

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانش فنی تخصصی

رشته صنایع شیمیایی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب:** دانش فنی تخصصی (رشته صنایع شیمیایی) - ۲۱۲۵۲۰
- پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** طیبه کنشلو، اعظم صفاری، بهرام قنبری، رابعه شیخ‌زاده، اعظم یوسفی، قاسم حاجی قاسمی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری:** اعظم یوسفی، رابعه شیخ‌زاده، اعظم صفاری، طیبه کنشلو (اعضای گروه تألیف) - علی پور جوادی (ویراستار علمی) - حسین داودی (ویراستار ادبی)
- شناسه افزوده آماده‌سازی:** اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان:** جواد صفری (مدیر هنری) - صبا کاظمی دوانی (طراح جلد) - زهرا راست‌نسب (صفحه‌آرا) - فاطمه رئیسیان فیروزآباد (رسام)
- ناشر:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
- چاپخانه:** تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- سال انتشار و نوبت چاپ:** وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
- ناشر:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش)
- چاپخانه:** تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- سال انتشار و نوبت چاپ:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
چاپ اول ۱۳۹۷

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



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اولاً با هم متحد باشد و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم، بلکه ان شاء الله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادتتان این است که کار بکنید. این عبادت است.
امام خمینی (قُدَسَ سِرُّهُ الشَّرِيف)

پودمان اول: تحلیل گرما و تعادل در واکنش‌ها ۱

پودمان دوم: بررسی تعادل در محلول‌های آبی ۳۵

پودمان سوم: به‌کارگیری هیدروکربن‌های آلیفاتیک ۶۷

پودمان چهارم: به‌کارگیری ترکیبات آلی آروماتیک و اکسیژن‌دار ۱۰۳

پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی ۱۳۹

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و تغییرات سریع عصر فناوری و نیازهای متغیر جامعه بشری و دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی بازطراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب و درس از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که در سبد درسی هنرجویان برای سال دوازدهم تدوین و تألیف شده است و مانند سایر دروس شایستگی و کارگاهی دارای پنج پودمان می‌باشد. کتاب دانش فنی تخصصی مباحث نظری و تفکیک شده دروس کارگاهی و سایر شایستگی‌های رشته را تشکیل نمی‌دهد بلکه پیش‌نیازی برای شایستگی‌های لازم در سطوح بالاتر صلاحیت حرفه‌ای - تحصیلی می‌باشد. هدف کلی کتاب دانش فنی تخصصی آماده‌سازی هنرجویان برای ورود به مقاطع تحصیلی بالاتر و تأمین نیازهای آنان در راستای محتوای دانش نظری است. پودمان پنجم این کتاب با عنوان «کسب اطلاعات فنی» با هدف یادگیری مادام‌العمر و توسعه شایستگی‌های هنرجویان بعد از دنیای آموزش و ورود به بازار کار، سازماندهی محتوایی شده است. این امر با آموزش چگونگی استخراج اطلاعات فنی مورد نیاز از متون فنی غیرفارسی و جداول، راهنمای ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، دستگاه‌های اداری، خانگی و تجاری و درک مطلب آنها در راستای توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای محقق خواهد شد. تدریس کتاب در کلاس درس به صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

مانند سایر دروس، هنرآموزان گرامی برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش ارزشیابی پایانی و مستمر تشکیل می‌شود. این کتاب مانند سایر کتاب‌ها جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ برخی از فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. در هنگام ارزشیابی، استاندارد عملکرد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشد.

کتاب دانش فنی تخصصی شامل پودمان‌هایی به شرح زیر است:

پودمان اول: تحلیل گرما و تعادل در واکنش‌ها

پودمان دوم: بررسی تعادل در محلول‌های آبی

پودمان سوم: به کارگیری هیدروکربن‌های آلیفاتیک

پودمان چهارم: به کارگیری ترکیبات آلی آروماتیک و اکسیژن دار

پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی

هنرآموزان گرامی در هنگام یادگیری و ارزشیابی، هنرجویان بایستی کتاب همراه هنرجو را با خود داشته باشند.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌های درسی تغییر رویکرد آموزشی، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار در محیط واقعی بر اساس استاندارد عملکرد تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته است:

۱ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند کار با ابزارها و دستگاه‌های مختلف صنایع شیمیایی

۲ شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند مسئولیت‌پذیری، نوآوری و مصرف بهینه انرژی

۳ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها و انواع شبیه‌سازها

۴ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار، مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف برای هر یک از کتاب‌های درسی در هر رشته است.

درس دانش فنی تخصصی، از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که ویژه رشته صنایع شیمیایی برای پایه ۱۲ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و توسعه آن بر اساس جدول توسعه حرفه‌ای بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

این کتاب نیز شامل پنج پودمان است. هنرجویان عزیز پس از طی فرایند یاددهی - یادگیری هر پودمان می‌توانند شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنند. در پودمان «کسب اطلاعات فنی» هدف توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای شما، بعد از اتمام دوره تحصیلی در مقطع کنونی است تا بتوانید با درک مطالب از منابع غیرفارسی در راستای یادگیری در، تمام طول عمر گام بردارید و در دنیای متغیر و متحول کار و فناوری اطلاعات خود را به روزرسانی کنید. هنرآموز محترم شما مانند سایر دروس این خوشه برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. در کارنامه شما این درس شامل ۵ پودمان درج شده که هر پودمان از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی تشکیل می‌شود و چنانچه در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، لازم است در همان پودمان مورد ارزشیابی قرار گیرید. همچنین این درس دارای ضریب ۴ بوده و در معدل کل شما تأثیر می‌گذارد.

همچنین در کتاب **همراه هنرجو** واژگان پرکاربرد تخصصی در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما آورده شده است. کتاب **همراه هنرجوی خود را هنگام یادگیری، آزمون و ارزشیابی حتماً همراه داشته باشید**. در این درس نیز مانند سایر دروس، اجزایی دیگر از بسته آموزشی در نظر گرفته شده است و شما می‌توانید با مراجعه به وبگاه رشته خود به نشانی www.tvoccd.oerp.ir از عناوین آنها مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی مانند مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی، طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان اوّل

تحلیل گرما و تعادل در واکنش‌ها



واکنشی که هنگام سوختن گاز طبیعی در هوا صورت می‌گیرد، گرمای لازم برای واکنش‌های دیگر را فراهم می‌کند. گرمایشی، گرمای واکنش‌ها را اندازه‌گیری و محاسبه می‌کند. در عمل، بسیاری از واکنش‌ها تا مرز کامل شدن پیش نمی‌روند و پیشرفت آنها تا جایی است که به یک موقعیت تعادلی برسند.



خداوند در سوره سبأ، آیه ۱۰ می‌فرماید «وَلَقَدْ آتَيْنَا دَاوُدَ مِنَّا فَضْلًا يَا جِبَالُ أَوِّبِي مَعَهُ وَالطَّيْرَ وَآتَيْنَاهُ الْحَدِيدَ» ما به داود از سوی خود فضیلتی بزرگ بخشیدیم؛ ای کوه‌ها و پرندگان با او هم‌آواز شوید و همراه او تسبیح خدا گویید و آهن را برای او نرم کردیم.

گرماشیمی

به‌طور معمول انجام هر واکنشی با تغییر انرژی همراه است. گرماشیمی یا ترموشیمی^۱ بخشی از علم شیمی است که در آن گرمای آزاد شده یا جذب شده به وسیله فرایندی شیمیایی، اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود. واکنشی که هنگام سوختن گاز طبیعی در هوا صورت می‌گیرد، گرمای لازم برای پختن غذا یا جوشیدن آب را فراهم می‌کند. در مقابل، تشکیل گلوکوز در فرایند فوتوسنتز^۲ نیاز به جذب انرژی نورانی خورشید دارد. به‌طور کلی واکنش‌ها یا گرماده یا گرماگیر هستند ولی بیشتر واکنش‌های شیمیایی گرما تولید می‌کنند. در واکنش‌های گرماده، گرما از مخلوط واکنش به محیط اطراف جریان می‌یابد و اثر این پدیده، افزایش دمای محیط است. برعکس در واکنش‌های گرماگیر، به دلیل مصرف انرژی، دمای محیط کاهش می‌یابد.

پرسش ۱



به نظر شما، شکل‌های زیر چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی با یکدیگر دارند؟



ب



الف

نمونه‌هایی از واکنش‌های گرماده و گرماگیر

۱- Thermochemistry

۲- Photosynthesis

جدول ۱، مقایسه بین واکنش‌های گرماده و گرماگیر را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقایسه بین واکنش گرماده و گرماگیر

واکنش گرماده	واکنش گرماگیر
در اثر انجام شدن آن گرما آزاد می‌شود و به محیط منتقل می‌گردد.	در اثر انجام شدن آن گرما از محیط جذب می‌شود.
دمای محیط افزایش می‌یابد.	دمای محیط کاهش می‌یابد.
مانند: سوختن مواد سوختنی (نفت، گاز طبیعی، بنزین و ...)، واکنش بین اسید و باز، افزودن آب به اسید غلیظ، واکنش بین فلزات فعال و آب	مانند: فوتوسنتز، حل شدن نمک‌های آمونیم در آب
نمودار سطح انرژی	
<p>واکنش دهنده‌ها</p> <p>محصولات</p> <p>انرژی یا H</p> <p>زمان</p> <p>گرماگیر</p> <p>سطح انرژی افزایش می‌یابد.</p> <p>ΔH مثبت است (انرژی کسب می‌کند)</p>	<p>واکنش دهنده‌ها</p> <p>محصولات</p> <p>انرژی یا H</p> <p>زمان</p> <p>گرماگیر</p> <p>سطح انرژی افزایش می‌یابد.</p> <p>ΔH منفی است (انرژی از دست می‌دهد)</p>

مثال ۱: هنگامی که آمونیوم‌نیترات در آب حل می‌شود، احساس می‌کنید که بشر محتوی آن سرد شده است؟ علت را بیان کنید.

پاسخ: احساس سردی بشر به معنی این است که حل شدن آمونیوم‌نیترات در آب فرایندی گرماگیر است و این انرژی را از مولکول‌های آب، ظرف و کف دست شما می‌گیرد.

در مورد فرایند فوتوسنتز تحقیق کنید و گزارش آن را در کلاس ارائه دهید.

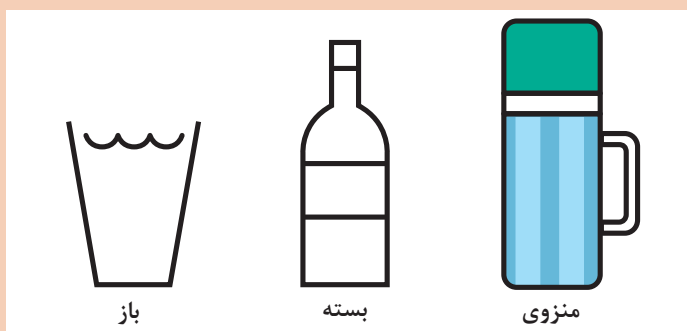
تحقیق کنید
۱



نکته



گرمایشیمی، مطالعه تغییر گرما در اثر انجام شدن واکنش‌ها است. در این مطالعات منظور از سامانه، قسمتی از جهان است که مورد مطالعه قرار می‌گیرد و توسط مرزهایی از محیط اطراف خود جدا می‌شود. مطابق شکل، انواع سامانه به سه صورت باز^۱، بسته^۲ و منزوی^۳ تقسیم‌بندی می‌شود.

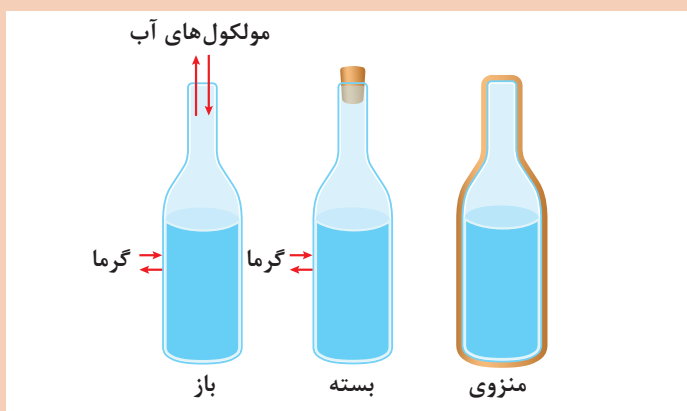


انواع سامانه

پرسش ۲



آیا می‌توانید با توجه به شکل زیر، تفاوت سامانه‌های باز، بسته و منزوی را بیان کنید؟



انواع سامانه باز، بسته و منزوی

بحث‌گروهی



به نظر شما دما، گرما و انرژی گرمایی چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

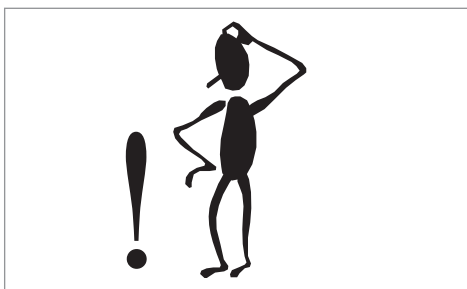
گرما و دما دو واژه‌ای هستند که اغلب در فیزیک و شیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مفهوم این دو واژه به حالت فیزیکی مشابهی اشاره می‌کند، اما از نظر علمی با یکدیگر متفاوت‌اند. ولی بیشتر مردم این دو واژه را به جای هم به کار می‌برند، که اشتباه است. البته وقتی دمای جسم بالا برود، محتوای گرمای آن افزایش می‌یابد، اما برای درک تفاوت بین این دو، به درک واضحی از انرژی جسم نیاز است.

- ۱- Open
- ۲- Closed
- ۳- Isolated

گرما، انرژی موجود در جسم است و واحد آن ژول (J) است. دما، اندازه‌گیری انرژی مولکول‌های یک جسم است. این عدد مربوط به انرژی است، اما خود انرژی نیست. عددی است که با واحدهایی مانند کلوین، فارنهایت، رانکین و سلسیوس اندازه‌گیری می‌شود.



هنگامی که یک جسم گرم می‌شود، مولکول‌های آن سریع‌تر حرکت می‌کنند. مولکول‌ها به یکدیگر برخورد کرده و موجب تولید گرمای بیشتری می‌شود و دمای جسم بالا می‌رود. تغییرات دما با استفاده از گرما به جسم اعمال می‌شود. گرما دادن می‌تواند موجب تغییر فاز یک جسم شود مانند ذوب شدن، منجمد شدن و تبدیل شدن به مایع بدون هیچ‌گونه تغییر در دما.



بنابراین گرما، انرژی داده شده به جسم است، در حالی که دما، معیاری توافقی برای اندازه‌گیری انرژی جسم است. می‌دانید که دمای جوش آب ۱۰۰ درجه سلسیوس است، خواه ۱ لیتر آب بجوشد، خواه ۵۰ لیتر. اما مقدار گرمای مورد نیاز برای یک لیتر آب جوش در مقایسه با گرمای مصرفی ۵۰ لیتر آب جوشیده تا ۱۰۰ درجه سلسیوس، کمتر است.



مثال دیگر آتش‌بازی است. هنگامی که یک فشفسه (جرقه‌زن) روشن می‌کنید، جرقه‌هایی را مشاهده می‌کنید که به اطراف پخش می‌شوند. اینها ذرات خارج شده از فلز هستند که دمای آن تا ۳۰۰۰ درجه سلسیوس می‌رسد. اگر برخی از این جرقه‌ها با بدن شما تماس پیدا کند، شما را نمی‌سوزاند (شکل ۱)، زیرا آنها جرم بسیار کمی دارند و از این رو گرما را در خود نگه نمی‌دارند. اگر چه این جرقه دمای بالایی دارد، ولی مقدار گرمای آن بسیار کم است.

شکل ۱- جرقه‌های فشفسه، دست شما را نمی‌سوزاند

دما به طور مستقیم با گرمای جسم متناسب است و رابطه دما و گرما به صورت $Q = CM\Delta T$ است که در آن Q گرما، C ظرفیت گرمایی ویژه، M جرم جسم و ΔT تغییر دما است. از آنجایی که گرما شکلی از انرژی است، به آن، انرژی گرمایی هم می‌گویند.

در خصوص ظرفیت گرمایی مواد تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید
۲



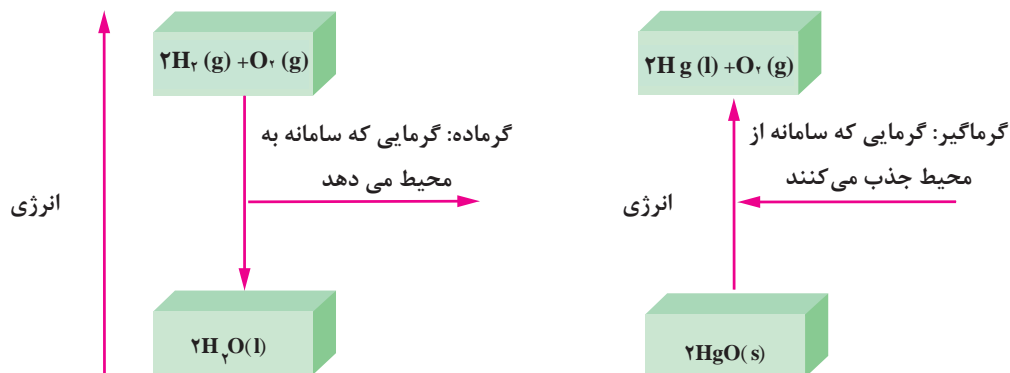
گرمای واکنش‌ها

همانند جدول ۲، انجام یافتن هر واکنش و فرایندی با تغییر انرژی همراه است.

جدول ۲- تعدادی از واکنش‌ها و فرایندهای گرماده و گرماگیر

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ + انرژی	واکنش (فرایند) گرماده	۱
$H_2O(g) \rightarrow H_2O(l)$ + انرژی		۲
$2HgO(s) \rightarrow 2Hg(l) + O_2(g)$ + انرژی	واکنش (فرایند) گرماگیر	۳
$H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)$ + انرژی		۴

نمودار تغییر انرژی در واکنش‌های شماره ۱ و ۳ جدول ۲، در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- تغییر انرژی در واکنش‌ها

نمودار تغییر انرژی در واکنش‌های شماره ۲ و ۴ جدول ۲، را رسم نمایید.

پرسش ۳



مطالعه گرما و انرژی در فرایندهای شیمیایی از جنبه‌های گوناگون حائز اهمیت است. فرایندها معمولاً در حجم ثابت یا در فشار ثابت مطالعه می‌شوند. از این رو مطالعه گرمای مبادله شده (q) در فرایندها نیز در این شرایط صورت می‌گیرد. به مقدار گرمایی که در اثر یک واکنش، تولید یا مصرف می‌شود، گرمای واکنش می‌گویند و آن را در فرایندهای فشار ثابت، با علامت ΔH (تغییر آنتالپی) نشان می‌دهند. ولی برای یک فرایند در حجم ثابت تغییر انرژی سامانه (ΔE)، برابر گرمای مبادله شده است. می‌توان ثابت بودن حجم را به صورت

یک زیروند در نماد کمیت‌ها نمایش داد و نوشت:

$$\Delta E = q_v$$

$$\Delta E = E(\text{واکنش دهنده‌ها}) - E(\text{محصولات})$$

برای یک فرایند در فشار ثابت می‌توان نوشت:

$$\Delta H = q_p$$

$$\Delta H = H(\text{واکنش دهنده‌ها}) - H(\text{محصولات})$$

بنابراین برای یک فرایند در فشار ثابت، تغییر آنتالپی سامانه برابر گرمای مبادله شده است و علامت آن دو نیز با هم یکی است. منفی بودن ΔE و ΔH به معنای گرماده بودن فرایند و مثبت بودن ΔE و ΔH به معنای گرماگیر بودن فرایند است.

در مورد انرژی درونی و آنتالپی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید
۳

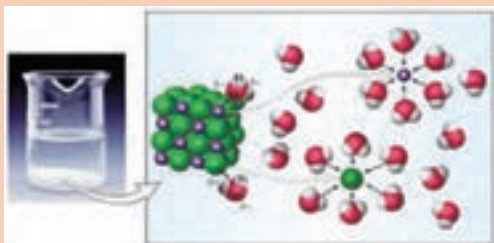


مثال ۲: واکنش $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g}) + 186\text{kJ}$ را در نظر بگیرید، آیا این واکنش در حجم ثابت انجام می‌شود؟ گرمای واکنش چقدر است؟

پاسخ: از آنجایی که در این واکنش گازی تعداد مول‌های مواد اولیه و محصول، یکسان (دو مول) است، و هر مول گاز، حجمی معادل ۲۲/۴ لیتر را اشغال می‌کند، بنابراین این واکنش در حجم ثابت انجام می‌شود یعنی:

$$\Delta E = q_v = -186 \text{ kJ}$$

پرسش ۴



فرایند حل شدن نمک طعام در آب

آیا حل شدن نمک طعام در آب، یک فرایند حجم ثابت است؟



پرسش ۵



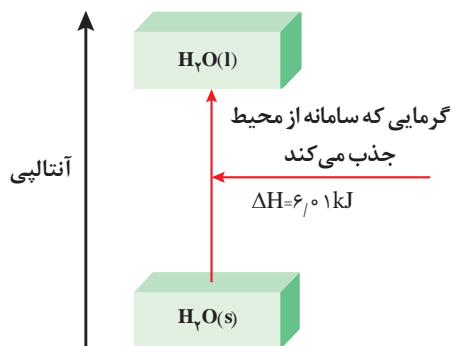
جوشیدن آب

آیا جوشیدن آب یک فرایند حجم ثابت است؟





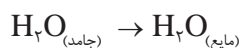
آیا جوشیدن آب در هوای آزاد یک فرایند فشار ثابت است؟



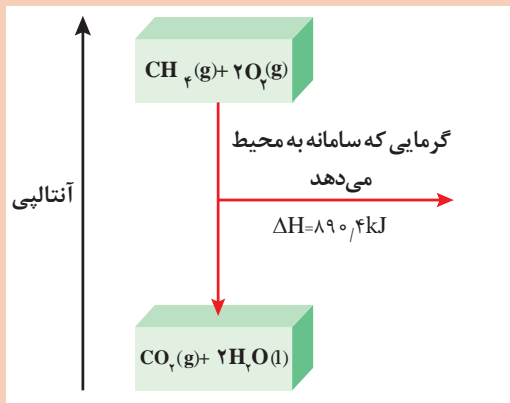
مثال ۳: مطابق شکل ۳، در تبدیل ۱ مول یخ 0°C به یک مول آب 0°C در حدود $۶,۰۱$ کیلو ژول گرما در فشار ثابت جذب می شود، تغییر آنتالپی این فرایند چقدر است؟

شکل ۳- تغییر آنتالپی آب از حالت جامد به مایع

پاسخ: مطابق شکل، فرایند ذوب یخ، گرماگیر و تغییر آنتالپی آن، مقداری مثبت است.



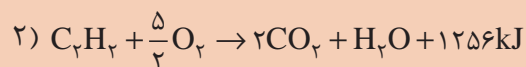
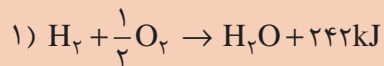
$$\Delta H = H_{(\text{آب مایع})} - H_{(\text{یخ})} = ۶,۰۱ \text{ kJ}$$



مطابق شکل، تغییر آنتالپی سوختن گاز متان در فشار ثابت چقدر است؟

تغییر آنتالپی سوختن گاز متان

مطابق واکنش های زیر، ΔH سوختن گازهای هیدروژن و استیلن را بیان کنید. فرض کنید این واکنش ها در فشار ثابت صورت می گیرند.



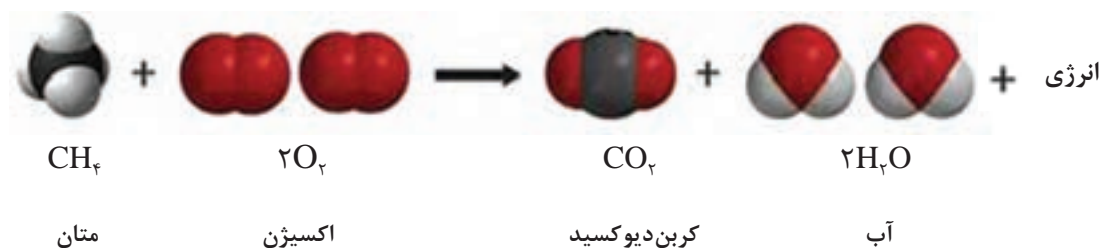
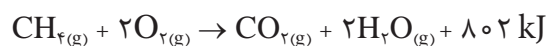


گرمای سوختن

از سوختن مواد مختلف در اکسیژن مقدار قابل توجهی گرما آزاد می‌شود (شکل ۴). بنا بر تعریف، گرمای سوختن یک ماده قابل سوختن برابر با گرمایی است که از سوختن کامل ۱ مول از آن ماده در اکسیژن حاصل می‌شود.

شکل ۴- آزاد شدن گرما در اثر سوختن

برای مثال، گاز متان در اکسیژن کافی به خوبی می‌سوزد و تولید گرمای آن نیز زیاد است.



جدول ۳، گرمای سوختن چند ترکیب آلی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- گرمای مولی سوختن چند ترکیب آلی بر حسب kJmol^{-1}

نام	فرمول	سختن ΔH
متانول	$\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{مایع})}$	-۶۳۸
اتانول	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{مایع})}$	-۱۲۲۴
متان	$\text{CH}_4_{(\text{گاز})}$	-۸۰۲
پروپان	$\text{C}_3\text{H}_8_{(\text{گاز})}$	-۲۰۴۶
بوتان	$\text{C}_4\text{H}_{10}_{(\text{گاز})}$	-۲۶۵۷



از نظر تجاری بهتر است، گرمای سوختن بر حسب واحد جرم بیان شود. گفتنی است سوختی که گرمای سوختن در واحد جرم آن بیشتر باشد، به‌طور معمول سوخت بهتری است.



گرمای سوختن یک گرم از هر یک از ترکیب‌های داده شده در جدول ۳ را محاسبه و با هم مقایسه کنید. به نظر شما کدام سوخت بهتر است؟



گرمای حل شدن

گرمای حل شدن، مقدار گرمایی است که در فشار ثابت از حل شدن یک مول از ماده حل‌شدنی در مقدار معینی از حلال (شکل ۵)، جذب یا آزاد شود. جدول ۴ گرمای مولی حل شدن چند ترکیب یونی در آب را نشان می‌دهد.

شکل ۵- حل شدن جامد در مایع

جدول ۴- گرمای مولی حل شدن چند ترکیب یونی در آب

$\Delta H_{\text{حل شدن}} / \text{kJmol}^{-1}$	ترکیب
گرماده $\begin{cases} -37/1 \\ -82/8 \end{cases}$	LiCl
	CaCl _۲
گرماگیر $\begin{cases} +4/0 \\ +17/2 \\ +15/2 \\ +26/2 \end{cases}$	NaCl
	KCl
	NH _۴ Cl
	NH _۴ NO _۳



بر اساس جدول ۴، گرمای مولی حل شدن کلسیم کلرید و آمونیوم کلرید در آب، چقدر است؟ این دو مقدار را با یکدیگر مقایسه کنید.

گرمای استاندارد تشکیل

گرمای استاندارد تشکیل یک ماده، به تغییر آنتالپی واکنشی گفته می‌شود که طی آن یک مول ماده از عنصرهای سازنده خود در حالت استاندارد، تشکیل می‌شود. یکای گرمای تشکیل ΔH_f بر حسب kJmol^{-1} گزارش می‌شود و یک مول از ماده خالص مد نظر است. جدول ۵ گرمای مولی تشکیل چند ترکیب را نشان می‌دهد.

جدول ۵- گرمای مولی تشکیل چند ترکیب در ۲۵°C

ماده	ΔH_f° (kJ/mol)	ماده	ΔH_f° (kJ/mol)
Ag(s)	۰	H _۲ O _۲ (l)	-۱۸۷/۶
AgCl(s)	-۱۲۷/۰۴	Hg(l)	۰
Al(s)	۰	I _۲ (s)	۰
Al _۲ O _۳ (s)	-۱۶۶۹/۸	HI(g)	۲۵/۹۴
Br _۲ (l)	۰	Mg(s)	۰
HBr(g)	-۳۶/۲	MgO(s)	-۶۰۱/۸
C (گرافیت)	۰	MgCO _۳ (s)	-۱۱۱۲/۹
C (الماس)	۱/۹۰	N _۲ (g)	۰
CO(g)	-۱۱۰/۵	NH _۳ (g)	-۴۶/۳
CO _۲ (g)	-۳۹۳/۵	NO(g)	۹۰/۴
Ca(s)	۰	NO _۲ (g)	۳۳/۸۵
CaO(s)	-۶۳۵/۶	N _۲ O _۴ (g)	۹/۶۶
CaCO _۳ (s)	-۱۲۰۶/۹	N _۲ O(g)	۸۱/۵۶
Cl _۲ (g)	۰	O(g)	۲۴۹/۴
HCl(g)	-۹۲/۳	O _۲ (g)	۰
Cu(s)	۰	O _۳ (g)	۱۴۲/۲
CuO(s)	-۱۵۵/۲	CH _۴ (g)	-۷۴/۸
F _۲ (g)	۰	C _۲ H _۲ (g)	-۱۲۶/۲
H _۲ O(l)	-۲۸۵/۸	C _۲ H _۲ (g)	+۲۲۶/۷

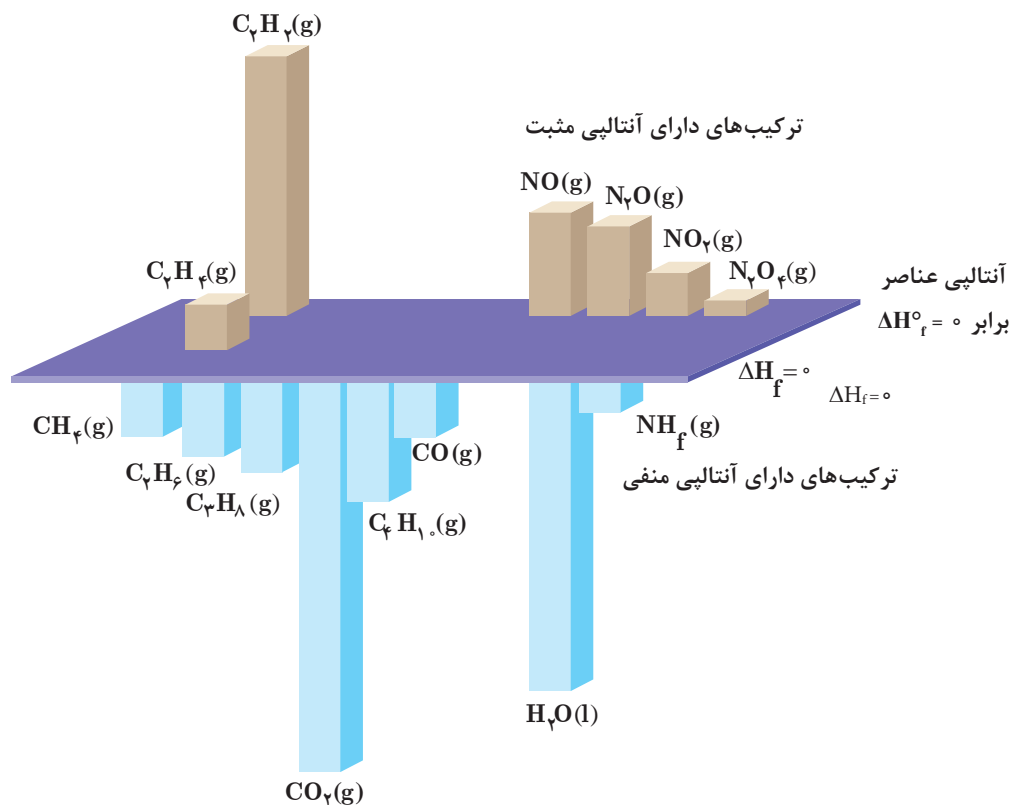
HF(g)	-۲۶۸/۶۱	SO _۲ (g)	-۲۹۶/۱
H(g)	۲۱۸/۲	SO _۳ (g)	-۳۹۵/۲
H _۲ (g)	۰	H _۲ S(g)	-۲۰/۱۵
H _۲ O(g)	-۲۴۱/۸	ZnO(s)	-۳۴۷/۹۸

هر چه گرمای تشکیل (ΔH_f) یک ماده، منفی تر باشد، ماده مورد نظر نسبت به عنصرهای سازنده خود سطح انرژی پایین تر و پایداری بیشتری دارد.

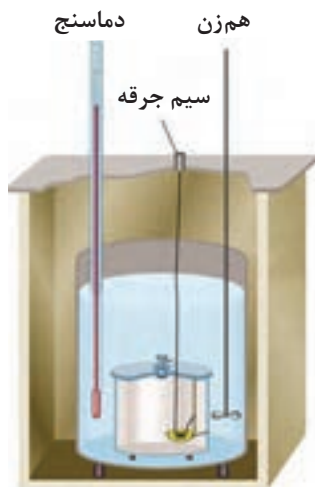
نکته



شکل ۶ گرمای تشکیل چند ترکیب مختلف را، برای مقایسه نشان می‌دهد.



شکل ۶- نمایش گرمای تشکیل چند ترکیب مختلف



شکل ۷- گرماسنج لیوانی

تعیین گرمای واکنش‌ها

گرمای یک واکنش را می‌توان به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم تعیین کرد.

الف) تعیین گرمای واکنش به روش مستقیم: در روش مستقیم، مقداری از واکنش‌دهنده‌ها را در شرایط مناسب بر هم اثر داده و گرمای واکنش به‌طور مستقیم توسط دستگاهی به نام گرماسنج (شکل ۷) اندازه‌گیری می‌شود. گرماسنج، دستگاهی است که برای اندازه‌گیری گرمای آزاد شده یا جذب شده در یک واکنش به کار برده می‌شود و با محیط بیرون مبادله گرمایی ندارد. گرماسنج، سامانه منزوی است. با اندازه‌گیری دما، قبل و بعد از انجام شدن واکنش، و استفاده از معادله $Q = MC(T_2 - T_1)$ می‌توان به میزان گرمای آزاد شده یا جذب

شده پی برد.

مثال ۴: از حل شدن 0.48 گرم فلز منیزیم در محلول هیدروکلریک اسید لازم، 9.24 کیلو ژول گرما در فشار ثابت آزاد می‌شود. گرمای مولی این واکنش چند کیلو ژول است؟ جرم مولی منیزیم 24 g/gmol می‌باشد.

پاسخ: با استفاده از داده‌های این مثال، می‌توان گرمای واکنش مورد مطالعه را محاسبه کرد. در ابتدا باید واکنش شیمیایی بین منیزیم و هیدروکلریک اسید نوشته شود:



در معادله نوشته شده، یک اتم گرم منیزیم (24 گرم منیزیم) در اسید حل می‌شود. از این رو، گرمای واکنش داده شده، آن مقدار گرمایی است که با حل شدن یک اتم گرم منیزیم همراه است. به این ترتیب:

$$\Delta H_{(\text{واکنش})} = 24 \text{ g} \times \frac{-9.24 \text{ kJ}}{0.48 \text{ g}} = -462 \text{ kJ}$$

(علامت منفی بیان گر گرمادهی واکنش است.)

از حل شدن 3.27 گرم فلز روی در محلول هیدروکلریک اسید لازم، 7.7 کیلوژول گرما در فشار ثابت آزاد می‌شود. تغییر آنتالپی واکنش بین روی و محلول اسید را حساب کنید.

تمرین



ب) تعیین گرمای واکنش به روش غیرمستقیم: گرمای بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان به‌طور مستقیم تعیین کرد، چون بسیاری از واکنش‌ها در شرایط بسیار سختی انجام می‌شوند. گاهی یک واکنش ممکن است بخشی از یک فرایند زیست‌شناختی پیچیده باشد و نتوان آن را به‌صورت یک واکنش جداگانه در آزمایشگاه انجام داد. گرمای چنین واکنش‌هایی به روش‌های غیرمستقیم تعیین می‌شود. یکی از روش‌های غیرمستقیم تعیین گرمای واکنش، استفاده از گرمای تشکیل واکنش‌دهنده‌ها و محصولات حاصل شده از واکنش به‌صورت زیر است.

$$\Delta H_f = [\text{مجموع گرمای تشکیل واکنش‌دهنده‌ها}] - [\text{مجموع گرمای تشکیل محصولات}]$$

مثال ۵: گرمای واکنش $\text{CO(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)}$ را از روی گرماهای تشکیل داده شده در جدول ۵ محاسبه نمایید.

پاسخ: با استفاده از معادله

$$\Delta H_{\text{(واکنش)}} = \Delta H_{\text{f(CO}_2)} - \left[\Delta H_{\text{f(CO)}} + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{f(O}_2)} \right]$$

$$= -393/5 - (-110/5) - \frac{1}{2} \times 0 = -283 \text{ kJ}$$

گرمای تشکیل هر عنصر به حالت آزاد، طبق قرارداد برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود.

نکته



بیشتر بدانید



حمام شیخ بهایی در اصفهان، با راز نامکشوف خود یعنی گرم شدن منبع حمام با شمعی که همواره روشن بوده، تبلور هنر معماری و ذهن خلاق ایرانیان در طراحی بناهاست؛ موضوعی که سال‌ها ذهن دانشمندان جهان را به خود مشغول کرد. منبع آب گرم این حمام از فلز طلا بوده است و ...



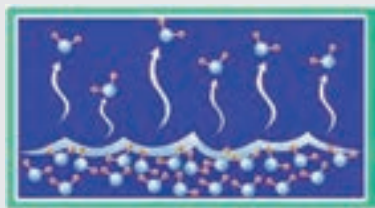
در مورد «راز گرم شدن حمام شیخ بهایی با یک شمع» تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید
۴





مطابق شکل زیر، دو ظرف مشابه حاوی مقداری آب، با و بدون درپوش در نظر بگیرید. پس از یک هفته، چه تغییری در میزان آب موجود در آنها مشاهده می‌کنید.



فرایند تبخیر



بخار آب → آب مایع بخار آب ⇌ آب مایع



فرایند تبخیر و میعان

فرایندهای فیزیکی و شیمیایی بسیاری در طبیعت اتفاق می‌افتند. در تعدادی از آنها با تمام شدن مواد واکنش‌دهنده، فرایند متوقف می‌شود و در تعدادی فرایند انجام شده در خلاف جهت قبلی انجام می‌شود و مواد واکنش‌دهنده را دوباره تولید می‌کند. در عمل، بسیاری از واکنش‌ها تا مرز کامل شدن پیش نمی‌روند. در واقع پیشرفت آنها تا جایی است که به یک موقعیت تعادلی برسند. در این حالت مقداری از مواد اولیه بدون مصرف با محصول، به صورت مخلوط با هم وجود دارند و در این شرایط تغییری در فرایندها دیده نمی‌شود. مثال ظرف آب در حالت در بسته و باز، این دو شرایط را به خوبی نشان می‌دهد.

فرایند برگشت‌ناپذیر

به فرایندهایی مانند ظرف آب در حالت در باز که فقط جهت رفت تغییر (فرایند تبخیر) اتفاق می‌افتد و با تمام شدن مواد اولیه، فرایند متوقف می‌شود، فرایندهای (واکنش‌های) برگشت‌ناپذیر می‌گویند. این گونه واکنش‌ها تا مصرف شدن یکی از واکنش‌دهنده‌ها پیشرفت دارند و سپس متوقف می‌شوند. فرایندهایی مانند: زنگ زدن آهن - محکم شدن تدریجی سیمان - پختن غذا - واکنش‌های سوختن مانند، سوختن نوار منیزیم و سوختن گاز طبیعی (متان) - واکنش منیزیم با هیدروکلریک اسید - رسیدن میوه‌ها - فاسد شدن مواد غذایی جزو فرایندهای برگشت‌ناپذیر هستند (شکل ۸).



زنگ زدن دوچرخه

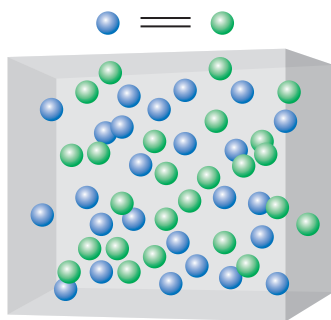


واکنش سدیم با آب



سوختن منیزیم

شکل ۸- چند نمونه فرایند برگشت‌ناپذیر



شکل ۹- تصویر ساده‌ای از فرایند برگشت پذیر

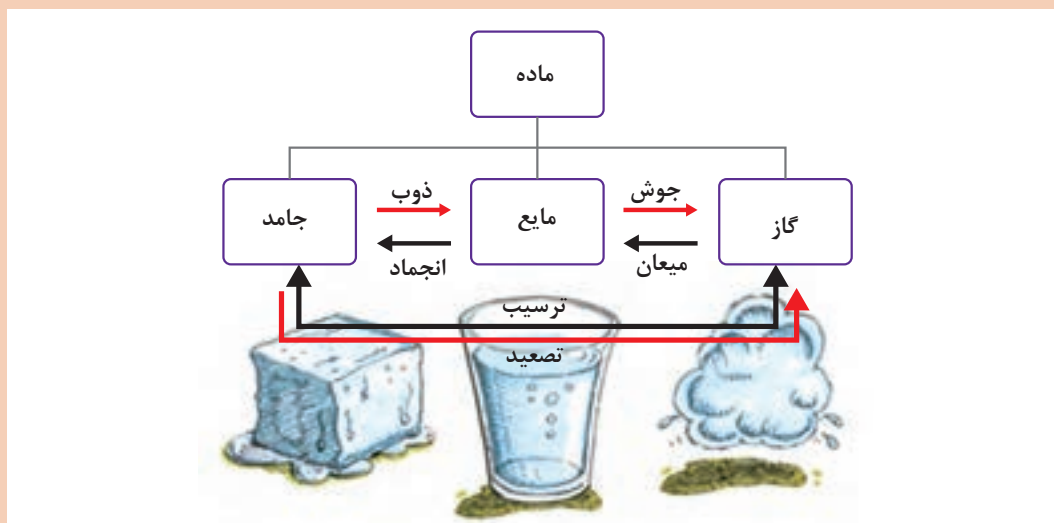
فرایند برگشت پذیر

به فرایندی که به‌طور هم‌زمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام شود، فرایند یا واکنش برگشت پذیر می‌گویند. تعادل، فرایندی پویا است که در واکنش‌های (فرایندهای) برگشت پذیر اتفاق می‌افتد و همچنین زمانی برقراری می‌شود که دو فرایند مخالف با سرعت‌های یکسان روی دهند. شکل ۹، تصویری از یک فرایند برگشت پذیر را نشان می‌دهد.

