیازمایید

با توجه به شکل زیر که نمایی از فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می‌دهد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



فرایند هابر نمونه‌تاریخی جالبی از تأثیر پیچیده شیمی بر زندگی ماست. هر چند تولید آمونیاک باعث طولانی‌تر شدن جنگ جهانی اول گردید؛ اما به دنبال آن شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فراورده‌های کشاورزی فراهم شد.

- آ) در مورد روش کار هابر در این فناوری با یکدیگر گفت و گو کنید.
ب) اگر نقطه جوش آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن به ترتیب -33 ، -196 و -253 درجه سلسیوس باشد، کدام دما (40°C - یا -200) را برای سردکننده مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

ارزش فناوری‌های شیمیایی

آیا می‌دانید



با وجود کشف منابع شیمیایی گوناگون، نفت هنوز مؤثرترین و مهمترین ماده برای اقتصاد جهان است. بر همین اساس دانشمندان کشورهای گوناگون در جست‌وجوی منابع جدید این ماده شغفت‌انگیز حتی در شمالگان و جنوبگان هستند.



نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به‌طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به‌همین دلیل برخی کشورها صادرکننده این منابع و برخی دیگر واردکننده آنها هستند. در واقع برخی کشورهای دنیا با کسب درآمد از فروش منابع خود زمینه آسایش، رشد و توسعه را فراهم می‌کنند. نکته مهمی که باید به آن توجه کرد این است که بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فرواری و به همان صورتی که از طبیعت به‌دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. فرایندی که به خام فروشی منابع معروف است. روش دیگر این است که به کمک فناوری‌های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فراورده‌های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند. برای نمونه فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است و راه دیگر آن، پالایش نفت خام و تبدیل آن به فراورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و ... است. خام فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است. برای نمونه قیمت یک تن مس خالص در بازارهای جهانی به هزاران برابر قیمت یک تن سنگ معدن مس می‌رسد. این تفاوت چشمگیر نشان می‌دهد که دانش و فناوری استخراج و خالص‌سازی تا چه اندازه ارزشمند است (شکل ۹).

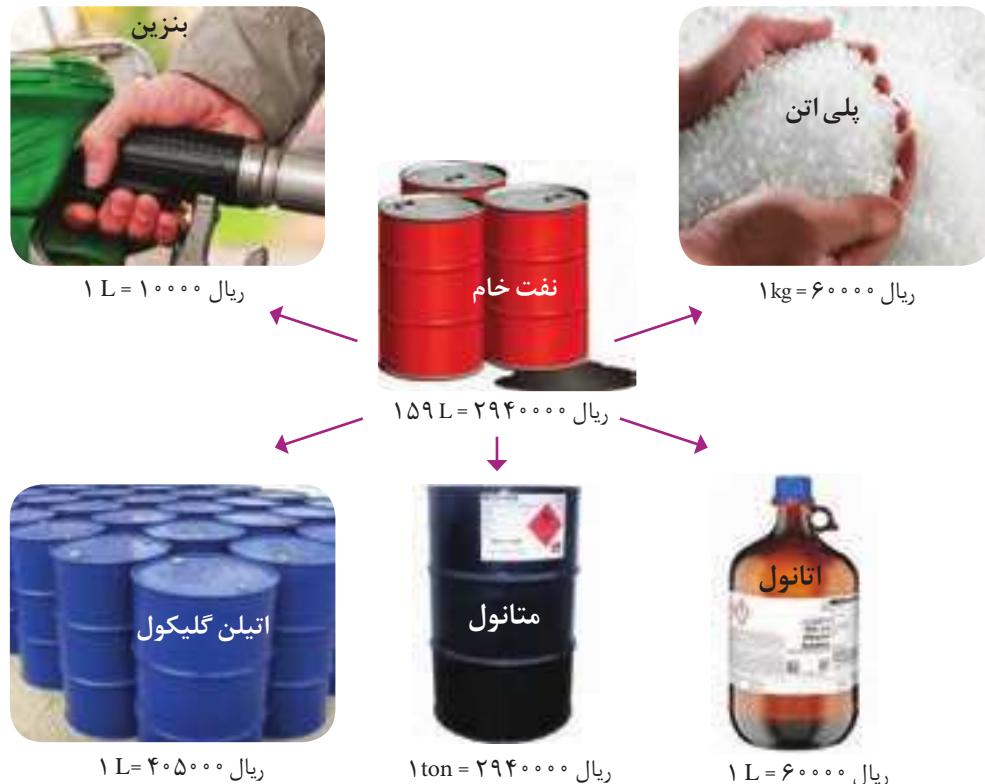


شکل ۹- مس، از سنگ معدن تا فلز (مس سرچشمه کرمان)

در شیمی ۲ با درصد خلوص مواد شیمیایی آشنا شدید، کمیتی که بر روی قیمت تمام‌شده آنها نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. هر چه درصد خلوص ماده شیمیایی بیشتر باشد، قیمت آن نیز بیشتر خواهد بود. برای نمونه قیمت فلز مس با خلوص $99/9$ درصد نسبت به فلز مس با خلوص 96 درصد به‌طور چشمگیری بیشتر است. به‌همین دلیل فناوری‌های جداسازی و خالص‌سازی مواد یکی از فناوری‌های پیشرفته، گران، پرکاربرد و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به‌شمار می‌رود.

خود را بیازمایید

با توجه به شکل زیر که قیمت تقریبی نفت خام و چند فراورده نفتی را نشان می‌دهد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) جدول زیر را کامل کنید.

نام ماده	نفت خام	متانول	اتیلن گلیکول	پلی اتن	بنزین	اتانول
قیمت ۱۵۹ لیتر یا کیلوگرم (ریال)

ب) درباره جمله زیر گفت و گو کنید.

«به کارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فراوری شده، سبب رشد و بهره‌وری اقتصاد یک کشور می‌شود.»

فناوری را می‌توان به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری‌هایی هستند که بشر امروزی از آنها برای حل مسائل خود بهره می‌برد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. برای نمونه دانشمندان و مهندسان با استفاده از دانش مواد و دانش الکتریسیته و مغناطیس، وسایلی

- مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هواستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آنها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.
- مانند تلفن و رایانه همراه و بی‌سیم طراحی و تولید می‌کنند، وسایلی که مشکل برقراری ارتباط را برطرف می‌سازند. شیمی‌دان‌ها نیز با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر آنها ارائه می‌کنند. آنها همچنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند. هریک از این موارد بیانی از فناوری شیمیایی است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی

در این درس به بررسی فناوری ساخت مواد شیمیایی جدید خواهیم پرداخت. اینکه شیمی‌دان‌ها چگونه و با چه روشی یک ماده شیمیایی را می‌سازند؟ بر چه اساسی مواد اولیه را انتخاب می‌کنند؟

گروه عاملی، کلید سنتز مولکول‌های آلی

- سنتز یک فرایند شیمیایی است که در آن با استفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگر را تولید می‌کنند.
- یکی از لذت‌بخش‌ترین فناوری‌های شیمیایی، سنتز مواد نو از جمله رنگدانه‌ها، خوشبوکننده‌ها، داروهای ضدسرطان، الیاف، سوخت‌های دوستدار محیط زیست و مواد هوشمند است. در واقع سنتز را می‌توان بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی دانست که منجر به طراحی و تولید مواد جدید می‌شود.