پرسش ۱۱



با توجه به شکل، انواع فرایندهای برگشت پذیر و برگشت ناپذیر را بنویسید.



انواع فرایندهای تعادلی آب

پرسش ۱۲



حل شدن قند در آب

مطابق شکل، حل شدن قند در آب چه زمانی برگشت ناپذیر و چه زمانی برگشت پذیر است؟

انواع تعادل

تعادل را می‌توان با استفاده از دو مفهوم زیر دسته‌بندی کرد:

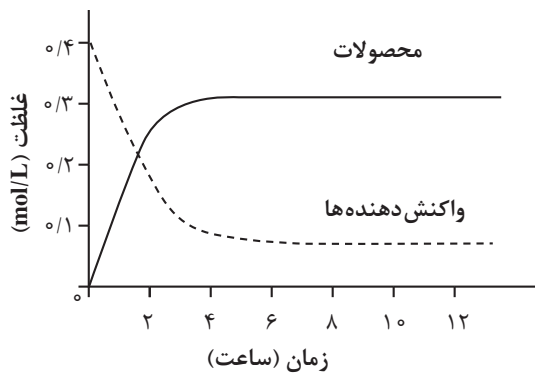
- ۱ از لحاظ نوع تغییر ایجاد شده در واکنش، یعنی فیزیکی یا شیمیایی بودن فرایند؛
- ۲ از لحاظ تعداد فازهای مواد شرکت‌کننده در تعادل.

۱- انواع تعادل از لحاظ نوع فرایند

الف) تعادل فیزیکی: به تعادلی که در یک فرایند فیزیکی برگشت‌پذیر اتفاق می‌افتد، تعادل فیزیکی گفته می‌شود. در تعادل آب مایع - بخار آب:

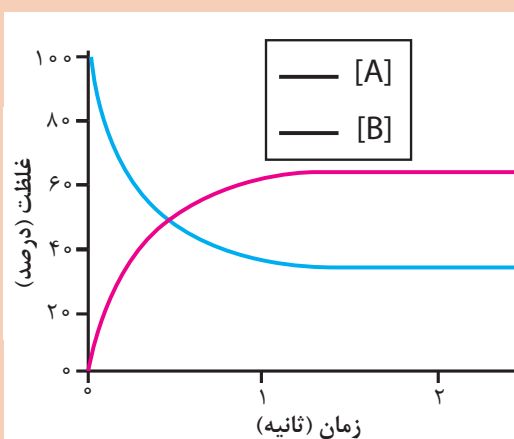
- ۱ وجود درپوش برای برقراری تعادل الزامی است.
- ۲ در ظرف بدون درپوش، فقط عمل تبخیر صورت می‌گیرد و سرعت میعان برابر صفر است.
- ۳ در ظرف با درپوش، سرعت تبخیر با سرعت میعان مولکول‌های آب یکی شده است و حالت تعادل وجود دارد.

مثال ۶: در شرایط خاص، حل شدن گازهایی که در آب جنبه شیمیایی ندارند، نیز فرایندی برگشت‌پذیر است؛ مانند حل شدن گاز اکسیژن در آب.



ب) تعادل شیمیایی: تعادل برقرار شده در یک تغییر یا فرایند شیمیایی را تعادل شیمیایی گویند. تهیه آمونیاک در صنعت از گازهای هیدروژن و نیتروژن نمونه‌ای از واکنش برگشت‌پذیر است. در تعادل شیمیایی، تغییرات غلظت مواد اولیه و محصول با زمان به صورت نمودار شکل ۱۰ است.

شکل ۱۰- تغییرات غلظت مواد اولیه و محصول با زمان در فرایندهای شیمیایی

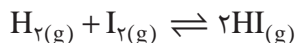
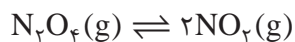
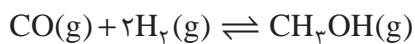
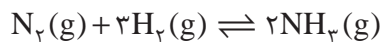


با بررسی نمودار تعادلی روبه‌رو ماده اولیه و محصول را مشخص کنید.

پرسش ۱۳



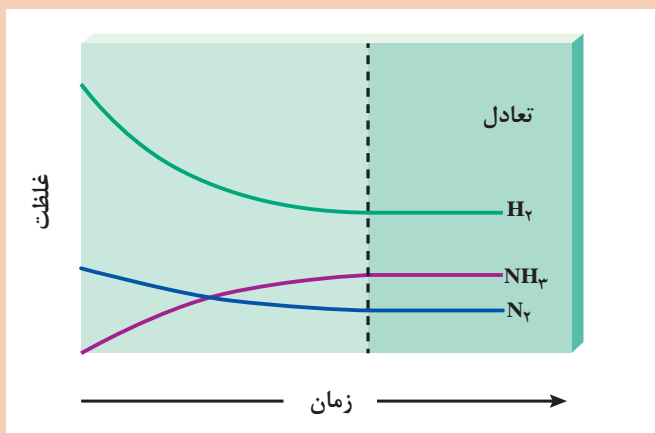
در ادامه، چند نمونه واکنش شیمیایی تعادلی آورده شده است:



پرسش ۱۴



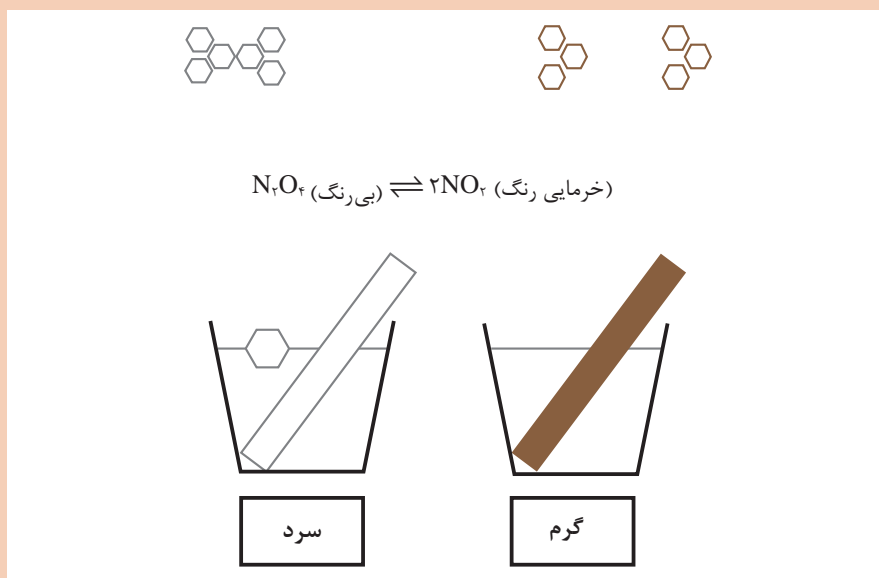
نمودار روبه‌رو را توضیح دهید.



نکته

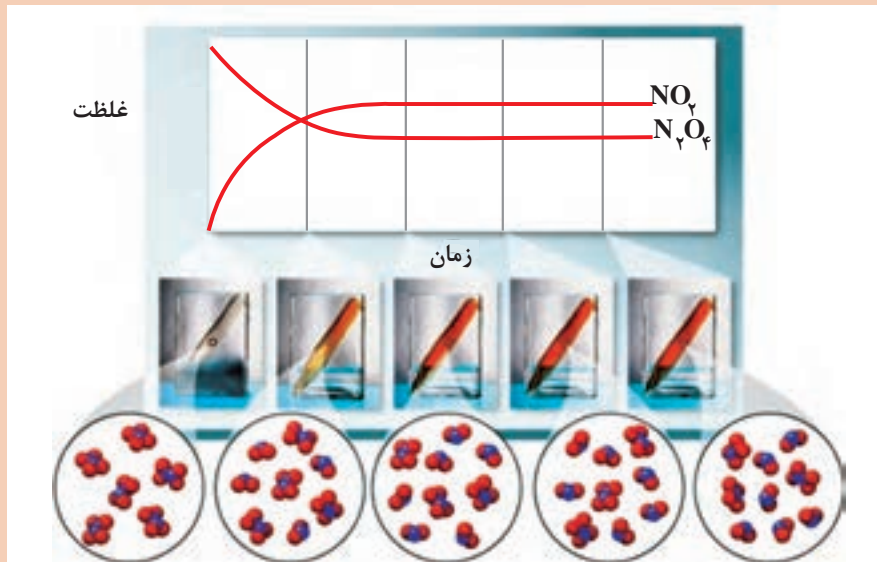


همانند شکل زیر، گاز N_2O_4 بی‌رنگ و گاز NO_2 خرمایی رنگ است. همچنین فرایند تولید گاز NO_2 گرماگیر است.



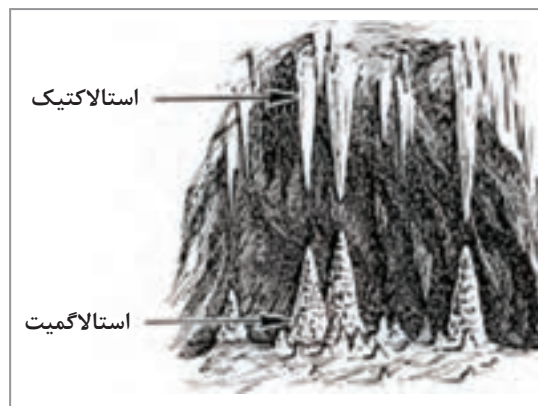
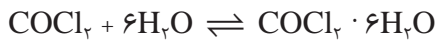


با توجه به شکل زیر، واکنش تعادلی را به طور کامل بنویسید.



روند انجام شدن یک نمونه واکنش شیمیایی

از جمله نمونه‌های عملی تعادل شیمیایی، واکنش بلورش (تبلور) نمک‌ها مانند بلورش نمک کبالت (II) کلرید شش آبه است و یا تشکیل بلورهای استالاگمیت^۱ (در کف) و استالاکتیت^۲ (در سقف) در غارها مطابق شکل ۱۱.



شکل ۱۱- رسوبات آهکی استالاگمیت و استالاکتیت

۱- Stalagmite

۲- Stalactite

نکته

استالاکتیت‌ها رسوباتی آهکی هستند که از سقف غارها آویزان می‌شوند. استالاگمیت‌ها نیز رسوباتی آهکی هستند که به صورت ستون‌هایی مخروطی شکل در کف غارها به وجود می‌آیند.

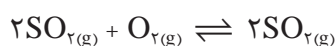


تحقیق کنید
۵

در مورد غار علیصدر و رسوبات کلسیم‌کربنات آن تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



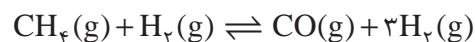
واکنش گاز گوگرد دیوکسید با اکسیژن و تولید گاز گوگرد تریوکسید نیز یک واکنش تعادلی شیمیایی است.



۲- انواع تعادل از لحاظ تعداد فازهای مواد شرکت‌کننده در تعادل

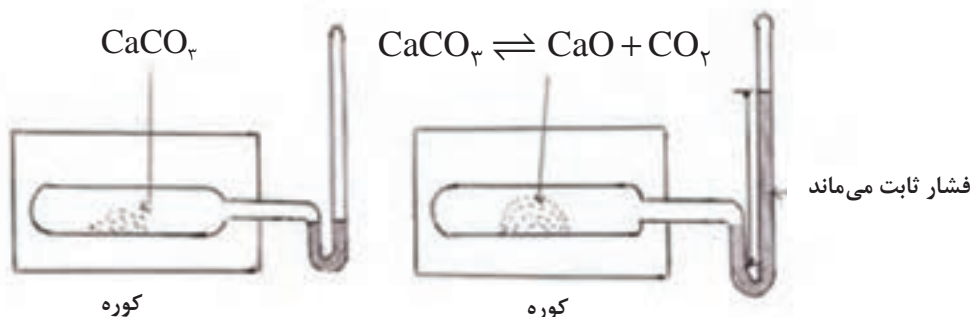
انواع تعادل از لحاظ فازی به دو دسته همگن و ناهمگن تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) تعادل همگن: هرگاه در یک معادله واکنش در حال تعادل، همه مواد شرکت‌کننده در تعادل، در یک فاز باشند، به تعادل مورد نظر «همگن» گفته می‌شود. همه مواد شرکت‌کننده در تعادل زیر، در یک فاز یعنی فازی هستند.



و یا همه مواد شرکت‌کننده در تعادل، در فاز مایع هستند.

ب) تعادل ناهمگن: هرگاه در یک معادله واکنش در حال تعادل، مواد شرکت‌کننده در تعادل، در فازهای متفاوتی باشند، به تعادل مورد نظر «ناهمگن» گفته می‌شود. به عبارت دیگر تعادل بین مواد موجود در دو یا چند فاز متفاوت را تعادل «ناهمگن» می‌گویند، مانند تجزیه کلسیم‌کربنات در دمای 1073 K مطابق شکل ۱۲.



شکل ۱۲- فشار ایجاد شده در اثر فرایند تجزیه کلسیم‌کربنات در دمای 1073 K

نکاتی دربارهٔ تعادل‌های همگن و ناهمگن

- ۱ در تعادل همگن همیشه تمامی مواد موجود در تعادل، در یک فاز هستند.
- ۲ در تعادل ناهمگن دست کم یک فاز جامد وجود دارد؛ مانند تعادل موجود در بین شکر حل شده و شکر جامد در محلول سیر شدهٔ آن، یا تعادل بین آب و یخ.
- ۳ همگن یا ناهمگن بودن تعادل، هر دو تعادل فیزیکی و شیمیایی را شامل می‌شود.
- ۴ در یک تعادل همگن به دلیل مخلوط شدن یکنواخت اجزای آن فقط یک فاز وجود دارد. اما برای تعیین تعداد فاز در تعادل‌های ناهمگن، هر کدام از مواد خالص جامد موجود در تعادل را، یک فاز در نظر می‌گیرند.



شکل ۱۳- حل شدن نمک در آب

فرایندهای رفت و برگشت (حل شدن و بلورش) را در محلول سیر شدهٔ آب نمک مشخص کنید (شکل ۱۳).

پرسش ۱۶



نکته



در واکنش تعادلی:

- ۱ در حالت تعادل، غلظت مواد شرکت کننده در واکنش با یکدیگر برابر نیست، بلکه در دمای ثابت، غلظت مواد شرکت کننده در واکنش ثابت است؛ چون سرعت‌های دو واکنش رفت و برگشت با یکدیگر برابر است، هر ماده‌ای با هر سرعتی که مصرف می‌شود با همان سرعت نیز تولید می‌شود و برعکس.
- ۲ در لحظهٔ تعادل، واکنش‌های رفت و برگشت متوقف نمی‌شوند، بلکه همچنان با سرعتی برابر در حال انجام هستند. به همین دلیل تعادل مورد نظر را تعادل دینامیک یا پویا می‌گویند، یعنی در سطح مولکولی همواره تبدیل مواد به یکدیگر در حال انجام شدن است. در واقع واکنش از لحاظ خواص ماکروسکوپی یا ظاهری متوقف شده، ولی از لحاظ خواص میکروسکوپی یا مولکولی فعال است.



با توجه به نمونه‌های تعادلی ارائه شده در شکل زیر، ابتدا فرایند رفت و برگشت تعادل‌های پویا را مشخص کنید و سپس خواص ماکروسکوپی ثابت آنها را تعیین کنید.

ت: بخارات برم، برم مایع

پ: محلول آبی رقیق آمونیاک

ب: مخلوط بخار آب و گاز هیدروژن
یک قوطی آهن محکم در دمای ثابت 50°C

الف: محلول سیرشده شکر، بلورهای شکر

ح: بلورهای ید، بخار ید

چ: مخلوط گازی شکل ید، هیدروژن و هیدروژن یدید

ج: محلول آبی ید، محلول ید در کلروفرم

ث: محصول مخلوط کردن محلول‌های کلسیم کلرید و سدیم کربنات

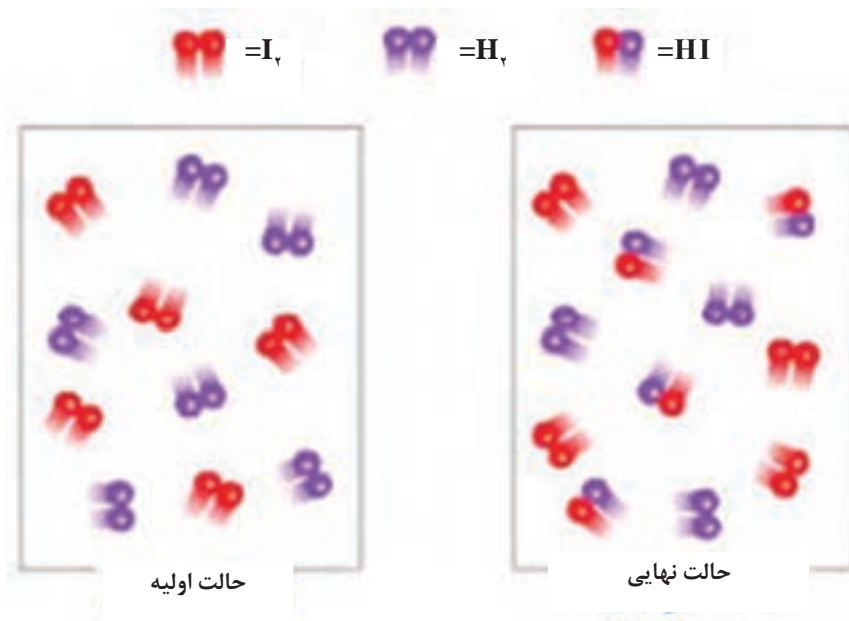
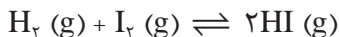
انواع فرایندهای تعادلی (تمامی ظرف‌ها، در بسته هستند).

عوامل مؤثر بر وضعیت یک تعادل

وضعیت تعادل توسط شرایطی همچون دما، غلظت و فشار که بر آن تعادل حاکم است، مشخص می‌شود. حال اگر شرایط آزمایش در یک سامانه تعادلی تغییر کند، چه اتفاقی می‌افتد؟ تأثیر این تغییرات توسط هنری لوشاتلیه در سال ۱۸۸۴ میلادی بررسی شده است. اصل لوشاتلیه می‌گوید که سامانه در حال تعادل، نسبت به تغییر ایجاد شده، واکنش نشان می‌دهد، به گونه‌ای که با این تغییر، مقابله نموده و حالت تعادلی جدیدی را برقرار می‌کند.

تغییرات غلظت

اگر غلظت ماده‌ای افزایش یابد، تعادل به گونه‌ای جابه‌جا می‌شود که غلظت ماده افزوده شده را کاهش دهد. به عنوان مثال، سامانه تعادلی شکل ۱۴ را در نظر بگیرید.

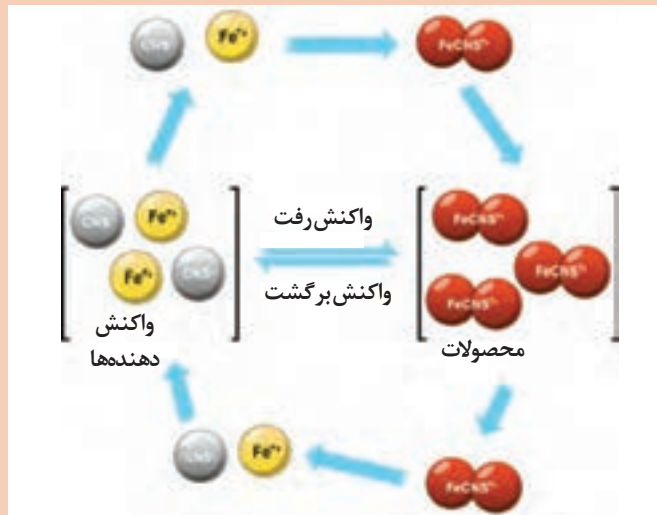


شکل ۱۴- حالت اولیه و پس از برقراری تعادل

در بررسی‌های کیفی به راحتی دیده می‌شود که با افزایش H_2 به سامانه تعادلی آن، غلظت گاز هیدروژن افزایش یافته، تعادل به هم خورده و سامانه به گونه‌ای عمل می‌کند که غلظت H_2 در سامانه کاهش یابد. برای این منظور، مقداری H_2 و I_2 برای تولید HI به مصرف می‌رسد. وقتی که دوباره تعادل برقرار شود، غلظت HI بیش از مقدار اولیه آن خواهد بود. در این صورت می‌گویند که وضع تعادل به سمت راست جابه‌جا شده است. اگر با افزایش HI به سامانه، غلظت آن افزایش یابد، وضع تعادل به طرف چپ جابه‌جا می‌شود و به این ترتیب مقداری HI به مصرف می‌رسد. وقتی که تعادل بار دیگر برقرار شود، غلظت I_2 و H_2 بیش از مقدار اولیه آنها خواهد بود. خارج کردن یکی از مواد نیز موجب تغییر وضع تعادل می‌شود؛ به عنوان مثال، خارج کردن HI از سامانه، موجب می‌گردد که وضع تعادل به طرف راست جابه‌جا شود. در این صورت، HI بیشتری تولید شده و غلظت I_2 و H_2 کاهش می‌پذیرد. با خارج کردن پیوسته یک محصول می‌توان بعضی از واکنش‌های برگشت‌پذیر را در جهت تکمیل شدن سوق داد.

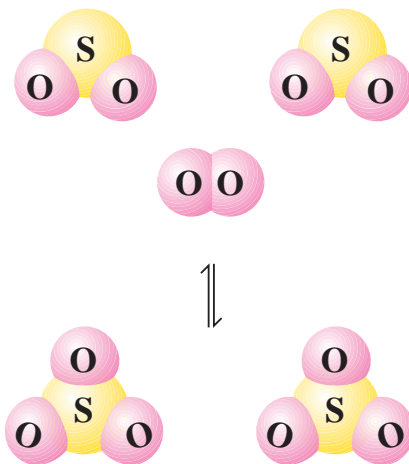


واکنش تعادلی بین یون‌های آهن (III) و تیوسیانات، باعث تشکیل آهن (III) تیوسیانات قرمز رنگ می‌شود. واکنش تعادلی FeSCN^{2+} (قرمز تیره) \rightleftharpoons (بی‌رنگ) SCN^- + (زرد کم‌رنگ) Fe^{3+} را در نظر بگیرید و به سؤالات زیر پاسخ دهید. الف) با افزایش غلظت آهن (III) کلرید، محلول تعادلی چه رنگی می‌شود؟ ب) با حل کردن آهن (III) تیوسیانات اضافی در محلول تعادلی، رنگ آن چه تغییری می‌کند؟



تغییرات فشار

از اصل لوشاتلیه برای پیشگویی کیفی اثر تغییر فشار بر یک سامانه در حال تعادل نیز می‌توان استفاده کرد. به‌عنوان مثال، مطابق شکل ۱۵، اثر افزایش فشار را بر مخلوط SO_2 ، O_2 و SO_3 در نظر بگیرید.



شکل ۱۵- $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$

در واکنش رفت، دو مولکول گاز SO_2 در واکنش با یک مولکول گاز اکسیژن، دو مولکول گاز SO_3 تولید می‌کند. دو مولکول گاز به اندازه سه مولکول گاز فشار اعمال نمی‌کند. از این رو وقتی فشار بر مخلوط تعادلی افزایش یابد (یا حجم سامانه کم شود)، وضع تعادل به طرف راست جابه‌جا می‌شود و به این ترتیب سامانه با تغییر ایجاد شده مقابله می‌کند. ولی کاهش فشار (یا افزایش حجم) موجب جابه‌جا شدن وضع تعادل به طرف چپ می‌شود. برای واکنش‌هایی که در آنها تغییر مول مواد اولیه و محصول، صفر ($\Delta n = 0$) باشد، تغییر فشار در تعادل سامانه‌ها تأثیری ندارد، زیرا حجم کلی هیچ یک از این سامانه‌ها، نه در واکنش رفت و نه در واکنش برگشت، تغییر نکرده است.

نکته



برای سامانه‌ای که فقط مرکب از مواد جامد یا مایع باشد، اثر فشار بر وضع تعادل جزئی است و برای تغییر فشارهای عادی از آن صرف نظر می‌شود. ولی تغییرات فشار زیاد می‌تواند بر چنین تعادل‌هایی اثر قابل توجهی داشته باشد و گاهی حتی تغییرات جزئی در چنین تعادل‌هایی قابل توجه است. تأثیر فشار بر تعادل‌های گازی بسیار زیاد است. به طوری که افزایش فشار در واکنش تولید آمونیاک، موجب افزایش تولید آن می‌شود. بنابراین اصل لوشاتلیه در تعیین شرایط مناسب واکنش، برای تهیه ماده مورد نظر، حائز اهمیت عملی است.

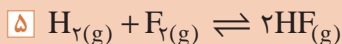
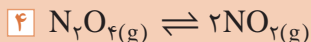
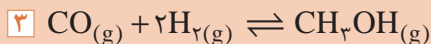
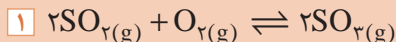
آیا تغییر فشار همیشه وضعیت تعادل را تغییر می‌دهد؟

پرسش ۱۹



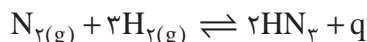
اثر تغییر فشار را بر روی واکنش‌های تعادلی زیر بررسی کنید.

پرسش ۲۰



تغییرات دما

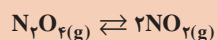
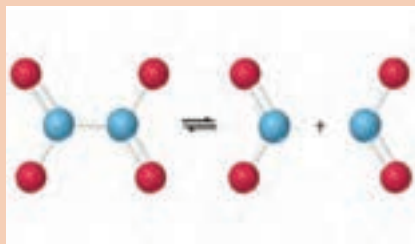
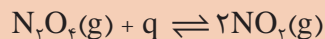
برای پیشگویی تأثیر تغییر دما بر یک سامانه در حال تعادل، لازم است ماهیت ترمودینامیکی واکنش معلوم شود. واکنش گرماده تولید آمونیاک را در نظر بگیرید:



با در نظر گرفتن گرمای تولید شده به عنوان محصول واکنش، طبق معادله شیمیایی بالا واکنش رفت، گرماده و واکنش برگشت، گرماگیر است. به عبارت دیگر، واکنش رفت گرما تولید می‌کند و واکنش برگشت آن را به مصرف می‌رساند. با افزایش گرما به این سامانه یعنی با بالا رفتن دمای سامانه، واکنش تعادل به طرف چپ (یعنی به جهتی که گرما جذب شود) جابه‌جا می‌شود و اگر مخلوط را سرد کنید، تعادل به طرف راست (یعنی در جهت تولید گرما) کشیده می‌شود. بنابراین، بیشترین محصول آمونیاک در پایین‌ترین دما به دست می‌آید. ولی متأسفانه در دمای خیلی پایین، سرعت واکنش بسیار پایین است. از این رو فرایندهای صنعتی تولید آمونیاک در فشارهای بالا و در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس انجام می‌شود.



اثر دما را بر واکنش تعادلی زیر بررسی کنید.



اثر دما بر تعادل

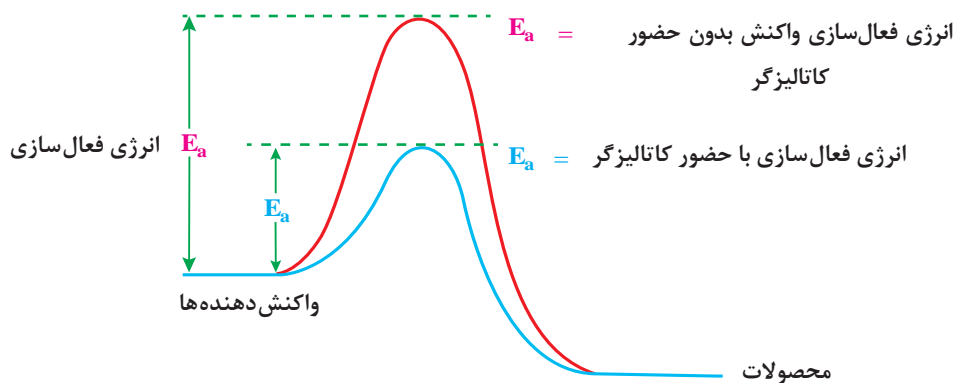


اثر دما را بر واکنش‌های تعادلی زیر بررسی کنید.

- | | | |
|---|--|------------------------------|
| ۱ | $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ | $\Delta H = -180 \text{ kJ}$ |
| ۲ | $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ | $\Delta H = -46 \text{ kJ}$ |
| ۳ | $\text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COCl}_2(\text{g})$ | $\Delta H = -108 \text{ kJ}$ |
| ۴ | $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ | $\Delta H = +57 \text{ kJ}$ |
| ۵ | $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ | $\Delta H = -270 \text{ kJ}$ |

افزایش کاتالیزگر

کاتالیزگر بر وضع تعادل تأثیر نمی‌گذارد، زیرا کاتالیزگر بر سرعت واکنش رفت و برگشت اثر یکسان دارد. ولی وارد کردن کاتالیزگر در یک سامانه، موجب می‌شود تا آن سامانه سریع‌تر به حالت تعادل برسد، زیرا کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها را کاهش می‌دهد (شکل ۱۶).



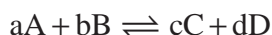
شکل ۱۶- اثر کاتالیزگر بر روی انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها



در مورد انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

بررسی کمی تعادل‌های شیمیایی

تمام فرایندهای برگشت‌پذیر، تمایل دارند به یک حالت تعادلی برسند. برای یک واکنش برگشت‌پذیر، حالت تعادل وقتی برقرار می‌شود که سرعت واکنش رفت برابر با سرعت واکنش برگشت باشد. در یک واکنش تعادلی، از تقسیم ثابت سرعت واکنش رفت K_f بر ثابت واکنش برگشت، K_r ، ثابت دیگری به دست می‌آید که ثابت تعادل شیمیایی، K ، نامیده می‌شود. تعادل زیر را در نظر بگیرید:

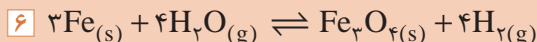
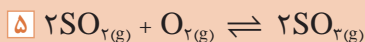
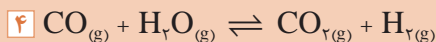
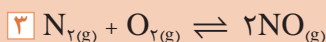
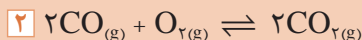
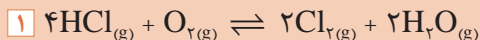


برای این تعادل، ثابت تعادل به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$K = \frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [B]^b}$$



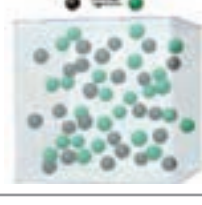


برای تعادل‌های زیر، ثابت تعادل را بنویسید.



مقدار عددی ثابت تعادل

مقدار عددی K برای هر واکنش شیمیایی تعادلی، به طور تجربی تعیین می‌شود و با تغییر دما، تغییر می‌کند. میزان عددی K نشان‌دهنده واکنش مطلوب‌تر در دمای خاص است، یعنی هر چقدر میزان ثابت تعادل کوچک‌تر باشد، میزان واکنش رفت کمتر و محصول کمتری تولید خواهد شد و برعکس هر چه مقدار آن بزرگ‌تر باشد، واکنش رفت غالب بوده و محصول بیشتری تولید خواهد شد. در مقدار متوسط از ثابت تعادل، تولید محصول و مواد اولیه زیاد خواهد بود. این مفاهیم در مثال‌های صفحه بعد با ثابت‌های تعادل متفاوت نشان داده شده است.

مثال	مقدار ثابت تعادل	شکل	ردیف
$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$	$K = 1 \times 10^{-30}$		۱
$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$	$K = 2 \times 10^{22}$		۲
$2BrCl_{(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + Cl_{2(g)}$	$K = 5$		۳

شکل زیر را تفسیر کنید.

پرسش ۲۴



مقدار ثابت تعادل

کم		متوسط		زیاد	
	واکنش دهنده‌ها		محصولات		محصولات
واکنش دهنده‌ها بیشتر است		مقادیر قابل ملاحظه از واکنش دهنده‌ها و محصولات		محصولات بیشتر است	



جدول زیر نسبت ترکیب یک مخلوط تعادلی را در دمای 485°C نشان می‌دهد.
 الف) معادله واکنش و معادله ثابت تعادل آن را بنویسید.
 ب) مقدار ثابت تعادل را برای هر یک از دو مخلوط تعادلی بنویسید. فرض کنید حجم این مخلوط یک لیتر است.

مقدار H_2 (مول)	مقدار I_2 (مول)	مقدار HI (مول)	
۰/۰۲۲۶	۰/۰۲۸۴	۰/۱۷۲۰	مخلوط اول
۰/۰۱۶۷	۰/۰۴۰۶	۰/۱۷۸۰	مخلوط دوم



مخلوطی از هیدروژن و ید تا 490°C گرما داده شده است. محاسبه نشان می‌دهد که مقدار K برای واکنش $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ ، برابر ۴۶ است. تعیین غلظت‌های I_2 و HI با واحدهای میلی مولار (mM) که برابر یک هزارم مولار است) نشان داد که $[\text{I}_2] = 3.1 \text{ mM}$ و $[\text{HI}] = 2.7 \text{ mM}$ است. غلظت H_2 را در این مخلوط تعادلی حساب کنید.

مشخصات چند واکنش تعادلی را در جدول ۶ مشاهده می‌کنید.

جدول ۶- مشخصات چند واکنش تعادلی

ردیف	تعادل	معادله قانون تعادل	دما ($^{\circ}\text{C}$)	ثابت تعادل (K)
۱	$2\text{CO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{2(g)}$	$\frac{[\text{CO}_2]^2}{[\text{CO}]^2 [\text{O}_2]}$	۵۰۰	4×10^{20}
۲	$\text{H}_{2(g)} + \text{Br}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HBr}_{(g)}$	$\frac{[\text{HBr}]^2}{[\text{H}_2][\text{Br}_2]}$	۲۵	1.9×10^{17}
۳	$\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$	$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$	۲۵	۷۹۴
۴	$\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$	$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$	۴۲۷	۵۴

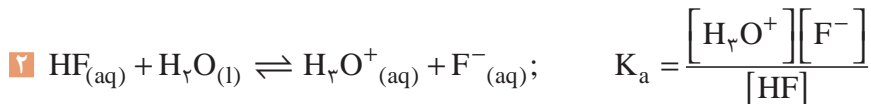
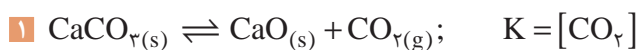
ثابت تعادل (K)	دما (°C)	معادله قانون تعادل	تعادل	ردیف
۰/۸۷	۵۵	$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$	۵
$1/8 \times 10^{-5}$	۲۵	$\frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$	۶
1×10^{-30}	۲۵	$\frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$	$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$	۷

توجه شود، ثابت تعادل برای پیش‌بینی میزان پیشرفت واکنش مناسب است و نه سرعت آن. برای اطمینان از انجام یک واکنش در زمان معقول، دو شرط ثابت تعادل بزرگ و سرعت واکنش زیاد لازم است و البته می‌دانید که در بیشتر موارد، افزایش دما، سرعت واکنش را زیاد می‌کند.

ثابت تعادل برای واکنش‌های ناهمگن

غلظت مواد جامد (s) و مایع خالص (l) پس از برقراری تعادل، عددی ثابت است. بنابراین در معادله ثابت تعادل آنها از نوشتن غلظت مواد جامد و مایع خالص صرف‌نظر می‌شود و آنها را برابر یک فرض می‌کنند،

مانند مثال‌های زیر:



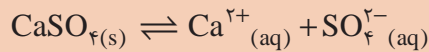
نکته

در معادله ثابت تعادل فقط غلظت مواد محلول (aq) و مواد گازی (g) نوشته می‌شود. با اینکه مواد جامد و مایع خالص در معادله ثابت تعادل نوشته نمی‌شوند، اما حضور آنها برای برقراری تعادل الزامی است، زیرا برای انجام شدن فرایندهای میکروسکوپی رفت و برگشت، وجود این مواد ضروری است.



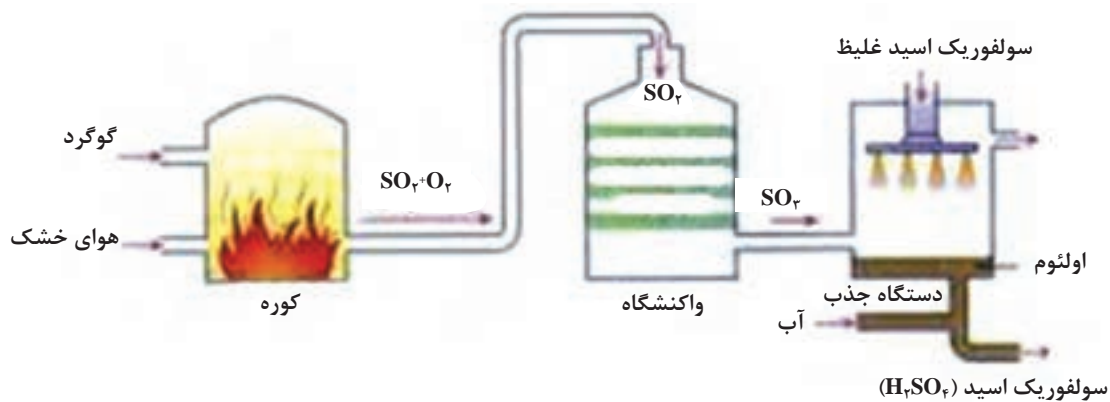


سنگ معدن گچ، مطابق معادله زیر اندکی در آب حل می‌شود و محلول سیر شده‌ای پدید می‌آید، معادله تعادلی این فرایند را بنویسید.

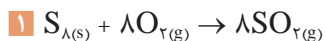


تعادل‌های شیمیایی در صنعت

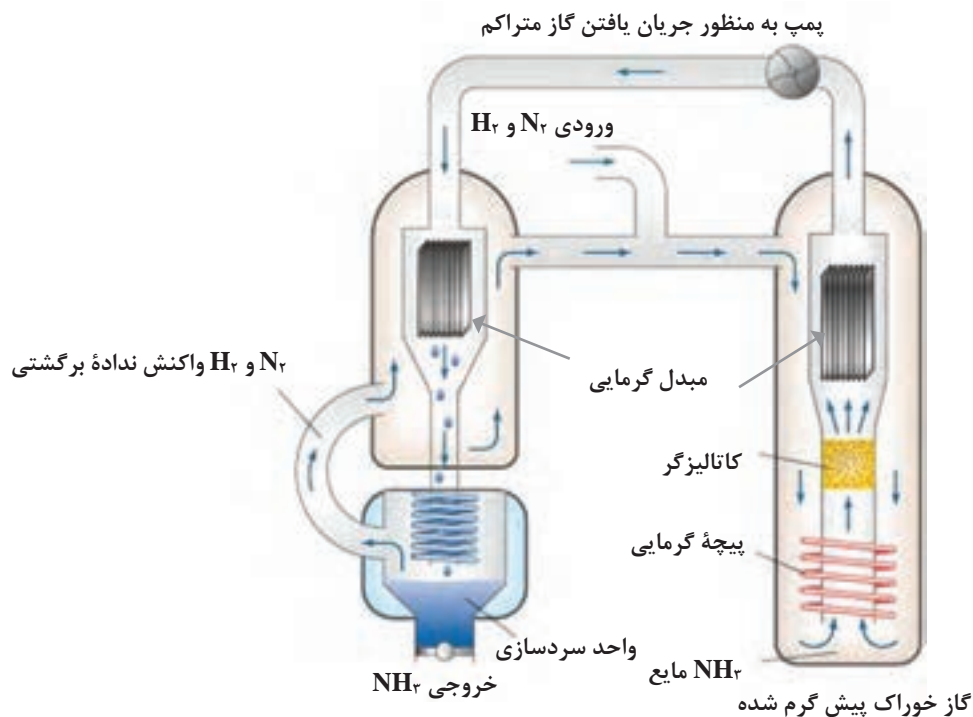
در صنعت، با استفاده از عوامل قابل کنترل واکنش‌های تعادلی، برای رسیدن به محصول مطلوب اقدام می‌شود. واکنش‌های تعادلی مربوط به تولید سولفوریک اسید و آمونیاک از جمله این موارد هستند. ■ فرایندها و واکنش‌های تولید صنعتی سولفوریک اسید (H_2SO_4) در شکل ۱۷ آورده شده است:



شکل ۱۷- فرایند تولید صنعتی سولفوریک اسید



واکنش دوم، تعادلی و گرماده است. سرعت واکنش در دمای پایین ناچیز است. در صنعت، شرایط عملیاتی تولید سولفوریک اسید، شامل دمای متوسط، فشار بالا و استفاده از کاتالیزگر است. ■ واکنش تولید صنعتی آمونیاک به روش هابر در شکل ۱۸ آورده شده است:



شکل ۱۸- فرایند تولید صنعتی آمونیاک

آمونیاک، مهم‌ترین ترکیب هیدروژن دار نیتروژن بوده و در طبیعت از تجزیه مواد آلی نیتروژن دار حاصل می‌شود. این ماده، گازی است بی‌رنگ با مزه تند و زننده که اشک‌آور و خفه‌کننده می‌باشد. گاز آمونیاک از هوا سبک‌تر بوده، به‌سهولت به مایع تبدیل می‌شود. آمونیاک در آب بسیار محلول است و در $7^{\circ}C/77-$ منجمد و در $5^{\circ}C/33$ به جوش می‌آید.

نکته



آمونیاک سامانه‌های تنفسی، پوست و چشم را تحریک می‌کند و با آسیب رساندن به ریه‌ها (در اثر مواجهه زیاد) باعث مرگ می‌شود. در صورت تماس با آمونیاک مایع، سوختگی شدید در محل تماس ایجاد می‌گردد. به‌منظور کمک‌های اولیه، قسمت‌های آلوده سطح بدن را با آب و صابون شسته و چشم‌ها را نیز با آب فراوانی شست‌وشو داده و به پزشک مراجعه شود.

نکته ایمنی



۱ در ارتباط با وضعیت موجود و چشم‌انداز بازار جهانی آمونیاک و سهم ایران تحقیق کنید و نتیجه آن را در کلاس ارائه دهید.

۲ در مورد کشف سولفوریک اسید تحقیق کنید و نتیجه آن را در کلاس ارائه دهید.

۳ در مورد کاربردهای سولفوریک اسید تحقیق کنید و نتیجه آن را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید
۷





آمونیاک مادهٔ اولیهٔ تولید نیتریک اسید و مواد منفجره است. تولید آمونیاک و مواد منفجره در دفاع از کشور لازم و ضروری است. یکی از صحنه‌های دردناک و درعین حال نمونهٔ بارز نقض حقوق بشر از سوی رژیم بعثی عراق، حمله‌های مکرر به مناطق مسکونی ایران در دوران دفاع مقدس است که «جنگ شهرها» نامیده شده است. در آن زمان، مسئولین ایران بارها هشدار دادند ولی علی‌رغم این هشدارها، مناطق مسکونی شهرهای مختلف از جمله دزفول، ایلام، اسلام‌آباد، گیلان غرب، آبادان، خرمشهر و حتی تهران بارها مورد هدف حملهٔ موشکی قرار گرفت و متأسفانه باعث ویرانی و آسیب دیدن منازل، بیمارستان‌ها و مدرسه‌ها و شهید و مجروح شدن صدها تن شد، که بسیاری از آنها کودک بودند.



در آن زمان به دلیل حملات شدید دشمن و بمباران‌های پی‌درپی، شهید حسن طهرانی مقدم پس از مطالعات و تحقیقات گسترده توانست نیاز کشور را برآورده نماید و موشک‌هایی را طراحی و بسازد. به همین علت او را پدر موشکی ایران می‌نامند.

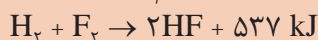


آماده‌سازی و پرتاب موشک در عملیات‌های مختلف

شهید حسن طهرانی مقدم



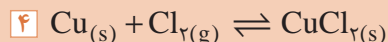
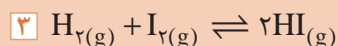
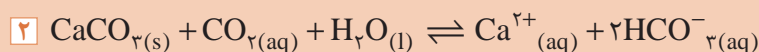
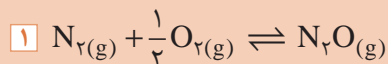
۱ نمودار تغییر انرژی برای واکنش‌های زیر را رسم کنید.



۲ با استفاده از گرماهای تشکیل، گرمای سوختن الکل معمولی را محاسبه کنید.

۳ از حل شدن ۵ گرم آمونیوم کلرید در آب، چه مقدار گرما در فشار ثابت نیاز است؟

۴ همگن یا ناهمگن بودن هر یک از تعادل‌های زیر را مشخص کنید.



جدول ارزشیابی پودمان تحلیل گرما و تعادل در واکنش‌ها

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان
۳	<ul style="list-style-type: none"> ■ گرمای واکنش در فرایند حجم ثابت و فشار ثابت را بررسی کند. ■ آنتالپی (گرمای سوختن، گرمای حل شدن، گرمای تشکیل) را توضیح دهد. ■ روش‌های مختلف تعیین گرمای واکنش را معرفی کند. ■ مفهوم فرایند تعادلی و تفاوت آن با فرایند یک‌طرفه را بیان کند. ■ مفهوم ثابت تعادل و بررسی‌های عددی در موارد گوناگون را تفسیر کند. 	بالا تر از حد انتظار	توانایی محاسبه گرمای واکنش‌های شیمیایی و به‌کارگیری عوامل مؤثر بر واکنش‌های تعادلی	محاسبه گرمای واکنش‌ها	گرما و تعادل در واکنش‌ها
۲	<ul style="list-style-type: none"> ■ فرایندهای گرماده و گرماگیر را شناسایی کند. ■ اصل لوشاتلیه را در جابه‌جایی تعادل‌ها به کار برد. ■ مفهوم ثابت تعادل و بررسی‌های عددی در موارد گوناگون را تفسیر کند. 	در حد انتظار		بررسی عوامل مؤثر بر واکنش‌های تعادلی	
۱	<ul style="list-style-type: none"> ■ فرایندهای گرماده و گرماگیر را شناسایی کند. ■ اصل لوشاتلیه را در جابه‌جایی تعادل‌ها به کار برد. 	پایین تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان از ۳	
				نمره پودمان از ۲۰	

پودمان دوم

بررسی تعادل در محلول های آبی



اغلب واکنش های شیمیایی در محلول های آبی انجام می پذیرد. حل پذیری پدیده بسیار مهمی است. برای مثال آبکافت یک فرایند تجزیه شیمیایی است که در آن آب برای گسستن پیوندهای شیمیایی یک ماده استفاده می شود.



بحث گروهی

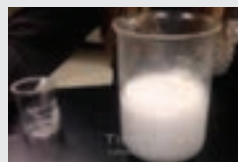


جوهر لیمو



جوش شیرین

اگر گرد جوش شیرین^۱ و جوهر لیمو^۲ که هر دو جامد هستند، با هم مخلوط شوند واکنشی انجام نمی‌شود، اما اگر آنها را در آب حل کرده سپس بر هم اثر داده شوند، واکنش بین آنها صورت می‌گیرد و گاز کربن دی‌اکسید آزاد می‌شود. به نظر شما علت چیست؟



واکنش بین جوش شیرین و جوهر لیمو

پرسش



اگر گیاهان در خاک حاوی کود و مواد مورد نیاز گیاه قرار گیرد ولی آب به آنها داده نشود، چه نتیجه‌ای خواهد داشت؟ علت چیست؟

مواد موجود در آب دریاها، رودخانه‌ها، چاه‌ها، چشمه‌ها و نیز هوایی را که تنفس می‌کنید، همه به صورت محلول‌اند. بشر در جهانی زندگی می‌کند که آب مهم‌ترین حلال است. قرآن کریم در چندجا اشاره دارد که ریشه زندگی، هم در منشأ و پیدایش و هم در صحنه هستی و تداوم حیات، همه از آب است و می‌فرماید: «وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلِّ شَيْءٍ حَيًّا (انبیا - ۳۰)، هر چیز زنده‌ای را از آب پدید آوردیم.»



۱- سدیم بی‌کربنات یا سدیم هیدروژن کربنات، NaHCO_3

۲- سیتریک اسید $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$



شکل ۱- نمونه تهیه یک محلول از اجزای آن (حلال و حل شونده)

در اغلب موارد حل شدن ماده‌ای در ماده دیگر، به عنوان محلول در نظر گرفته می‌شود مانند حل شدن شکر، نمک و یا سرکه در آب. محلول‌ها انواع مختلفی دارند. با حل شدن یک ماده (حل شونده^۱)، در ماده دیگر (حلال^۲) در هر حالت فیزیکی، می‌توان یک محلول تشکیل داد (شکل ۱). به پدیده حل شدن حل شونده در حلال، انحلال یا حل پذیری^۳، گفته می‌شود.

پرسش ۲



در جدول زیر انواع محلول‌ها آمده است. برای هر یک مثال مناسبی بیان کنید.

مثال	نوع محلول
محلول شکر در آب، نمک در آب	جامد در مایع
	جامد در جامد
	جامد در گاز
	مایع در مایع
	مایع در جامد
	گاز در جامد
	گاز در مایع
	گاز در گاز

نوع خاصی از مخلوط دو یا چند ماده، که یک فاز یا یک مخلوط یکنواخت را تشکیل دهند و در آن ماده حل شدنی به صورت ذراتی بسیار ریز به طور یکنواخت در حلال پراکنده شده باشد، محلول^۴ نامیده می‌شود. برای مثال وقتی نمک یا شکر در آب حل شود، حتی به کمک میکروسکوپ هم نمی‌توان وجود ذرات نمک یا شکر را در آب تشخیص داد.

آیا حل شدن نمک طعام مانند حل شدن شکر در آب است؟

بحث‌گروهی ۲

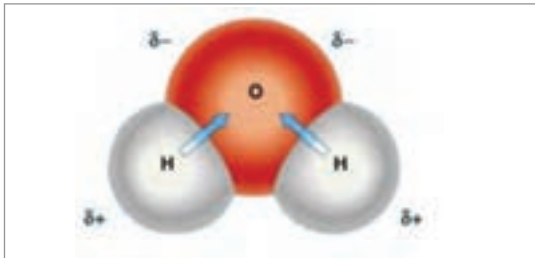


۱- Solute: ماده‌ای که معمولاً مقدار آن کمتر است.
 ۲- Solvent: ماده‌ای که معمولاً مقدار آن بیشتر است.

فرایند حل شدن



شکل ۲- نمونه‌ای از فرایند حل شدن



شکل ۳- مولکول قطبی آب

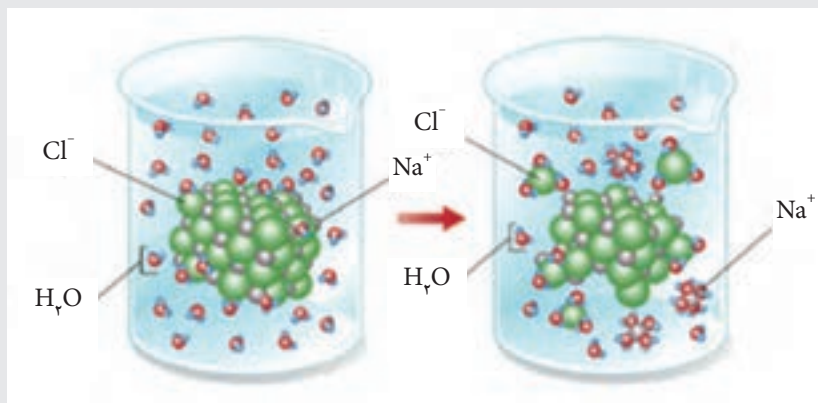
هزاران واکنشی که در محیط زیست و در موجودات زنده مختلف رخ می‌دهد، اغلب در آب صورت می‌پذیرد. (شکل ۲).

آب به چند دلیل در تهیه محلول‌ها نقش دارد: به فراوانی یافت می‌شود، همچنین به دلیل قطبی بودن (شکل ۳)، و توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آن، بسیاری از ترکیب‌های آلی و معدنی را در خود حل می‌کند، این امر انجام تعداد زیادی از واکنش‌های شیمیایی را در محلول‌های آبی ممکن می‌سازد.

حل شدن ماده‌ای در ماده دیگر را می‌توان براساس نوع پیوندهای موجود در آن مواد و چگونگی برهم کنش آنها توضیح داد. برای توجیه فرایند حل شدن، حل‌پذیری ترکیب‌های یونی، کووالانسی ناقطبی، کووالانسی قطبی و ترکیب‌های با پیوند هیدروژنی بررسی می‌شود:

■ حل شدن ترکیب‌های یونی

با توجه به شکل، چگونگی حل شدن نمک سدیم کلرید در آب را بیان کنید.



حل شدن نمک سدیم کلرید در آب

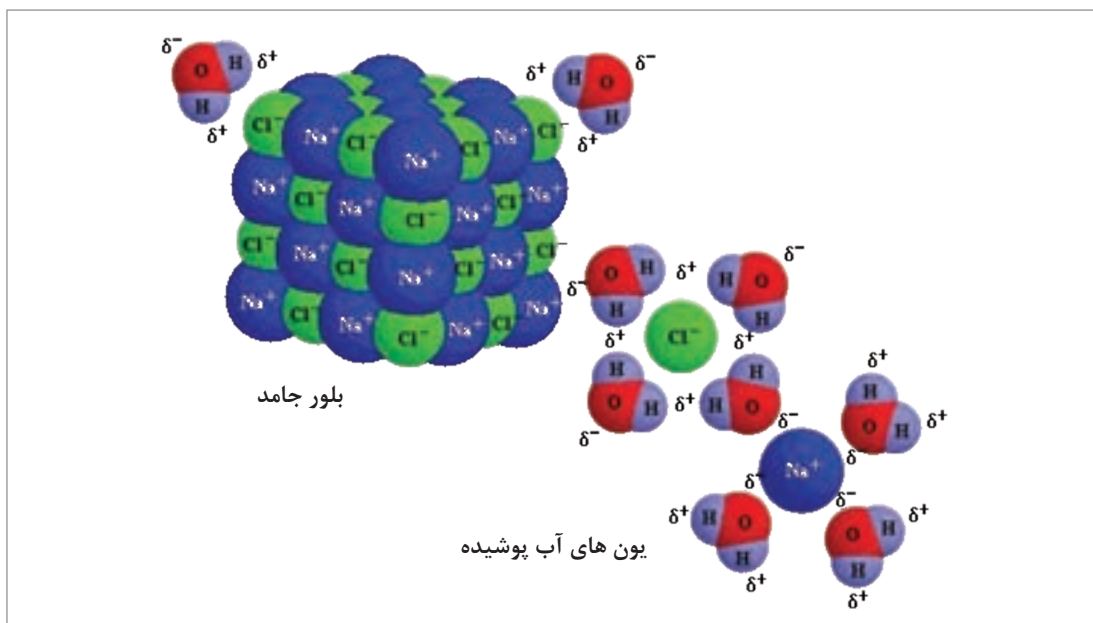
بحث‌گروهی ۳



یکی از عوامل اصلی حل شدن ترکیب‌های یونی در آب، نیروهای یون - دو قطبی است. عامل پایداری ترکیب‌های یونی در شبکه‌های بلوری آن، نیروهای جاذبه الکتروستاتیکی است که یون‌های با بار مخالف بر یکدیگر وارد می‌کنند.

وقتی قطعه بلوری از ترکیب یونی مانند سدیم کلرید با مولکول‌های قطبی آب تماس پیدا کند، یون‌های موجود در سطح بلور تحت تأثیر مولکول‌های قطبی آب قرار می‌گیرند و برخی از مولکول‌های آب از سر منفی خود به یون‌های Na^+ و تعدادی دیگر از مولکول‌های آب از سر مثبت به یون‌های Cl^- نزدیک می‌شوند. مولکول‌های آب با یون‌های یاد شده تأثیر متقابل برقرار می‌کنند و بین آنها جاذبه شدیدی ایجاد می‌شود. این جاذبه از نظر انرژی در حدی است که بر جاذبه موجود میان یون‌های مثبت و منفی در شبکه یونی جامد غالب می‌شود. با این عمل شبکه بلوری سدیم کلرید در هم می‌ریزد و یون‌ها به صورت آب پوشیده در محلول پراکنده می‌شوند. شکل ۴ چگونگی حل شدن نمک سدیم کلرید را در آب نشان می‌دهد.

چنانکه در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، هر یون حل شده در آب، توسط تعدادی از مولکول‌های آب احاطه می‌شوند. به این عمل «آپوشی^۱ یون‌ها» و به هر یک از یون‌ها که توسط چند مولکول آب احاطه شود، «یون آب پوشیده^۲» می‌گویند.



شکل ۴ - حل شدن بلور سدیم کلرید در آب و ایجاد یون‌های آب پوشیده

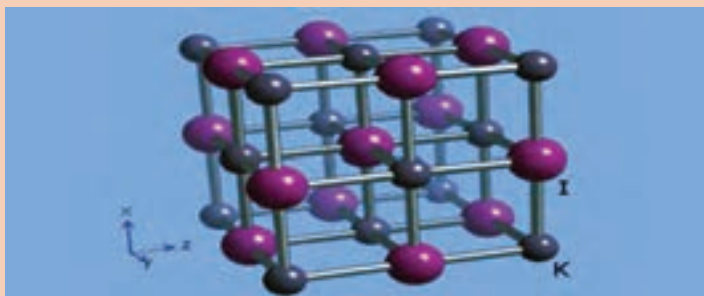
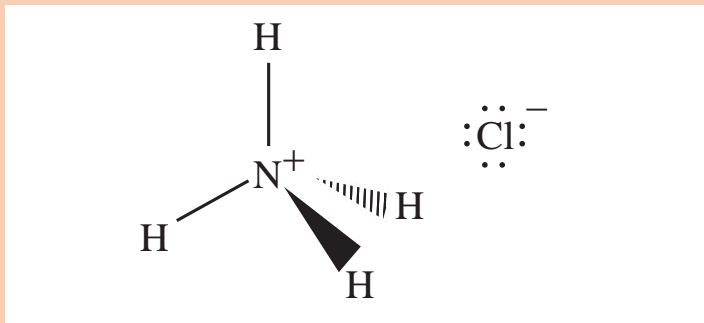
در هر یون آب پوشیده نیروهای الکتریکی قطبی - یونی بین آب و یون مورد نظر وجود دارد. این یون‌ها در محلول حرکت آزادانه و نامنظم دارند. این یون‌ها را در محلول آبی با نمادهای Na^+ (آبی) یا Na^+ (آب) و Cl^- (آبی) یا Cl^- (آب) نشان می‌دهند.

۱- Hydration

۲- Hydrated ion



مولکول‌های پتاسیم یدید و آمونیوم کلرید در شکل نشان داده شده‌است. حل شدن آمونیوم کلرید NH_4Cl و پتاسیم یدید KI در آب را بررسی کنید



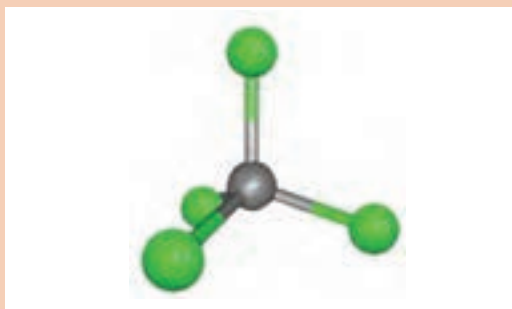
مولکول‌های پتاسیم یدید و آمونیوم کلرید

■ حل شدن ترکیبات کووالانسی ناقطبی

وقتی ماده حل‌شدنی، یک ترکیب کووالانسی باشد، در حلال به صورت ذره‌هایی به اندازه مولکولی درمی‌آید و نیروهای جاذبه بین آنها، به سبب حل شدن، ضعیف‌تر می‌شوند و ذره‌ها آزادانه در محلول حرکت می‌کنند.

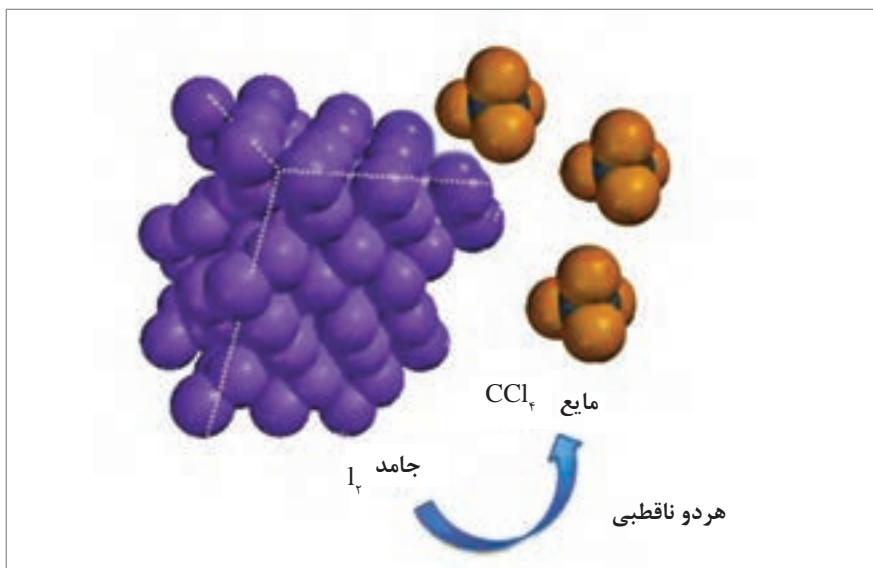


ساختار مولکول کربن تتراکلرید، (CCl_4) ، در شکل نشان داده شده‌است. این ماده، حلالی ناقطبی است. چرا؟



مولکول کربن تتراکلرید

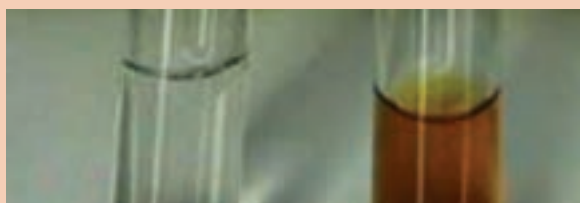
کربن تتراکلرید مایعی با مولکول‌های ناقطبی است و جاذبهٔ میان مولکول‌های آن از نوع نیروهای لاندن است. ید نیز یک جامد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، و نیروهای جاذبهٔ بین مولکول‌های آن در حالت جامد، از نوع نیروهای لاندن است (شکل ۵). از طرفی، گسترهٔ نیروهای جاذبه در مولکول‌های کربن تتراکلرید و ید در یک محدوده است. این عامل همراه با افزایش بی‌نظمی^۱ ضمن حل شدن، باعث حل شدن ید در کربن تتراکلرید می‌شود. مولکول‌های ید در حالت آزاد، بنفش رنگ‌اند. محلول ید در کربن تتراکلرید نیز به رنگ بنفش است و از این رو می‌توان گفت که ید به‌صورت مولکول‌های مجزا در بین مولکول‌های کربن تتراکلرید پراکنده شده‌است.



شکل ۵- حل شدن ید در کربن تتراکلرید

مطابق شکل ید در اتانول که مایعی قطبی است، حل می‌شود و محلولی قهوه‌ای رنگ ایجاد می‌کند، همچنین در استون و کربن تتراکلرید، حل می‌شود و محلول رنگی تولید می‌کند. در مورد فرایند حل شدن ید در هر مورد تحقیقی انجام دهید و نتیجه را در کلاس گزارش کنید.

تحقیق کنید
۱



استون

اتانول

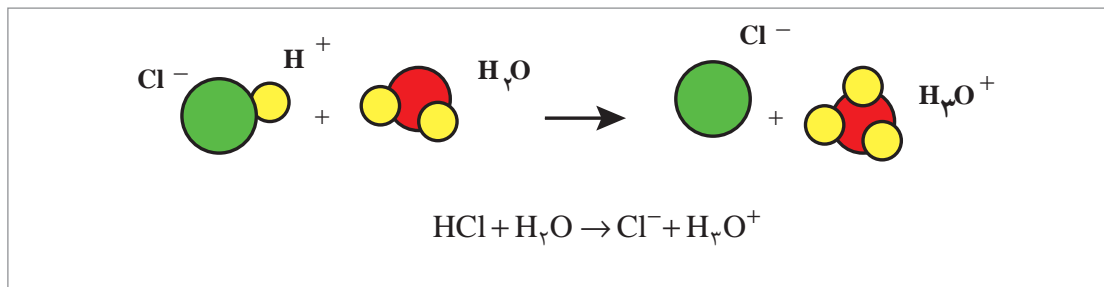
کربن تتراکلرید

محلول‌های حاصل از حل شدن ید در کربن تتراکلرید، اتانول و استون

۱- در حل‌پذیری برخی مواد، بی‌نظمی هم نقش دارد که توضیح آن خارج از بحث کتاب است.

■ حل شدن ترکیب‌های کووالانسی قطبی

ترکیب‌های قطبی در حلال‌های قطبی حل می‌شوند. علت این امر آن است که نیروهای جاذبه بین مولکولی در این ترکیب‌ها یکسان است. دو ترکیب قطبی قادرند یکدیگر را جذب کنند و به هم متصل شوند. سر مثبت ترکیب قطبی به سمت قطب منفی مولکول حلال، و سر منفی آن به سمت قطب مثبت حلال جذب می‌شود. به این ترتیب، بین آنها نیروهای دوقطبی - دوقطبی به وجود می‌آید که حاصل آن حل شدن ترکیب قطبی در حلال قطبی است. این عمل با آزاد شدن انرژی همراه است. افزایش بی‌نظمی نیز یک عامل مساعد قوی در پدیده حل شدن است. حل شدن هیدروژن کلرید، HCl در آب نمونه‌ای از حل شدن ترکیب‌های کووالانسی قطبی است (شکل ۶)



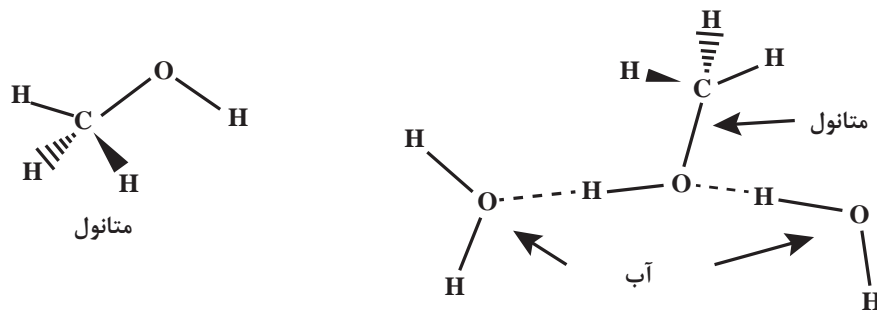
شکل ۶- حل شدن هیدروژن کلرید آمونیاک در آب

پرسش ۵



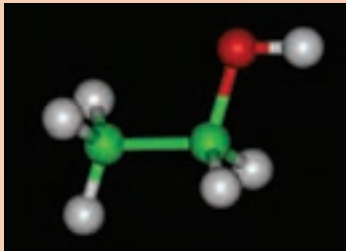
آیا متانول در حلال‌های ناقطبی مانند کربن تتراکلرید، قابل حل است؟ چرا؟

حل شدن ترکیب‌هایی با پیوند هیدروژنی در آب، نمونه‌های خاصی از حل شدن ترکیب‌های کووالانسی قطبی است. متانول، CH_3OH ، مانند آب دارای مولکول‌های قطبی است. در هر دو مایع مولکول‌ها، دارای پیوندهای هیدروژنی هستند. متانول و آب را به هر نسبت می‌توان در هم حل کرد. مولکول‌های متانول و آب از طریق پیوندهای هیدروژنی به هم متصل می‌شوند (شکل ۷).

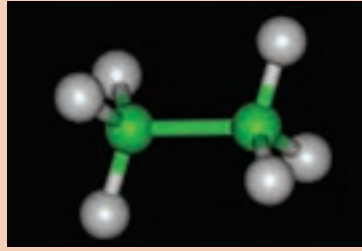


شکل ۷- حل شدن متانول در آب با تشکیل پیوند هیدروژنی

هیدروکربن اتان (C_2H_6)، در آب نامحلول است. در صورتی که اتانول $C_2H_5 - OH$ در آب به خوبی حل می‌شود. چگونه می‌توان این اختلاف را توجیه کرد؟



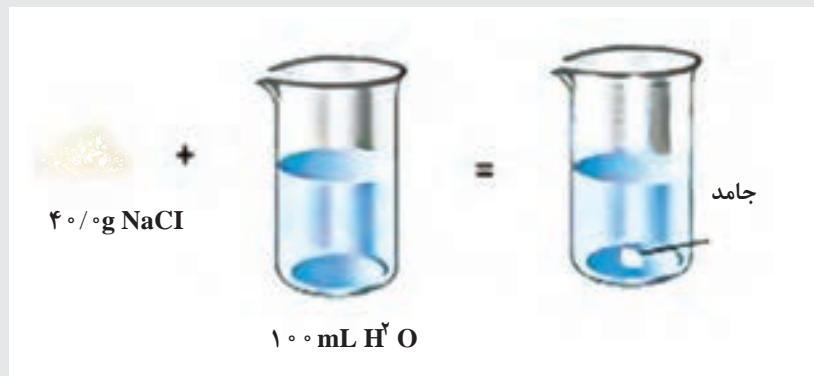
ب) مولکول اتانول



الف) مولکول اتان

قابلیت حل‌پذیری

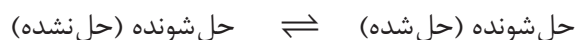
مطابق شکل اگر در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب $25^\circ C$ بریزید و به آن ۴۰ گرم نمک سدیم کلرید اضافه کنید، بعد از هم زدن مقداری از نمک به صورت جامد در محلول باقی می‌ماند. به چه دلیل تمام نمک حل نمی‌شود؟



حل شدن سدیم کلرید در آب

همان‌طور که می‌دانیم، در اثر حل شدن یک جامد یونی، یون‌ها با جدا شدن از جامد در حلال پراکنده می‌شوند. برخی از یون‌های حل شده، در اثر برخورد تصادفی با ذرات حل نشده، دوباره بلور می‌شوند. تا زمانی که سرعت حل شدن از سرعت بلور شدن بیشتر باشد، غلظت یون‌ها افزایش می‌یابد.

زمانی سرعت حل شدن و سرعت تبلور یکسان خواهند شد که مقدار جامد حل نشده در محلول ثابت بماند. در این حالت اگر چه حل شدن و بلور شدن ادامه دارد، اما دیگر تغییر غلظتی روی نمی دهد. به این ترتیب سامانه به حالت تعادل رسیده است، یعنی ماده حل شده با ماده حل نشده در تعادل است، و در این صورت به آن محلول اشباع یا سیرشده^۱ می گویند.



منظور از حل پذیری یک ماده، غلظت آن ماده بر حسب مول های حل شده در یک لیتر محلول (mol/L)، یا گرم های حل شده از ماده در ۱۰۰ گرم حلال، در محلول سیرشده آن است. برای مثال حل پذیری سدیم کلرید در آب، ۳۵/۹ g / ۱۰۰ mL در دمای ۲۵°C است.

پرسش ۷



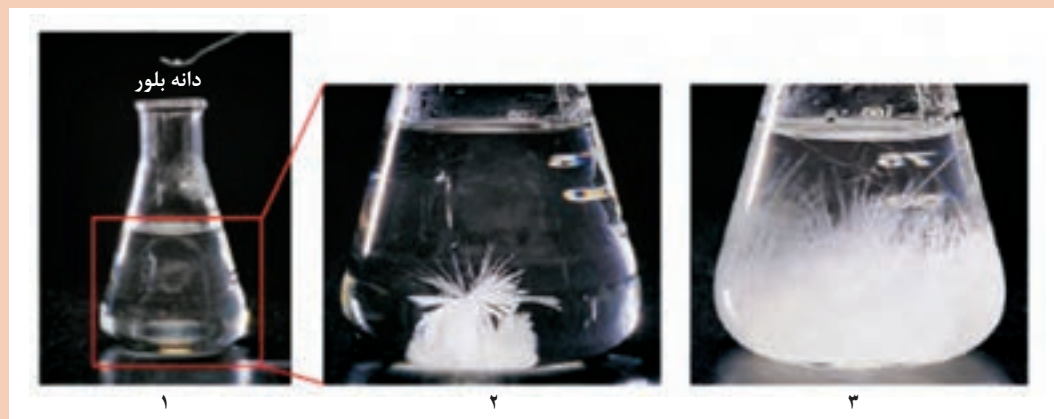
چگونه می توان یک محلول سیرشده را از محلول سیرنشده^۲ تشخیص داد؟ چگونه می توان در محلول سیرشده، ماده بیشتری حل کرد؟

محلول سیرشده شامل بیشترین مقدار ماده حل شده است که در حضور ماده حل نشده در دمای معینی در محلول وجود دارد. با صاف کردن محلول سیرشده و اضافه کردن ماده حل شونده بیشتر به آن، ماده حل شونده بیشتری حل نخواهد شد. به محلولی که غلظت حل شونده در آن کمتر از غلظت محلول سیرشده باشد، محلول غیراشباع یا سیرنشده گفته می شود.

پرسش ۸



در یک بشر حاوی آب گرم، کم کم سدیم استات اضافه کنید و مخلوط را هم بزنید تا ماده جامد به طور کامل حل شود. این کار را تا جایی ادامه دهید تا دیگر ماده جامد حل نشود. محلول را به آرامی سرد کنید سپس یک دانه بلور کوچک از سدیم استات به محلول اضافه نمایید. پس از مدتی مشاهده می کنید، سدیم استات عمل بلور شدن و خارج شدن از فاز محلول را شروع می کند و بعد از مدتی عمل بلور شدن متوقف می شود. چگونه این پدیده را توجیه می کنید؟



حل شدن نمک سدیم استات در آب و تشکیل بلور در اثر سرد شدن محلول

۱- Solution Saturated

۲- Unsaturated Solution

در مواردی می‌توان محلولی تهیه کرد که غلظت حل‌شونده در آن بیش از غلظت محلول سیرشده باشد. به چنین محلولی فوق‌اشباع یا ابرسیرشده^۱ گویند. محلول ابرسیرشده، در مقایسه با محلول سیرشده، ناپایدار است و با افزودن یک دانه بلور به آن، یا زدن ضربه کوچک به ظرف آن، حل‌شونده اضافی سریع متبلور می‌شود و از محلول خارج می‌گردد.

پرسش ۹



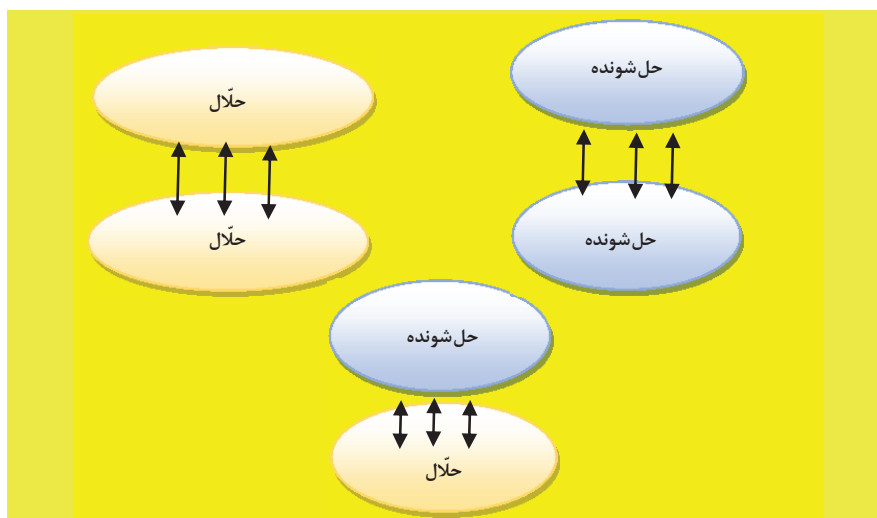
چگونه می‌توان محلول ابرسیرشده تهیه کرد؟ به چه دلیل محلول ابرسیرشده ناپایدار است؟

عوامل مؤثر در حل‌پذیری

حل‌پذیری یک جسم در یک حلال، به ماهیت حلال و جسم حل‌شونده، دما، فشار، وجود یون مشترک و pH محلول بستگی دارد.

ماهیت حلال و جسم حل‌شونده

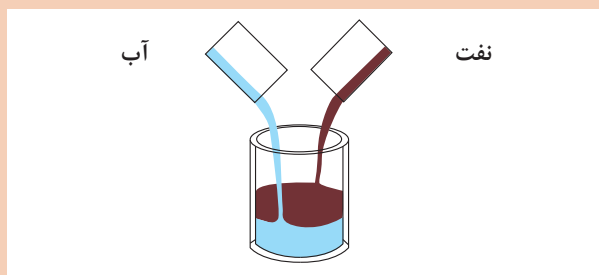
با توجه به نوع ماده حل‌شونده و حلال از نظر قطبی یا ناقطبی بودن، می‌توان چهار حالت را برای محلول‌های ساده در نظر گرفت: ۱- حلال قطبی - ماده حل‌شونده قطبی (مانند حل شدن سدیم کلرید در آب)، ۲- حلال قطبی - ماده حل‌شونده ناقطبی (مانند حل شدن جزئی ید در آب)، ۳- حلال ناقطبی - ماده حل‌شونده قطبی (حل شدن پنتانول در حلال هگزان) و ۴- حلال ناقطبی - ماده حل‌شونده ناقطبی (مانند حل شدن برم در کربن تتراکلرید). با توجه به نیروهای بین ذرات ماده حل‌شونده و حلال می‌توان گفت زمانی حل شدن انجام می‌شود که نیروهای بین ذرات آنها مشابه باشند (شکل ۸). به طور کلی می‌توان گفت ترکیب‌های قطبی در حلال‌های قطبی و ترکیب‌های ناقطبی در حلال‌های ناقطبی بهتر حل می‌شوند. به عبارت دیگر «همجنس در همجنس حل می‌شود».



شکل ۸- حل شدن با توجه به نیروهای بین مولکولی حلال و جسم حل‌شونده



به نظر شما و مطابق شکل، چرا نفت در آب حل نمی‌شود؟



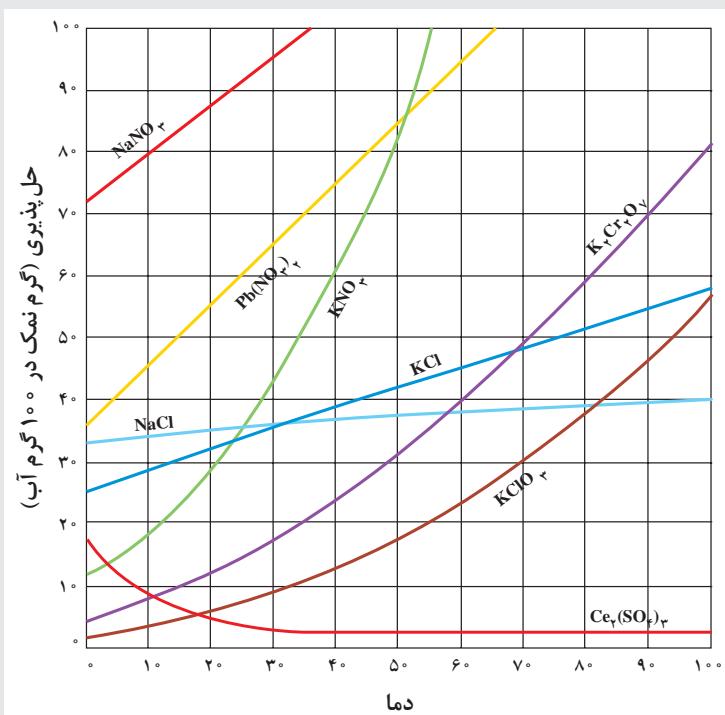
مخلوط شدن نفت و آب

تأثیر دما در حل پذیری



با توجه به شکل به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- آیا حل پذیری همه جامدات به دما بستگی دارد؟
- میزان وابستگی حل پذیری همه جامدات با دما یکسان است؟
- مقدار حل پذیری پتاسیم نیترات (KNO_3) و پتاسیم کلرید (KCl) را در دماهای 20° و 50° درجه سلسیوس مقایسه کنید.



- برای حل پذیری بیشتر نمک سریم سولفات ($Ce_2(SO_4)_3$) چه پیشنهادی دارید؟
- هر گروه دانش آموزی، حل پذیری یکی از نمک‌ها، را توضیح دهد.

نمودار حل پذیری نمک‌های مختلف در آب

غلظت تعادلی یک ماده حل‌شده با افزایش یا کاهش دما تغییر می‌کند. حل‌پذیری بسیاری از جامدات با بالا رفتن دما افزایش می‌یابد در تعدادی از جامدات با افزایش دما حل‌پذیری کاهش می‌یابد و در برخی نیز ممکن است تغییرات دما بر حل‌پذیری بی‌تأثیر باشد. حل‌پذیری در گازها، با افزایش دما کاهش می‌یابد.

پرسش ۱۱



با توجه به جدول ۱ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

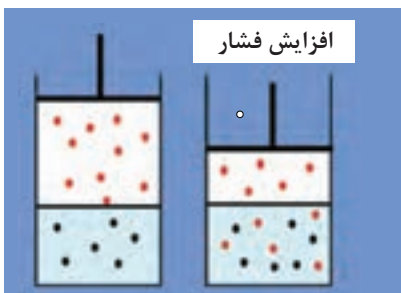
جدول ۱- حل‌پذیری گازها در آب در فشار یک اتمسفر و در دماهای مختلف

حل‌پذیری (مول / لیتر)			
دما			گاز
۵۰°C	۲۵°C	۰°C	
۰/۰۰۰۴۹	۰/۰۰۰۶۴	۰/۰۰۱۰۵	N _۲
۰/۰۰۰۹۳	۰/۰۰۱۲۶	۰/۰۰۲۱۸	O _۲
۰/۰۰۱۰۱	۰/۰۰۱۳۹	۰/۰۰۲۳۶	Ar
۰/۰۱۹۵	۰/۰۳۳۸	۰/۰۷۶۵	CO _۲
۰/۰۵۳۶	۰/۰۸۸۸	۰/۲۰۶	Cl _۲

- افزایش دما چه تأثیری بر حل‌پذیری گازها دارد؟
- آیا تأثیر دما بر حل‌پذیری گازها در همه نمونه‌ها مشابه است؟
- چرا حل‌پذیری پنج گاز مندرج در جدول، از نیتروژن به کلر، در هر دمای معین، افزایش می‌یابد؟ چه نظامی در این جدول وجود دارد؟ توضیح دهید.

نیروهای بین مولکولی در گازها ضعیف‌اند. نیروهای بین مولکولی بین گازها و آب نیز ضعیف‌اند. با افزایش دما، متوسط انرژی جنبشی ذرات در محلول افزایش می‌یابد، در نتیجه ذرات گاز به آسانی بر نیروهای ضعیف بین مولکولی‌های گاز و آب غلبه می‌کنند و از مایع خارج شده، دوباره وارد فاز گاز می‌شوند. بنابراین حل‌پذیری گازها در آب در دمای بالا کمتر خواهد بود.

اثر فشار بر حل‌پذیری

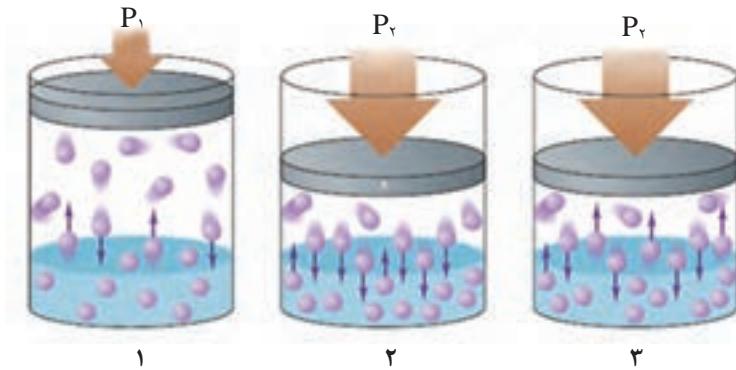


شکل ۹- اثر افزایش فشار بر حل‌پذیری گازها

از آنجا که مایعات و جامدات تراکم‌ناپذیرند، تغییر فشار بر حل‌پذیری آنها اثر ناچیزی دارد. برای مثال حل‌پذیری سدیم کلرید در آب با ازدیاد فشار از ۱ اتمسفر به ۱۰۰۰ اتمسفر، فقط با ضریب ۱/۰۲۵ زیاد می‌شود. ولی تغییر فشار بر حل‌پذیری گازها بسیار مؤثر است و با افزایش فشار، حل‌پذیری گازها در مایعات افزایش می‌یابد (قانون هنری^۱) (شکل ۹).