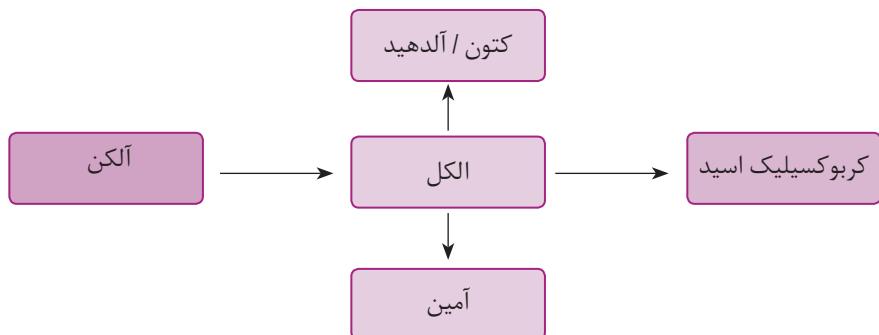
می‌دانید که اغلب مواد آلی شامل گروه‌های عاملی گوناگون هستند. گروه‌هایی که خواص و رفتار مواد آلی را تعیین می‌کنند. تولید یک ماده آلی جدید می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد. شیمی‌دان‌ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه‌های عاملی و دانستن شرایط و عوامل مؤثر بر انجام واکنش‌های شیمیایی از مواد خام یا اولیه در دسترس، ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند. در این فرایندها، شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک ماده آلی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگر تبدیل می‌کنند. برای نمونه در شیمی ۲ آموختید که برای سنتز یک استر می‌توان از واکنش یک اسید آلی با یک الکل در شرایط مناسب بهره برد.

خود را بیازمایید

در نمودار زیر جاهای خالی را با نوشتن نام یا فرمول ماده شیمیایی پر کنید.



اینک می‌پذیرید که می‌توان از گاز اتن مواد آلی گوناگون پر مصرف و اغلب ارزشمند تهیه کرد. این گاز یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی است. به همین ترتیب با استفاده از مواد مناسب و واکنش‌های شیمیایی می‌توان مواد آلی گوناگون را به یکدیگر تبدیل کرد (نمودار ۴).



نمودار ۴- تبدیل برخی مواد آلی به یکدیگر

بديهي است هرچه نوع و شمار گروههای عاملی در مولکول هدف بيشتر باشد، ساخت آن دشوارتر بوده و به دانش پيشرفته‌تر و فناوري کارآمدتری نياز دارد. توجه داشته باشيد که بازده واکنش، هزينه مواد و انرژي مصرف شده برای توليد ماده هدف به نوع واکنش و فناوري به كاررفته بستگی دارد. از اين رو شيمى دانها در پي يافتن مواد مناسب، ارزان و دوستدار محيط زيست، همچنين واکنش‌های شيميايی آسان و پربازده هستند تا هزينه تمام شده توليد يا سنتز را کاهش دهند. در گام بعد دانش مهندسي برای توليد صنعتی آن ماده، فناوري لازم را طراحی و اجرا می‌کند.

آيا می‌دانيد

سالانه حدود ۶۰۰ ميليارد بطری پلاستيكي در سرتا سر جهان برای تأمین، نگهداري و بسته‌بندی آب و نوشيدنی‌های گازدار تولیدمي شود.



ساخت بطری آب

سالانه شمار بسیار زيادي بطری پلاستيكي برای نگهداري و بسته‌بندی آب آشاميدنی تولید می‌شود. بطری آب از پليمری به نام پلی اتيلن ترفتالات^۱ (PET) ساخته می‌شود. برای ساخت اين بطری، نخست پليمر آن را تهيه می‌کنند. سپس اين پليمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ريزنند تا به شکل بطری مورد نظر درآيد.

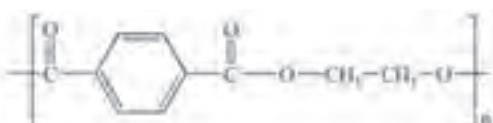
خود را بيازماييد

آيا می‌دانيد

تريلين نام تجاری وقدیمی پلی اتيلن ترفتالات است. این نام از مونومرهای این پليمر، ترفالیک اسید و اتيلن گلیکول گرفته شده است. البته نام تجاری امروزی اين پليمر، پت است.



فرمول ساختاري پليمر سازنده بطری آب به شکل زير است. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهيد.

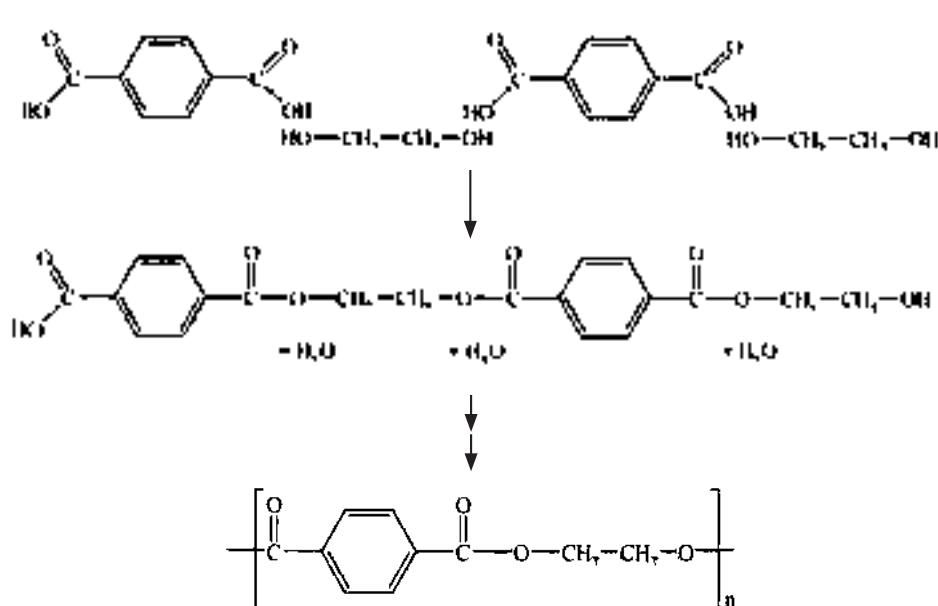


آ) اين پليمر از کدام دسته پليمرهاست؟ چرا؟

ب) ساختار مونومرهای سازنده اين پليمر را رسم کنيد.