۱- قانون هنری: مقدار گازی که در یک دمای ثابت در مقدار معینی از یک مایع حل می‌شود با فشار جزئی آن گاز در بالای محلول نسبت مستقیم دارد.

برای مثال، سامانه پیستون - سیلندر را در نظر بگیرید (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- سامانه پیستون - سیلندر و اثر فشار بر حل پذیری گازها در آب

در حالت ۱، که محلول گاز در مایع را نشان می‌دهد، گاز در بالای محلول آبی سیر شده قرار دارد. در فشار معین تعداد مولکول‌های گازی که در واحد زمان وارد محلول می‌شود، با تعداد مولکول‌هایی که از آن خارج می‌شود، یکسان است، یعنی سامانه در حال تعادل است.

با حرکت پیستون به سمت پایین، حجم گاز کاسته می‌شود و فشار آن افزایش می‌یابد و برخورد مولکول‌های گاز با سطح مایع بیشتر می‌شود (حالت ۲). افزایش فشار گاز، تعادل را برهم می‌زند، و سامانه با حل شدن بیشتر گاز این اختلال را کم می‌کند. بنابراین تعداد مولکول‌های گاز که در واحد زمان وارد محلول می‌شوند بیشتر از تعدادی خواهد بود که محلول را ترک می‌کنند، تا دوباره تعادل جدیدی برقرار گردد (حالت ۳). در تعادل جدید گاز بیشتری در محلول وجود دارد.

پرسش ۱۲



یک بطری نوشابه گازدار را مطابق شکل در نظر بگیرید، چرا زمانی که در آن را باز می‌کنید، نوشابه به سرعت از آن خارج می‌شود؟



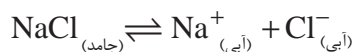
خارج شدن سریع نوشابه به همراه گاز بلافاصله پس از باز شدن در ظرف



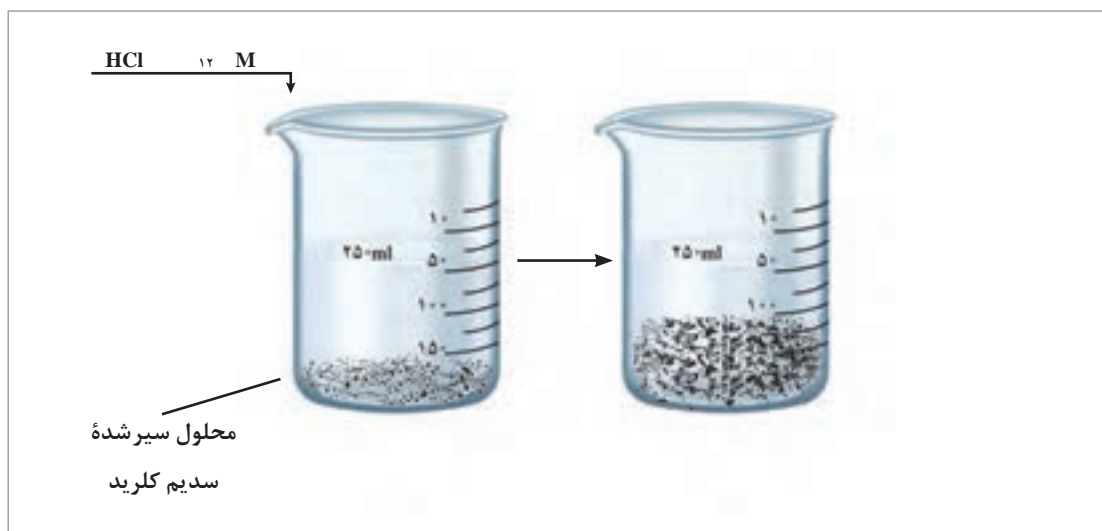
خون غواصانی که در اعماق دریا فعالیت می‌کنند در اثر فشار نسبتاً بالای آب، توسط هوا اشباع می‌شود. اگر این فشار، در اثر بازگشت سریع به سطح آب به سرعت کم شود، هوا از محلول خارج می‌شود و به صورت حباب‌هایی در دستگاه گردش خون به حرکت در می‌آید. این حالت موجب تکانه‌های عصبی و همچنین پیدایش اختلال در گردش خون می‌شود و ممکن است مرگ‌آور باشد. راه جلوگیری از این مشکل، استفاده از جو مصنوعی هلیوم و اکسیژن به جای هوا (اکسیژن و نیتروژن) است. حل شدن هلیوم در خون و در سیال‌های بدن بسیار کمتر از نیتروژن است.

اثر یون مشترک بر حل‌پذیری

در محلول سیر شده‌ای از NaCl در 25°C تعادل بین سدیم کلرید جامد و یون‌های سدیم و کلرید به صورت زیر برقرار است.



اگر به این محلول سیر شده، چند قطره محلول HCl غلیظ (۱۲ مولار) اضافه شود، غلظت یون Cl^{-} افزایش می‌یابد، و باعث برهم خوردن تعادل بالا می‌شود. بنابر اصل لوشاتلیه، با زیاد شدن غلظت یون‌های Cl^{-} ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. یعنی عده‌ای از یون‌های Cl^{-} اضافه شده با یون‌های Na^{+} در محلول، به صورت NaCl جامد رسوب می‌کند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- اثر یون مشترک بر حل‌پذیری با افزودن محلول غلیظ HCl بر محلول سیر شده سدیم کلرید

آزمایش بالا، اثر یون مشترک بر حل‌پذیری را نشان می‌دهد. «یون مشترک» یونی است که در محلول سیر شده وجود دارد و با وارد شدن ماده جدیدی در محلول، غلظت آن افزایش می‌یابد و تعادل جابه‌جا شود.



الف) حل پذیری NaCl در محلول NaOH یا HCl، نسبت به حل پذیری آن در آب خالص، کمتر است. چرا؟

ب) اگر به محلولی از استیک اسید (CH_3COOH)، سدیم استات (CH_3COONa) اضافه کنید، چه اتفاقی روی می دهد؟

پ) اگر محلولی از HF داشته باشیم، با افزودن NaF به محلول، چه تغییراتی به وجود خواهد آمد؟

ت) حل پذیری Ca(OH)_2 را در هر یک از حالت های داده شده بررسی و چرایی آنها را بیان کنید.

□ حل پذیری Ca(OH)_2 در محلول KOH بیشتر است یا در آب خالص؟

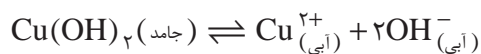
□ حل پذیری Ca(OH)_2 در محلول CaCl_2 بیشتر است یا در آب خالص؟

اثر pH بر حل پذیری

اثر pH بر حل پذیری با توجه به نوع فرایند می تواند، متفاوت باشد. برای بررسی تأثیر pH بر حل پذیری به مثال زیر توجه کنید.

مثال ۱:

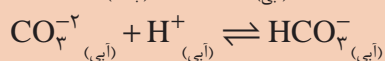
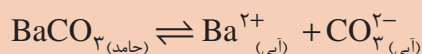
Cu(OH)_2 ترکیبی است که به مقدار بسیار کم در آب حل می شود. حل پذیری آن در آب حدود 10^{-7} mol/L است.



pH محلول می تواند حل پذیری Cu(OH)_2 را تحت تأثیر قرار دهد. در pH پایین تر از ۷ به دلیل اینکه غلظت یون های H^+ (آبی) زیاد است، این یون می تواند با یون های OH^- حاصل از تفکیک جزئی Cu(OH)_2 ترکیب شود و مطابق اصل لوشاتلیه تعادل را به سمت راست جابه جا کند. در نتیجه حل پذیری Cu(OH)_2 افزایش می یابد. اما در pH بالاتر از ۷ به دلیل اثر یون مشترک OH^- ، انتظار می رود که حل پذیری آن در آب کاهش یابد.

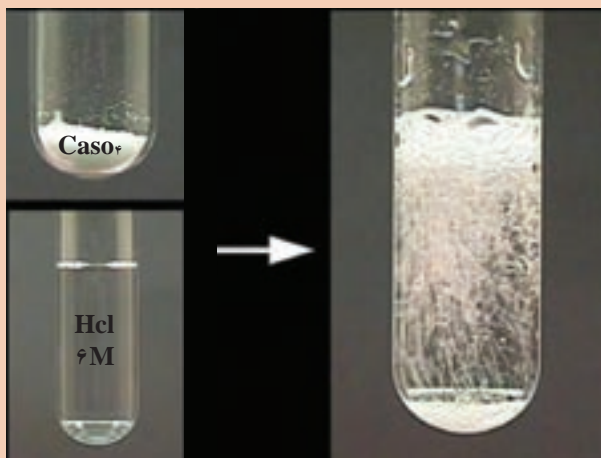


با توجه به واکنش های داده شده، بررسی کنید کاهش pH محلول چه تأثیری در حل پذیری باریم کربنات BaCO_3 دارد؟





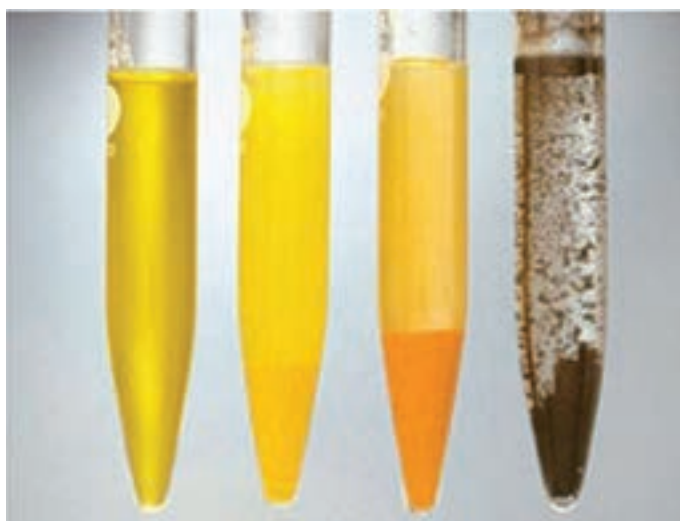
با توجه به شکل داده شده، اثر کاهش pH محلول را بر حل پذیری نمک کلسیم کربنات بررسی کنید.



اثر افزایش محلول هیدروکلریک اسید بر حل پذیری کلسیم کربنات

ثابت حاصل ضرب حل پذیری^۱

تمام نمک‌ها به طور کامل در آب محلول نیستند. بسیاری از آنها به مقدار ناچیز در آب حل می‌شوند و پس از آن شرایط تعادل شیمیایی بر سامانه‌ها حاکم می‌شود. برای نمونه، چهار نمک سولفیدی، حل پذیری‌های متفاوتی دارند (شکل ۱۲).



(NH₄)₂S CdS Sb₂S₃ pbs

شکل ۱۲- مقایسهٔ حل پذیری نمک‌های سولفیدی

۱- Solubility Product Constants, K_{sp}

جدول ۲- ثابت حاصل ضرب حل پذیری جامدات یونی در دمای ۲۵°C

جامد یونی	Ksp (۲۵°C)	جامد یونی	Ksp (۲۵°C)	جامد یونی	Ksp (۲۵°C)
فلوئوریدها		Hg ₂ CrO ₄ *	۲ × ۱۰ ^{-۹}	Ni(OH) ₂	۱/۶ × ۱۰ ^{-۱۶}
BaF ₂	۲/۴ × ۱۰ ^{-۵}	BaCrO ₄	۸/۵ × ۱۰ ^{-۱۱}	Zn(OH) ₂	۴/۵ × ۱۰ ^{-۱۷}
MgF ₂	۶/۴ × ۱۰ ^{-۹}	Ag ₂ CrO ₄	۹/۰ × ۱۰ ^{-۱۲}	Cu(OH) ₂	۱/۶ × ۱۰ ^{-۱۹}
PbF ₂	۴ × ۱۰ ^{-۸}	PbCrO ₄	۲ × ۱۰ ^{-۱۶}	Hg(OH) ₂	۳ × ۱۰ ^{-۲۶}
SrF ₂	۷/۹ × ۱۰ ^{-۱۰}			Sn(OH) ₂	۳ × ۱۰ ^{-۲۷}
CaF ₂	۴/۰ × ۱۰ ^{-۱۱}	کربنات‌ها		CR(OH) ₃	۶/۷ × ۱۰ ^{-۳۲}
		NiCO ₃	۱/۴ × ۱۰ ^{-۷}	Al(OH) ₃	۲ × ۱۰ ^{-۳۲}
کلریدها		CaCO ₃	۸/۷ × ۱۰ ^{-۹}	Fe(OH) ₃	۴ × ۱۰ ^{-۳۸}
PbCl ₂	۱/۶ × ۱۰ ^{-۵}	BaCO ₃	۱/۶ × ۱۰ ^{-۹}	Co(OH) ₃	۲/۵ × ۱۰ ^{-۴۳}
AgCl	۱/۶ × ۱۰ ^{-۱۰}	SrCO ₃	۷ × ۱۰ ^{-۱۰}		
Hg ₂ Cl ₂ *	۱/۱ × ۱۰ ^{-۱۸}	CuCO ₃	۲/۵ × ۱۰ ^{-۱۰}	سولفیدها	
		ZnCO ₃	۲ × ۱۰ ^{-۱۰}	MnS	۲/۳ × ۱۰ ^{-۱۳}
برمیدها		MnCO ₃	۸/۸ × ۱۰ ^{-۱۱}	FeS	۳/۷ × ۱۰ ^{-۱۹}
PbBr ₂	۴/۶ × ۱۰ ^{-۶}	FeCO ₃	۲/۱ × ۱۰ ^{-۱۱}	NiS	۳ × ۱۰ ^{-۲۱}
AgBr	۵/۰ × ۱۰ ^{-۱۳}	Ag ₂ CO ₃	۸.۱ × ۱۰ ^{-۱۲}	CoS	۵ × ۱۰ ^{-۲۲}
Hg ₂ Br ₂ *	۱/۳ × ۱۰ ^{-۲۲}	CdCO ₃	۵/۲ × ۱۰ ^{-۱۲}	ZnS	۲/۵ × ۱۰ ^{-۲۲}
		PbCO ₃	۱/۵ × ۱۰ ^{-۱۵}	SnS	۱ × ۱۰ ^{-۲۶}
یدیدها		MgCO ₃	۱ × ۱۰ ^{-۵}	CdS	۱/۰ × ۱۰ ^{-۲۸}
PbI ₂	۱/۴ × ۱۰ ^{-۸}	Hg ₂ CO ₃ *	۹/۰ × ۱۰ ^{-۱۵}	pds	۷ × ۱۰ ^{-۲۹}
AgI	۱/۵ × ۱۰ ^{-۱۶}			CuS	۸/۵ × ۱۰ ^{-۴۵}
Hg ₂ I ₂	۴/۵ × ۱۰ ^{-۲۹}	هیدروکسیدها		Ag ₂ S	۱/۶ × ۱۰ ^{-۴۹}
		Ba(OH) ₂	۵/۰ × ۱۰ ^{-۳}	HgS	۱/۶ × ۱۰ ^{-۵۴}
سولفات‌ها		Sr(OH) ₂	۳/۲ × ۱۰ ^{-۴}		
CaSO ₄	۶/۱ × ۱۰ ^{-۵}	Ca(OH) ₂	۱/۳ × ۱۰ ^{-۶}	فسفات‌ها	
Ag ₂ SO ₄	۱/۲ × ۱۰ ^{-۵}	AgOH	۲/۰ × ۱۰ ^{-۸}	Ag ₃ PO ₄	۱/۸ × ۱۰ ^{-۱۸}
SrSO ₄	۳/۲ × ۱۰ ^{-۷}	Mg(OH) ₂	۸/۹ × ۱۰ ^{-۱۲}	Sr ₃ (PO ₄) ₂	۱ × ۱۰ ^{-۳۲}
PbSO ₄	۱/۳ × ۱۰ ^{-۸}	Mn(OH) ₂	۲ × ۱۰ ^{-۱۳}	Ca ₃ (PO ₄) ₂	۱/۳ × ۱۰ ^{-۳۲}
BaSO ₄	۱/۵ × ۱۰ ^{-۹}	Cd(OH) ₂	۵/۹ × ۱۰ ^{-۱۵}	Ba ₃ (PO ₄) ₂	۶ × ۱۰ ^{-۳۹}
		Pb(OH) ₂	۱/۲ × ۱۰ ^{-۱۵}	Pb ₃ (PO ₄) ₂	۱ × ۱۰ ^{-۵۴}
کرومات‌ها		Fe(OH) ₂	۱/۸ × ۱۰ ^{-۱۵}		
SrCrO ₄	۳/۶ × ۱۰ ^{-۵}	Co(OH) ₂	۲/۵ × ۱۰ ^{-۱۶}		



در ۱۰۰ میلی لیتر آب 20°C مقدار ۴۰ گرم از هر یک از مواد جوش شیرین، شکر، نمک طعام و گچ بیفزایید و آنها را به هم بزنید. در همهٔ بشرها وضعیت یکسانی مشاهده نمی‌شود. نتایج بررسی در جدول زیر داده شده‌است:

مادهٔ حل شونده	جوش شیرین	شکر	نمک طعام	گچ
وضعیت محلول	کمی نامحلول	کاملاً محلول	محلول	کاملاً نامحلول

به چه دلیل همهٔ مواد، در آب حل نشده‌اند؟ در مورد علت آن بحث کنید و نتیجه را در کلاس گزارش دهید.

شیمی دانان فقط به گفتن اینکه حل‌پذیری ماده‌ای کم است، قانع نیستند، بلکه می‌خواهند بدانند چقدر آن ماده حل می‌شود. از این جهت، می‌توان به طریق کمی حل‌پذیری آن را بررسی کرد. چنان‌که می‌دانید میان غلظت‌ها در حالت تعادل ارتباط کمی وجود دارد. برای مثال محلول سیر شدهٔ نقره کلرید را در نظر بگیرید:



اگر غلظت گونه‌ها (مول بر لیتر) را با علامت [] نشان دهیم، در معادلهٔ ثابت حاصل ضرب حل‌پذیری از آن جایی که غلظت مواد جامد و مایع خالص در دمای مشخص ثابت است، خواهیم داشت:

$$K = \frac{[\text{Ag}^{+}][\text{Cl}^{-}]}{\text{ثابت}} \quad K \times \text{ثابت} = [\text{Ag}^{+}][\text{Cl}^{-}]$$

حاصل ضرب (ثابت $\times K$) نیز مقدار ثابتی است که آن را با K_{sp} نشان می‌دهند و آن را ثابت حاصل ضرب حل‌پذیری می‌نامند. بنابراین خواهیم داشت:

$$K_{sp} = [\text{Ag}^{+}][\text{Cl}^{-}]$$

مقدار K_{sp} برای نقره کلرید AgCl مانند سایر ترکیب‌های یونی عدد بسیار کوچکی است. به عبارت دیگر نقره کلرید ترکیب یونی بسیار کم محلول است.

$$K_{sp} = [\text{Ag}^{+}][\text{Cl}^{-}] = 1,7 \times 10^{-10}$$

مثال ۲: حل شدن کلسیم فلورید، CaF_2 را در نظر بگیرید:



$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^{-}]^2 = 3,9 \times 10^{-11} \quad \text{در حالت تعادل:}$$

کوچک بودن K_{sp} نشانهٔ آن است که غلظت یون‌های در حال تعادل و در نتیجه حل‌پذیری کلسیم فلئورید کم است.

پرسش ۱۶



عبارت K_{sp} را برای ترکیب‌های زیر بنویسید.
 الف) نقره سولفید Ag_2S (ب) سرب (II) سولفات $PbSO_4$ (پ) قلع (IV) هیدروکسید $Sn(OH)_4$

پرسش ۱۷



در جدول زیر مقدار ثابت حل پذیری برخی از مواد داده شده است.

نام ترکیب	فرمول شیمیایی	K_{sp}
نقره برمید	$AgBr$	$5/0 \times 10^{-15}$
نقره سولفید	Ag_2S	$6/3 \times 10^{-50}$
باریم هیدروکسید	$Ba(OH)_2$	$5/0 \times 10^{-2}$

در مورد حل پذیری این مواد بحث کرده و آنها را به ترتیب کاهش حل پذیری مرتب کنید.

..... > >

نکته



هرقدر مقدار ثابت حل پذیری ماده‌ای بزرگ‌تر باشد، نمک مربوطه در آب محلول‌تر است.

کاربرد ثابت حاصل ضرب حل پذیری (K_{sp})

الف) تعیین غلظت یک یون با معلوم بودن غلظت یون دیگر: از معادله K_{sp} می‌توان برای محاسبه غلظت یکی از این یون‌ها با دانستن غلظت یون دیگر، استفاده کرد.

مثال ۳: یک محلول نقره نیترات $0/1$ مولار در اختیار دارید که در دمای $25^\circ C$ نسبت به $AgCl$ ، سیر شده است. در این محلول غلظت یون Cl^- چه مقدار است؟

حل: از معادله ثابت حل پذیری داریم:

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = 1/7 \times 10^{-10}$$

$$[Cl^-] = \frac{1/7 \times 10^{-10}}{[Ag^+]}$$

با توجه به اینکه غلظت محلول $0/1$ مولار است، داریم: $[Ag^+] = 0/1 M$ و از آنجا خواهیم داشت:

$$[Cl^-] = \frac{1/7 \times 10^{-10}}{10^{-1}} = 1/7 \times 10^{-9} M$$



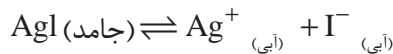
غلظت یون‌های کلرید Cl^- ، موجود در آب دریا 0.53 مول در لیتر است. با فرض اینکه آب دریا در $25^\circ C$ نسبت به $AgCl$ سیرشده باشد، آیا از نظر اقتصادی ارزش دارد که نقره را از آب دریا استخراج کنید؟

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = 1.7 \times 10^{-10}$$

ب) تعیین قابلیت حل پذیری (S)

مثال ۴: در یک لیتر آب چقدر نقره پدید (AgI)، حل می‌شود، در صورتی که ثابت حاصل ضرب حل پذیری آن برابر $K_{sp} = 1 \times 10^{-16}$ باشد؟

پاسخ: نخست معادله حل شدن، سپس ثابت حاصل ضرب حل پذیری برای آن در آب نوشته می‌شود:



$$K_{sp} = [Ag^+][I^-] = 1 \times 10^{-16}$$

فرض کنید قابلیت حل پذیری نقره پدید در آب برابر با S مول در لیتر باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

عده مول‌های AgI حل شده $[Ag^+] = [I^-] = S \text{ mol/L}$

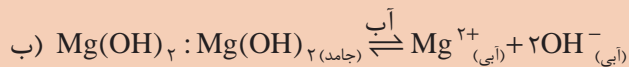
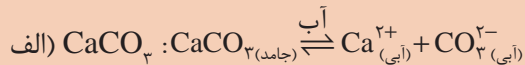
$$K_{sp} = 1 \times 10^{-16} = (S) \times (S) = S^2$$

و یا

$$S^2 = 1 \times 10^{-16} \rightarrow S = \sqrt{1 \times 10^{-16}} = 1 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$



برای هر یک از ترکیب‌های داده شده مقدار حل پذیری (S) را محاسبه نمایید.



الف) در مورد هر یک از ترکیب‌های نقره کرومات $AgCrO_4$ و آلومینیوم هیدروکسید $Al(OH)_3$:

■ عبارت K_{sp} را برای ترکیب‌های داده شده بنویسید.

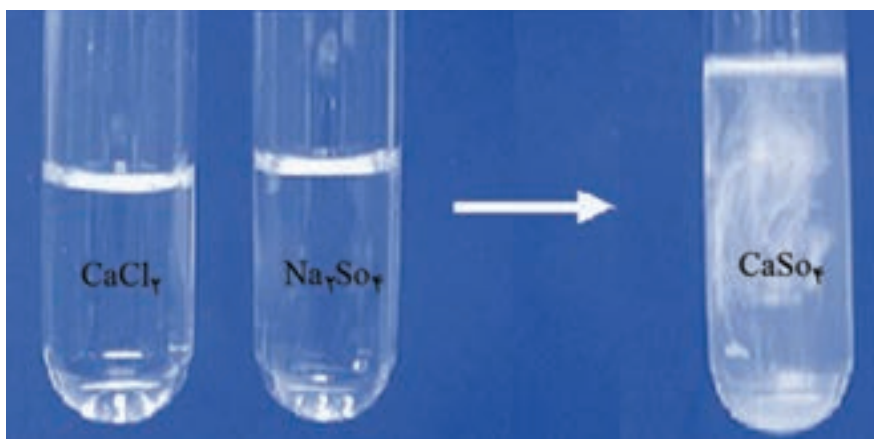
■ حل پذیری (S) را بر حسب K_{sp} به دست آورید.

ب) حل پذیری کلسیم کربنات 7×10^{-5} و حل پذیری نقره کلرید برابر $1/3 \times 10^{-5}$ مول بر لیتر است. با مقایسه حل پذیری، بررسی کنید کدام یک از نمک‌های فوق کم‌محلول تر است؟

پ) پیش‌بینی تشکیل رسوب از روی ثابت حاصل ضرب حل‌پذیری:

وقتی دو محلول با هم مخلوط شوند، ممکن است رسوبی تولید شود. فرض کنید دو محلول کلسیم کلرید، $(CaCl_2)$ ، و سدیم سولفات، (Na_2SO_4) ، با هم مخلوط شوند. در این مخلوط هم یون‌های کلسیم (Ca^{2+}) ، وجود دارد و هم یون‌های سولفات (SO_4^{2-}) . بنابراین، ممکن است کلسیم سولفات جامد رسوب کند (شکل ۱۳) با در نظر گرفتن حاصل ضرب حل‌پذیری می‌توان پیش‌بینی کرد که چنین رسوبی تشکیل خواهد شد یا نه؟ حاصل ضرب حل‌پذیری برای کلسیم سولفات برابر با $10^{-4} \times 2/4$ است.

بررسی مثال‌های زیر نشان می‌دهد که چگونه می‌توان پیش‌بینی کرد که آیا رسوب ایجاد می‌شود یا نه.

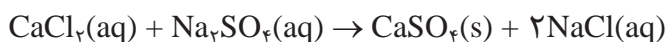


شکل ۱۳- تشکیل رسوب کلسیم سولفات در اثر واکنش کلسیم کلرید و سدیم سولفات

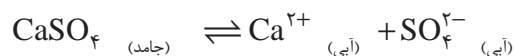
مثال ۵: ۱- دو حجم مساوی از محلول 0.02 M از کلسیم کلرید و محلول 0.0004 M سدیم سولفات با هم مخلوط شده‌اند.

۲- دو حجم مساوی از محلول 0.08 M کلسیم کلرید و محلول 0.02 M سدیم سولفات با هم مخلوط شده‌اند. در کدام مورد، رسوب تشکیل می‌شود؟

پاسخ: محلول کلسیم کلرید و سدیم سولفات مطابق واکنش زیر نمک کم محلول $CaSO_4$ را تولید می‌کند:



واکنش تعادلی حل‌پذیری کلسیم سولفات و رابطه K_{sp} مربوط به آن نوشته می‌شود:



$$K_{sp} = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}]$$

سپس غلظت هر یون از تقسیم غلظت اولیه بر حجم کل محلول محاسبه می‌شود:

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{0.02\text{M}}{2} = 0.01\text{M} = 1 \times 10^{-2}\text{M}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{0.0004\text{M}}{2} = 0.0002\text{M} = 2 \times 10^{-4}\text{M}$$

حاصل ضرب غلظت یون‌ها محاسبه می‌شود:

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (1 \times 10^{-2})(2 \times 10^{-4}) = 2 \times 10^{-6}$$

به دلیل آنکه حاصل ضرب به دست آمده یعنی 2×10^{-6} ، از مقدار $K_{sp\text{CaSO}_4} = 2.4 \times 10^{-4}$ کوچک‌تر است، بنابراین می‌توان گفت در حالت (۱) رسوب تشکیل نخواهد شد.

در حالت (۲) نیز مانند حالت (۱) غلظت یون‌ها را به دست می‌آوریم و سپس حاصل ضرب غلظت یون‌ها محاسبه می‌شود:

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (4 \times 10^{-2})(1 \times 10^{-2}) = 4 \times 10^{-4}$$

حاصل ضرب غلظت یون‌ها (4×10^{-4})، از $K_{sp} = 2.4 \times 10^{-4}$ بزرگ‌تر است. بنابراین در این حالت رسوب تولید می‌شود. رسوب کردن کلسیم سولفات، (CaSO_4)، آن قدر ادامه می‌یابد تا اینکه غلظت‌های $[\text{Ca}^{2+}]$ و $[\text{SO}_4^{2-}]$ کم شود و به حدی برسد که حاصل ضرب غلظت آنها مساوی K_{sp} گردد. در این صورت تعادل به وجود می‌آید.

پرسش ۲۱



K_{sp} برای کلسیم کربنات در دمای 25°C برابر 5×10^{-9} است.

الف) اگر به محلولی که دارای یون‌های Ca^{2+} با غلظت $1 \times 10^{-4}\text{M}$ است یون‌های CO_3^{2-} را طوری اضافه کنید که غلظت یون‌ها در آن برابر 1×10^{-5} شود آیا رسوبی تشکیل می‌شود؟
ب) به همین محلول، اگر محلول سدیم کربنات $1 \times 10^{-4}\text{M}$ اضافه کنید در این حالت چطور؟ آیا رسوبی تشکیل می‌شود؟

نکته

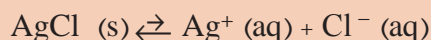


معمولاً موادی که حل‌پذیری آنها از 0.01 مول برلیتر کمتر باشد، نامحلول می‌نامند، حل‌پذیری مواد محلول از 0.1 مول برلیتر بیشتر است. حل‌پذیری مواد کم‌محلول بین این دو حد است.

مواد نامحلول	→	0.001 مول برلیتر < حل‌پذیری مواد
مواد محلول	→	0.1 مول برلیتر > حل‌پذیری مواد
مواد کم‌محلول	→	0.001 مول برلیتر > حل‌پذیری مواد > 0.1 مول برلیتر



۱) تعادل در محلول آبی زیر را در نظر بگیرید:



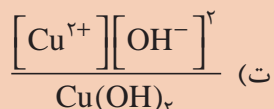
حل کردن مقدار کمی KCl جامد در محلول، چه اثری بر غلظت تعادلی یون Ag^+ دارد؟

بر غلظت یون Cl^- چگونه؟ بر مقدار رسوب AgCl چه اثری دارد؟

۲) غلظت های Ba^{2+} و SO_4^{2-} در یک محلول در حال تعادل با BaSO_4 در 25°C سلسیوس به ترتیب برابر

با $M \times 10^{-4}$ و $M \times 10^{-6}$ است. K_{sp} را برای BaSO_4 محاسبه کنید.

۳) کدام گزینه عبارت K_{sp} را برای $\text{Cu}(\text{OH})_2(s)$ بیان می کند؟



۴) اگر ثابت حاصل ضرب حل پذیری کلسیم سولفات $K_{sp} = 2.4 \times 10^{-4}$ باشد، حل پذیری آن را تعیین

کنید. و توضیح دهید که این ماده جزو کدام یک از مواد (محلول، نامحلول و کم محلول) است؟

۵) محلول سیر شده ای از CaSO_4 در اختیار دارید. دو واکنشگر نام ببرید که تحت تأثیر یون مشترک،

مقداری از محلول CaSO_4 را رسوب دهند.

۶) هرگاه در محلولی غلظت Ca^{2+} برابر $M \times 10^{-3}$ و غلظت SO_4^{2-} برابر $M \times 10^{-2}$ باشد، آیا رسوب

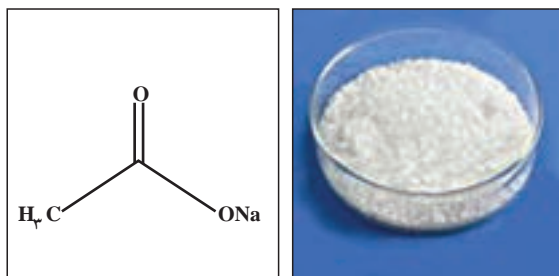
کلسیم سولفات تشکیل خواهد شد؟

آبکافت (هیدرولیز)



دو لوله آزمایش انتخاب کنید، در یکی محلول نمک سدیم استات (CH_3COONa) و در دیگری محلول آلومینیم کلرید AlCl_3 بریزید. سپس با اضافه کردن چند قطره شناساگر تورنسل به لوله ها، مشاهده می کنید که در لوله اول رنگ آبی و در لوله دوم رنگ قرمز ظاهر می شود. در صورتی که در فرمول هیچ یک از دو ماده، عامل اسیدی H^+ و عامل بازی OH^- وجود ندارد و هر دو ماده، نمک هستند. چگونه تغییر رنگ ایجاد شده را می توان توجیه کرد؟ در مورد پاسخ های ممکن بحث کنید.

آبکافت یک فرایند تجزیه شیمیایی است که در آن از آب برای گسستن پیوندهای شیمیایی یک ماده استفاده می‌شود. حل شدن سدیم‌استات در آب به صورت زیر در نظر بگیرید:



شکل ۱۴- نمک سدیم‌استات (تصویر راست)، ساختار مولکولی سدیم‌استات (تصویر چپ)

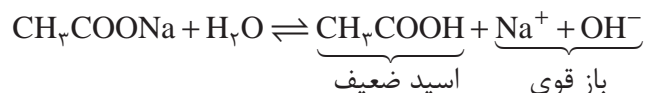
عمل متقابل یون‌های حاصل از واکنش‌های ۱ و ۲ به شرح زیر است:

الف) برخورد میان یون‌های Na^+ و OH^- : واکنش بین این دو یون پیشرفت نمی‌کند، زیرا NaOH یک باز قوی است و به طور کامل به یون‌های Na^+ و OH^- تبدیل می‌شود. (واکنش شماره ۴)

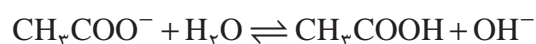
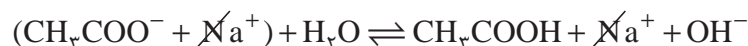
ب) برخورد میان یون‌های H^+ (آبی) و CH_3COO^- (آبی): از برخورد این یون‌ها مطابق واکنش ۳ مولکول‌های CH_3COOH حاصل می‌شود که اسید ضعیفی است و به مقدار کم تفکیک می‌شود.

نظر به اینکه یون H^+ (آبی) در واکنش ۳ مصرف می‌شود، واکنش تعادلی ۲ نیز به سمت راست پیشرفت می‌کند و در نتیجه تعداد بیشتری از مولکول‌های آب تفکیک می‌شوند و غلظت یون OH^- افزایش می‌یابد در این صورت محلول، خاصیت بازی پیدا می‌کند.

از جمع واکنش‌های فوق، واکنش کلی زیر حاصل می‌شود.



واکنش کلی به صورت یونی، چنین خواهد بود:



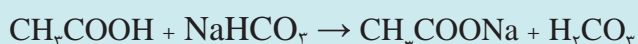
محلول سدیم‌استات در حضور شناساگر فنول‌فتالین چه رنگی ایجاد می‌کند؟





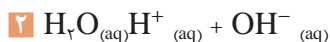
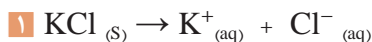
نمک سدیم استات بی‌رنگ است و موارد استفاده وسیعی دارد. از جمله می‌توان به استفاده از آن در صنعت نساجی برای خنثی‌سازی ضایعات سولفوریک‌اسید اشاره کرد. در تولید لاستیک مصنوعی نیز، برای جلوگیری از گرمای زیاد، از سدیم استات استفاده می‌شود. در تولید لباس‌های پنبه‌ای (کتان) برای جلوگیری از تجمع الکتریسیته ساکن، سدیم استات به کار می‌رود. این نمک در عکاسی و رنگ نیز کاربرد دارد.

همچنین این نمک به دلیل کارایی بهتر و ارزان‌تر بودن برای جلوگیری از صدمه خوردن در برابر آب، در پوشش و درزگیری بتن استفاده می‌شود. سدیم استات در خوراکی‌ها برای طعم‌دهی به کار می‌رود. مشهورترین استفاده آن در مزه چیپس سرکه نمکی است. این نمک از واکنش سدیم بی‌کربنات در سرکه به صورت محلول سدیم استات در آب به دست می‌آید. به بیان دیگر، جوش شیرین با سرکه واکنش می‌دهد و به محلول سدیم استات در آب تبدیل می‌شود که با آزادسازی کربنیک‌اسید، به صورت گاز کربن دی‌اکسید و آب همراه می‌شود:

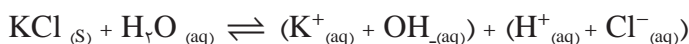


کربنیک‌اسید + سدیم استات \rightarrow سدیم بی‌کربنات + استیک‌اسید

مثال ۶: آبکافت پتاسیم کلرید در آب به صورت زیر است:



پتاسیم کلرید، که یک ترکیب یونی است، در آب به طور کامل تفکیک می‌شود و یون‌های مثبت و منفی تولید می‌کند. از یون‌های حاصل از واکنش‌های ۱ و ۲، واکنش‌های ۳ و ۴ می‌تواند انجام شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در واکنش ۳ پتاسیم‌هیدروکسید تشکیل می‌شود که یک ترکیب محلول در آب است و واکنش تعادلی آن بیشتر به سمت چپ پیش می‌رود. همچنین در واکنش ۴ هیدروکلریک‌اسید تولید، و به خوبی تفکیک می‌شود و به حالت یونی در محلول تبدیل می‌گردد. از جمع واکنش‌های انجام شده می‌توان واکنش کلی زیر را نوشت:



در نتیجه می‌توان گفت محلول حاصل، یک محلول خنثی است.

چگونه می‌توان با استفاده از آبکافت نمک‌های NaCl و NH₄Cl، گستره pH محلول آنها را تعیین کرد؟



نمک از یون‌های مثبت یک باز و یون‌های منفی یک اسید تشکیل شده‌است. هنگامی که یک نمک در آب حل می‌شود، یون‌هایی آزاد می‌کند که تعداد بار مثبت و منفی آنها مساوی است. نمک‌ها در آب با واکنش خود، محلول‌های خنثی، اسیدی یا بازی پدید می‌آورند. ترکیب شدن یک نمک با آب و تولید اسید و باز را **آبکافت** یا **هیدرولیز** گویند.

بررسی کنید محلول حاصل از آبکافت نمک‌های KNO_3 و K_2SO_4 اسیدی است، یا بازی یا خنثی؟

پرسش ۲۴



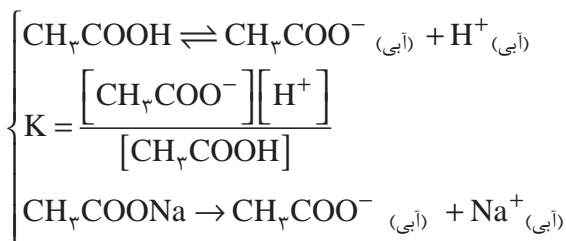
محلول‌های تامپون (بافر)

اگر مقدار کمی آب لیمو یا سرکه، که اسیدهای خوراکی‌اند، میل کنید، چه احساسی خواهید داشت؟ اگر به‌طور اشتباهی یک لیوان از لیمو یا سرکه میل کنید، حال شما چگونه خواهد بود؟ چرا؟

بحث‌گروهی ۸



هرگاه به محلولی از یک اسید ضعیف مانند استیک‌اسید، محلول نمکی از این اسید مانند سدیم‌استات اضافه نمائید، پدیدهٔ اثر یون مشترک را خواهید داشت:



یک الکترولیت قوی مانند سدیم‌استات به‌طور کامل تفکیک می‌شود و یون استات، CH_3COO^- ، به مقدار زیاد وارد محلول استیک‌اسید می‌گردد. طبق اصل لوشاتلیه مقداری از یون‌های استات، با یون‌های H^+ ترکیب می‌شوند و مولکول‌های استیک‌اسید را تولید می‌کنند، در نتیجه غلظت یون H^+ محلول کاهش می‌یابد. چنین محلولی را که شامل یک **اسید ضعیف و نمک آن اسید** است، محلول تامپون می‌گویند. pH محلول‌های تامپون در مقابل اضافه کردن اندکی اسید یا باز مقاومت می‌کند و در آن تغییر چندانی ایجاد نمی‌شود.



در یک بشر کوچک، ۲۵ میلی لیتر محلول استیک اسید و ۲۵ میلی لیتر محلول سدیم استات (غلظت هر دو محلول ۰/۱ مولار) بریزید. در بشر دیگر، ۵۰ میلی لیتر آب مقطر بریزید و pH هر دو را به کمک کاغذ pH، یا با استفاده از دستگاه pH متر اندازه گیری کنید. pH محلول ها چه حدودی خواهد بود؟ اگر چند قطره از یک محلول اسید قوی مانند HCl در هر یک از دو بشر اضافه کنید، تغییرات pH آنها چگونه خواهد بود؟ پیش بینی شما از تغییرات ایجاد شده چیست؟ اگر مقدار بیشتری از محلول هیدروکلریک اسید (HCl) اضافه کنید، چه تغییری در pH محلول ها مشاهده خواهید کرد؟

به طور کلی محلولی که از مخلوط شدن یک اسید ضعیف و نمک آن (باز مزدوج آن اسید ضعیف) و یا از یک باز ضعیف و نمک آن (اسید مزدوج آن باز ضعیف) تهیه شده باشد، محلول تامپون نامیده می شود. محلول های تامپون محلول هایی هستند که pH آنها در برابر افزایش مقدار کمی اسید یا باز، تغییر محسوسی نمی کند و به همین ترتیب اگر آنها رقیق شوند، در برابر تغییرات pH مقاومت می کنند.

بافر ها در مقابل تغییر pH ظرفیت معینی دارند و بیشتر از آن، یارای مقاومت در مقابل تغییر pH را ندارند.



pH یک محلول بافر که از اسید ضعیف HA و نمک سدیم آن NaA، تهیه می شود، به شرح زیر به دست می آید:



$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow [H^+] = K_a \frac{[HA]}{[A^-]}$$

$$-\log [H^+] = -(\log K_a + \log \frac{[HA]}{[A^-]})$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

نظر به اینکه نمک NaA یک الکترولیت قوی، و اسید HA هم اسید ضعیفی است، می توان با تقریب قبول کرد که تمام آنیون های A^- ، در تعادل بالا مربوط به نمک است و با توجه به این موضوع می توان نوشت:

$$\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{[\text{نمک}]}{[\text{اسید}]} \Rightarrow pH = pK_a + \log \frac{[\text{نمک}]}{[\text{اسید}]}$$



یکی از کاربردهای مهم محلول‌های تامپون، استفاده از آنها در تنظیم دقیق دستگاه pH متر است.



محلول‌های تامپون با pH مختلف (تصویر راست) و دستگاه pH متر (تصویر چپ)

مثال ۷: سه محلول شامل استیک اسید ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$) با غلظت $0.1 M$ و سدیم استات با غلظت‌های، الف) $0.1 M$ ب) $0.2 M$ پ) $0.5 M$ موجود است. pH هر یک از این محلول‌ها را به دست آورید.

حل:

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{نمک}]}{[\text{اسید}]}$$

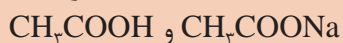
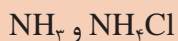
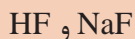
$$pK_a = -\log K_a = -\log (1.8 \times 10^{-5}) = 4.75$$

$$pH = 4.75 + \log \frac{0.1}{0.1} = 4.75 \quad \text{در محلول (الف)}$$

$$pH = 4.75 + \log \frac{0.2}{0.1} = 4.75 + 0.3 = 5.05 \quad \text{در محلول (ب)}$$

$$pH = 4.75 + \log \frac{0.5}{0.1} = 4.75 + 0.7 = 5.45 \quad \text{در محلول (پ)}$$

محلول‌های تامپون معروف عبارت‌اند از:



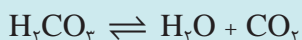


در مورد اهمیت و کاربرد محلول‌های تامپون تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

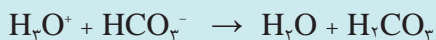
حدود تغییرات pH بدن با حیات انسان سازگاری دارد، به طوری که در حال استراحت بین ۷ تا ۷٫۷ است. تمرین بدنی سبب تغییر pH عضله در جهت اسیدی خواهد شد، که ممکن است هنگام ورزش‌های خیلی سنگین به ۶٫۴ تا ۶٫۶ کاهش یابد. این وضعیت جنبه موقتی و گذرا دارد، زیرا قدرت تامپونی بدن، شامل دستگاه‌های کلیه و تنفس، هرچه سریع‌تر به کار می‌افتند و pH را به حال طبیعی باز می‌گردانند.

pH معمولی خون انسان حدود ۷٫۴ است که توسط تامپون یون هیدروژن کربنات ($\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$) HCO_3^- تأمین می‌شود. اگر ۰٫۰۱ مول از یک اسید یا باز قوی، به یک لیتر خون اضافه شود، در pH آن تغییری ناچیز در حد ۰٫۱ به وجود می‌آید. اما اگر ۰٫۰۱ مول HCl را به یک لیتر آب اضافه کنیم، pH آب از ۷ به ۲ می‌رسد. و چنانچه ۰٫۰۱ مول NaOH به یک لیتر آب اضافه شود، pH آب از ۷ به ۱۲ افزایش می‌یابد.

زمانی که ورزشکاران در لحظات اضطراب ناشی از مسابقه و رقابت، سریع‌تر و عمیق‌تر نفس می‌کشند، تهویه بیش از اندازه، میزان CO_2 موجود در خون را کاهش می‌دهد، در نتیجه مقدار بیشتری H_2CO_3 طبق واکنش زیر تجزیه می‌شود تا طبق اصل لوشاتلیه این کاهش جبران گردد.



اما در نتیجه این عمل، تعادل میان HCO_3^- و H_2CO_3 به هم می‌خورد. برای جبران H_2CO_3 مصرفی تعادل زیر صورت می‌گیرد:



ممکن است HCO_3^- به حدی کم شود که برای جبران آن pH خون افزایش یابد. در این شرایط رگ‌های خون در مغز منقبض می‌شوند و خون کمی به مغز می‌رسد. در نتیجه ورزشکار دچار سرگیجه و گاه بیهوشی می‌شود. در این وضعیت تنفس، عادی می‌شود و pH به مقدار طبیعی باز می‌گردد.

علاوه بر سامانه تامپونی بی‌کربنات (مانند سدیم بی‌کربنات NaHCO_3) سامانه‌های تامپونی دیگری مانند فسفات و پروتئین نیز وجود دارد که هر یک به طریقی انجام وظیفه می‌کنند. تامپون‌های فسفات، مانند دی‌سدیم هیدروژن فسفات Na_2HPO_4 در کلیه متمرکزند در حالی که تامپون‌های پروتئین (مانند هموگلوبین) در یاخته‌ها و پلاسما متمرکز دارند. از آنجا که عمل تامپونی بیشتر در داخل یاخته صورت می‌گیرد، اهمیت تامپون‌های پروتئینی نیز بیشتر می‌شود.



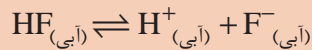
۱ واکنش یونی آبکافت پتاسیم سولفید (K_2S) را در آب بنویسید و علت قلیایی بودن محلول آن را توضیح دهید.

۲ واکنش آبکافت آمونیوم استات (CH_3COONH_4) را در آب، بنویسید. با توجه به اینکه برای استیک اسید $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ و برای آمونیاک $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ است، توضیح دهید که محلول حاصل اسیدی است یا قلیایی؟

۳ واکنش آبکافت آمونیوم فلوئورید را در آب، بنویسید. با توجه به اینکه برای هیدروفلوئوریک اسید $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$ و برای آمونیاک $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ است، توضیح دهید که محلول حاصل اسیدی است یا قلیایی؟

۴ پیش‌بینی کنید که pH محلول نمک‌های Na_2CO_3 ، Na_2S و $AgNO_3$ بیش از ۷ است یا، کمتر یا مساوی با آن؟ چرا؟

۵ هیدروژن فلوئورید در آب حل می‌شود و اسید ضعیفی پدید می‌آورد. هرگاه واکنش تفکیک آن به صورت زیر نوشته شود:



توضیح دهید که چگونه هر یک از تغییرات زیر بر غلظت یون H^+ اثر می‌گذارد؟
الف) با گرم کردن محلول، مقداری از HF به صورت گاز خارج شود.

ب) مقداری NaF به محلول اضافه شود.

پ) مقداری کلسیم کلرید در محلول ریخته شود (کلسیم فلوئورید در آب خیلی کم حل می‌شود).

جدول ارزشیابی پودمان بررسی تعادل در محلول‌های آبی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان
۳	<ul style="list-style-type: none"> ■ فرایند حل شدن را توضیح دهد. ■ عوامل مؤثر در قابلیت حل شدن را بررسی کند. ■ مفهوم آبکافت را توضیح دهد. ■ مفهوم تامپون و کاربرد آن را توضیح دهد. ■ ثابت حاصل ضرب حل پذیری را توضیح دهد. ■ مفهوم ترکیبات کم‌محلول، محلول و نامحلول را توضیح دهد. 	بالاتر از حد انتظار	توانایی به‌کارگیری آبکافت محلول‌های تامپون و حاصل ضرب حل‌پذیری در پیش‌بینی تشکیل رسوب	کاربرد حاصل‌ضرب حل‌پذیری در پیش‌بینی تشکیل رسوب محلول‌های تامپون	تعادل در محلول‌های آبی
۲	<ul style="list-style-type: none"> ■ فرایند حل شدن را توضیح دهد. ■ عوامل مؤثر در قابلیت حل شدن را بررسی کند. ■ مفهوم تامپون و کاربردهای آن را توضیح دهد. ■ مفهوم ترکیبات کم‌محلول، محلول و نامحلول را توضیح دهد. 	در حد انتظار	تامپون و حاصل ضرب حل‌پذیری در پیش‌بینی تشکیل رسوب	کاربرد حاصل‌ضرب حل‌پذیری در پیش‌بینی تشکیل رسوب	
۱	<ul style="list-style-type: none"> ■ فرایند حل شدن را توضیح دهد. ■ مفهوم ترکیبات کم‌محلول، محلول و نامحلول را توضیح دهد. 	پایین‌تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان از ۳	
				نمره پودمان از ۲۰	

پودمان سوم

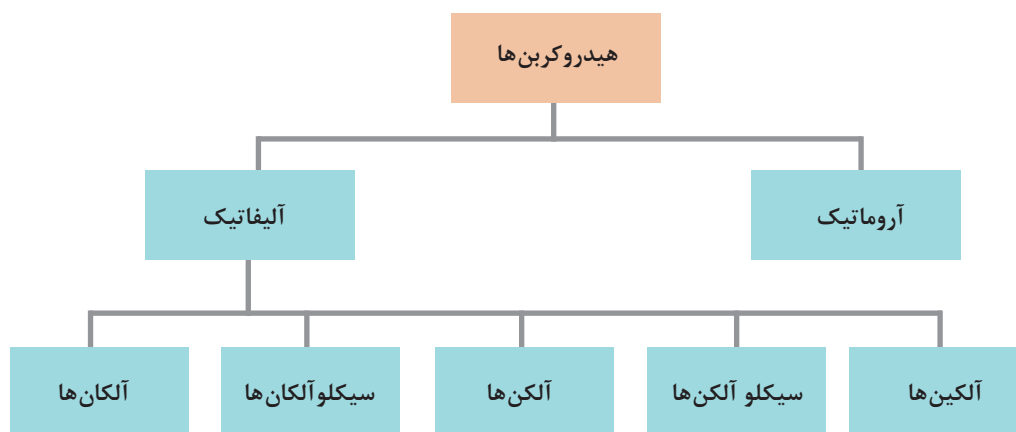
به کارگیری هیدروکربن های آلیفاتیک



پلی وینیل کلراید (PVC) یکی از پلیمرهایی است که به طور گسترده در صنایع مختلف از جمله ساختمانی، حمل و نقل، بسته بندی، برق و الکترونیک و یا مراقبت های بهداشتی کاربرد دارد.

در مبحث شیمی آلی ترکیباتی که شامل دو عنصر هیدروژن و کربن هستند، هیدروکربن نامیده می‌شوند. تمام ترکیبات آلی دیگر را نیز تقریباً می‌توان از مشتقات هیدروکربن‌های ساده دانست. هیدروکربن‌ها به دو گروه اصلی، آلیفاتیک و آروماتیک، تقسیم‌بندی می‌شوند. هیدروکربن‌های آلیفاتیک خود به چند خانواده: آلکان‌ها، آلکن‌ها، آلکین‌ها، سیکلوآلکان‌ها و سیکلوآلکن‌ها تقسیم می‌شوند (شکل ۱).

در سال دهم با خانواده آلکان‌ها آشنا شده‌اید. در این بخش ساختار و کاربرد دیگر هیدروکربن‌ها را فرامی‌گیرید.



شکل ۱- طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها

آلکن‌ها، هیدروکربن‌هایی هستند که مولکول آنها شامل پیوند دوگانه $C = C$ است. این پیوند، نتیجه اشتراک دو جفت الکترون در دو اتم کربن است. این هیدروکربن‌ها نیز مانند آلکان‌ها، برحسب افزایش تدریجی تعداد اتم‌های کربن در زنجیر، ممکن است به صورت گاز، مایع و یا جامد وجود داشته باشند. نخستین و ساده‌ترین آلکن گاز اتن (اتیلن) به فرمول C_2H_4 است.

اتیلن مهم‌ترین ماده خامی است که در صنایع شیمی آلی به کار برده می‌شود، در میان ۴۵ ماده شیمیایی عمده (پس از مواد معدنی نظیر سولفوریک اسید، نیتروژن و اکسیژن) مقام چهارم را دارد.



آیا تاکنون به چرایی قرمز شدن گوجه فرنگی فکر کرده‌اید؟

فکر کنید ۱



اتیلن C_2H_4

اتیلن، گازی است که اندکی بوی ملایم و مطبوع دارد و در طبیعت به مقدار کم در گیاهان به‌وجود می‌آید در فرایند رسیدن بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات (مانند موز، گلابی، گوجه‌فرنگی،...) نقش یک هورمون گیاهی^۱ را ایفا می‌کند. از این ویژگی در بازار فروش موز استفاده می‌شود. موز سبز نارس را در مناطق استوایی می‌چینند و در جعبه‌هایی که دارای منافذ است حمل می‌کنند. به این ترتیب، موز کمتر تحت تأثیر اتیلن آزاد شده قرار می‌گیرد و همچنان سبز باقی می‌ماند. با رسیدن جعبه‌ها به مقصد و قبل از فروش، موز را تحت تأثیر اندکی گاز اتیلن قرار می‌دهند تا به اندازه کافی برسد (شکل ۲).



شکل ۲- موزی که به وسیله گاز اتیلن از حالت نارس به حالت رسیده تبدیل شده است.

چرا می‌گویند انبه را نزدیک میوه‌های دیگر نگهداری نکنید؟

تحقیق کنید
۱



گاز اتیلن در صنایع عظیم پتروشیمی یکی از مهم‌ترین مواد اولیه به‌شمار می‌رود. در کشورهای برخوردار از این‌گونه صنایع، سالانه ده‌ها میلیون تن اتیلن تولید می‌شود. این گاز در تهیه و تولید انواع پلاستیک‌های ارزان قیمت مناسب برای ساختن ظروف آشپزخانه و غیره به‌کار می‌رود. همچنین در تهیه الیاف مصنوعی پلی‌استر، الکل معمولی، ضدیخ و انواع فراورده‌های دیگر کاربرد دارد.

تحقیق کنید
۲



درباره نکات ایمنی گاز اتیلن تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه کنید.

۱- هورمون گیاهی به مواد مختلفی اطلاق می‌شود که در بخشی از موجود زنده ساخته می‌شود و پس از انتقال، اثرات فیزیولوژیکی محسوسی در دیگر قسمت‌های آن به‌جا می‌گذارد.

هیدروکربن‌های هم خانواده اتیلن

اتیلن ساده‌ترین عضو خانواده آلکن‌هاست. این خانواده، با نام قدیمی اولفین^۱ شناخته می‌شود، ولی نام آلکن را ترجیح می‌دهند. در مولکول هیدروکربن‌های خانواده اتیلن، بین دو اتم کربن در زنجیر هیدروکربنی، یک پیوند دوگانه وجود دارد. مانند آنچه در مورد اتیلن (C_2H_4) دیده شد، در خانواده آلکن‌ها، در مولکول آلکن دو اتم هیدروژن کمتر از مولکول آلکان هم‌ردیف خود دارد و به همین دلیل، هیدروکربن سیرنشده به شمار می‌رود. به فرمول ساختاری و نام سه عضو اول این دو خانواده در جدول ۱ توجه کنید:

جدول ۱- مقایسه ساختار آلکان‌ها و آلکن‌ها

آلکان		آلکن	
CH_4	متان	-	-
$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array}$	اتان (C_2H_6)	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & =C-H \end{array}$	اتن یا اتیلن (C_2H_4)
$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$	پروپان (C_3H_8)	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & =C-H \\ & & \\ H & & \end{array}$	پروپن یا پروپیلن (C_3H_6)
$\begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array}$	بوتان (C_4H_{10})	$\begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & =C-H \\ & & & \\ H & H & & \end{array}$	بوتن یا بوتیلن (C_4H_8)

از آنجا که فرمول عمومی هیدروکربن‌های آلکانی C_nH_{2n+2} است، فرمول عمومی خانواده آلکن‌هایی که یک پیوند دوگانه دارند، به چه صورت درمی‌آید؟

فکر کنید ۲



نام‌گذاری آلکن‌ها به روش آیوپاک^۲

آیوپاک سازمانی است که زیر نظر اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی به نام‌گذاری مواد شیمیایی می‌پردازد. این اتحادیه یک سازمان غیردولتی بوده که در سال ۱۹۱۹ میلادی (سال ۱۲۹۸ ه.ش)، به‌دنبال نشست‌های بین‌المللی شیمی کاربردی به‌منظور ارتقای دانش شیمی پایه‌گذاری شد. برای نام‌گذاری هیدروکربن‌های سیرنشده اتیلنی به روش آیوپاک، مانند هیدروکربن‌های سیرشده زنجیری (آلکن‌ها) عمل می‌کنند:

۱- OLEFIN از GAS OLEFIANT گرفته شده، که در فرانسه به معنی گاز روغن‌ساز است. دلیل انتخاب این نام، تشکیل ماده روغنی شکل از واکنش اتیلن با گاز کلر است.

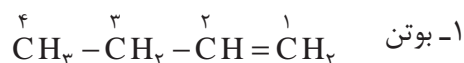
۲ و ۱ دی کلرواتان $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$

۲- International Union of Pure and Applied chemistry

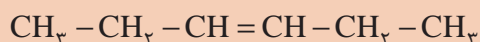
دستور شماره ۱- ابتدا بلندترین زنجیر کربنی موجود در مولکول را که شامل پیوند دوگانه نیز باشد، مشخص کنید (ریشه). نام هیدروکربن زنجیر اصلی را مشابه نام آلکان مربوط بنویسید و پسوند «ان» (ane) را به پسوند «ن» (en) تبدیل کنید. مانند اتان به اتن

پسوند + ریشه + پیشوند

دستور شماره ۲- موقعیت پیوند دوگانه را روی زنجیر اصلی، از طریق شماره گذاری مشخص کنید. این زنجیر را از جهتی شماره گذاری کنید که به اولین کربن پیوند دوگانه، کوچک ترین عدد ممکن تعلق بگیرد.
مثال:



فرمول های زیر را نام گذاری کنید.



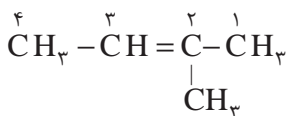
تمرین ۱



دستور شماره ۳- نام شاخه یا شاخه ها و موقعیت آنها را قبل از نام زنجیر اصلی بنویسید (پیشوند).

پیشوندها با جدا کردن «ان» (ane) از نام هیدروکربن و افزودن «-یل» (-yl) به انتهای آن نام گذاری می شوند. مانند متیل، اتیل، پروپیل و....

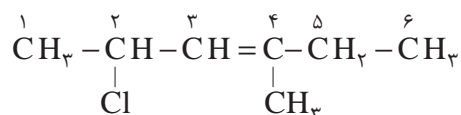
یادآوری



مثال ۱: ۲- متیل - ۲- بوتن

اگر جهت شماره گذاری بر موقعیت پیوند دوگانه تأثیر نداشته باشد، شماره گذاری از جهتی انجام می شود که به شاخه نزدیک تر باشد.

نکته



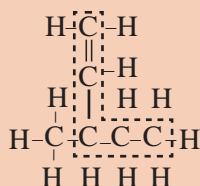
مثال ۲: ۲- کلرو - ۴- متیل - ۳- هگزن

پرسش ۱



چرا در مثال ۲ شماره گذاری را از سمت چپ زنجیر اصلی آغاز کردید؟ چرا نام شاخه کلرو، مقدم بر شاخه متیل است؟

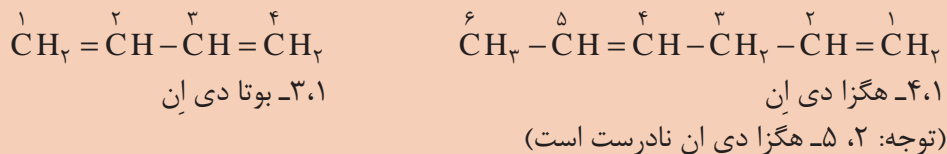
نکته



۱ همیشه لازم نیست زنجیر اصلی بر روی یک خط افقی نوشته شده باشد. مثلاً برای نام گذاری ترکیب زیر، زنجیر اصلی باید شامل پیوند دوگانه نیز باشد. در نتیجه نام این هیدروکربن مطابق روش نام گذاری آیوپاک، ۳-متیل-۱-پنتن در نظر گرفته می شود.

۲ هرگاه زنجیر هیدروکربن سیرنشده، دو پیوند دوگانه داشته باشد، به جای پسوند ان (ene) از پسوند «دی ان diene» استفاده می شود.

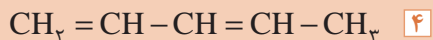
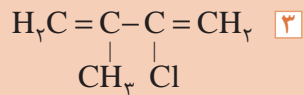
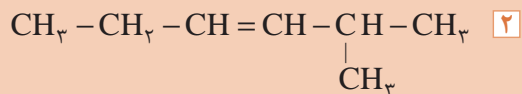
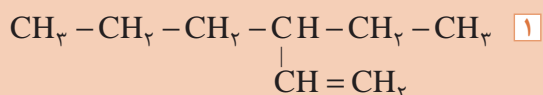
شماره گذاری کربن های این زنجیر، از جهتی صورت می گیرد که به پیوندهای دوگانه، عددهای کوچک تری نسبت داده شود. برای مثال،



تمرین ۲



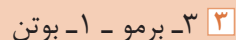
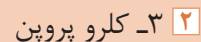
ترکیب های زیر را نام گذاری کنید.



تمرین ۳



فرمول های ساختاری مواد زیر را رسم کنید.



ایزومری در آلکن‌ها

در مورد آلکن‌ها همانند هیدروکربن‌های سیرشده، علاوه بر پیدایش شاخه‌ها و تغییر مکان آنها، که موجب پیدایش ایزومری می‌شود، عامل تغییر مکان پیوند دوگانه نیز در پیدایش ایزومری تأثیرگذار است. بنابراین، تعداد ایزومرها برای یک هیدروکربن سیرنشده، بیشتر از تعداد آنها برای هیدروکربن سیرشده‌ای است که همان تعداد کربن را دارد. برای درک بهتر، تعداد ایزومرهای بوتان و بوتن را در جدول (۲) مقایسه کنید:

جدول ۲- ایزومرهای بوتان و بوتن

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \text{۲- متیل پروپان} \end{array}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">n- بوتان</p>	بوتان
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} = \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{۲- متیل - ۱- پروپن} \end{array}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$ بوتن ۱- $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ بوتن ۲-	بوتن

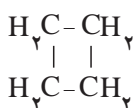
همان‌طور که مشاهده می‌کنید بوتان دارای دو ایزومر است در صورتی که بوتن (C_4H_8) با داشتن همان تعداد کربن، سه ایزومر دارد.

نکته

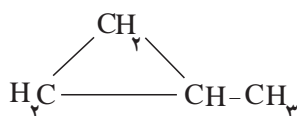


در مورد ترکیبی مانند ۲- متیل پروپان و ۲- متیل - ۱- پروپن، می‌توان از ذکر شماره محل اتصال شاخه‌ها خودداری کرد، زیرا شاخه متیل به غیر از اتم کربن دوم، نمی‌تواند محل دیگری را اختیار کند. چون در آن صورت، جزء شاخه اصلی به شمار می‌آید. بدیهی است با تغییر مکان پیوند دوگانه، مبدأ شماره‌گذاری نیز تغییر خواهد کرد، به گونه‌ای که دوباره همان نام به دست می‌آید. بنابراین، برای نام‌گذاری دو ترکیب فوق، فقط به ذکر متیل پروپان یا متیل پروپن اکتفا می‌کنیم.

برای موادی به فرمول عمومی C_nH_{2n} ، از پروپن (C_3H_6) به بعد، نوع دیگری از ایزومری ساختاری وجود دارد که به صورت هیدروکربن حلقوی سیرشده و فاقد پیوند دوگانه است. برای مثال، اضافه بر سه ایزومر ساختاری که برای بوتن ترسیم شد، می‌توان دو ایزومر حلقوی زیر را نیز در نظر گرفت:



سیکلو بوتان




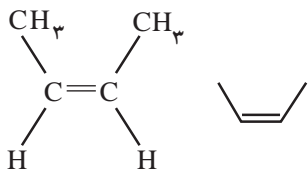

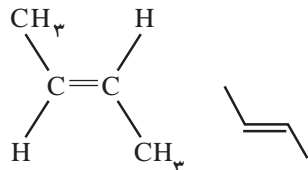
متیل سیکلو پروپان

با این موضوع، در مبحث سیکلوآلکان‌ها بیشتر آشنا خواهید شد.

ایزومرهای سیس - ترانس^۲ (ایزومری هندسی^۲) در ۲- بوتن

مطابق آنچه آموختید، چنین به نظر می‌رسد که بوتن (C₄H₈)، باید دارای ۲ ایزومر بدون شاخه زنجیری باشد (۱- بوتن و ۲- بوتن). آزمایش و تحقیق نشان می‌دهد که واقعیت چنین نیست و عملاً سه نوع ایزومر برای آن وجود دارد، زیرا ایزومر ساختاری ۲- بوتن (CH₃-CH=CH-CH₃) به تنهایی به صورت دو ماده مختلف دیده می‌شود که در برخی خواص فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر متفاوت‌اند. برای مثال، دمای جوش یکی ۹°C و دیگری ۳۷°C است. جدول (۳) مولکول ۲- بوتن و چگونگی آرایش یافتن اتم‌ها و گروه‌های آن در فضا و پیرامون پیوند دو گانه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- ایزومرهای هندسی (سیس و ترانس) در ۲- بوتن

نام	مدل فضا پرکن	فرمول	چگالی	نقطه جوش
سیس - ۲- بوتن			۰/۶۲۱	۳/۷
ترانس - ۲- بوتن			۰/۶۰۴	۰/۹

مطابق قرارداد، ایزومر ردیف اول را که دو گروه جانشینی بزرگ متیل در آن، در یک سوی پیوند دو گانه قرار دارند، سیس - ۲- بوتن، می‌نامند. ایزومر دوم را که دو گروه جانشینی متیل در آن، در دو سوی پیوند دو گانه قرار دارند، ایزومر ترانس - ۲- بوتن می‌نامند.

ایزومرهای سیس و ترانس^۴، ایزومرهایی هستند که از نظر فرمول ساختاری یکسان، و از نظر چگونگی آرایش اتم‌ها و گروه‌های تشکیل دهنده آنها در فضا، متفاوت‌اند. به همین دلیل، این گونه ایزومرها را، ایزومرهای فضایی^۵ نیز می‌نامند.

ایزومرهای فضایی هنگامی پدید می‌آیند که گروه‌های جانشینی موجود بر روی هر اتم کربن تشکیل دهنده پیوند دو گانه، متفاوت باشند.

نکته



بحث گروهی



به کمک دوستان خود بگویید آیا ۱- بوتن می‌تواند ایزومرهای هندسی (سیس و ترانس) داشته باشد؟ چرا؟

۱- Isomer

۲- CIS-TRANS ISOMERISM

۳- GEOMETRIC ISOMETRISM

۴- CIS و TRANS دو کلمه یونانی هستند که اولی به معنی «کنار»، و دومی به معنی «مقابل» است.

۵- Stereoisomers

تحقیق کنید
۳



چرا دمای جوش ایزومرهای سیس و ترانس - ۲- بوتن متفاوت است؟

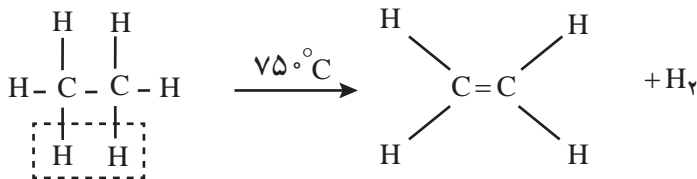
تهیه اتیلن و هیدروکربن‌های اتیلنی

فکر کنید



چرا هیدروکربن‌های اتیلنی از نظر شیمیایی (واکنش پذیری) فعال هستند؟

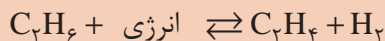
تولید اتیلن در صنعت: بخش اعظم اتیلن، از گرمادادن به ترکیب‌های نفتی در پالایشگاه، و از زدودن تعدادی اتم هیدروژن از آلکان‌ها به دست می‌آید. اتان را تا 75°C گرما می‌دهند، یک مولکول هیدروژن از آن جدا می‌شود و گاز اتیلن پدید می‌آید.



در صنایع پتروشیمی، این گونه واکنش‌ها، که در طی آن یک مولکول بر اثر گرما به مولکول‌های کوچک‌تر شکسته می‌شود، «مولکول‌شکنی گرمایی»^۱ نام دارد. در عین حال، به علت گرفتن هیدروژن از ماده اولیه، این واکنش نوعی واکنش «هیدروژن‌زدایی»^۲ نیز به شمار می‌رود. عکس این واکنش، هیدروژن‌دار شدن^۳ است که در آن اتیلن به اتان تبدیل می‌شود.



واکنش تبدیل اتان به اتیلن یک واکنش برگشت‌پذیر است، زیرا خود واکنش و عکس آن، در شرایط مناسب انجام‌پذیر است.



نکته



بیشتر بدانید



مولکول‌شکنی (کراکینگ^۴) به واکنش‌های شکستن اجزای نسبتاً سنگین‌تر نفتی در پالایشگاه و تبدیل آنها به اجزای سبک‌تر گفته می‌شود. واکنش‌های مولکول‌شکنی، معمولاً با آزاد شدن مقدار زیادی گازهای هیدروکربنی از قبیل اتیلن و پروپیلن همراه است که در صنایع پتروشیمی کاربرد وسیعی دارند. مولکول‌شکنی معمولاً یا به کمک گرما (مولکول‌شکنی گرمایی) و یا به کمک کاتالیزگر (مولکول‌شکنی کاتالیزی^۵) صورت می‌گیرد.

- ۱- Thermal Cracking
- ۲- Dehydrogenation
- ۳- Hydrogenation
- ۴- Cracking
- ۵- Catalytic Cracking

تمرین ۴



عبارت زیر را با حذف کلمه‌های مناسب، کامل کنید.
واکنش افزایش هیدروژن به اتان $\frac{\text{گرماده}}{\text{گرماگیر}}$ و واکنش افزایش هیدروژن به اتیلن $\frac{\text{گرماده}}{\text{گرماگیر}}$ است.

تمرین ۵



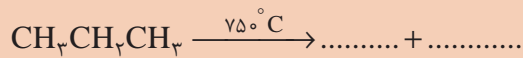
مطابق اصل لوشاتلیه، پیش‌بینی کنید که هرگاه:
■ دما را افزایش دهیم، واکنش تعادلی تبدیل اتان به اتیلن به کدام سو جابه‌جا می‌شود، و نسبت کدام ماده در مخلوط تعادلی، افزایش می‌یابد؟
■ فشار را بر مخلوط تعادلی، افزایش دهیم، واکنش تعادلی به کدام سو جابه‌جا می‌شود؟

در صنایع پتروشیمی، با استفاده از کاتالیزگر، دما و فشار مناسب، تعادل را به سوی محصول مورد نظر سوق می‌دهند. برای تهیه هیدروکربن‌های اتیلنی سنگین‌تر نیز، با روش مولکول‌شکنی عمل می‌کنند. برای مثال، از مولکول‌شکنی گرمایی گاز پروپان، به پروپن (پروپیلن) می‌رسند که ماده‌ی اولیه مهمی در صنایع پتروشیمی و از جمله تولید پلاستیک‌های مورد مصرف در آشپزخانه است.

پرسش ۲



واکنش زیر را کامل کنید:



بیشتر بدانید

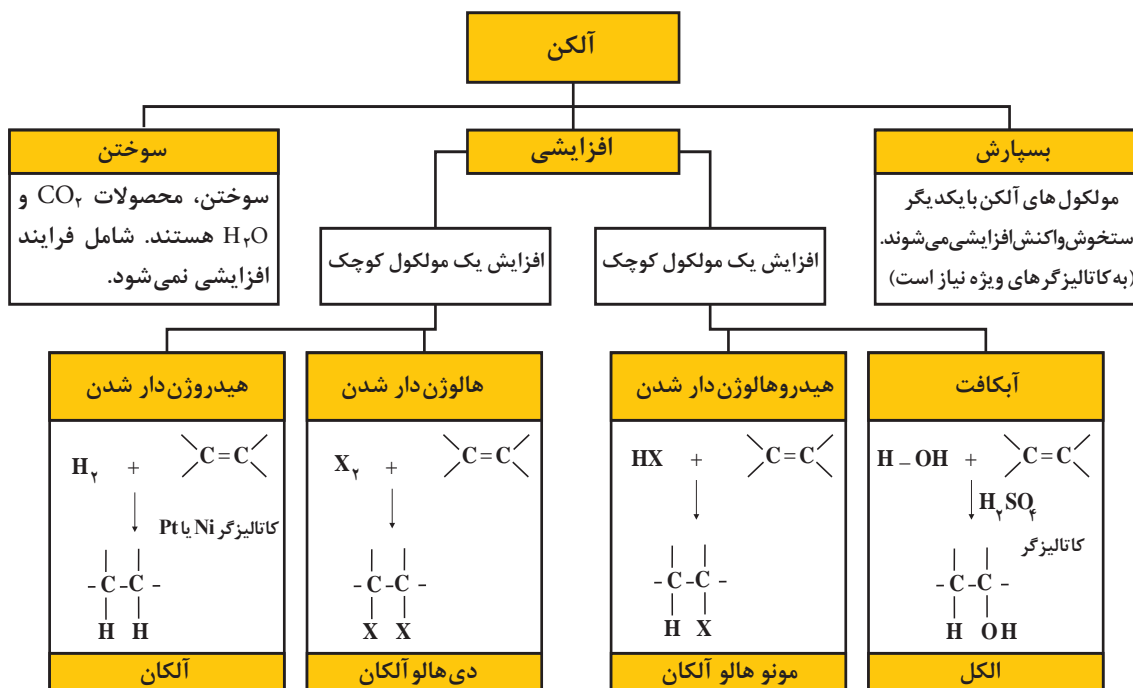


کشور عزیزمان ایران با تولید هزاران تن اتیلن در سال، در جایگاه دوم در بین کشورهای خاورمیانه قرار دارد.



واکنش های شیمیایی آلکن ها

واکنش های شیمیایی آلکن ها را می توان به طور کلی به سه گروه واکنش های سوختن، افزایشی و بسپارش تقسیم بندی کرد. شکل (۳)



شکل ۳- نمودار واکنش های شیمیایی آلکن ها

سوختن

شعله سوختن اتان و متان، که بخش اعظم گاز طبیعی را تشکیل می دهند، آبی کم رنگ است. اتیلن مانند اتان در هوا می سوزد. شعله اتیلن، به علت بیشتر بودن نسبت کربن به هیدروژن، نورانی و درخشنده است. ذرات کربن نسوخته حاصل از تجزیه گرمایی اتیلن، درون شعله به التهاب در می آیند و شعله را درخشنده می کنند. بدیهی است، وقتی این ذره ها به سطح شعله برسند، کاملاً می سوزند.



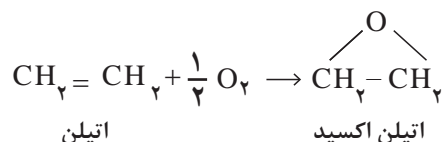
آلکن های دیگر نیز در هوا می سوزند فرمول عمومی سوختن آنها را بنویسید.

تمرین ۶

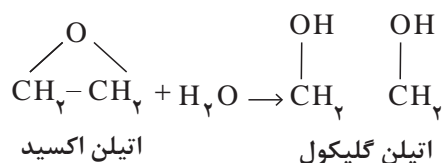


اکسایش اتیلن

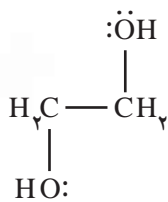
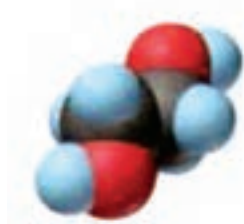
اکسایش اتیلن استفاده وسیعی در صنایع پتروشیمی دارد. اکسایش اتیلن برای اولین بار توسط دی کلرواتانول و پتاسیم هیدروکسید مایع انجام شد. سپس روش مستقیم اکسایش اتیلن با استفاده از کاتالیزگر نقره کاربرد فراوانی یافت. در این روش گاز اتیلن به وسیله اکسیژن هوا در مجاورت کاتالیزگر نقره در فشار و دمای مشخص اتیلن اکسید حاصل می شود.



در سطح جهانی، سالانه میلیون ها تن اتیلن اکسید مطابق این روش تهیه می شود که برای تولید برخی مواد شیمیایی و به ویژه اتیلن گلیکول مصرف دارد. اتیلن اکسید با آب واکنش می دهد و اتیلن گلیکول پدید می آورد.



در آزمایشگاه اتیلن و سایر آلکن هایی که پیوند دوگانه دارند، محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات اسیدی را بی رنگ می کنند. و خود اکسید می شوند. معادله واکنش، به قرار زیر است:



شکل ۴- ساختار اتیلن گلیکول

ماده حاصل از این واکنش، الکی است دو عاملی، که نام تجاری آن اتیلن گلیکول است و به عنوان ضدیخ مصرف دارد. شکل (۴).

به چه علت از اتیلن گلیکول به عنوان ضدیخ استفاده می شود؟

فکر کنید ۴



فعالیت عملی ۱



آزمایش تشخیص آلکن از آلکن

شکل روبه رو دو لوله آزمایش را نشان می دهد که یکی مایع n - هگزان و دیگری مایع ۱- هگزن دارد. بر روی هر دوی آنها محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات ریخته ایم. به نظر شما، کدام یک آلکن است؟



با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر، درباره خواص اتیلن گلیکول و کاربرد آن اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و آنها را به کلاس ارائه دهید.

واکنش‌های افزایشی اتیلن

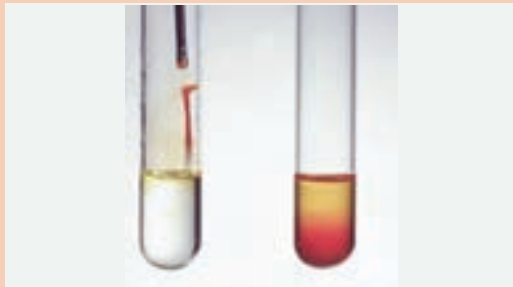
به‌طور کلی منظور از واکنش افزایشی، واکنشی است که در آن دو یا چند ماده با یکدیگر ترکیب می‌شوند و ماده واحدی به‌وجود می‌آورند.

■ واکنش افزایشی با هالوژن‌ها

برای آشنایی با این بخش واکنش افزایشی اتیلن با برم و کلر بررسی می‌شود:



واکنش برم با اتیلن



آزمایش بی‌رنگ شدن آب برم برای تشخیص الکن‌ها

حدود ۲ میلی‌لیتر آب برم را که قرمز قهوه‌ای رنگ است، در لوله آزمایش محتوی گاز اتیلن بریزید، سپس دهانه آن را ببندید و تکان دهید. مشاهده می‌کنید آب برم بی‌رنگ می‌شود، که نشانه انجام واکنش میان برم و اتیلن است. این واکنش، در تاریکی نیز انجام‌پذیر است. ماده حاصل که ۱،۲-دی برمواتان نام دارد، مایع بی‌رنگی است که در صنعت تولید بنزین، کاربرد فراوان دارد.

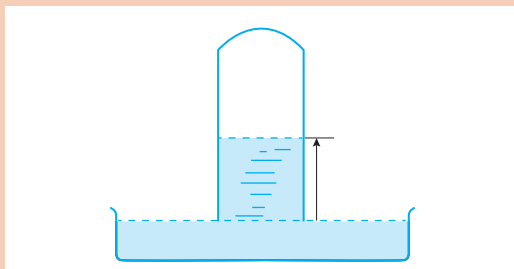


از محلول‌های پتاسیم پرمنگنات و آب برم، به علت تغییر رنگ آنها در واکنش، برای تشخیص آلکن‌ها و سایر مواد سیر نشده، استفاده می‌شود.



واکنش کلر با اتیلن

گازهای کلر و اتیلن را در یک لوله آزمایش وارد کنید، و بر روی تشتکی که از محلول سیر شده نمک طعام پر شده است، واژگون سازید مانند شکل روبه‌رو، پس از مدتی، سطح آب نمک در لوله بالا می‌رود. بالا رفتن سطح آب نمک، نشانه آن است که واکنش بین گاز کلر و گاز اتیلن با کم شدن حجم همراه است.



واکنش کلر با اتیلن روی سطح آب نمک

می‌توان نتیجه گرفت که بین اتیلن و کلر نوعی «واکنش افزایشی» صورت گرفته است. (مانند واکنش افزایشی قبلی برم با اتیلن)



معادله واکنش را بنویسید و محصول را نام گذاری کنید.

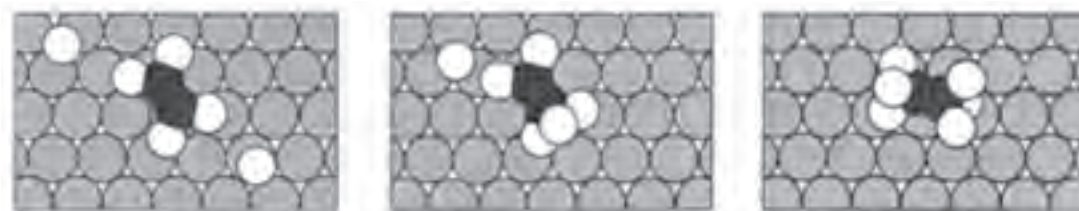
معادله واکنش برم را با پروپیلن بنویسید، و محصول عمل را نام گذاری کنید.