آیا می‌دانید

یکی از مراحل مهم در تهیه یک ماده، جداسازی و خالص‌سازی آن است. واکنش پارازایلن با پتانسیم پرمنگنات در محیط بازی را در نظر بگیرید. پس از انجام واکنش مخلوطی به دست می‌آید که شامل، پتانسیم پرمنگنات اضافی، منگنز (IV) اکسید، آب، پارازایلن و واکنش نداده، ترفتالیک اسید و مواد دیگر است. اکنون باید با استفاده از دانش شیمی، ترفتالیک اسید (فراورده مورد نظر) را از مخلوط واکنش جداسازی کرد. بدیهی است درصد خلوص ترفتالیک اسید به داشش و فناوری به کار رفته بستگی دارد.



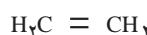
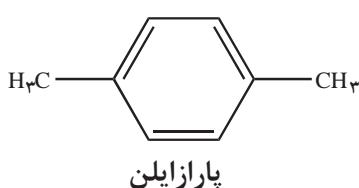
شکل ۱۱- الگوی تولید PET

اما مسئله این است که اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند. به دیگر سخن، به طور مستقیم نمی‌توان آنها را از نفت خام به دست آورد. پس چه باید کرد؟ در اینجا، با بهره‌گیری از دانش شیمی می‌توان این مواد را با استفاده از مواد خام و اولیه که از نفت خام جداسازی می‌شوند، سنتز کرد.

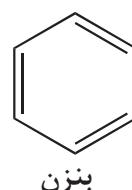
اکنون باید در نقش یک شیمی‌دان، مواد اولیه و در دسترس را بررسی و براساس آموخته‌های خود، مواد مناسب برای سنتز ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول را انتخاب کرد. سپس مواد اولیه انتخاب شده را در شرایط مناسب واکنش داده و به ماده مورد نظر تبدیل نمود.

با هم بیندیشیم

۱- بررسی‌ها نشان می‌دهند که از تقطیر نفت خام می‌توان مواد زیر را به دست آورد.



اتن



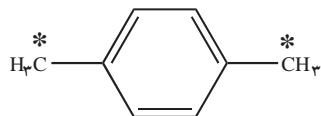
آیا می‌دانید

در یک واکنش شیمیایی فراورده‌هایی تولید می‌شوند که دلخواه ما نیستند و پسماند واکنش محسوب می‌شوند. این پسماندها، گاهی سمی و آسیاده بوده و برای محیط زیست زیان آورند. برهمین اساس شیمی‌دان‌های دوستدار محیط زیست رشتۀ‌ای دانشگاهی به نام شیمی سبز با راهکارهای زیر راهاندازی کرده‌اند.

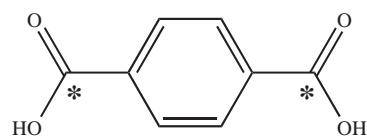


شیمی سبز با طراحی مواد و فرایندهای شیمیایی مناسب سبب حذف یا کاهش مواد زیان‌آور و سمی و حرکت در مسیر توسعه پایدار می‌شود. توسعه پایدار به معنی بهره‌برداری هوشمندانه و مناسب از منابع برای تأمین نیازهای امروز بدون تحمل هزینه به آینده‌گان تعریف می‌شود.

با بررسی فرمول‌های ساختاری زیر به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.



پارازایلن



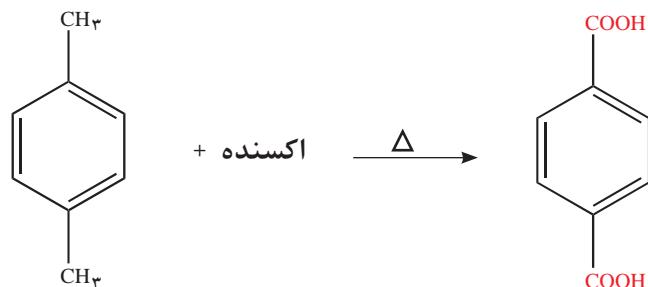
ترفتالیک اسید

- آ) برای تهیه ترفتالیک اسید از پارازایلن، چه تغییری باید در ساختار پارازایلن ایجاد کرد؟
- ب) عدد اکسایش اتم‌های کربن ستاره دار را در این دو ترکیب تعیین کنید.
- پ) با توجه به آموخته‌های خود درباره واکنش‌های اکسایش - کاهش، برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید کدام دسته از مواد زیر را مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

□ کاهنده‌ها

□ اکسنده‌ها

- ۲- پتاسیم پرمنگنات اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب پارازایلن را بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند.



- آ) در این واکنش یون پرمنگنات به منگنز (IV) اکسید تبدیل می‌شود. تغییر عدد اکسایش اتم منگنز در این واکنش چند است؟ (عدد اکسایش اتم منگنز در یون پرمنگنات برابر با $+7$ است).
- ب) انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است یا کم؟ چرا؟

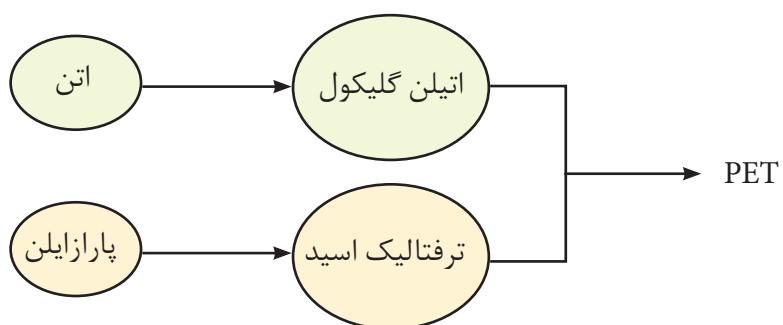
پی بردید که یون پرمنگنات گونه‌ای اکسنده است و سبب اکسایش گونه‌های دیگر می‌شود. با وجود غلطت بالای آن، باز هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود. مگر آنکه دمای مخلوط واکنش افزایش یابد. با افزایش دما اگرچه شرایط انجام واکنش تأمین شده است اما بازده همچنان مطلوب نیست. همه اینها نشان می‌دهد که اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید دشوار است. از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایطی آسان‌تر برای انجام این واکنش با بازده بالا هستند. آنها با پژوهش‌های فراوان دریافتند که استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می‌تواند راهگشا باشد. البته پژوهش‌ها برای یافتن واکنشی پربازده و باصره اقتصادی همچنان ادامه دارد.

تاکنون تهیه یکی از واکنش‌دهنده‌های مورد نیاز برای سنتز پلیمر به کار رفته در بطری آب را فرا گرفتید. هرچند انجام این واکنش در مقیاس صنعتی بسیار پیچیده‌تر و دشوارتر از آن چیزی است که روی کاغذ نوشته می‌شود.