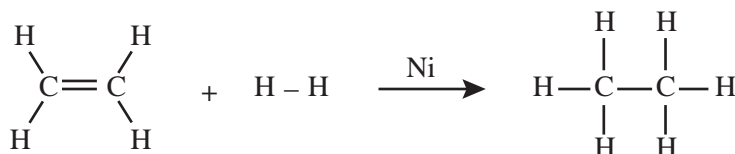
چرا روغن مایع برای سلامتی بهتر از روغن جامد است؟

■ واکنش افزایشی با هیدروژن

واکنش افزایشی گاز هیدروژن با هیدروکربن‌های سیرنشده، بدون حضور کاتالیزگر تقریباً ناممکن است. زیرا پیوند $H-H$ به‌طور قابل ملاحظه‌ای قوی است و به آسانی نمی‌شکند. ولی هرگاه از کاتالیزگرهایی مانند فلزهای پلاتین، پالادیم یا نیکل، به‌صورت ذره‌های ریز استفاده کنیم، مولکول‌های هیدروژن، مطابق شکل، جذب سطح این ذره‌ها می‌شوند. و به ازای درهم شکستن هریک پیوند $H-H$ ، دو اتم هیدروژن، مطابق شکل (۵)، دو پیوند ناپایدار و موقت با اتم‌های سطحی کاتالیزگر تشکیل می‌دهند. آنگاه از برخورد اتم‌های هیدروژن مزبور با مولکول اتیلن، پیوند دو گانه شکسته شده و پیوندهای جدید $C-H$ پدید می‌آیند. با انجام این واکنش افزایشی، مولکول اتان آزاد می‌شود و از سطح کاتالیزگر جدا می‌گردد.



شکل ۵- واکنش افزایشی H_2 و C_2H_4 بر سطح کاتالیزگر



بدیهی است که نقش کاتالیزگر در اینجا، تغییر مسیر واکنش و عبور دادن آن از یک قله انرژی کم ارتفاع‌تر است که نیازمند انرژی فعال‌سازی کمتر می‌باشد.

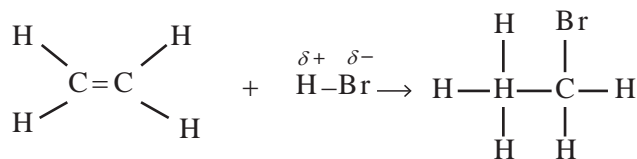
۱- انرژی پیوند $H-H$ برابر ۴۳۶ کیلوژول بر مول است.

هنگامی که دو یا چند مولکول هیدروژن با یک مولکول هیدروکربن سیرنشده واکنش می‌دهند و یک مولکول محصول پدید می‌آورند، این واکنش‌ها «هیدروژن‌دار شدن» نام دارند.

یک مورد کاربرد مهم برای «هیدروژن‌افزایی»، در صنعت روغن نباتی است.

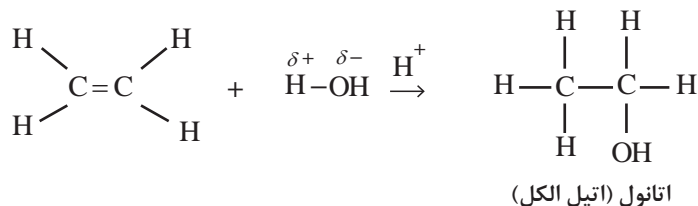
■ واکنش افزایشی هیدروژن با هالیدها

هیدروکربن‌های سیرنشده از قبیل اتیلن، فقط با مولکول‌های ساده‌ای همچون Br_2 و H_2 واکنش افزایشی نمی‌دهند، بلکه با مولکول‌های مرکبی مانند هیدروژن‌هالیدها از قبیل HCl ، HBr ، HI ، یا آب، نیز واکنش می‌دهند. برای نمونه واکنش افزایشی اتیلن با HBr که یک مولکول قطبی است، بررسی می‌شود. به علت بیشتر بودن الکترونگاتیوی برم نسبت به هیدروژن (الکترونگاتیوی برم، $2/8$ و الکترونگاتیوی هیدروژن $2/1$ است)، جفت الکترون مشترک در $\text{H}^{\delta+}-\text{Br}^{\delta-}$ اندکی به سوی برم کشیده می‌شود، به طوری که برم، سر منفی و هیدروژن سر مثبت این مولکول را تشکیل می‌دهند. به محض اینکه سر مثبت هیدروژن این مولکول، که «الکترون‌دوست» است، به مولکول اتیلن نزدیک می‌شود، یک پیوند کووالانسی در اتیلن شکسته شده و یک پیوند کووالانسی در H-Br و طی شدن مراحل واکنش، دو پیوند کووالانسی جدید پدید می‌آید و مولکول آلکن به مولکول آلکان تبدیل می‌شود.



■ واکنش افزایشی با آب

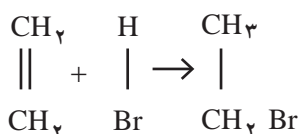
مولکول آب یک مولکول قطبی است. آب می‌تواند در مجاورت کاتالیزگرهای اسیدی با اتیلن واکنش افزایشی انجام دهد. این واکنش به صورت زیر نشان داده می‌شود. محصول واکنش، اتانول (یا اتیل الکل) است.



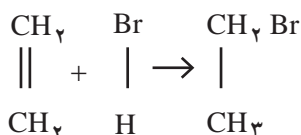
اتانول، الکلی دوکربنی، بی‌رنگ و فرّار است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود. این الکل یکی از مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است که در تهیه مواد دارویی، بهداشتی و آرایشی به کار می‌رود. از اتانول در بیمارستان‌ها به عنوان ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود.

چگونگی واکنش‌های افزایشی در هیدروکربن‌های مونواتیلنی

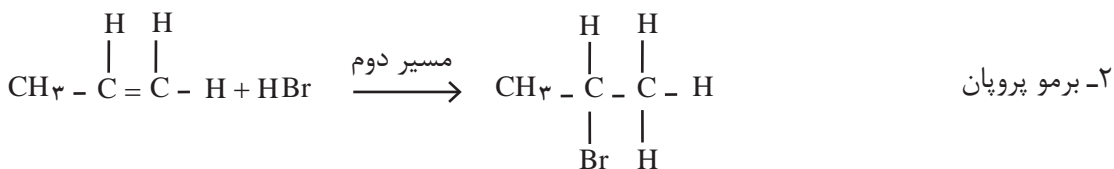
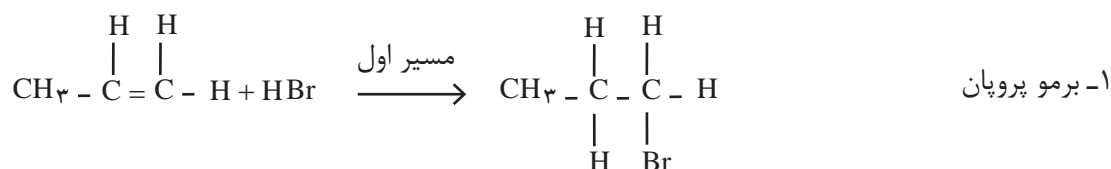
در واکنش افزایشی یک هیدروژن‌هالید (مانند HBr) با اتیلن، هیدروژن بر یکی از اتم‌های کربن و هالوژن بر روی اتم کربن دیگر می‌نشیند، و در نتیجه برمواتان تشکیل می‌شود.



حال اگر در معادله فوق، جای هیدروژن و برم بر روی اتم‌های کربن عوض شود، چون دو اتم کربن در اتیلن از هرنظر یکسان هستند، باز هم نتیجه عمل، همان تشکیل برمواتان خواهد شد.



ولی اگر به جای اتیلن در این واکنش، از هم زده بعدی، یعنی پروپیلن (پروپن) استفاده شود، اتم‌های کربن پیوند دوگانه، دیگر یکسان نیستند. بنابراین، به ظاهر دو مسیر مختلف برای انجام واکنش وجود دارد:



آزمایش نشان می‌دهد که تقریباً همه محصول ۲-برموپروپان است. معنی این گفته آن است که واکنش افزایشی HBr به مولکول نامتقارن آلکن، از نوعی «موضع‌گزینی» برخوردار است. اتم هیدروژن به اتم کربنی از پیوند دوگانه متصل شده است که دارای اتم H بیشتری است. این موضع‌گزینی در بسیاری موارد دیگر نیز، عملاً مشاهده می‌شود. مارکونیکف، شیمی‌دان روسی، پس از آزمایش‌ها و تحقیقات تجربی فراوان، به این قاعده تجربی که به نام وی معروف است، دست یافت.

بیشتر بدانید



ولادیمیر مارکونیکف

ولادیمیر واسیلیف مارکونیکف^۱ (۱۸۳۸-۱۹۰۴) استاد شیمی دانشگاه مسکو بود. او تعدادی مواد شیمیایی را بر مبنای پیش‌بینی ساختار شیمیایی، به‌طور مصنوعی (سنتز) تهیه کرد. او روی برهم‌کنش اتم‌ها بر یکدیگر در مولکول مطالعه کرد و به نظام‌هایی رسید. بخش بزرگی از تلاش وی صرف تحقیق در منابع طبیعی کشور (به ویژه نفت) و جست‌وجوی راه‌های تأمین رفاه مردم کشورش شد. گرچه مارکونیکف قاعده خود را در مورد واکنش افزایشی در ۳۳ سالگی پیشنهاد کرد، ولی به علت امتناع از چاپ نتایج تحقیق خود به زبانی غیر از زبان مادری، این کشف، ۳۰ سال بعد مورد توجه شیمی‌دانان جهان واقع شد.

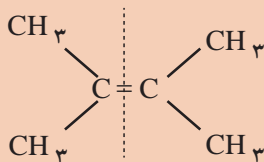
قاعده مارکونیکف

«وقتی یک هیدروژن هالید (مانند HBr) به یک آلکن نامتقارن^۲ افزوده شود، هیدروژن اسید، در شرایط عادی، بیشتر به اتم کربنی در پیوند دوگانه متصل می‌شود که، هیدروژن بیشتری داشته باشد.»

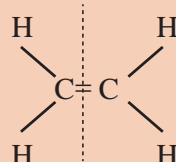
نکته



وقتی گروه‌های متصل به کربن‌های پیوند دوگانه یکسان باشند، آلکن را **نامتقارن** می‌نامند. مانند:

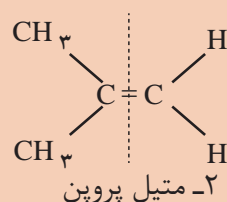


۲، ۳-دی‌متیل - ۲-بوتن

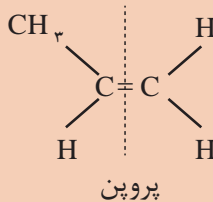


اتیلن

اگر گروه‌های متصل به کربن‌های پیوند دوگانه متفاوت باشند، آلکن را **نامتقارن** می‌نامند. مانند:



۲-متیل پروپن



پروپن

تمرین ۹



معادله واکنش HBr را با ۲-متیل پروپیلن بنویسید، و ماده حاصل را نام‌گذاری کنید.

۱- Markovnikov

۲- Assym



می‌توان فرمول آب را به صورت $\text{H}^{\delta+}-\text{O}^{\delta-}\text{H}$ نوشت و قطبی بودن مولکول آن را نشان داد. معادله واکنش آب را با پروپیلن بنویسید (نام ترکیب حاصل ایزوپروپیل الکل است).

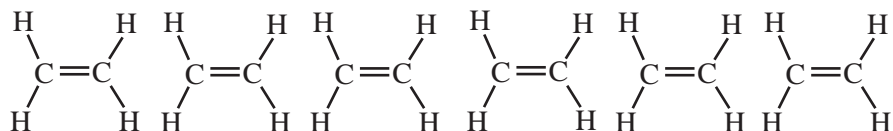
بسپارش آلکن‌ها



در مورد تصاویر زیر با دوستان خود گفت‌وگو کنید:

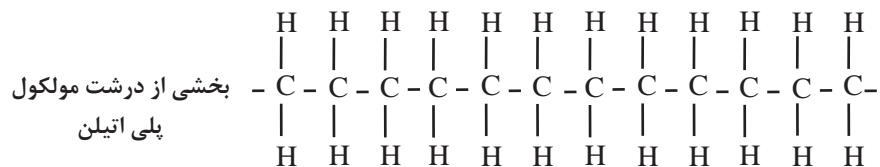


آلکن‌ها، مانند اتیلن، به سبب داشتن پیوند دوگانه، می‌توانند نوعی واکنش افزایشی از خود نشان دهند. در این صورت، پیوند دوگانه مولکول اتیلن باز می‌شود و به مولکول اتیلن مجاور، که پیوند آن نیز باز شده است، متصل می‌شود. به همین ترتیب، مولکول‌های اتیلن دیگری به این مجموعه می‌پیوندند، و زنجیره هیدروکربنی بلندی تشکیل می‌شود.

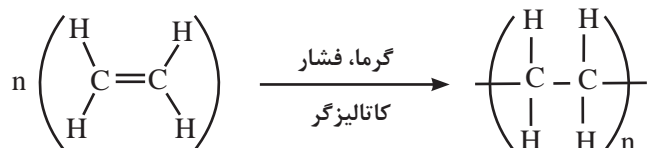


مولکول‌های اتیلن (تکپار)

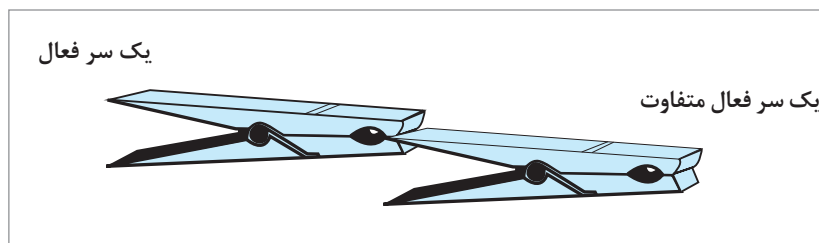
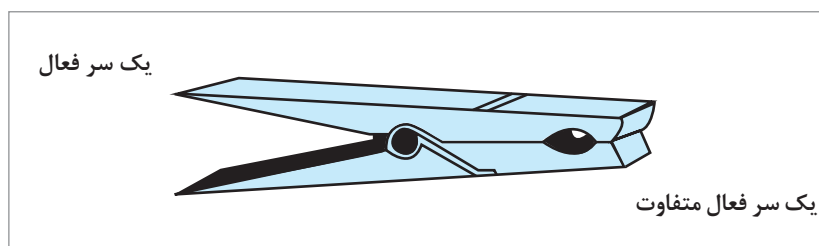
بَسپارش
↓



به طور کلی واکنش را می توان به صورت زیر نشان داد:



مولکول اصلی که واحد ساختاری این زنجیره را تشکیل می دهد، تکپار^۱ (مونومر) نامیده می شود. محصول را که به صورت زنجیره بلند حاصل از تشکیل پیوندهای کووالانسی میان تکپارهاست، بسپار^۲ (پلیمر) می نامند. مهم ترین ویژگی تکپار که به آن امکان می دهد زنجیره بلند بسپار را تشکیل دهد، دربرداشتن دو گروه با دو سر فعال است. یک تکپار، باید توان ایجاد دو پیوند را از هر دو سر خود با مولکول های مجاور داشته باشد.



شکل ۶- نمایشی برای مفاهیم تکپار و بسپار

مطابق شکل (۶)، هر گیره را می توان به یک تکپار تشبیه کرد، که دارای دو سر است و می تواند با گیره های متعدد دیگر، زنجیره بسیار بلند بسپار پدید آورد. محیط زندگی ما سرشار از مولکول های بسیار بزرگ بسپاری است که اصطلاحاً آنها را درشت مولکول^۳ می نامند. مثال انواع طبیعی این درشت مولکول ها، کائوچوی طبیعی، پنبه و پشم است و مثال انواع سنتزی آنها پلاستیک ها، نایلون، الیاف پارچه ای پلی استر و غیر آنهاست.

۱- MONOMER به یونانی به معنی «یک جزء».

۲- POLYMER به یونانی به معنی «جزای متعدد و فراوان».

پلاستیک‌های پلی اتیلن و پلی پروپیلن



شکل ۷- تهیه بطری‌های آب از پلی اتیلن

پلاستیک‌ها را ممکن است گونه‌ای مواد بسیاری دانست که می‌توان به دفعات گرم و ذوب کرد و در قالب ریخت و به شکل مورد نظر درآورد. پلاستیک‌ها برخلاف الیاف بسیاری پارچه‌های سنتزی که مولکول‌ها در آنها به صورت رشته‌های نخ مانند درازی هستند، می‌توانند اشیای سه بعدی و یا ورقه‌های نازک و شفاف پدید آورند.

پلاستیک پلی پروپیلن: این نوع پلاستیک نیز از تکپار پروپیلن به فرمول $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ و به همان شیوه تشکیل پلاستیک پلی اتیلن به وجود می‌آید. در جدول ۴ مقایسه پلاستیک‌های پلی اتیلن و پلی پروپیلن را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۴- مقایسه پلاستیک‌های پلی اتیلن و پلی پروپیلن

واحد تکرار شونده و نام بسپار	فرمول و نام تکپار	مصارف بسپار
$\left(\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C} - \text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right)_n$ <p>پلی اتیلن</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>اتیلن</p>	بطری، کیسه پلاستیکی، اسباب بازی، عایق الکتریسته
$\left(\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C} - \text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$ <p>پلی پروپیلن</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>پروپیلن</p>	بطری، فرش، قطعات قالب‌گیری شده از جمله دریچه‌های مصنوعی قلب

صنعت پتروشیمی یکی از صنایع مهم جهان است. در این صنعت، ترکیب‌ها، مواد و وسایل گوناگونی از نفت یا گاز طبیعی به دست می‌آید که به فراورده‌های پتروشیمیایی معروف‌اند. پتروشیمی ایران



نسبت به سایر رقبای خود مزیت و برتری‌های فراوانی دارد. از آن جمله می‌توان به منابع ارزان نفت و گاز، دسترسی سریع به بازارهای جهانی و منطقه‌ای و نیروی انسانی اشاره کرد. امید است پتروشیمی ایران در سال‌های آینده، بیش از پیش در منطقه و جهان بدرخشد.

بیشتر بدانید



آلکین‌ها (هیدروکربن‌های استیلنی)

بحث‌گروهی ۴



آیا تابه‌حال به جوشکاری و برشکاری فلزها توجه کرده‌اید؟ چه شرایطی برای جوشکاری لازم است؟

خانواده دیگری از هیدروکربن‌ها شامل مولکول‌هایی است که بین اتم‌های کربن پیوند سه‌گانه دارند، این هیدروکربن‌ها را آلکین می‌نامند. تعداد هیدروژن‌ها در این هیدروکربن‌ها، دو اتم کمتر از آلکن‌هایی است که همان تعداد کربن دارند. با توجه به اینکه فرمول عمومی آلکن‌ها، C_nH_{2n} است. بنابراین، فرمول عمومی آلکین‌ها به صورت C_nH_{2n-2} نوشته می‌شود. این هیدروکربن‌ها برای صنایع مواد مصنوعی مانند پلاستیک‌ها و الیاف مواد اولیه پارازشی به‌شمار می‌آیند.

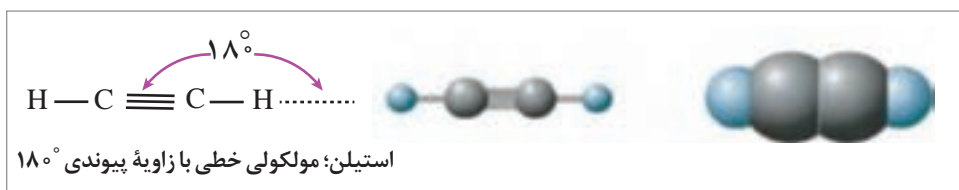
تمرین ۱۱

تعیین کنید هر یک از هیدروکربن‌های زیر به کدام گروه (آلکان، آلکن، آلکین) تعلق دارند؟

الف) C_5H_{10} ب) C_5H_{12} ج) C_5H_8



ساده‌ترین عضو خانواده آلکین‌ها، اتین (C_2H_2) است، که دو اتم هیدروژن و دو اتم کربن دارد و استیلن نامیده می‌شود. از این رو، آلکین‌ها را **هیدروکربن‌های استیلنی** نیز می‌نامند. فرمول ساختاری استیلن، یعنی چگونگی پیوند اتم‌های کربن و هیدروژن به یکدیگر در شکل (۸) نشان داده شده است.



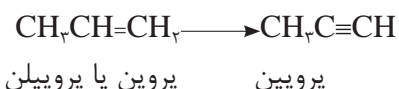
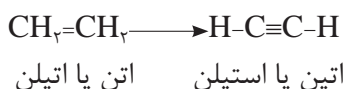
شکل ۸- نمایش فرمول ساختاری مولکول خطی استیلن

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، استیلن، یک مولکول خطی است. یعنی، دو اتم کربن و دو اتم هیدروژن، همگی در یک راستا قرار گرفته‌اند.

نام‌گذاری آلکین‌ها

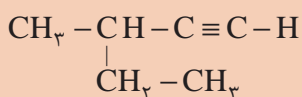
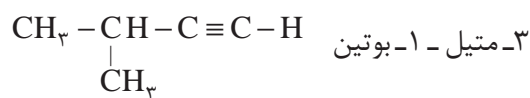
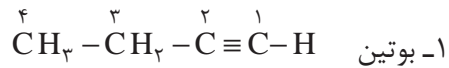
آلکین‌ها نیز، مانند آلکان‌ها و آلکن‌ها، یک مجموعه هم‌زده تشکیل می‌دهند. یعنی هر ترکیب با ترکیب قبلی یا بعد از خود، در یک گروه ($-CH_2-$) متیلن تفاوت دارد.

قواعد نام‌گذاری آلکین‌ها به روش آیوپاک، کاملاً شبیه نام‌گذاری آلکن‌هاست، با این تفاوت که به جای پسوند «ن-ene» از پسوند «-ین-yne» استفاده می‌شود. به مثال‌های زیر توجه کنید:



قواعد نام‌گذاری آلکین‌ها را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- ۱** بلندترین زنجیر کربنی را که شامل پیوند سه‌گانه باشد، مشخص کنید.
 - ۲** این زنجیر کربنی را از جهتی که به پیوند سه‌گانه نزدیک‌تر باشد، شماره‌گذاری کنید.
 - ۳** موضع نخستین کربن پیوند سه‌گانه و موضع گروه‌های آلکیل را که به صورت شاخه بر روی زنجیره طویل قرار دارند، با شماره‌های مناسب مشخص کنید.
- برای مثال، به نام‌گذاری هیدروکربن‌های استیلنی زیر و چگونگی نوشتن نام آیوپاک آنها توجه کنید.



الف) نام آیوپاک هیدروکربن داده شده را بنویسید.

ب) چرا در نام‌گذاری آلکینی که سه اتم کربن دارد، به «شماره» نیاز نیست؟
ج) فرمول ساختاری آلکینی، که نام آیوپاک آن ۳،۳-دی‌متیل - ۱- بوتین است، را بنویسید.

تمرین ۱۲



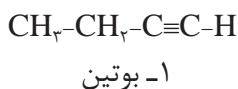
ایزومری در آلکین‌ها

عواملی که در آلکین‌ها موجب به وجود آمدن ایزومری می‌شوند، تقریباً همان عواملی هستند که در آلکن‌ها ایجاد ایزومری می‌کنند:

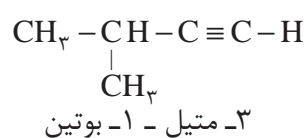
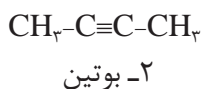
- ۱** تغییر موقعیت پیوند سه‌گانه (ایزومری موقعیت)
- ۲** تغییر زنجیربندی اتم‌های کربن (ایزومری زنجیره‌ای)

مثال ۳: به نمونه‌های زیر توجه کنید:

ایزومری موقعیت:



و





الف) با توجه به یک ظرفیتی بودن هیدروژن و چهار ظرفیتی بودن کربن، برای هیدروکربنی به فرمول C_8H_{18} ، چند ایزومر ساختاری می‌توان رسم کرد که دارای پیوند سه‌گانه کربن - کربن باشند؟ نام هر یک را به روش آیوپاک بنویسید.

ب) آیا در پرسش بالا می‌توان پنج اتم کربن را پشت سر هم در یک ردیف نوشت و پیوند سه‌گانه را بین کربن‌های سوم و چهارم قرار داد؟ نام آیوپاک این ترکیب چه خواهد بود؟

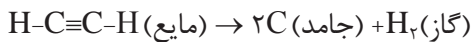
ج) چرا در بعضی آلکن‌ها ایزومری هندسی مشاهده می‌شود، ولی در آلکین‌ها مشاهده نمی‌شود؟ توضیح دهید؟

د) ایزومرهای استیلنی هیدروکربنی به فرمول C_8H_{10} را رسم کنید و نام هر یک را به روش آیوپاک بنویسید.

ه) آیا در تمرین د، ایزومری داشته‌اید که نام آیوپاک آن ۳-اتیل - ۱- بوتین باشد؟ ساختار این ایزومر را رسم کنید و توضیح دهید. چه اشکالی در نام‌گذاری آن وجود دارد؟

استیلن

گاز استیلن یا اتین کوچک‌ترین عضو از خانواده آلکین‌ها، دارای فرمول مولکولی C_2H_2 است که در آن دو اتم کربن توسط یک پیوند سه‌گانه به هم متصل شده‌اند به همین جهت استیلن جزو ترکیبات سیرنشده به‌شمار می‌آید. استیلن خالص، گازی است بی‌رنگ و دارای بویی شبیه به بوی اتر، در دما و فشار مشخصی به مایع تبدیل می‌شود. استیلن را نمی‌توان بدون رعایت مسایل ایمنی، به مایع تبدیل کرد. استیلن مایع، به‌طور انفجاری به عنصرهای سازنده آن (کربن و هیدروژن) تجزیه می‌شود.



هیدروژن کربن استیلن

$$\Delta H = -54 \text{ k.cal}$$

استیلن کمی در آب و الکل حل می‌شود، ولی در استون بسیار حل‌پذیر است؛ به‌طوری که در دمای $15^\circ C$ و در فشار معمولی، ۲۵ برابر و در ۱۲ اتمسفر تا ۴۰۰ برابر حجم خود در استون حل می‌شود.



برای حمل و نقل استیلن از مخزن‌های فولادی استفاده می‌کنند. در این مخزن‌ها، ورقه‌هایی از پنبه نسوز که به استون مرطوب آغشته شده‌اند، قرار می‌دهند. استیلن را با فشار نسبتاً کم، در این مخزن‌ها ذخیره می‌کنند. وقتی شیر مخزن را باز کنند، گاز استیلن، همراه با کمی استون، بیرون می‌آید.



با استفاده از این روش، از حوادث ناشی از انفجار استیلن که زمانی بسیار متداول بود، جلوگیری می‌شود. سیلندرهای گاز استیلن به‌دلیل آتش‌زا و خطرناک بودن لازم است یکپارچه قرمز رنگ باشند. شکل (۹)

شکل ۹- کپسول استیلن

تهیه استیلن

استیلن، از نظر صنعتی اهمیت فراوان دارد. ساده‌ترین راه برای تهیه استیلن، افزودن آب به کلسیم کربید است. در آزمایشگاه، استیلن را به این روش تهیه می‌کنند. برای تهیه کلسیم کربید، زغال کک را که یکی از فرآورده‌های به‌دست آمده از تقطیر زغال سنگ است، مخلوط با آهک، در کوره الکتریکی تا حدود 2000°C گرم می‌کنند. واکنش زیر روی می‌دهد:



کربن مونوکسید کلسیم کربید کک آهک



سپس، از واکنش آب با کلسیم کربید، استیلن به‌دست می‌آید:



کلسیم کربید استیلن

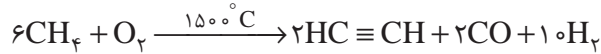


شکل ۱۰- واکنش کلسیم کربید با آب گاز
اشتعال پذیر استیلن را تولید می‌کند.

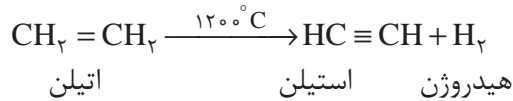
پودمان سوم: به کارگیری هیدروکربن‌های آلیفاتیک

در این فرایند، از مواد اولیه‌ای استفاده می‌شود (زغال کک، آهک و آب) که فراوان و نسبتاً ارزان‌اند. استیلنی که از آبکافت کلسیم کربید به دست می‌آید، بویی شبیه به بوی سیر دارد. این بو ناشی از ناخالصی‌های موجود در آن، مانند H_2S ، به ویژه PH_3 است.

در صنعت برای تهیه استیلن، از روش دیگری که ارزان‌تر است و بر ترکیب‌های نفتی تکیه دارد، استفاده می‌شود. در این روش، متان را در دمای بالا، در مجاورت مقدار کمی اکسیژن، تا $1500^\circ C$ گرم می‌کنند:



فرایند صنعتی دیگر برای تهیه استیلن، هیدروژن‌زدایی از اتیلن در دماهای بالاتر از $1200^\circ C$ است. در این فرایند، استیلن و هیدروژن تشکیل می‌شود.



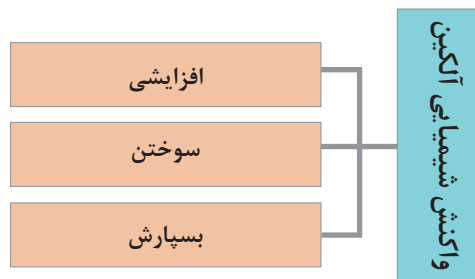
نکته

انتخاب فرایندهای مناسب برای تهیه استیلن، به نوسان بهای انرژی (فرایند کلسیم کربید به الکتریسیته بیشتری نیاز دارد)، در دسترس بودن مواد اولیه (اتیلن و زغال) و میزان سرمایه‌گذاری برای ایجاد تأسیسات مناسب، بستگی دارد.

استیلن، به‌طور نسبی، گران‌تر از اتیلن تهیه می‌شود. از این رو، بیشتر موادی را که در گذشته از استیلن تهیه می‌کردند، امروزه از اتیلن تهیه می‌کنند. اتیلن از مولکول‌شکنی^۱ مواد نفتی به دست می‌آید. برای تهیه بعضی از ترکیب‌هایی که در ساخت پلیمر کاربرد دارند، هنوز از استیلن استفاده می‌شود.

واکنش‌های شیمیایی آلکین‌ها

واکنش‌های شیمیایی آلکین‌ها، همانند آلکن‌ها، به سه دسته افزایشی، سوختن و بسپارش (پلیمریزاسیون) تقسیم می‌شود.



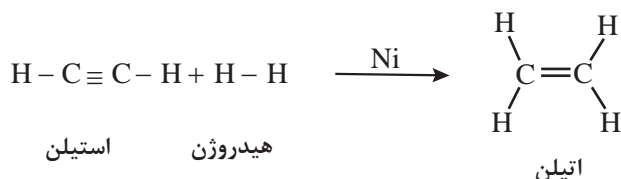
۱- برش‌های سنگین نفتی (مانند مازوت یا نفت کوره) را که از مولکول‌های بزرگ تشکیل شده و مصرف‌چندانی ندارند، در مجاورت کاتالیزگر یا بدون کاتالیزگر، به شدت گرم می‌کنند تا مولکول‌های بزرگ شکسته شوند و به مولکول‌های کوچک‌تر که مصرف فراوان دارند تبدیل شوند. این عمل را کراکینگ (Cracking) یا مولکول‌شکنی می‌نامند.

واکنش‌های افزایشی آلکین‌ها

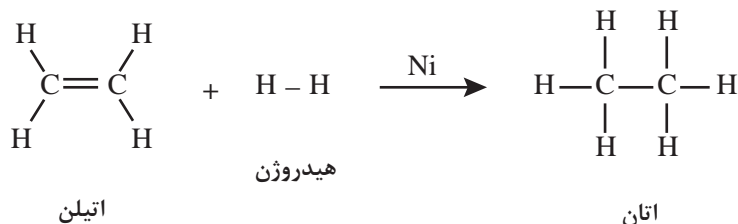
آلکین‌ها، به دلیل دارا بودن پیوند سه‌گانه کربن - کربن، می‌توانند، مانند اتیلن، در واکنش‌های افزایشی شرکت کنند. در ادامه، واکنش‌های افزایشی استیلن توضیح داده می‌شود.

■ واکنش افزایشی با هیدروژن

دو گاز هیدروژن و استیلن را می‌توان در دمای معمولی با یکدیگر مخلوط کرد، بدون آنکه بین آنها واکنشی روی دهد. ولی در مجاورت کاتالیزگرهای مناسب (مثلاً ذرات بسیار ریز نیکل، پلاتین یا پالادیم) بین آنها یک واکنش افزایشی روی می‌دهد. این واکنش در دو مرحله صورت می‌گیرد: در مرحله نخست، یک مولکول هیدروژن به استیلن افزوده می‌شود و اتیلن به دست می‌آید.

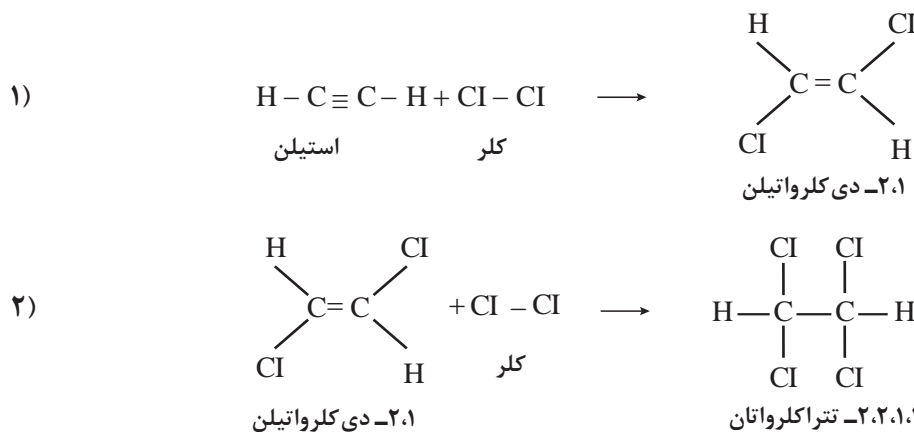


در مرحله بعد، با افزایش مولکول دوم هیدروژن به اتیلن، فرآورده نهایی واکنش، یعنی اتان، تشکیل می‌شود.



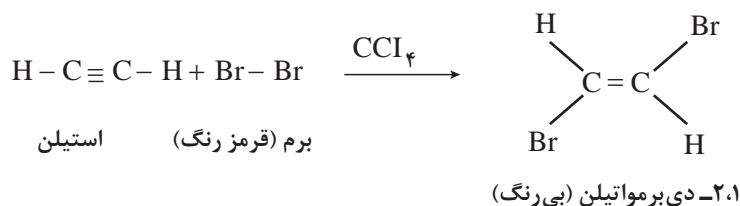
■ واکنش افزایشی با هالوژن‌ها

واکنش کلر با استیلن بسیار شدید است و مانند افزایش هیدروژن به استیلن، در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله نخست، ۱،۲-دی‌کلرواتیلن و در مرحله بعد ۱،۱،۲،۲-تتراکلرواتان به دست می‌آید.



واکنش برم با استیلین، مانند واکنش کلر با استیلین ولی ملایم‌تر است. این واکنش با آب برم یا محلول برم در کربن تتراکلرید، فقط تا مرحله نخست پیشرفت می‌کند، ولی با برم مایع، مرحله دوم افزایش نیز انجام می‌شود و ۱،۱،۲،۲-تترا برمواتان به دست می‌آید.

از این واکنش برای شناسایی ترکیب‌های سیرنشده، یعنی پی بردن به وجود پیوندهای دوگانه یا سه‌گانه کربن-کربن در یک ترکیب، استفاده می‌شود. برای این منظور، کمی محلول برم را در کربن تتراکلرید (CCl_4)، که قرمز رنگ است، به ترکیب مورد نظر می‌افزایند. با تکان دادن آن رنگ قرمز برم به سرعت ناپدید می‌شود. زیرا فرآورده‌ای که در این واکنش به وجود می‌آید، بی‌رنگ است.



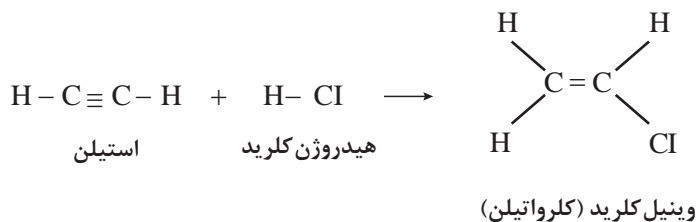
در یک آزمایشگاه دو شیشه دارو، بدون برچسب پیدا شده، ولی در نزدیکی‌های این شیشه‌ها، دو برچسب بر زمین افتاده است. بر روی یکی از برچسب‌ها ۱-هگزین و بر روی برچسب دیگر π-هگزان نوشته شده است. این شیشه‌ها دارای مایعاتی شفاف و بی‌رنگ‌اند. چگونه می‌توانید معلوم کنید که هر برچسب به کدام شیشه متعلق است؟ توضیح دهید.

فعالیت
عملی ۴

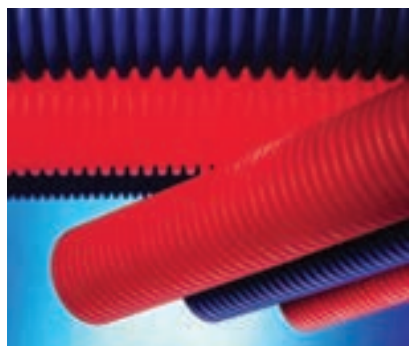
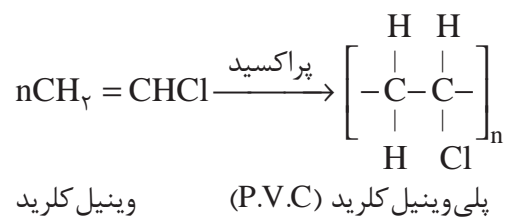
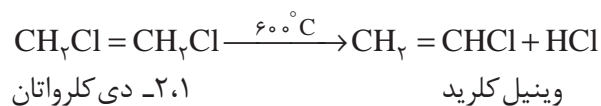
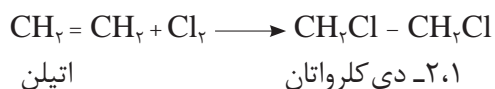


■ واکنش افزایشی با هیدروژن هالیدها

واکنش هیدروژن هالیدها، (مثلاً هیدروژن کلرید، HCl)، با استیلین، مانند واکنش آنها با اتیلین است. این واکنش خودبه‌خود انجام می‌شود و نیازی به کاتالیزگر ندارد. بر اثر افزایش یک مول هیدروژن کلرید به استیلین، ترکیبی موسوم به وینیل کلرید (یا کلرواتیلین) تشکیل می‌شود.



وینیل کلرید ماده اولیه بسیار مهمی در صنعت است. زیرا از بسپارش آن، پلی‌وینیل کلرید که به طور خلاصه پی.وی.سی^۱ (P.V.C) نامیده می‌شود، به دست می‌آید. پی.وی.سی یکی از پلاستیک‌های ارزنده است و کاربردهای فراوان دارد شکل (۱۲). امروزه در صنعت، وینیل کلرید را بیشتر از اثر گاز کلر بر اتیلین، در دمای بالا، تهیه می‌کنند. همان‌طور که پیش از این اشاره شد، اتیلین به‌عنوان محصول فرعی، از مولکول شکنی مواد نفتی، آسان به دست می‌آید.



شکل ۱۱- پلی وینیل کلرید (PVC)

در مورد کاربردهای پلی وینیل کلرید اطلاعاتی جمع آوری کنید و آنها را در کلاس گزارش دهید.

تحقیق کنید
۵



اگر در واکنش تهیه وینیل کلرید مقدار هیدروژن کلرید زیاد باشد، دو مولکول از آن، به طور پیاپی، به پیوند سه گانه کربن-کربن افزوده می شوند. واکنش افزایشی در مرحله دوم، همان طور که می دانید از قاعده مارکونیکف پیروی می کند: یعنی، پروتون هیدروژن کلرید به کربنی متصل می شود که هیدروژن بیشتری داشته باشد.



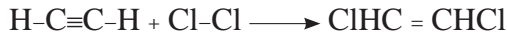
۱،۱- دی کلرواتان هیدروژن کلرید وینیل کلرید

واکنش هیدروژن برمید و هیدروژن یدید (HI، HBr) نیز، مانند واکنش هیدروژن کلرید با استیلن و با سایر آلکین هاست.

مثال ۴: چگونه می‌توانید از استیلن آغاز کنید و ترکیب‌های زیر را بسازید؟ از هر واکنش‌گری که لازم باشد، می‌توانید استفاده کنید:

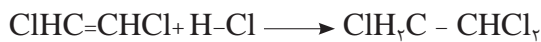
الف) ۲،۱- دی کلرواتیلن ب) ۲،۱،۱- تری کلرواتان

پاسخ: الف) معادل یک مولکول کلر به یک مولکول استیلن بیفزایید.



استیلن کلر دی کلرواتیلن ۲،۱-

ب) به فرآورده بند (الف)، معادل یک مولکول هیدروژن کلرید اضافه کنید



دی کلرواتن ۲،۱- تری کلرواتان ۲،۱،۱-

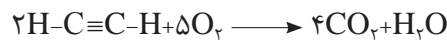
معادله شیمیایی مراحل افزایش دو مولکول هیدروژن برمید را به پروپیلن بنویسید. در هر مرحله چه ترکیبی تشکیل می‌شود؟ نام هر یک را بنویسید.

تمرین ۱۴



سوختن استیلن

استیلن نیز مانند هر هیدروکربن دیگر، در برابر هوا یا اکسیژن خالص می‌سوزد و کربن دی‌اکسید و آب تولید می‌کند.