اینک دومین واکنش‌دهنده (اتیلن گلیکول) را باید تهیه کرد. برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتابسیم پرمونگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



اکنون می‌توان با انجام واکنش اتیلن گلیکول با ترفتالیک اسید (مونومرهای سازنده پلیمر) پلی اتیلن ترفتالات را سنتز کرد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- فرایند کلی سنتز PET

این پلیمر همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند آنها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به شمار می‌آید. بنابراین ضروری است بازیافت پلاستیک‌ها را به‌طور دقیق بررسی کنیم تا با نقش فناوری شیمیایی در بازیافت آنها آشنا شویم.

در میان تارنمایها

در شیمی ۲ با پلیمرهای سبز که زیست تخریب‌پذیرند آشنا شدید. با مراجعه به منابع علمی معتبر، گزارشی از این پلیمرها در مقایسه با پلیمرهای حاصل از مواد نفتی از دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی تهیه و در کلاس ارائه کنید.

PET بازیافت

آیا می‌دانید

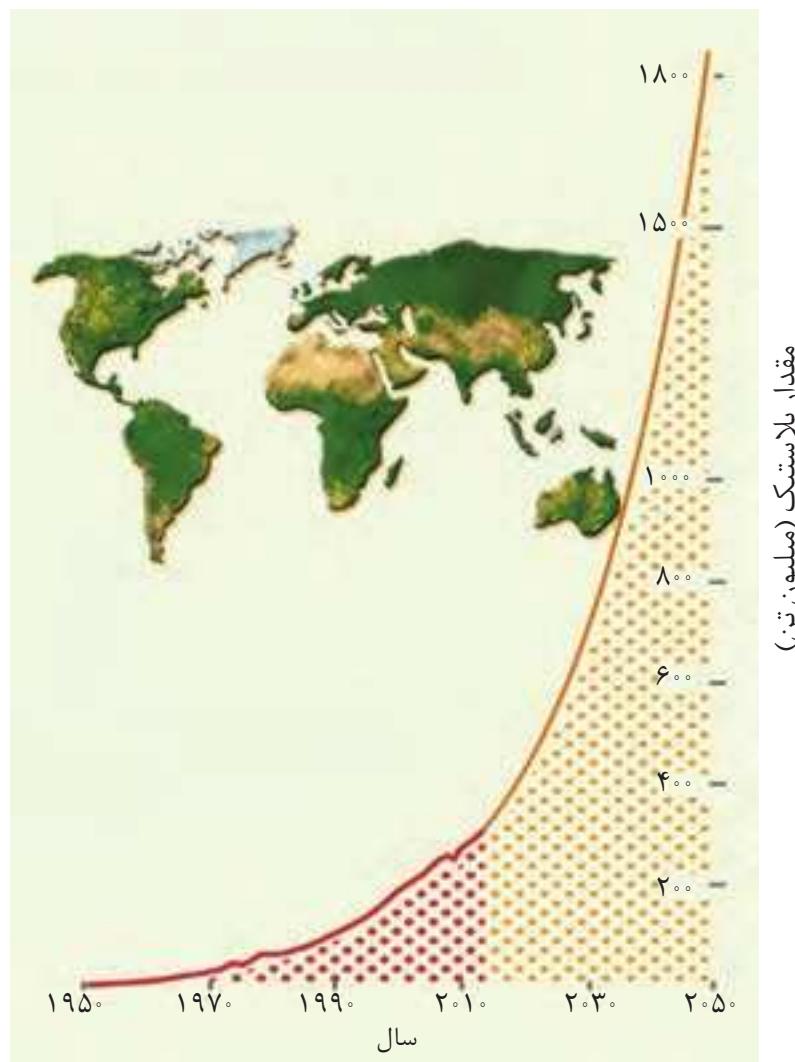
سالانه ۸ تا ۱۰ میلیارد کیلوگرم پلاستیک وارد اقیانوس‌ها می‌شوند. این مواد افزون بر ماده پلیمری شامل مواد شیمیایی گوناگونی نیز مانند نرم‌کننده‌ها، رنگ‌دانه‌ها و پایدارکننده هستند که برای جانداران مضرنند و سامانه عصبی آنها را مختل می‌کنند.



سالانه تعداد زیادی از جانوران دریایی در دام‌پلاستیک‌ها می‌افتدند و می‌میرند.



پلاستیک‌ها را می‌توان یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر دانست. این مواد به دلیل ویژگی‌هایی مانند چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی، کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده‌اند؛ به طوری که امروزه سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن از این مواد در جهان تولید می‌شود و این روند روبه افزایش است (نمودار ۵).



نمودار ۵- روند تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ میلادی

استفاده بی‌رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون به همراه زیست تخریب‌ناپذیری آنها سبب شده که در جای جای کره زمین یافت شوند. از این رو بازیافت آنها اجتناب‌ناپذیر است. یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی اتیلن ترفتالات است. برای این منظور، باید آنها را جداگانه جمع‌آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد.

آیا می‌دانید

فقط ۱۸ درصد پلاستیک‌های تولید شده در جهان بازیافت می‌شود!!!



صنعت بازیافت به یکی از کلیدی‌ترین صنایع در قرن آینده تبدیل خواهد شد. بدیهی است هر کشوری که از دانش و فناوری پیشرفته‌تری برخوردار باشد سهم قابل توجهی از این بازار جهانی را به خود اختصاص خواهد داد.

یکی از راه‌های بازیافت این است که آنها را پس از شست و شو و تمیز کردن، ذوب کرده و دوباره از آنها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند.

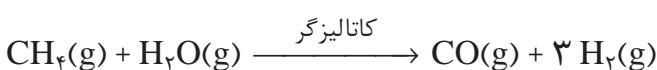
البته پس از شست و شوی مواد پلاستیکی می‌توان آنها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. اما راه دیگری نیز وجود دارد که این پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند. باید توجه داشت که سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد، زیرا برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کاری بسیار دشوار است.

از آنجا که سالانه حجم انبوهی از پسماندهای این پلیمر تولید می‌شود، بازیافت شیمیایی آن بسیار ضروری و ارزشمند است. در شیمی ۲ آموختید که پلی استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی برداشت که PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آنها را برای تولید پلیمرها به کار برد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است. اکنون این پرسش مطرح می‌شود که چگونه می‌توان در مقیاس صنعتی متانول تولید کرد؟

متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الكل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. از آنجا که این الكل کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد باید آن را در مقیاس صنعتی تولید کرد. در صنعت گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند. معادله شیمیایی این واکنش به صورت زیر است:



مواد واکنش‌دهنده برای این واکنش در دسترس نیستند از این رو نخست باید آنها را تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. برای تهیه گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن می‌توان از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر بهره برد.