گرمای حاصل از سوختن یک مول استیلن ($\Delta H = -317 \text{ Kcal}$) در اکسیژن خالص کمتر از گرمای سوختن یک مول اتیلن ($\Delta H = -337 \text{ Kcal}$) و اتان ($\Delta H = -374 \text{ Kcal}$) است. واکنش‌های سوختن این سه هیدروکربن را با اکسیژن بنویسید و بگویید چرا گرمای سوختن استیلن کمتر از گرمای سوختن دو هیدروکربن دیگر است؟

تمرین ۱۵



شکل ۱۲- جوشکاری استیلن

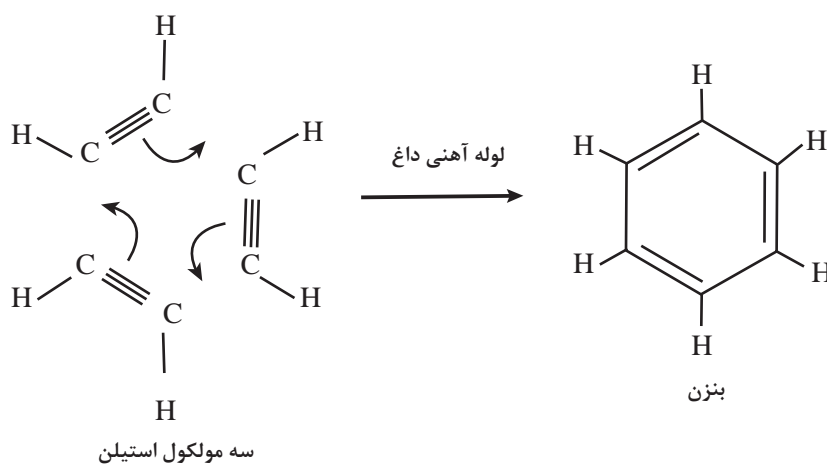
از سوختن استیلن، در مقایسه با سوختن اتان و اتیلن، گرمای کمتری تولید می‌شود. با وجود این، برای جوشکاری و بریدن قطعات فلزی، بیشتر از مشعل‌های اکسی استیلن استفاده می‌شود. زیرا دمای شعله سوختن استیلن در مقایسه با اتیلن و اتان، بالاتر است. علت را می‌توان در کمتر بودن تعداد مول‌های گازی حاصل از سوختن یک مول استیلن جست‌وجو کرد. این گازها برای رسیدن به دمای شعله، گرمای کمتری جذب می‌کنند و در نتیجه، دما بالاتر می‌رود. شکل (۱۲).



دمای شعله سوختن یک حجم استیلین با بیست حجم هوا بیشتر است یا با پنج حجم اکسیژن خالص؟ معادله‌های واکنش را در هر دو حالت بنویسید و درباره پاسخ خود توضیح دهید (راهنمایی: یک پنج‌م حجم هوا، اکسیژن و چهار پنج‌م آن، نیتروژن است).

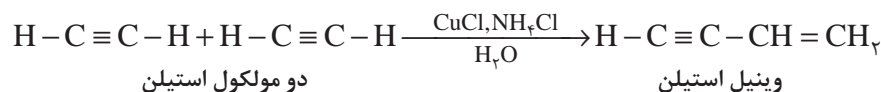
بسیار ش استیلین

اگر گاز استیلین را از درون یک لوله آهنی داغ عبور دهند، مقداری از آن به بنزن تبدیل می‌شود.

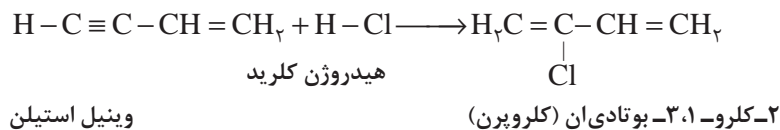


بنزن را می‌توان سه پار^۱ استیلین (تشکیل شده از سه مولکول استیلین) به‌شمار آورد.

دو مولکول استیلین می‌توانند در مجاورت مس (I) کلرید، در محلول آبی آمونیوم کلرید، با یکدیگر واکنش دهند و به دو پار^۲ (تشکیل شده از دو مولکول استیلین) تبدیل شوند.

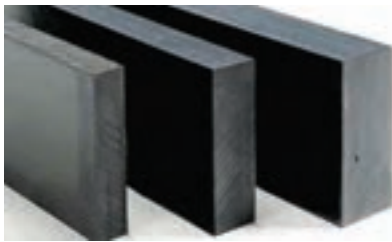


در واکنش‌های افزایشی، پیوند سه‌گانه کربن-کربن، فعال‌تر از پیوند دوگانه کربن-کربن است. از این رو، بر اثر افزایش یک مول هیدروژن کلرید به وینیل استیلین، بر طبق قاعده مارکونیکف، ۲-کلرو-۱،۳- بوتادی‌ان به‌دست می‌آید. نام تجاری این ترکیب «کلرو پرن» است.



۱- Trimer

۲- Dimer

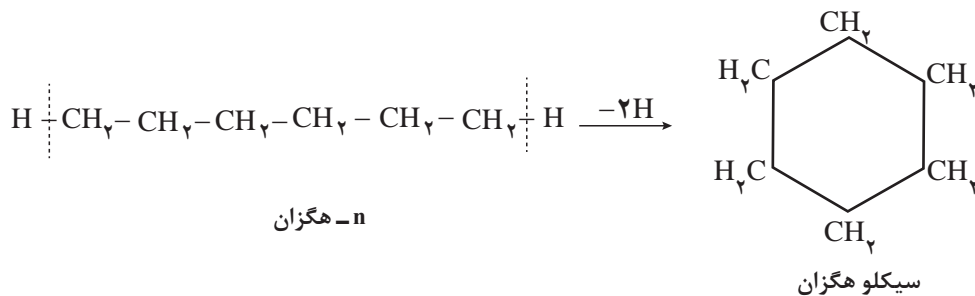


از بسپارش کلروپرن، یک کائوچوی مصنوعی، موسوم به «نئوپرن» به دست می‌آید. نئوپرن، برخلاف کائوچوی طبیعی، در برابر روغن‌ها و چربی‌ها مقاوم است و در صنایع خودروسازی کاربردهای فراوان دارد. از جمله به صورت عایق سیم‌های برق و بسیاری از قطعاتی که در تماس با چرب کننده‌ها قرار می‌گیرند، مصرف می‌شود. شکل (۱۳)

شکل ۱۳- یک نمونه نئوپرن

سیکلوآلکان‌ها

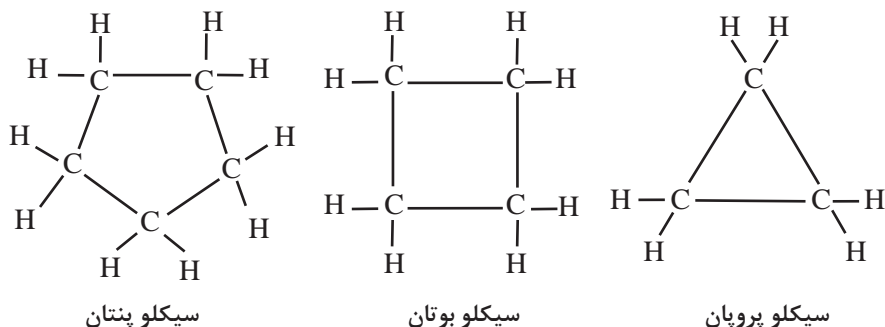
در آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها اتم‌های کربن به گونه‌ای به یکدیگر متصل شده‌اند که زنجیره تشکیل می‌دهند. این هیدروکربن‌ها را هیدروکربن‌های زنجیره‌ای می‌نامند. اما، در بسیاری از هیدروکربن‌ها، اتم‌های کربن به گونه‌ای به یکدیگر متصل شده‌اند که حلقه تشکیل می‌دهند. این هیدروکربن‌ها، هیدروکربن‌های حلقوی نامیده می‌شوند. برای مثال، اگر در n -هگزان (هگزان نرمال)، از کربن‌های ابتدایی و انتهای زنجیر، دو اتم هیدروژن جدا شده و کربن‌هایی که در این حالت یک اتصال آزاد دارند، به یکدیگر متصل گردند، یک هیدروکربن حلقوی که دارای شش اتم کربن و دوازده اتم هیدروژن است و سیکلوهگزان نام دارد، به دست می‌آید.



بنابراین، سیکلوآلکان‌ها، نسبت به هیدروکربن‌های زنجیره‌ای سیر شده با همان تعداد کربن، دو اتم هیدروژن کمتر دارند. به یاد دارید که آلکن‌ها نیز نسبت به هیدروکربن‌های سیر شده زنجیره‌ای هم‌ردیف خود (با همان تعداد اتم کربن) دو اتم هیدروژن کمتر دارند. از این رو، سیکلوآلکان‌ها مانند آلکن‌ها، دارای فرمول عمومی C_nH_{2n} هستند. باید توجه داشت که بین آلکن‌ها و سیکلوآلکان‌های هم کربن، یک تفاوت عمده وجود دارد، در آلکن‌ها، دست کم دو اتم کربن با پیوند دوگانه به یکدیگر متصل شده و بنابراین، سیر نشده‌اند، در صورتی که در سیکلوآلکان‌ها، تمام اتم‌های کربن با پیوندهای یگانه به یکدیگر متصل‌اند و در نتیجه، سیر شده به شمار می‌آیند. هیدروکربن‌های حلقوی در اندازه‌های مختلف، از سه کربن در حلقه تا حلقه‌های بیست ضلعی یا بزرگ‌تر وجود دارند. به علاوه، بسیاری از آنها بیش از یک حلقه دارند و در طبیعت، به ویژه در گیاهان، به طور گسترده یافت می‌شوند.

نام گذاری سیکلو آلکان ها

برای نام گذاری هیدروکربن های سیر شده حلقوی به روش آیوپاک، پیشوند «سیکلو-Cyclo» را که به معنی «حلقوی» است، به نام هیدروکربن سیر شده زنجیری با همان تعداد کربن، می افزایند. به مثال های زیر توجه کنید:



رسم فرمول سیکلو آلکان ها به این صورت، وقت گیر و خسته کننده است. برای آسان کردن کار، اغلب از نوشتن اتم های کربن و اتم های هیدروژن صرف نظر می شود. بنابراین، فرمول های ساختاری هیدروکربن های حلقوی بالا را می توان به صورت خلاصه شده زیر نمایش داد:



در هر گوشه از این شکل های هندسی، یک اتم کربن و دو اتم هیدروژن متصل به آن وجود دارد.

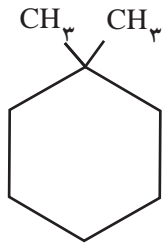
نکته



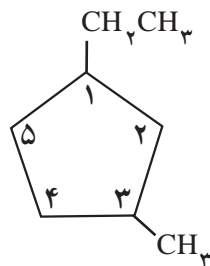
هیدروکربن های حلقوی، ممکن است دارای یک یا چند شاخه جانبی نیز باشند. اگر تنها یک شاخه جانبی وجود داشته باشد، به شماره گذاری حلقه نیازی نیست، زیرا تمام مواضع حلقه یکسان هستند. به مثال های زیر توجه کنید:



ولی اگر تعداد شاخه‌های جانبی دو یا بیشتر باشد، باید موضع آنها را بر روی حلقه با شماره‌های مناسب مشخص کنیم. شماره‌گذاری اتم‌های کربن تشکیل دهنده حلقه از جهتی انجام می‌شود که مجموع اعداد نسبت داده شده به آنها کوچک‌ترین مقدار باشد. نام شاخه‌ها را به ترتیب حروف الفبای لاتین، ذکر می‌کنیم. برای مثال، به نام‌گذاری هیدروکربن‌های زیر توجه کنید:



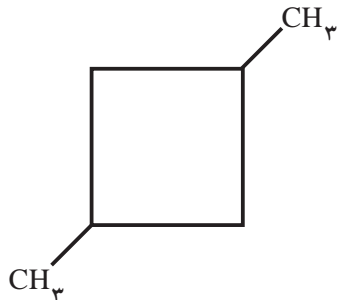
۱،۱-دی‌متیل‌سیکلو‌هگزان



۱-اتیل - ۳-متیل‌سیکلوپنتان

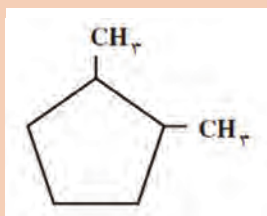
توجه: (۱-اتیل - ۴-متیل‌سیکلوپنتان درست نیست)

مثال ۴: هیدروکربن زیر را به روش آیوپاک نام‌گذاری کنید:



حل:

در این هیدروکربن، چهار اتم کربن یک حلقه چهارضلعی تشکیل داده‌اند (سیکلو بوتان). در گوشه‌های ۱ و ۳ دو شاخه متیل وجود دارد. بنابراین، نام این هیدروکربن، به روش آیوپاک، به صورت زیر است:
۳،۱-دی‌متیل‌سیکلو بوتان



۱ هیدروکربن داده شده را نام‌گذاری کنید:

۲ فرمول‌های ساختاری هیدروکربن‌های زیر را بنویسید:

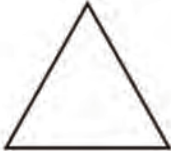

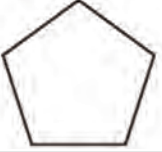

(الف) ۱،۱-دی‌اتیل‌سیکلو پروپان (ب) n - پروپیل‌سیکلوپنتان



بررسی نقطه ذوب و جوش سیکلوآلکان‌ها

دمای ذوب و جوش سیکلوآلکان‌ها، کمی بالاتر از دمای ذوب و جوش آلکان‌های زنجیری با همان تعداد اتم کربن است زیرا حرکات نوسانی اتم‌ها در مولکول سیکلوآلکان‌ها به علت تشکیل حلقه، تا حدودی محدود شده است و در نتیجه، مولکول‌های آنها بیشتر می‌توانند به یکدیگر نزدیک شوند (نیروهای جاذبه بین آنها بیشتر است) در نتیجه جدا کردن آنها از یکدیگر به انرژی بیشتری نیاز دارد. به داده‌های جدول (۵) توجه کنید.

جدول ۵- مقایسه دمای ذوب و جوش n - آلکان‌ها و سیکلوآلکان‌ها

n - آلکان و سیکلوآلکان	فرمول	دمای ذوب، °C	دمای جوش، °C
پروپان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	-۱۸۷	-۴۲
سیکلو پروپان		-۱۲۷	-۳۳
n- بوتان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	-۱۳۵	-۰/۵
سیکلو بوتان		-۹۰	۱۳
n- پنتان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	-۱۳۰	۳۶
سیکلو پنتان		-۹۴	۴۹
n- هگزان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	-۹۵	۶۹
سیکلو هگزان		۷	۸۱

هیدروکربن‌های زیر را به ترتیب کاهش دمای جوش، از چپ به راست منظم کنید. (هیدروکربنی را که دارای دمای جوش بالاتر است، در سمت چپ بنویسید.) برای انتخاب خود، چه دلیلی ارائه می‌دهید:

الف) سیکلو پنتان ب) n- پنتان ج) ۲- متیل بوتان

تمرین ۱۸



پرسش‌های پایانی

- ۱ مولکول اتن را با مولکول اتان، در موارد زیر مقایسه کنید.
 - الف) تعداد پیوندهای میان اتم‌ها
 - ب) تعداد جفت الکترون‌های پیرامون هر اتم
 - ج) ظرفیت کربن
- ۲ کدام یک از ترکیب‌های زیر، دارای ایزومرهای سیس و ترانس است؟
 - الف) ۱- بوتن (ب) ۲- پنتن (ج) ۲- متیل بوتن (د) ۲- متیل پروپن

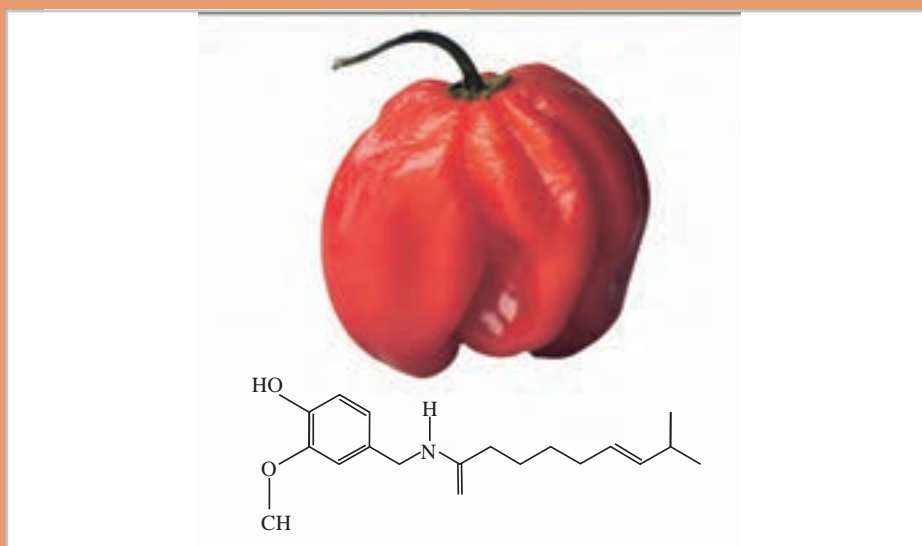
فرمول ساختاری ایزومرهای احتمالی را ترسیم کنید.
- ۳ با عبور دادن اتیلن از آب برم، وزن محلول ۱۴ گرم افزایش یافت، حجم اتیلن جذب شده در شرایط دما و فشار استاندارد چه قدر بوده است؟
- ۴ نام آیوپاک هریک از آلکین‌های زیر را بنویسید:
 - الف) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C} \equiv \text{CH}$
 - ب) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C} \equiv \text{CCH}_3$
 - ج) $\text{CH}_3\text{C} \equiv \text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
- ۵ ساختار فرآورده عملی به دست آمده از واکنش ۱- هگزين را با واکنش‌گرهای زیر بنویسید:
 - الف) هیدروژن (دو مول)، پلاتین
 - ب) هیدروژن کلرید (یک مول)
 - ج) هیدروژن کلرید (دو مول)
 - د) محلول آبی سولفوریک اسید و جیوه (II) سولفات
- ۶ چگونه می‌توان با یک آزمایش ساده، هیدروکربن‌های زیر را از یکدیگر تشخیص داد؟
 - الف) ۲- بوتین و بوتان
 - ب) ۱- بوتین و ۱- بوتین
 - ج) ۱- بوتین و ۱- بوتن
 - د) ۲- بوتن و بوتان
- ۷ فرمول ساختاری متیل سیکلوپروپان را بنویسید. کربن‌های این هیدروکربن را به عنوان کربن نوع اول، کربن نوع دوم و کربن نوع سوم مشخص کنید.
- ۸ معادله واکنش سوختن یک مول سیکلوپنتان را در هوا بنویسید. به نظر شما، از سوختن یک مول سیکلوپنتان بیشتر گرما تولید می‌شود یا یک مول n-پنتان؟ توضیح دهید.

جدول ارزشیابی پودمان به کارگیری هیدروکربن های آلیفاتیک

نمره	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	عنوان پودمان فصل
۳	■ چگونگی واکنش های آلکن ها و آلکین ها را شرح دهد.	بالاتر از حد انتظار	رسم ساختار و نام گذاری و رسم ایزومرهای ممکن آلکن ها و آلکین ها و سیکلوآلکن ها را انجام دهد. ■ کاربرد هیدروکربن های الیفاتیکی را توضیح دهد.	کاربرد آلکن ها	هیدروکربن های آلیفاتیک
۲	■ ساختار سیکلوآلکن ها، آلکن ها و آلکین ها را رسم و آنها را نام گذاری کند. ■ ایزومرهای آلکن ها و آلکین های اولیه را رسم کند. ■ پلیمری و خواص آن را بیان کند. ■ روش تهیه اتیلن و استیلن را شرح دهد.	در حد انتظار		کاربرد آلکین ها و سیکلوآلکن ها	
۱	موارد بالا را با بیش از یک اشتباه انجام دهد.	پایین تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان از ۳	
				نمره پودمان از ۲۰	

پودمان چهارم

به کارگیری ترکیبات آلی آروماتیک و اکسیژن دار



ترکیبات آلی در طبیعت به ویژه در گیاهان به طور گسترده موجودند. از جمله احساس سوزش در فلفل چیلی مربوط به ساختار ترکیبات آلی موجود در آن است.

هیدروکربن‌های آروماتیک^۱

هیدروکربن‌های آروماتیک دسته وسیعی از ترکیبات آلی هستند که دارای ساختاری با یک حلقه شش کربنی یا بیشتر، با پیوندهای یگانه و دوگانه به صورت متناوب هستند.

بنزن (ساده‌ترین هیدروکربن حلقوی) مایعی بی‌رنگ، فرار با بوی نافذ است که در روغن‌های حاصل از تقطیر زغال سنگ وجود دارد. این ماده در صنایع داروسازی، رنگ‌سازی، عطرسازی، مواد منفجره و پلاستیک‌ها بسیار اهمیت دارد.

هیدروکربن‌هایی که شامل یک یا چند حلقه بنزنی است هیدروکربن‌های آروماتیک نامیده می‌شود. زیرا این ترکیبات را نخستین بار از ترکیباتی به دست آوردند که بوی مطبوعی داشت. برای مثال یکی از این مواد معطر از دانه‌های خردشده وانیل به دست می‌آید. به ساختار چند نمونه ترکیب آروماتیک در شکل (۱) توجه کنید.



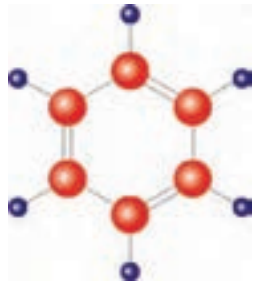
شکل ۱- ساختار چند نمونه ترکیب آروماتیک

امروزه، واژه آروماتیک کاربرد گسترده‌تری پیدا کرده است. به‌طور کلی، ترکیب‌هایی را که از نظر خواص مانند بنزن رفتار می‌کنند، حتی اگر بوی نامطبوعی داشته باشند، ترکیب آروماتیک به‌شمار می‌آورند. تعدادی از مجتمع‌های پتروشیمی ایران ظرفیت لازم را برای تولید بنزن دارند (شکل ۲).



شکل ۲- یکی از مجتمع‌های پتروشیمی

ساختار بنزن



هیدروکربنی را که امروزه با نام بنزن می‌شناسیم، برای نخستین بار، در سال ۱۸۵۲ م به وسیله مایکل فارادی^۱، دانشمند انگلیسی، از مایع روغنی شکل باقی مانده در استوانه‌های فولادی و پر شده با گاز روشنایی، به دست آمد. فارادی، نشان داد که این ترکیب فقط از کربن و هیدروژن تشکیل شده و شمار اتم‌های کربن در آن با شمار اتم‌های هیدروژن برابر است.

در سال ۱۸۳۴، میچرلیخ^۲ با اندازه‌گیری چگالی بخار بنزن، برای آن، فرمول مولکولی C_6H_6 را پیشنهاد کرد. در سال‌های بعد، معلوم شد که بنزن سنگ زیرین بنای بسیاری از ترکیب‌های آلی است. یک آلکان شش کربنی (هگزان)، دارای فرمول مولکولی C_6H_{14} است. بنابراین، بنزن با فرمول مولکولی C_6H_6 ، یک هیدروکربن سیر نشده به شمار می‌آید و باید در مولکول خود چند پیوند دوگانه یا سه‌گانه داشته باشد.

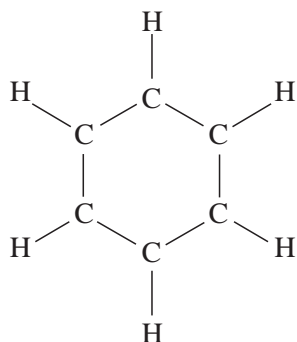


II

I

از طرف دیگر، همان‌طور که پیش از این دیدید، ترکیب‌هایی که دارای پیوندهای دوگانه یا سه‌گانه‌اند، در برابر بسیاری از واکنش‌گرها، فعالیت شدیدی از خود نشان می‌دهند. برای مثال، آلکن‌ها و آلکین‌ها، محلول قرمز رنگ برم در کربن تتراکلرید را در تاریکی بی‌رنگ می‌کنند و رنگ محلول پتاسیم پرمنگنات را از بین می‌برند. اما بنزن چنین خواصی از خود ظاهر نمی‌سازد. حتی سولفوریک اسید غلیظ در سرما بر آن تأثیر نمی‌گذارد. این ویژگی‌ها نمی‌تواند با ساختارهای I یا II سازگار باشد.

همان‌طور که در بالا اشاره شد، بنزن دارای فرمول مولکولی C_6H_6 است. یعنی در مولکول خود، شش اتم کربن و شش اتم هیدروژن دارد. پرسشی که مطرح می‌شود این است: این اتم‌ها چگونه به یکدیگر متصل شده‌اند؟



شکل ۳- ساختار شش ضلعی منتظم پیشنهادی ککوله برای بنزن

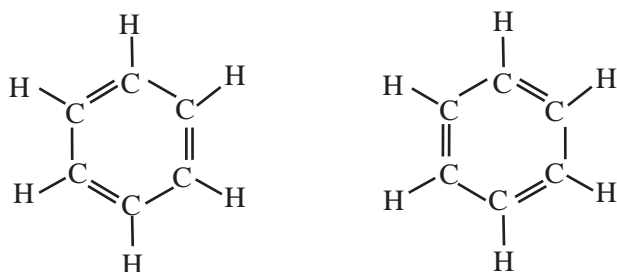
شیمی‌دان‌های قرن نوزدهم، برای تعیین ساختار مولکولی بنزن، کوشش‌های فراوانی به عمل آوردند، ولی معمای ساختار بنزن به مدت چهل سال همچنان حل نشده باقی بود تا اینکه در سال ۱۸۵۶، ککوله^۳ برای آن یک ساختار شش ضلعی منتظم پیشنهاد کرد. در ساختار پیشنهادی ککوله، شش اتم کربن در گوشه‌های یک شش ضلعی منتظم قرار می‌گیرند و هر کربن با یک هیدروژن پیوند دارد. (شکل ۳)

۱- Michael Faraday

۲- Mitscherlich

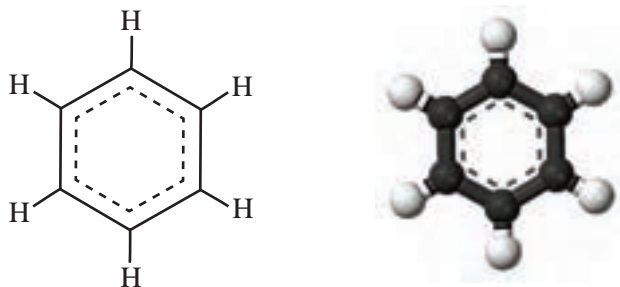
۳- August Kekule

اما این ساختار شش ضلعی، اصل چهار ظرفیتی بودن کربن را که توسط خود ککوله عنوان شده بود، زیر پا می گذاشت. برای تأمین ظرفیت چهارم اتم‌های کربن، ککوله آنها را به طور یک در میان با پیوندهای ساده و دوگانه به یکدیگر متصل کرد. به این ترتیب، ساختارهای زیر به دست آمدند که ما آنها را فرمول‌های ککوله می نامیم. شکل (۴)



شکل ۴- ساختار بنزن، با توجه به چهار ظرفیتی بودن کربن (فرمول‌های ککوله)

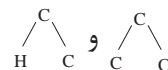
سایر دانشمندان به طور گسترده ساختار پیشنهادی ککوله برای بنزن را پذیرفتند و هنوز هم از آن استفاده می کنند. توجه به این واقعیت‌ها، شیمی‌دانان را به ساختار مولکولی بنزن به صورت شکل (۵) راهنمایی می کند.



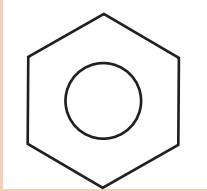
شکل ۵- ساختار مولکولی بنزن

در واقع، به جای آنکه پیوندهای موجود بین اتم‌های کربن در مولکول بنزن به طور یک در میان، یگانه و دوگانه فرض شود، تمام پیوندهای کربن - کربن هم‌ارز و حد واسط بین یک پیوند یگانه و یک پیوند دوگانه (یک‌ونیم پیوند) در نظر گرفته می شود. این فرض، با واقعیت‌های تجربی سازگار است.

بررسی بلورهای بنزن توسط پرتوهای ایکس نشان می دهد که بنزن دارای ساختار یک شش ضلعی منتظم است. طول تمام پیوندهای کربن - کربن در آن، برابر $1/40 \text{ \AA}$ یعنی حد واسط بین طول پیوندهای یگانه کربن-کربن ($1/54 \text{ \AA}$) و طول پیوندهای دوگانه کربن - کربن ($1/34 \text{ \AA}$) است. افزون بر این، زوایای پیوندی برابر 120° اندازه گیری شده اند.



نکته



امروزه برای ساده نویسی، توزیع یکنواخت پیوندها را بین اتم‌های کربن در حلقه بنزن با یک دایره در داخل حلقه شش ضلعی منتظم نشان می‌دهند و اغلب از نوشتن اتم‌های کربن و اتم‌های هیدروژن صرف نظر می‌کنند.



خواص فیزیکی بنزن، بیشتر شبیه خواص فیزیکی هیدروکربن‌های زنجیره‌ای با همان تعداد کربن است. برای مثال، بنزن مایعی بی‌رنگ و ناقطبی است، بنابراین در حلال‌های ناقطبی حل می‌شود اما در آب حل ناپذیر است.

نکته ایمنی

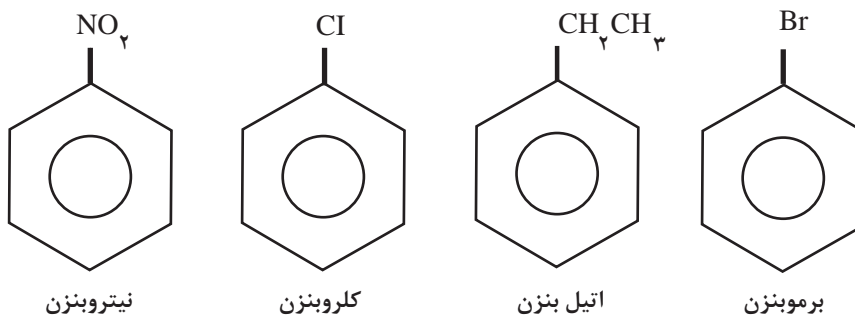


تنفس بخارهای بنزن، موجب گیجی و سردرد می‌شود. مقدار زیاد آن بیهوشی می‌آورد. بخار بنزن، چشم‌ها و اعضای مخاطی را تحریک می‌کند. بنزن مایع از راه پوست جذب می‌شود و ممکن است ایجاد مسمومیت کند. خوردن آن فوق‌العاده خطرناک است. تنفس بخارهای بنزن با غلظت کم ولی برای مدت طولانی، اثرهای نامطلوب از جمله بیماری‌های خونی و حتی مرگ به همراه دارد. ظرف‌های محتوی بنزن و تمام مواد شیمیایی سمی دیگر، باید دارای برچسب هشداردهنده «جمجمه و دو استخوان متقاطع» باشند.



نام گذاری هیدروکربن‌های آروماتیک

۱ در روش نام گذاری آیوپاک، ترکیب مورد نظر را به عنوان مشتق بنزن نام گذاری می‌کنند. یعنی، ابتدا نام گروه جانشین را می‌نویسند و سپس کلمه «بنزن» را به آن می‌افزایند. به نام گذاری‌های زیر توجه کنید:



چرا در نام گذاری بالا موقعیت گروه جانشین با شماره مشخص نشده است؟

فکر کنید ۱





برخی از مشتق‌های بنزن، بیشتر با نام‌های متداول خود نامیده می‌شوند. این نام‌ها هیچ‌گونه اطلاعی در مورد نوع گروه جانشین و ساختار آن در اختیار نمی‌گذارند. به دلیل استفاده از این نام‌ها در اغلب کتاب‌های شیمی، لازم است با نام آنها آشنا باشید. برای مثال، نام ایوپاک و نام متداول چند مشتق بنزن را در جدول (۱) ملاحظه می‌کنید:

جدول ۱- نام ایوپاک و نام متداول چند مشتق بنزن

ساختار	نام ایوپاک	نام متداول	کاربرد
	متیل بنزن	تولوئن	
	وینیل بنزن	استایرن ^۱	

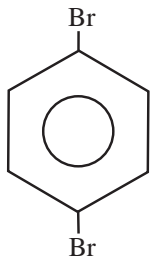
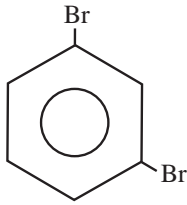
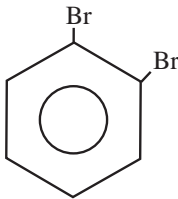
با مراجعه به منابع، کاربردهای تولوئن و استایرن را در جدول (۱) تکمیل کنید.

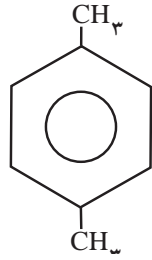
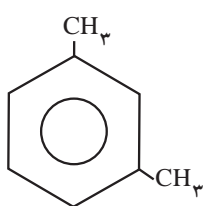
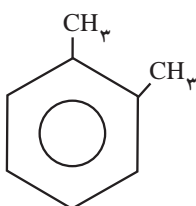
تحقیق کنید
۱



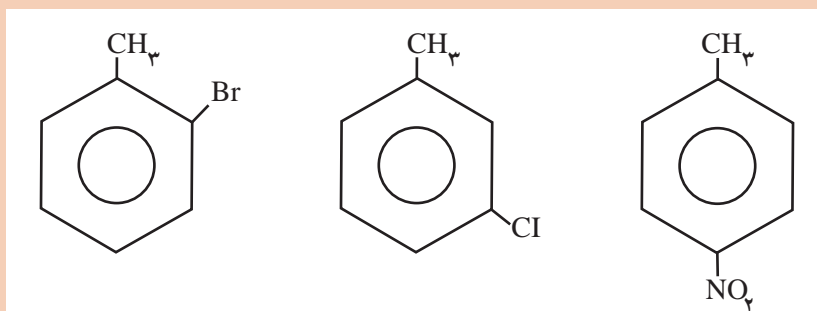
۲ اگر دو اتم یا دو گروه، جانشین دو هیدروژن حلقه بنزن شده باشند، افزون بر نام گروه‌ها باید موقعیت نسبی هر یک را نیز بر روی حلقه بنزن مشخص کنیم. برای مثال به منظور تعیین مواضع نسبی اتم‌های برم، می‌توان از پیشوندهای ارتو - (به جای شماره‌های ۱، ۲-)، متا - (به جای شماره‌های ۱، ۳-) و پارا - (به جای شماره‌های ۱، ۴-) استفاده کرد. به جدول (۲) توجه کنید:

جدول ۲- نام آیوپاک و نام متداول مشتقات بنزن با دو گروه جانشین

			ساختار
۱، ۴- دی برموبنزن	۱، ۳- دی برموبنزن	۱، ۲- دی برموبنزن	نام آیوپاک
پارا- دی برموبنزن	متا- دی برموبنزن	ار تو - دی برموبنزن	نام متداول

			ساختار
۱، ۴- دی متیل بنزن	۱، ۳- دی متیل بنزن	۱، ۲- دی متیل بنزن	نام آیوپاک
پارا - زایلن	متا- زایلن	ارتو - زایلن	نام متداول

اگر یکی از دو گروه جانشین بر روی حلقه بنزن، دارای نام متداول باشد، ترکیب مورد نظر را به عنوان مشتقی از این نام قدیمی نام گذاری می کنند. برای مثال، ترکیب‌های زیر به عنوان مشتق تولوئن نام گذاری شده‌اند:



ارتو- برموتولوئن

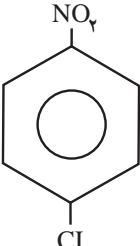
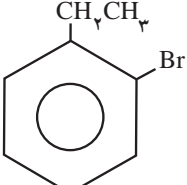
متا- کلروتولوئن

پارا - نیتروتولوئن

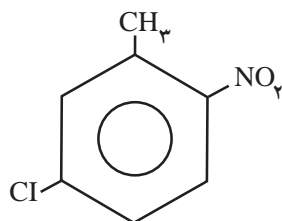
نکته



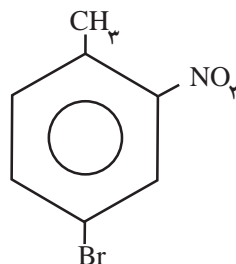
۲ وقتی دو گروه متفاوت بر روی حلقه جانشین شده باشند، شماره گذاری اتم‌های کربن حلقه از گروهی آغاز می‌شود که به ترتیب حروف الفبای لاتین دارای تقدم باشد. نام گروه‌های جانشین نیز به ترتیب حروف الفبای لاتین نوشته می‌شود. به مثال‌های زیر توجه کنید:

نام متداول	نام آیوپاک	ساختار
پارا - کلرونیترو بنزن	۱- کلرو - ۴- نیترو بنزن	
ارتو - برمواتیل بنزن	۱- برمواتیل - ۲- اتیل بنزن	

نکته



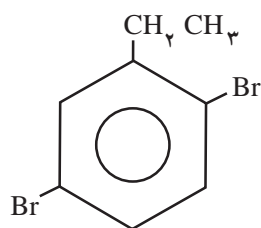
۵- کلرو - ۲- نیترو تولوئن



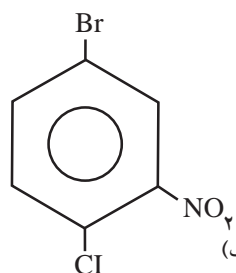
۴- برمواتیل - ۲- نیترو تولوئن

اگر بر روی حلقه بنزن، بیش از دو گروه جانشین وجود داشته باشد، برای مشخص کردن موقعیت‌های نسبی آنها، اتم‌های کربن حلقه به گونه‌ای شماره گذاری می‌شود که مجموع شماره‌های نسبت داده شده به گروه‌های جانشین کوچک‌ترین مقدار باشد (البته ترتیب حروف الفبای لاتین نیز باید رعایت شود).

(این دو ترکیب، به عنوان مشتق تولوئن نام گذاری شده‌اند).



(ب)



(الف)

نام ترکیب‌های زیر را به روش آیوپاک بنویسید.

تمرین ۱





۱ فرمول‌های ساختاری ترکیب‌های زیر را بنویسید:

الف) ۵- برم - ۲- نیترو تولوئن

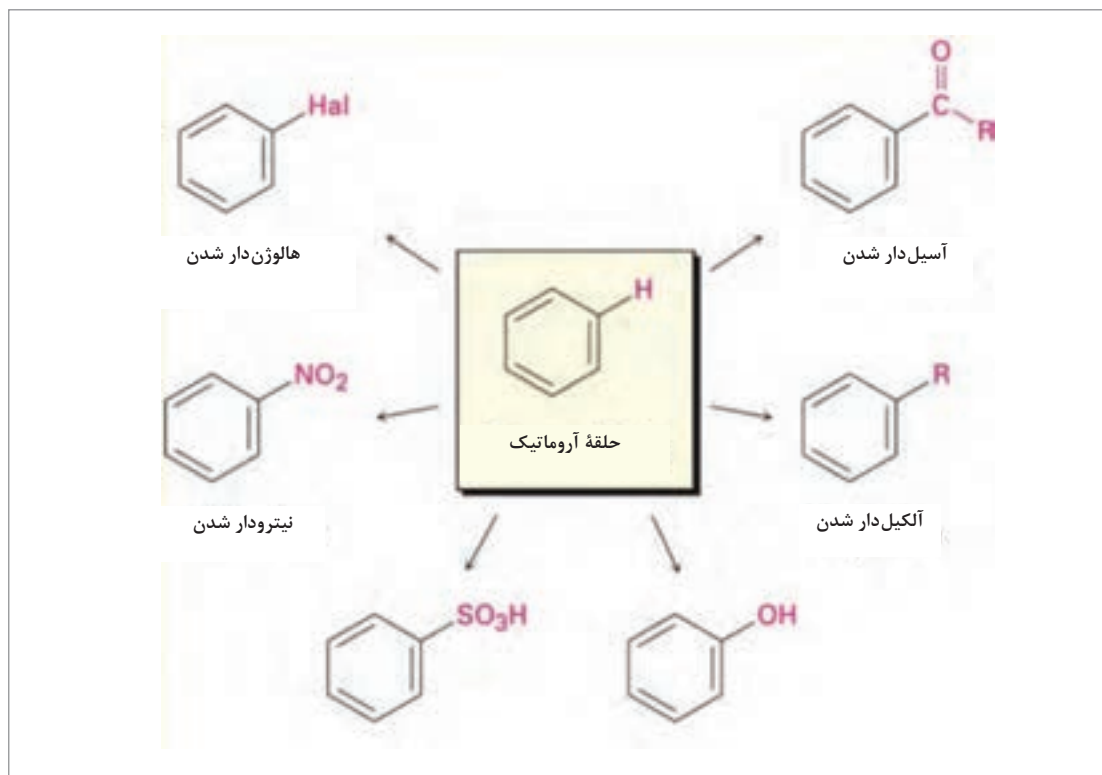
ب) ۱- برم - ۴- کلرو - ۲- نیترو بنزن

۲ چند ایزومر با فرمول مولکولی C_8H_{10} می‌شناسید که دارای حلقه بنزنی باشند؟ نام هر یک را بنویسید.

۳ برای هیدروکربنی با فرمول مولکولی C_9H_{12} ، در مجموع چند ایزومر می‌توانید رسم کنید که از بنزن مشتق شده باشند؟ نام هر یک را بنویسید.

واکنش‌های جاننشینی بنزن و مشتقات آن

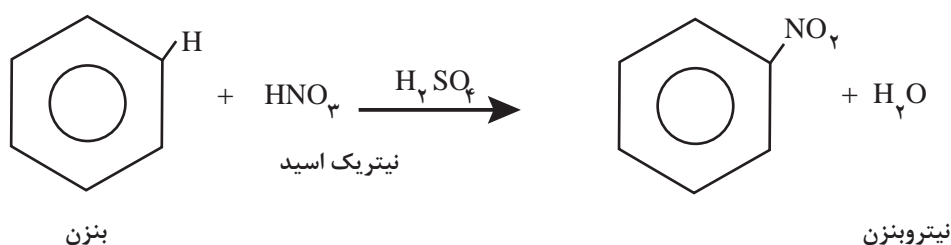
همان‌طور که پیش از این اشاره شد، بنزن C_6H_6 ، یک مولکول سیرنشده است. با وجود این، برخلاف هیدروکربن‌های سیرنشده معمولی (آلکن‌ها و آلکین‌ها)، در برابر بسیاری از واکنش‌گرها برای شرکت در واکنش‌های افزایشی تمایل چندانی از خود نشان نمی‌دهد. اما، در دماهای بالاتر و در مجاورت کاتالیزگرهای مناسب، در واکنش‌های جاننشینی با بیشتر این واکنش‌گرها، شرکت می‌کند. در ادامه چند واکنش جاننشینی بنزن مورد توجه قرار می‌گیرد. شکل (۶) واکنش‌های جاننشینی بنزن را نشان می‌دهد و در ادامه تعدادی از آنها توضیح داده خواهد شد.