گاز متان سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. در این میدان‌ها برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از آن را می‌سوزانند. گاز متان واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد (چرا؟) و تبدیل آن به متانول فرایندی دشوار است که انجام

آیا می‌دانید

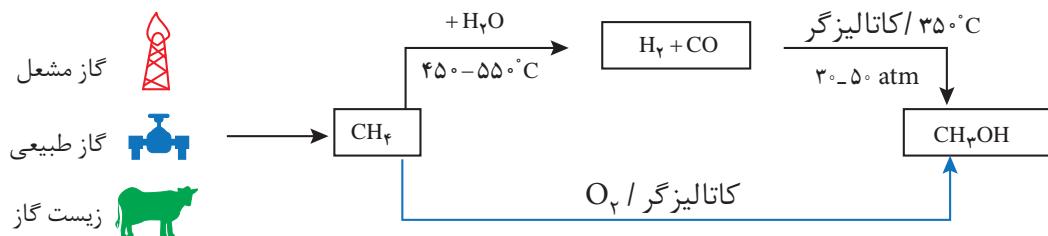
سالانه حدود ۷۰ میلیون تن متانول در سرتاسر دنیا تولید می‌شود. از متانول برای تولید فرمالدھید، استیک اسید، سوخت و ... استفاده می‌شود. شرکت‌های پتروشیمی ایران نیز سالانه مقدار قابل توجهی متانول تولید می‌کنند، به طوری که کشور ایران به یکی از صادرکنندگان متانول تبدیل شده است.

آیا می‌دانید

سالانه 14° میلیارد متر مکعب گاز متان در میدان‌های نفتی در سرتاسر دنیا سوزانده می‌شود.



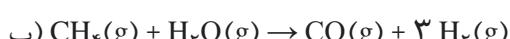
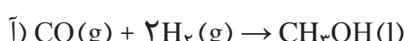
آن به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است. به دلیل اهمیت متanol در صنایع گوناگون از یک سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متanol پیدا کرد (نمودار ۶).



نمودار ۶- روش‌های تولید متanol. تولید مستقیم متanol از متان چه مزیتی دارد؟

خود را بیازمایید

۱- در هر یک از واکنش‌های زیر مشخص کنید کدام گونه اکسایش و کدام کاهش یافته است؟



۲- شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کمترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. معادله‌های شیمیایی موازن نشده زیر تهیه ماده A را به دو روش نشان می‌دهد.



در این واکنش‌ها X و Y پسماند هستند، اما Z یک حلال صنعتی است.

آ) در کدام واکنش، همه اتم‌های مواد واکنش‌دهنده، به مواد ارزشمند تبدیل شده‌اند؟
چرا؟

ب) براساس اصول شیمی سبز، کدام واکنش از دیدگاه اتمی صرفه اقتصادی دارد؟ چرا؟

تمرین‌های دوره‌ای



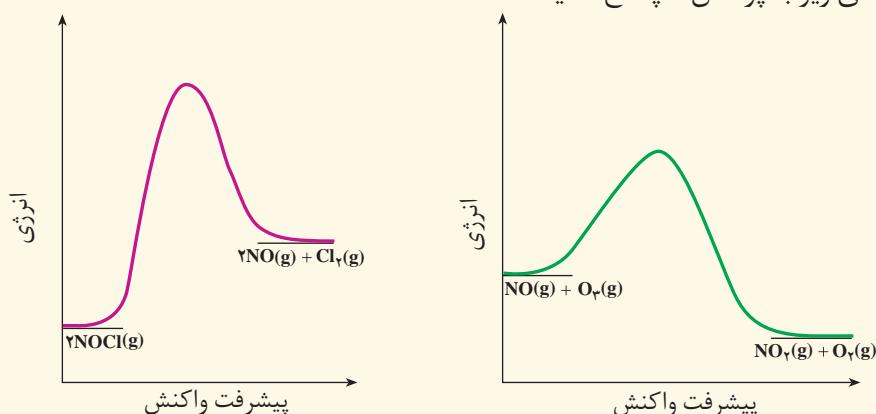
۱- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

آ) استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

ب) در تعادل‌های گازی گرمایی با افزایش دما در فشار ثابت، K افزایش می‌یابد.

پ) واکنشی که در آن از یک هیدروکربن، ترکیب آلی اکسیژن‌دار تولید می‌شود، یک واکنش اکسایش - کاهش است.

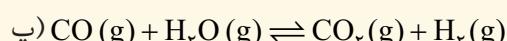
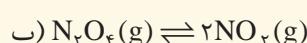
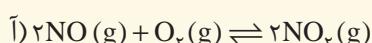
۲- با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی هر واکنش را روی نمودار مشخص کنید.

ب) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان کمتر است؟ چرا؟

۳- در کدام سامانه تعادلی زیر، کاهش حجم سامانه در دمای ثابت سبب افزایش مقدار فراورده‌ها می‌شود؟ توضیح دهید.



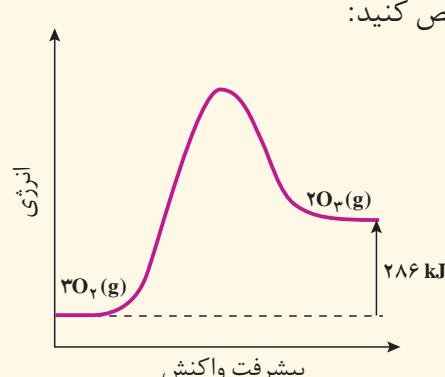
۴- با توجه به نمودار رویه‌رو، درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را مشخص کنید:

آ) انرژی فعال‌سازی از آنتالپی واکنش بزرگ‌تر است.

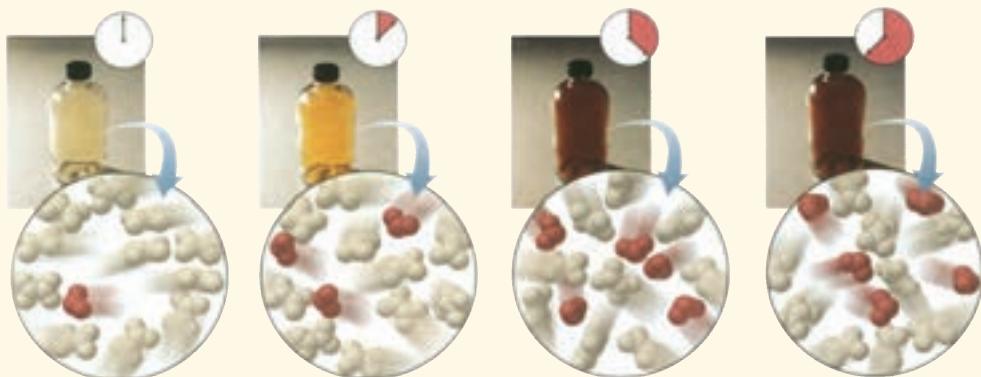
ب) آنتالپی (محتوای انرژی) فراورده‌ها از واکنش دهنده‌ها کمتر است.

پ) مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش دهنده‌ها بزرگ‌تر از فراورده‌ها است.

ت) اگر این واکنش درون سیلندر با پیستون روان به تعادل برسد، با افزایش فشار در دمای ثابت، شمار مول‌های اوزون کاهش می‌یابد.

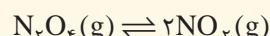


۵- شکل زیر پیشرفت واکنش تبدیل گاز بی رنگ NO_2 به گاز قهوه‌ای رنگ N_2O_4 را با گذشت زمان در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

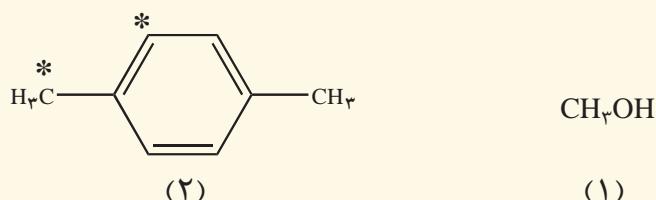


آ) آیا واکنش به تعادل رسیده است؟ توضیح دهید.

ب) اگر حجم سامانه ۲ لیتر و هر ذره هم ارز با 10^{-2} مول از آن گونه باشد، ثابت تعادل واکنش زیر را در این دما حساب کنید.



۶- با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

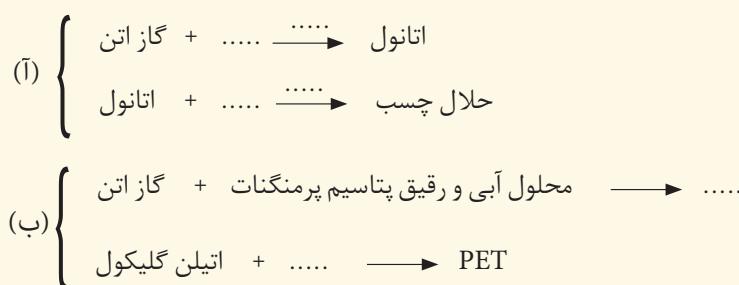


آ) عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن ستاره‌دار را تعیین کنید.

ب) در تبدیل ترکیب (2) به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش کدام اتم ستاره‌دار تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

پ) روش تهییه یک دی‌استر از مواد (1) و (2) را با نوشتن معادله‌های شیمیایی موازن شده نشان دهید.

۷- هر یک از موارد زیر سنتز یک فراورده هدف را نشان می‌دهد. هر نقطه‌چین را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.



واژه‌نامه

۶۰	Electroplating	آبکاری
۴۵	Anode	آند
۱۳	Acid	اسید
۱۵	Arrhenius Acid	اسید آرنیوس
۱۸	Monoprotic Acid	اسید تک پروتون دار
۵	Fatty Acid	اسید چرب
۱۰۴	Le Chatelier's Principle	اصل لوشاٹلیه
۴۰	Oxidation	اسایش
۴۰	Oxidant	اکسنده
۴۴	Electrode	الکترود
۲۸	Electrochemistry	الکتروشیمی
۹۵	Activation Energy	انرژی فعال سازی
۱۳	Base	باز
۱۵	Arrhenius Base	باز آرنیوس
۵۴	Electrolysis	برقگافت
۴۷	Standard Electrode Potential	پتانسیل الکترودی استاندارد
۴۷	Standard Reduction Potential	پتانسیل کاهشی استاندارد
۷۷	Ionic Bond	پیوند یونی
۷۸	Binary Ionic Compound	ترکیب یونی دوتایی
۷۸	Ionic Compound	ترکیب یونی
۶۹	Molecular Compound	ترکیب مولکولی
۲۱	Chemical Equilibrium	تعادل شیمیابی
۲۲	Equilibrium Constant	ثابت تعادل

فرایند پوشاندن سطح یک جسم با لایه نازکی از یک فلز با سلول الکتروولیتی است.

الکترودی که در سطح آن اکسایش رخ می‌دهد.

ماده‌ای که مزء ترش دارد و در واکنش با بازها، نمک تولید کند.

ماده‌ای که با حل شدن در آب، غلظت یون هیدرونیوم (H_3O^+) را افزایش می‌دهد.

اسیدی که پس از حل شدن در آب هر مولکول آن حداکثریک هیدرونیوم تولید کند.

کربوکسیلیک اسید با زنجیر دراز کربنی سیر شده یا سیر نشده بدون شاخه است.

اگر عاملی حالت تعادلی یک سامانه را برهم بزند، سامانه برای رسیدن به تعادل جدید در جهتی جایه‌جایی شود که تأثیر عامل یاد شده را به کمترین میزان خود برساند.

فرایندی که در آن اتم‌ها، یون‌ها یا مولکول‌ها الکترون از دست می‌دهند.

گونه‌ای است که در یک واکنش اسایش - کاهش گونه دیگر را اکسید می‌کند.

رسانای الکترونی در یک نیم‌سلول الکتروشیمیابی است.

علم استفاده از انرژی الکتریکی برای انجام تغییر شیمیابی یا تولید انرژی الکتریکی از انجام واکنش اسایش - کاهش است.

حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیابی است.

ماده‌ای تلخ‌مزه که در واکنش با اسیدها، نمک تولید می‌کند.

ماده‌ای که با حل شدن در آب، غلظت یون هیدروکسید (OH^-) را افزایش می‌دهد.

واکنش شیمیابی که با عبور جریان برق از محلول یونی یا ترکیب یونی مذاب انجام می‌شود.

اختلاف پتانسیلی است که میان تبعیه فلزی (الکترود) و محلول آبی دارای یون فلزی (الکتروولیت) با غلظت یک مولار در دمای 25°C (شرط استاندارد) وجود دارد.

نسبت به نیم‌سلول استاندارد هیدروژن سنجیده می‌شود.

پتانسیل الکترودی استاندارد که برای فرایند کاهش (گونه کاهنده $\rightleftharpoons + \text{گونه اکسنده}$) گزارش می‌شود.

به نیروی جاذبی الکتروستاتیکی موجود میان یون‌های ناهم‌نام می‌گویند.

ترکیبی است که از یون دو عنصر مختلف تشکیل شده است.

ترکیبی که ذره‌های سازنده آنها یون‌های مثبت و منفی هستند.

ترکیبی که از مولکول‌های جدا از هم تشکیل شده است.

حالی برای سامانه شیمیابی برگشت‌پذیر با دمای ثابت است که سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با یکدیگر برابر می‌شود.

عدد ثابتی است که از جایگزین کردن غلظت‌های تعادلی مواد شرکت کننده در واکنش، در عبارت ثابت تعادل به دست می‌آید.

۲۳	Acid Ionization Constant (K_a)	ثابت یونش اسید
۲۹	Base Ionization Constant (K_b)	ثابت یونش باز
۶۹	Covalent Solid	جامد کووالانسی
۷۳	Bonding Electron Pair	جفت الکترون پیوندی
۷۴	Non- Bonding Electron Pair	جفت الکترون ناپیوندی
۵۶	Cathodic Protection	حفظه کاتدی
۵۹	Corrosion	خوردگی
۱۷	Electronic Conductor	رسانای الکترونی
۱۷	Ionic Conductor	رسانای یونی
۴۷	Electrochemical Series	سری الکتروشیمیایی
۵۴	Electrolytic Cell	سلول الکترولیتی
۵۰	Fuel Cell	سلول سوختی
۴۴	Galvanic Cell	سلول گالوانی
۷۸	Crystal Lattice	شبکه بلور
۶	Soap	صابون
۱۰۲	Equilibrium Constant Expression	عبارت ثابت تعادل
۵۲	Oxidation Number	عدد اکسایش
۹۷	Catalyst	کاتالیزگر
۴۵	Cathode	کاتد
۴۰	Reduction	کاهش
۴۰	Reducant	کاهنده
۴۶	Electromotive Force	نیروی الکتروموتوری
۴۴	Half-Cell	نیم سلول
۴۰	Half-Reaction	نیم واکنش
۴۰	Oxidation - Reduction Reaction	واکنش اکسایش - کاهش
۴۵	Electrode Reaction	واکنش الکتروودی

منابع

- ۱- اصول شیمی عمومی، مارتین سیلبربرگ، ترجمه: دکتر مجید میرمحمدصادقی – دکتر غلامعباس پارساfer – دکتر محمدرضا سعیدی، انتشارات نوپردازان، سال ۱۳۹۴.
- ۲- شیمی عمومی، بروس ادوارد برستن، تئودور لسلی براؤن، هرولد یوجین لی می جونیور، ترجمه: محمد محمودی‌هاشمی، علی عزآبادی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، سال ۱۳۹۵.
- ۳- شیمی عمومی، جارلز مورتیمر، ترجمه: عیسیٰ یاوری، انتشارات دانشگاهی، سال ۱۳۹۵.

- 4- Silberberg, M. S. , Principles of General Chemistry , Mc GrawHill, 2007.
- 5- Reger, D. L. ,Goode, S. R. Ball, D.W., Chemistry, Brooks/Cole, 2010.
- 6- Kotz, John C.; Treichel, Paul M.; Weaver, Gabriela C., Chemistry & Chemical Reactivity, 2006, Thomson - Brooks/Cole.
- 7- Ebbing, Darrell D.; Gammon, Steven D., General Chemistry, 2009, Brooks/Cole.
- 8- Tro, Nivaldo J., Principles of Chemistry, A Molecular Approach, 2010, Pearson.
- 9- Russo, S.; Silver, M., Introductory Chemistry, 2011, Prentice Hall.
- 10- Phillips, J.S.; Strozak, V.S.; Wistrom, C.; Zike, D. Chemistry, Concepts and Applications, 2009, Glencoe McGraw- will.
- 11- Gilbert, T.R.; kirss, R.V., Foster, N.; Davies, Chemistry, the science context, 2009, W.W. Norton & Company.
- 12- Middlecamp Catherine H. [et al.] Chemistry In Context: Applying Chemistry To Society, 2012.
- 13- Seager Spencer L., Slabaugh Micheal R., Chemistry for Today General, Organic, and Biochemistry, 2014.
- 14- Tro Nivaldi J., Chemistry in Focus, A Molecular View of Our World, 2009
- 15- Chang Raymond, Chemistry. 2010
- 16- Burdge,J.; Overby, J., Chemistry (atom first), Mc Graw Hill, 2018
- 17- Zumdahl, S.S.; Zumdahl, S.A.; DeDoste, D.J., Chemistry, CENGAGE Learning, 2018
- 18- NCNurry, J.E.; FAY R.C, General Chemistry, Pearson,2014.
- 19- Smith, J.G., Principles of General, Organic & Biological Chemistry, Mc Graw Itill, 2012.
- 20- Chastko,A.; Goldie, J.; Mustoe, F.; Phillips, I., Searle, S., Inquiry into Chemistry, Mc Graw Itill, 2007.



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه‌راهنمایی دروس و مدیریت محترم پژوهه آقای محسن باهوش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب باری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامي دبیران و هنرآموزان شركت کننده در اعتبارسنجي كتاب شيمي ۳ - کد ۱۱۲۲۱۰

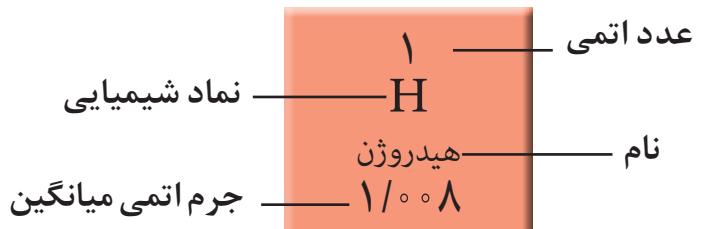
ردیف	اسم و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	اسم و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	شمسی حیدری	کرمانشاه	۳۲	اورنگ باقی	گیلان
۲	محمدجواد آفکاری	شهر تهران	۳۳	صبح شیری	ایلام
۳	مسیب حسینی	فارس	۳۴	رامین عسگری کیا	همدان ناحیه ۱
۴	سوسن نادری	مرکزی	۳۵	مهران خراشادی زاده	خراسان جنوبی
۵	مریم قربانی	خراسان شمالی	۳۶	علیرضا بادینی	سیستان و بلوچستان
۶	فاطمه شفاهی	سمنان	۳۷	احمد سلیمانخانی	ایلام
۷	ژیلا توتوچی	آذربایجان شرقی	۳۸	محمدعلی اسلامی نیا	کرمان
۸	هما غفاری	کردستان	۳۹	غلام حسن روحی	اردبیل
۹	منور احمدی	قزوین	۴۰	حسن کاشی	اصفهان
۱۰	نادر منصوری	خراسان شمالی	۴۱	داریوش نژادی سلامی	گیلان
۱۱	آزیتا معصوم پور	سمنان	۴۲	رقیه پور قبادی	لرستان
۱۲	مرتضی فتاحی راد	ایلام	۴۳	مرتضی زارعی	بندرعباس ناحیه ۱
۱۳	وحید اسدی	قزوین	۴۴	علی مودی	تهران (شهرستان‌ها)
۱۴	فریبا مرسلی	آذربایجان شرقی	۴۵	زهره شمالی	زنجان
۱۵	مریم خزاعی	خراسان جنوبی	۴۶	علیرضا حنفی	گلستان
۱۶	احسان غفوری	اراک ناحیه ۱	۴۷	ناهد احمدی	زنجان
۱۷	راضیه اکبری منیع	کیور آهنگ	۴۸	زهرا ارزانی	کرج، ناحیه ۲
۱۸	پژمان حبیبی	کردستان	۴۹	محمد قادر پناه	لرستان
۱۹	فریده سلطانی اصل	تهران (شهرستان‌ها)	۵۰	فرهنگ حامدی	اهواز، ناحیه ۱
۲۰	ولی خوبان	قزوین	۵۱	حسن متقی	اصفهان
۲۱	محمدعلی رضایت	فارس	۵۲	مسعود راستیانی منش	کهگیلویه و بویراحمد
۲۲	سیده لیلا فانی	یزد	۵۳	حسین موحدی نیا	بندرعباس ناحیه ۱
۲۳	یحیی حمید	خوزستان	۵۴	صابر رجائی	اردبیل
۲۴	شهلا مهدوی	اصفهان	۵۵	سمانه کیانی	کرمانشاه
۲۵	فیض الله کریمی	اهواز ناحیه ۲	۵۶	عبدالله محمد محسنی	بوشهر
۲۶	طوفی زارع	مازندران	۵۷	حجت الله پاک فطرت	خراسان رضوی
۲۷	مليحه خبار	خراسان رضوی	۵۸	مزگان آبی	شهر تهران
۲۸	مزگان حسین پور	گیلان	۵۹	عباسعلی صمدی	گلستان
۲۹	منوچهر اسماعیل زاده	کرمان	۶۰	سعید همایونی	شیraz
۳۰	جهان پناه حاتمی	قزوین	۶۱	جمشید لطفیان	قزوین
۳۱	محمدامین نظامی	منطقه ۲			

جدول دوره‌ای عنصرها

١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨
Ni نيكل ٥٨,٦٩	Cu مس ٦٣,٥٥	Zn روى ٦٥,٣٩	B بور ١٠,٨٠	C كرين ١٢,٠١	N نيتروجين ١٤,٠١	O اكسجين ١٦,٠٠	F فلور ١٩,٠٠	He هليوم ٤,٠٠٣
Pd پالاديوم ١٠٦,٤٠	Ag نقره ١٠٧,٩٠	Cd کادميوم ١١٢,٤٠	Al آلومينيوم ٢٦,٩٨	Si سيلسيوم ٢٨,٠٩	P فسفر ٣٠,٠٧	S گوگرد ٣٢,٠٧	Cl كلر ٣٥,٤٥	Ar آرغون ٣٩,٩٥
Pt پلاتين ١٩٥,١	Au طلا ١٩٧,٠٠	Hg جوه ٢٠٠,٦٠	Ga گاليوم ٦٩,٧٢	Ge ژرمانيوم ٧٢,٦٤	As آرسنيك ٧٣,٩٢	Se سلنيوم ٧٨,٩٦	Br برم ٧٩,٩٠	Kr كريپتون ٨٣,٨٠
Ds دارمشتاتيوم [٢٨١]	Rg رونگكتينيوم [٢٨٠]	Cn كوبيرنيكيم [٢٧٧]	Tl تاليم ٢٠٤,٣٠	Pb سربر ٢٠٧,٢٠	Bi بيسموت ٢٠٩,٠٠	Po پولونيوم [٢٩٠]	At استاتين [٢١٠]	Rn رادون [٢٢٢]
			١١٣	١١٤	١١٥	١١٦	١١٧	١١٨
			Nh نيونيوم [٢٨٤]	Fl فلورويوم [٢٨٩]	Mc مسكوكوبوريوم [٢٨٨]	Lv لوروموريوم [٢٩٣]	Ts تنستينه [٢٩٦]	Og اوگاسون [٢٩٤]

۶۳ Eu اوریوم ۱۵۲,۰۰	۶۴ Gd گادولینیم ۱۵۷,۳۰	۶۵ Tb تربیم ۱۵۸,۹۰	۶۶ Dy دیسپروزیم ۱۶۲,۵۰	۶۷ Ho هولیمیم ۱۶۴,۹۰	۶۸ Er اریوم ۱۶۷,۳۰	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸,۹۰	۷۰ Yb ایتریوم ۱۷۳,۰۰
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]

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



	۱									
	۱	H	هیدروژن ۱/۰۰۸	۲						
۲	۳	Li	لیتیم ۶,۹۴	۴	Be	بریلم ۹,۰۱				
۳	۱۱	Na	سدیم ۲۲,۹۹	۱۲	Mg	منیزیم ۲۴,۳۱				
۴	۱۹	K	پتاسیم ۳۹,۱۰	۲۰	Ca	کلسیم ۴۰,۰۸	۳	۲۱	Sc	اسکاندیم ۴۴,۹۶
۵	۳۷	Rb	روبیدیم ۸۵,۴۷	۳۸	Sr	استرانسیم ۸۷,۶۲	۴	۲۲	Ti	تیتانیم ۴۷,۸۷
۶	۵۵	Cs	سزیم ۱۳۲,۹	۵۶	Ba	باریم ۱۳۷,۳	۵	۲۳	V	وانادیم ۵۰,۹۴
۷	۸۷	Fr	فرانسیم [۲۲۳]	۸۸	Ra	رادیم [۲۲۶]	۶	۲۴	Cr	کروم ۵۲,۰۰
				۱۰۳	Lr	لورنسیم [۲۶۲]	۷	۲۵	Mn	منگنز ۵۴,۹۴
				۱۰۴	Rf	رادرفوردیم [۲۶۷]	۸	۲۶	Fe	آهن ۵۵,۸۵
				۱۰۵	Db	دادنبیم [۲۶۸]	۹	۲۷	Co	کیالت ۵۸,۹۳
				۱۰۶	Sg	سبیورگیم [۲۷۱]				
				۱۰۷	Bh	بوریم [۲۷۲]				
				۱۰۸	Hs	هاسیم [۲۷۷]				
				۱۰۹	Mt	مايتزرم [۲۷۶]				

۵۷	La	لانthan ۱۳۸,۹	۵۸	Ce	سریم ۱۴۰,۱۰	۵۹	Pr	پرائسیودیمیم ۱۴۰,۹۰	۶۰	Nd	نئوڈیمیم ۱۴۴,۲۰	۶۱	Pm	پرومیتیم [۱۴۵]	۶۲	Sm	ساماریم ۱۵۰,۴۰
۸۹	Ac	اکتینینیم [۲۲۷]	۹۰	Th	توریم ۲۳۲,۰۰	۹۱	Pa	پرووتاکتینینیم ۲۳۱,۰۰	۹۲	U	اورانیم ۲۳۸,۰۰	۹۳	Np	نپتوనیم [۲۳۷]	۹۴	Pu	پلوتونیم [۲۴۴]