شکل ۶- واکنش‌های جاننشینی بنزن

■ نیترودار کردن (نیتراسیون) بنزن

نیترودار کردن بنزن، واکنش بسیار مهمی است و ترکیب‌های سودمندی را تولید می‌کند که دسترسی به آنها از راه‌های دیگر به آسانی امکان‌پذیر نیست. برای نیترودار کردن بنزن، معمولاً از مخلوط نیتریک‌اسید و سولفوریک‌اسید غلیظ استفاده می‌شود. مخلوط این دو اسید را «مخلوط سولفونیتریک» می‌نامند. اگر بنزن را قطره قطره به مخلوط نیتریک‌اسید و سولفوریک‌اسید غلیظ بیفزاییم، مایعی روغنی شکل به رنگ زرد روشن با بوی بادام تلخ، معروف به نیتروبنزن، به‌وجود می‌آید. در این واکنش، یکی از هیدروژن‌های حلقه بنزن توسط گروه نیترو، NO_2^+ ، جانشین می‌شود. به این گونه واکنش‌ها، واکنش جانشینی الکترون دوستی^۱ گفته می‌شود.

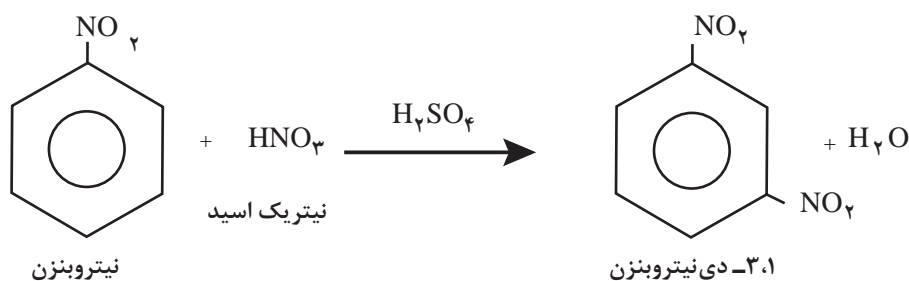


سولفوریک‌اسید به عنوان کاتالیزگر عمل می‌کند.

این واکنش، گونه‌ای از واکنش‌های آلی است که طی آن یکی از اتم‌های متصل به حلقه آروماتیک (معمولاً هیدروژن) جای خود را با یک الکترون دوست (واکنش‌گری که با پذیرفتن یک زوج الکترون پیوندی از یک گروه دیگر با آن تشکیل پیوند می‌دهد) عوض می‌کند.

از نیتروبنزن، برای معطر کردن صابون‌های ارزان قیمت و ساخت مواد آلی مهم دیگر مانند رنگینه‌ها و داروها استفاده می‌شود.

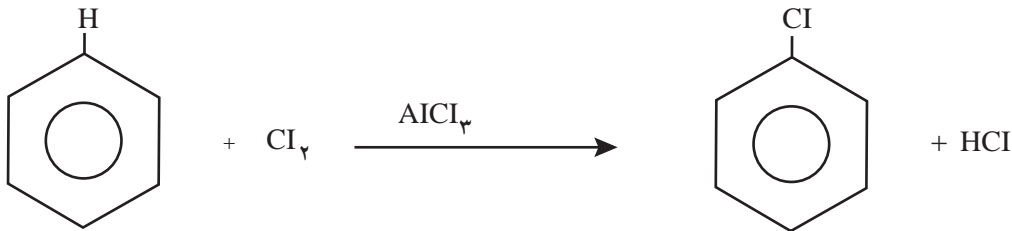
با ادامه عمل نیترودار کردن و جانشین شدن یکی دیگر از هیدروژن‌های حلقه بنزن توسط گروه نیترو، بلورهای ۱،۳-دی‌نیتروبنزن (متا-دی‌نیتروبنزن) به‌وجود می‌آیند. برای اجرای این مرحله از واکنش باید از شرایط سخت‌تر، یعنی اسیدهای غلیظ‌تر و دماهای بالاتر استفاده شود.



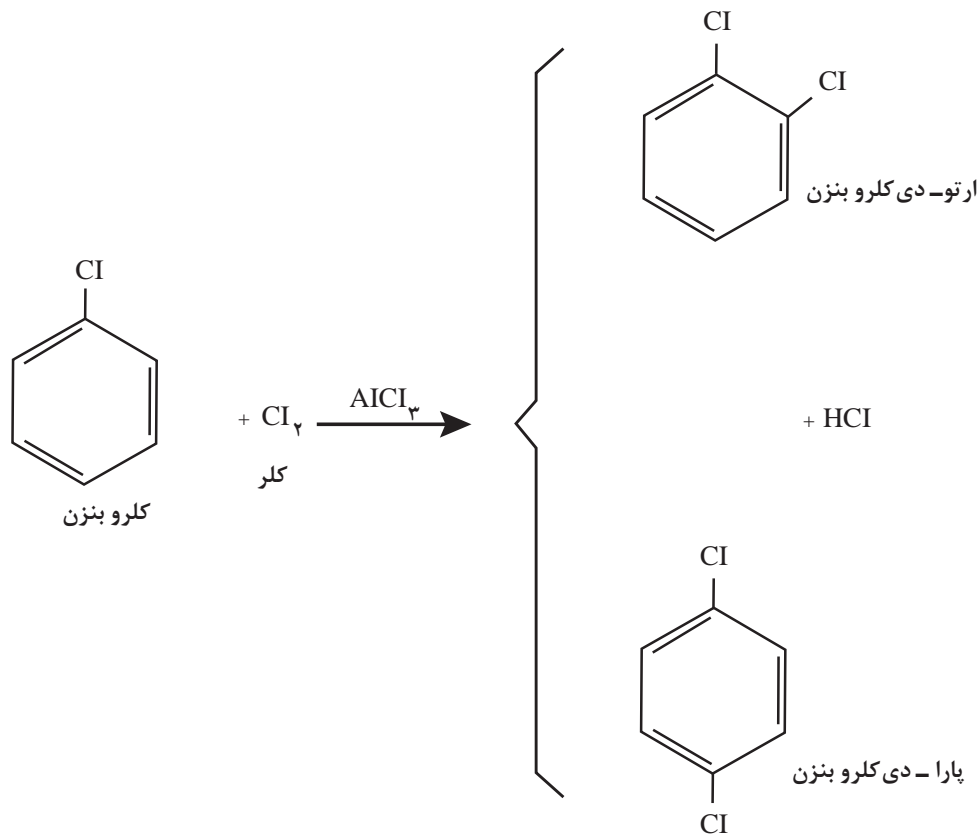
^۱- electrophilic substitution reaction

■ هالوژن دار کردن (هالوژناسیون) بنزن

هنگامی که بنزن را در تاریکی و در دمای معمولی با کلر مخلوط کنید، واکنشی صورت نمی گیرد اما در مجاورت یک کاتالیزگر مناسب، واکنش جانشینی الکترون دوستی انجام می شود، در این واکنش افزون بر کلروبنزن، هیدروژن کلرید نیز به وجود آید.



در واکنش فوق، از آلومینیم کلرید $AlCl_3$ ، به عنوان کاتالیزگر استفاده شده است. نقش آلومینیم کلرید، قطبی کردن مولکول کلر است. با ادامه واکنش کلردار کردن، می توان سایر مشتق های کلردار بنزن مانند دی کلروبنزن، تری کلروبنزن و غیره را نیز به دست آورد.



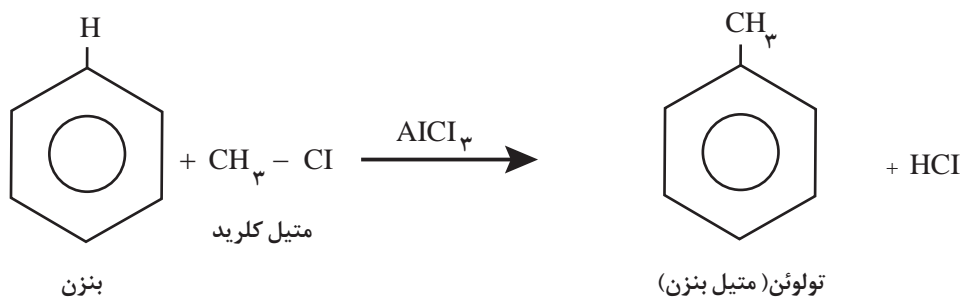
همان طور که نشان داده شده است، در کلردار کردن کلروبنزن، بیشتر مخلوطی از ارتو - و پارا - دی کلرو بنزن به دست می آید



واکنش برم‌دار کردن بنزن را در مجاورت براده آهن با فرمول نشان دهید.

■ آلکیل‌دار کردن بنزن

متیل‌بنزن (تولوئن) و دی‌متیل‌بنزن‌ها (زایلن‌ها) را می‌توان از تقطیر نفت خام به‌دست آورد. با وجود این، هر وقت لازم باشد می‌توان یک گروه متیل (یا هر گروه آلکیل دیگر) را جانشین یکی از هیدروژن‌های حلقه بنزن کرد. برای این کار، از واکنش آلکیل‌دار کردن فریدل - کرافتس^۱ استفاده می‌شود. برای مثال، چنانچه متیل کلرید (کلرومتان، CH_3Cl) را در مجاورت کاتالیزگر آلومینیم کلرید بی‌آب، (AlCl_3)، با بنزن گرم کنند متیل بنزن و هیدروژن کلرید تشکیل می‌شود.



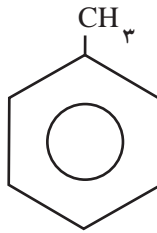
واکنش آلکیل‌دار کردن فریدال - کرافتس، از دیدگاه صنعتی اهمیت فراوان دارد.



واکنش ایزوپروپیل $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ کلرید را در مجاورت آلومینیم کلرید بی‌آب، با بنزن بنویسید.

هیدروکربن‌های هم‌خانواده بنزن

یکی از هیدروکربن‌های هم‌خانواده بنزن، حلالی به نام متیل‌بنزن یا تولوئن است. تولوئن یک هیدروکربن آروماتیک است که منبع طبیعی آن نفت خام است. تولوئن در طول فرایند تولید بنزین و سوخت‌های دیگر از نفت خام، در ساخت کک از زغال‌سنگ و به‌عنوان یک محصول جانبی در تولید استایرن، به‌دست می‌آید.



تولوئن یک حلال بسیار خوب است، زیرا آب‌دوست نیست و می‌تواند بسیاری از ترکیبات آلی را حل کند. تولوئن دارای کاربردهای تجاری و صنعتی متعددی از جمله، حلال در رنگ‌ها، لاک، تینر (رقیق‌کننده رنگ) و چسب است و در فرایندهای صنعت چاپ و صنعت چرم (دباغی چرم) از آن استفاده می‌شود. تولوئن می‌تواند به‌عنوان یک تقویت‌کننده اکتان در سوخت‌های بنزینی در موتورهای احتراق داخلی، مورد استفاده قرار گیرد. تولوئن مطلق نیز می‌تواند به‌عنوان سوخت برای هر دو موتور دو زمانه و چهار زمانه استفاده شود.

خواص فیزیکی تولوئن

خواص فیزیکی تولوئن، مانند خواص فیزیکی بنزن است. تولوئن مایعی بی‌رنگ و حل‌ناپذیر در آب است. اما در حلال‌های آلی حل می‌شود. مانند بنزن، حلال خوبی برای مواد آلی است و به‌عنوان حلال، کاربردش خیلی بیشتر از بنزن و سمیت آن نیز بسیار کمتر از بنزن است.

خواص شیمیایی تولوئن

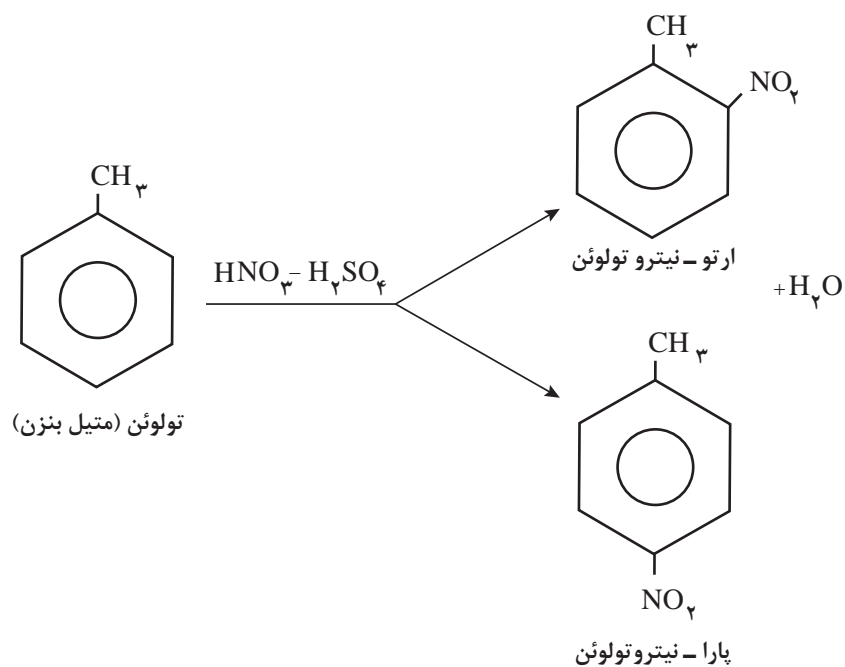
واکنش‌های شیمیایی تولوئن را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:
الف) واکنش‌هایی که بر روی حلقه بنزن اجرا می‌شود.
ب) واکنش‌هایی که بر روی گروه متیل صورت می‌گیرد.

الف) واکنش‌های حلقه بنزن

تولوئن، در تمام واکنش‌های جانمایی الکترون‌دوستی، که پیش از این در مورد بنزن بیان شده است، شرکت می‌کند. برای مثال، تولوئن می‌تواند بر روی حلقه نیترودار، هالوژن‌دار سولفودار و همچنین آلکیل‌دار شود. در تمام این واکنش‌ها، تولوئن فعال‌تر از بنزن عمل می‌کند و واکنش‌های آن سریع‌تر اجرا می‌شود.

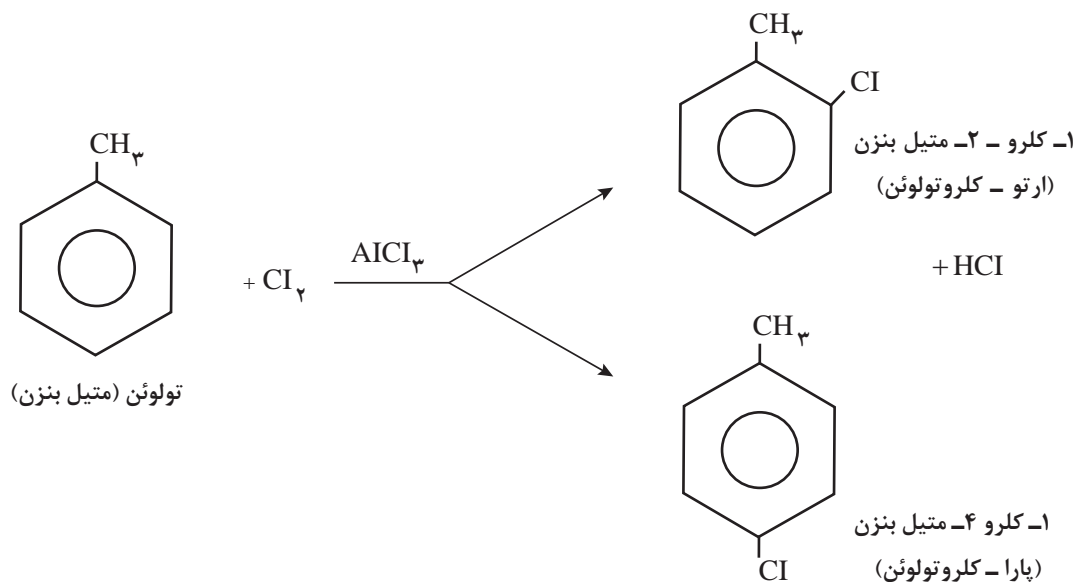
■ نیترودار کردن تولوئن

تولوئن را می‌توان به همان روشی که در مورد بنزن بیان شد، با مخلوط نیتریک اسید و سولفوریک اسید غلیظ، نیترودار کرد. محصول این واکنش مخلوطی از دو ایزومر متیل نیتروبنزن (رتو- و پارا- نیترو تولوئن) است.



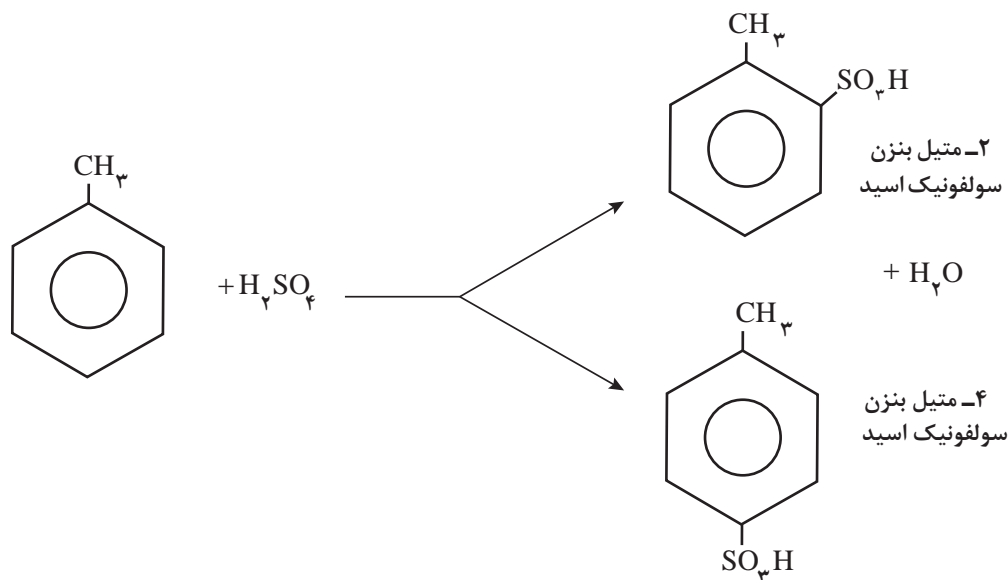
■ کلردار کردن تولوئن:

حلقه بنزن در تولوئن را می توان با عبور دادن گاز کلر از درون مایع آن، در مجاورت آلومینیم کلرید، AlCl_3 ، در تاریکی کلردار کرد. آلومینیم کلرید به عنوان کاتالیزگر عمل می کند. در این مورد نیز مخلوطی از دو ایزومر کلرومتیل بنزن (ارتو - و پارا- کلر و تولوئن) به دست می آید.



■ سولفودار کردن تولوئن

سولفودار کردن با سولفوریک اسید غلیظ نیز به مخلوطی از دو ایزومر (ارتو - و پارا - متیل بنزن سولفونیک اسیدها) منجر می شود:



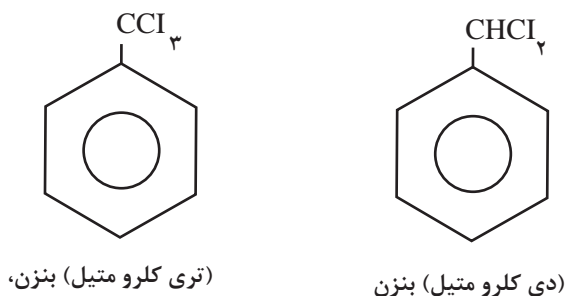
(ب) واکنش های شاخه متیل

گروه متیل در تولوئن در بعضی از واکنش های اختصاصی آلکان ها شرکت می کند. این گروه همچنین در واکنش هایی که در آلکان ها مشاهده نمی شود، شرکت می کند. در این قسمت از هر نوع واکنش یک نمونه مورد بررسی قرار می گیرد. گروه متیل در تولوئن را می توان مانند آلکان ها از طریق رادیکالی، هالوژن دار کرد. برای اجرای این واکنش، گاز کلر را در برابر نور مستقیم خورشید یا در برابر پرتوهای فرابنفش از درون تولوئن جوشان عبور می دهند. توجه داشته باشید که هالوژن دار کردن حلقه بنزن در تولوئن به شرایط تجربی کاملاً متفاوتی نیاز دارد. کلردار کردن گروه متیل در تولوئن را می توان به صورت زیر نشان داد:



۱- گروه -CH₂- را گروه بنزید می نامند.

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در این شرایط گاز کلر بر حلقه اثر ندارد. واکنش آن با گروه متیل مانند واکنش کلر با متان، یعنی از نوع جانشینی رادیکالی است. با ادامه واکنش هالوژن‌دار کردن، ترکیب‌های زیر نیز تشکیل می‌شوند:



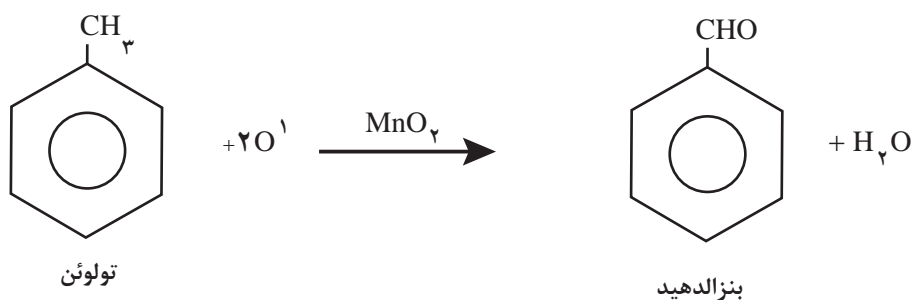
برم‌دار کردن تولوئن نیز، در شرایط مشابه انجام می‌شود و ترکیب‌های برم‌دار مربوط به دست می‌آید.

معادله شیمیایی برم‌دار کردن تولوئن را در برابر پرتوهای فرابنفش، با فرمول نشان دهید و نام ترکیب‌های به دست آمده را بنویسید.

تمرین ۵



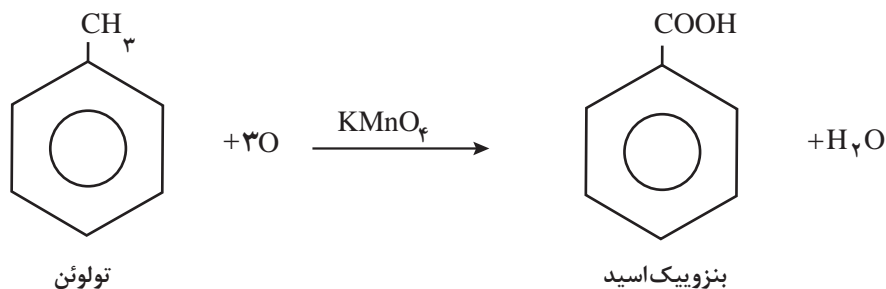
پیش از این دیدید که آلکان‌ها در برابر عوامل اکسیدکننده، حتی اکسیدکننده‌های قوی مانند پتاسیم پرمنگنات، مقاومت می‌کنند اما، شاخه متیل در تولوئن، حتی در برابر عوامل اکسیدکننده نسبتاً ملایم مانند منگنز دی‌اکسید (MnO_2)، اکسید می‌شود!



۱- علامت O نشانه اتم اکسیژنی است که به وسیله محلول MnO_2 (اکسیدکننده) در اختیار تولوئن (اکسید شونده) قرار می‌گیرد.

بودمان چهارم: به کارگیری ترکیبات آلی آروماتیک و اکسیژن دار

در این واکنش اگر از یک اکسیدکننده قوی تر مانند پتاسیم پرمنگنات استفاده شود، عمل اکسایش پیشرفت می کند و بنزوییک اسید به دست می آید:



شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران با دریافت فراورده های نفتی (از قبیل بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره و سوخت جت) از پالایشگاه ها و انتقال آنها به مخازن انبارهای متصل به خطوط لوله در سراسر کشور، تأمین سوخت مایع برخی از نیروگاه ها، فرودگاه ها و بخشی از خوراک صنعت پتروشیمی و در مجموع کنترل شبکه ای را با کارکرد انتقال سالانه بالغ بر ۱۲۳ میلیارد لیتر مواد نفتی از طریق حدود ۱۴ هزار کیلومتر خطوط لوله و ۲۹۳ ایستگاه مخابراتی برعهده دارد.

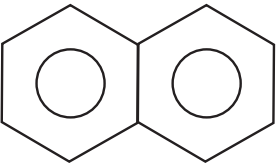
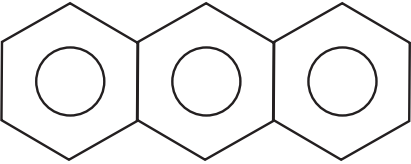
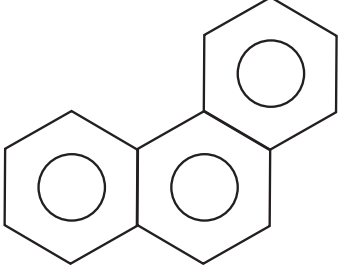
بیشتر بدانید



هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای

در بسیاری از هیدروکربن‌های آروماتیک، دو یا چند حلقه بنزنی به یکدیگر جوش خورده‌اند. به عبارت دیگر، بین دو حلقه در اتم کربن اشتراک وجود دارد. در جدول ۳ چند نمونه از ساده‌ترین و مهم‌ترین هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای معرفی می‌شود.

جدول ۳- کاربرد مهم‌ترین هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای

فرمول ساختاری	نام	مورد استفاده
	نفتالن	به عنوان ضدبید
	آنتراسن	رنگینه‌ها
	فنانترن	رنگینه‌ها، مواد منفجره و ساخت داروها



شکل ۷- نفتالن

این سه هیدروکربن، از قطران زغال‌سنگ به‌دست می‌آید. نفتالن فراوان‌ترین (۵٪) جزء موجود در قطران زغال‌سنگ است. برای جلوگیری از بیدزدگی منسوجات پشمی، اغلب از نفتالن به عنوان ضدبید استفاده می‌شود.

غلظت مجاز نفتالن موجود در هوای محیط کار، ده پی‌پی‌ام است.

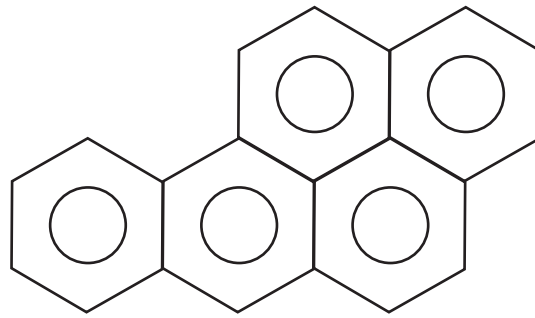
نکته زیست
محیطی



هیدروکربن‌های سرطان‌زا

شمار ترکیب‌هایی که در سال‌های اخیر به‌عنوان سرطان‌زا^۱، شناخته شده‌اند، به سرعت رو به افزایش است. در واقع معلوم شده است سرطان یک بیماری محیطی است، یعنی از محیطی که انسان در آن زندگی می‌کند، نشئت می‌گیرد. همان‌طور که با خشک کردن باتلاق‌ها و از میان بردن پشه‌ها می‌توان بیماری مالاریا و یا تب‌زرد را کنترل کرد، با دور کردن مواد سرطان‌زا از محیط زندگی نیز می‌توان احتمال مبتلا شدن به سرطان را کاهش داد.

بعضی از هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای از سرطان‌زاهای بسیار مؤثر به‌شمار می‌آیند. بنزوپیرن نمونه‌ای از این مواد است (شکل ۸).



شکل ۸- ساختار بنزوپیرن

این هیدروکربن فراورده سوخت ناقص مواد آلی مانند زغال‌سنگ، نفت، توتون و غیر آنهاست. از این رو، در محیط زندگی بسیار پراکنده است و می‌تواند یکی از علت‌های مهم مبتلا شدن انسان به سرطان باشد. بیشتر پژوهش‌های انجام شده در زمینه چگونگی اثرگذاری مواد سرطان‌زا، بر هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای متمرکز شده است.

هنگامی که یک جسم خارجی وارد بدن می‌شود بدن سعی می‌کند آن را بیرون براند. اگر حل‌پذیری جسم در آب کم باشد، بدن ابتدا آن را به موادی که حل‌پذیری آنها در آب زیاد است تبدیل می‌کند و سپس به دفع آن می‌پردازد. گمان می‌رود ترکیب‌های واسطه به‌وجود آمده از متابولیسم هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک سرطان‌زای واقعی باشند.

ترکیب‌های آلی اکسیژن دار

تعداد ترکیب‌های آلی بسیار زیاد است؛ از این رو مطالعه یک‌یک آنها ناممکن و بسیار دشوار است. برای سادگی مطالعه ترکیب‌های آلی، آنها را به خانواده‌های گوناگون طبقه‌بندی می‌کنند. اعضای هر خانواده دارای یک گروه ساختاری مشترک است. این گروه ساختاری را «گروه عاملی» می‌نامند. هر گروه عاملی، اتم یا مجموعه‌ای از اتم‌هاست که خواص معینی به مولکول می‌بخشد. ترکیب‌هایی که دارای یک نوع گروه عاملی هستند، در واکنش‌های شیمیایی به یک شکل رفتار می‌کنند. در اینجا چند خانواده مهم از ترکیب‌های آلی اکسیژن دار به اختصار معرفی می‌شود.

۱- Carcinogenic

جدول (۴)، فرمول عمومی چند خانواده مهم از ترکیبات آلی اکسیژن دار را نشان می دهد.
جدول ۴- دسته بندی ترکیب های آلی بر مبنای گروه های عاملی

کاربرد معمولی ترکیب	نام ترکیب	ترکیب نمونه	نام دسته	فرمول کلی اعضای دسته
حلال	دی کلرومتان (متیلن کلرید)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	آکیل هالید	R-X
حلال	متانول (الکل چوب)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	الکل	R-OH
حفاظت کننده	متانال (فرمالدهید)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	آلدهید	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$
سرکه	اتانوئیک اسید (استیک اسید)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	کربوکسیلیک اسید	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$
حلال	پروپانون (استون)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	کتون	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$
بیهوش کننده	دی اتیل اتر (اتیل اتر)	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$	اتر	R-O-R'
حلال در لاک ناخن	اتیل اتانوات (اتیل استات)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	استر	$\text{R}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'$
چرم سازی	متیل آمین	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{N} \\ \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	آمین	$\text{R}-\text{N} \begin{array}{l} \diagup \text{H} \\ \diagdown \text{H} \end{array}$
ماده نرم کننده پلاستیک ها	استامید	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N} \begin{array}{l} \diagup \text{H} \\ \diagdown \text{H} \end{array}$	آמיד	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N} \begin{array}{l} \diagup \text{H} \\ \diagdown \text{H} \end{array}-\text{R}'$

R نمایندهٔ یک H یا یک گروه هیدروکربن مانند CH_2 - یا C_2H_5 - موسوم به آلکیل است. R' گروه دیگر متفاوت یا یکسان با R است.

الکلها

فکر کنید ۲

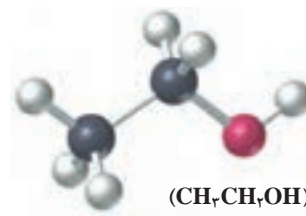
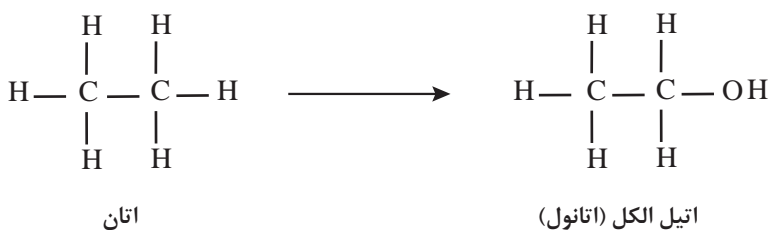
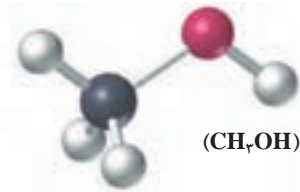
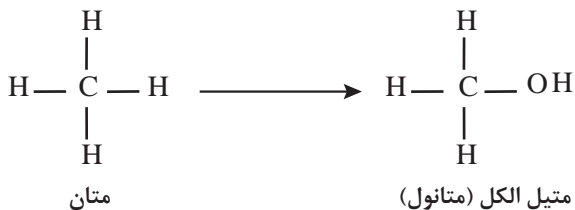


چرا از اتانول به‌عنوان یک حلال، در عطرها استفاده می‌شود؟



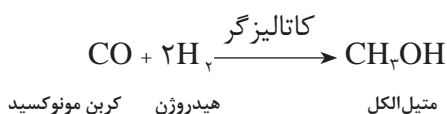
اگر یکی از هیدروژن‌های هیدروکربن سیرشده، برای مثال متان، CH_4 ، یا اتان، C_2H_6 ، به‌وسیلهٔ یک گروه هیدروکسیل (-OH) جانشین شود، الکل به‌دست می‌آید. گروه -OH را که در تمام الکل‌ها وجود دارد، «عامل الکی» می‌نامند.

متیل الکل، ($\text{CH}_3\text{-OH}$) و اتیل الکل ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH}$) هر دو دارای گروه عاملی -OH هستند. این گروه عاملی را می‌توان در الکل‌های دیگر نیز مشاهده کرد. بنابراین وجه تشابه تمام الکل‌ها گروه عاملی -OH است.



تفاوت الکل‌های گوناگون با یکدیگر در بنیان هیدروکربنی آنها است. بنیان هیدروکربنی در متیل الکل گروه متیل، CH_3- ، و در اتیل الکل گروه اتیل، $(\text{CH}_2\text{CH}_3-)$ است. اگر الکل به خصوصی مورد نظر نباشد، می‌توان گروه هیدروکربنی را با $\text{R}-$ نشان داد. در این صورت، آن را «گروه آلکیل» می‌نامیم. برای اساس، فرمول عمومی الکل‌ها به صورت $\text{R}-\text{OH}$ نوشته می‌شود که از دو بخش «گروه عاملی $-\text{OH}$ » و «بنیان هیدروکربنی $\text{R}-$ » تشکیل شده است.

متانول (متیل الکل) ساده‌ترین الکل است که آن را «الکل چوب» نیز می‌نامند. زیرا در گذشته متیل الکل را از گرما دادن چوب، در ظرف‌های سربسته، تا دمای 30°C به دست می‌آوردند. امروزه متیل الکل را از واکنش کربن مونوکسید، CO ، با هیدروژن، H_2 ، در مجاورت کاتالیزگرهای مناسب تهیه می‌کنند.

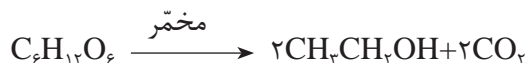


نکته ایمنی

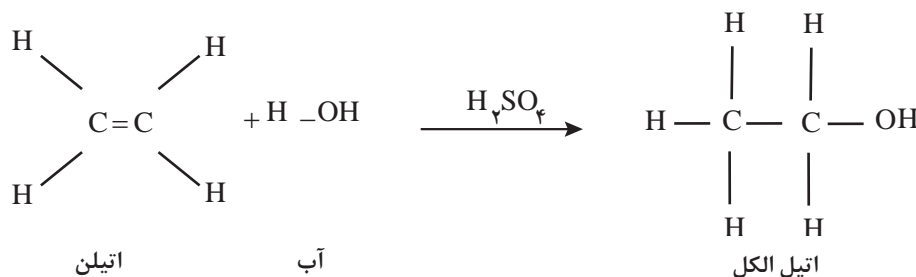


متیل الکل، بسیار سمی است. اگر خورده شود، موجب کوری و حتی مرگ می‌شود.

اتانول (اتیل الکل): چند هزار سال است که این الکل را از تخمیر مواد قندی (مانند آب انگور، نشاسته و...) تهیه می‌کنند. هم‌اکنون نیز بخش بزرگی از اتیل الکل مورد نیاز از این راه تهیه می‌شود. در این روش، گلوکز حاصل از مواد قندی به کمک مخمر، به اتیل الکل و کربن دیوکسید، CO_2 ، تجزیه می‌شود.



اتانول مورد مصرف در صنعت را معمولاً از واکنش افزایشی آب با اتیلن در مجاورت کاتالیزگرهای اسیدی، مانند سولفوریک اسید، H_2SO_4 ، تهیه می‌کنند.



الکل طبی در حدود ۵٪ آب دارد. این الکل در کارهای پزشکی و در سنتزهای آزمایشگاهی کاربرد دارد. اتیل الکل مورد استفاده برای کارهای صنعتی در حدود ۵٪ متیل الکل (سمی)، ۵٪ پیریدین (یک ماده سمی و بدبو) و یک ماده رنگی مانند بنفش متیل، به اتیل الکل می‌افزایند تا با الکل طبی تفاوت داشته باشد و به آسانی تشخیص

داده شود. الکل صنعتی بسیار ارزان تر از الکل طبی است. همان گونه که اشاره شد، متیل الکل و پیریدین بسیار سمی هستند و با تقطیر ساده نمی توان آنها را از اتیل الکل جدا کرد. بعضی از الکل ها دارای دو یا چند عامل الکلی هستند. «گلیکول» یک الکل دو عاملی است و در رادیاتور خودروها به عنوان ضدیخ مصرف می شود. محلول ۵۰٪ آن در آب در 34°C - منجمد می شود. گلیسرول یا گلیسرین دارای سه عامل الکلی است و از آبکافت چربی ها به دست می آید. این الکل در تهیه مواد آرایشی، ماده منفجره «نیتروگلیسرین» و مواد پلاستیک کاربرد دارد.

بیشتر بدانید



رازی، ابوبکر محمد بن زکریا

رازی، شیمیدان، داروساز، داروشناس، پزشک، فیزیکیان و فیلسوف ایرانی در ری زاده شد. وی پدرش را در جوانی از دست داد. پس به شغل زرگری روی آورد و پس از زمان کوتاهی توانست شیمیدان، داروساز و داروشناس ماهری شود.

رازی علم کیمیا را پیش از تحصیل در پزشکی فرا گرفت. او یکی از کیمیاگرانی است که به بحث های نظری و عملی پرداخته است. رساله های شیمیایی او در واقع، نخستین کتاب های علمی شیمی به شمار می روند. طبقه بندی مواد توسط وی از دیدگاه علم شیمی و نه از دیدگاه کیمیا، کار پرارزشی بوده است.



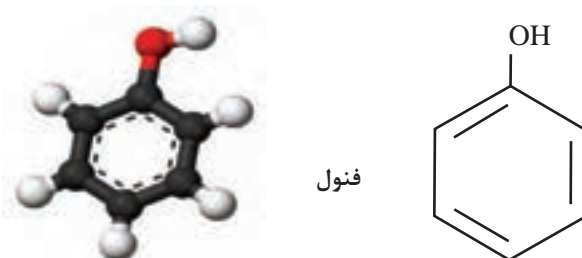
کتاب سرالاسرار از مهم ترین کتاب های رازی است. وی در این کتاب، شیمی را به زبان کیمیاگران بیان کرده است. به طور کلی، سرالاسرار کتابی در شیمی و شناخت داروهاست که به چندین زبان خارجی ترجمه شده است. رازی برای نخستین بار هیدروکلریک اسید را از حرارت دادن نشادر (آمونیم کلرید) به دست آورد و آن را جوهر نمک نامید. همچنین برای نخستین بار الکل (اتانول) را از تقطیر شراب به دست آورد و آن را «الکهل» نامید.

بیشتر بدانید



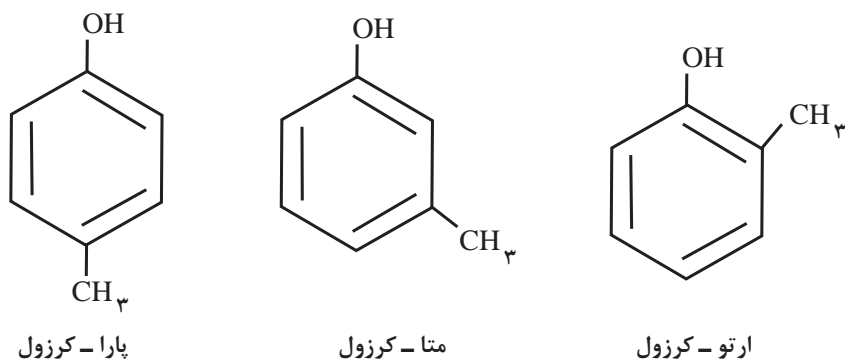
در کشورهای پیشرفته برای تولید اتانول، ذرت را به طور گسترده ای کشت می کنند و از آن برای سوخت خودرو استفاده می کنند. سوخت ساخته شده از مواد گیاهی، با استفاده از مخمر یا باکتری، «سوخت زیستی» نامیده می شود.

فنول‌ها



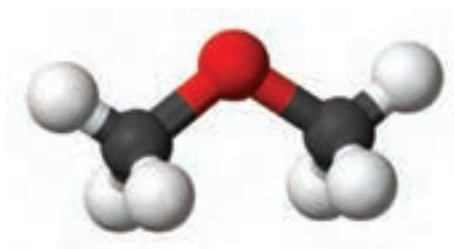
اگر یکی از هیدروژن‌های حلقهٔ بنزن با گروه هیدروکسیل (-OH) جانشین شود، «فنول» به دست می‌آید. فنول معمولی یک جامد بلوری و ضدعفونی‌کننده و میکروب‌کش است، اما به پوست آسیب می‌رساند و سوختگی‌های شدید ایجاد می‌کند.

در صنایع شیمیایی به عنوان مادهٔ اولیه برای فنول تهیهٔ رنگینه، دارو و مواد پلاستیک کاربرد دارد. از جمله فنول‌های دیگر کرزول‌ها^۱ (متیل فنول‌ها) هستند که در صنایع شیمیایی به عنوان ضدعفونی‌کننده ماده اولیه مصرف می‌شوند:



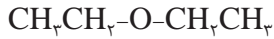
اترها

اگر در مولکول آب، هر دو اتم هیدروژن با بنیان‌های هیدروکربنی برای مثال گروه متیل (-CH_3)، یا گروه اتیل، ($\text{-CH}_2\text{CH}_3$) جانشین شود، «اتر» به دست می‌آید. در اترها یک اتم اکسیژن، به دو اتم کربن پیوند



بودمان چهارم: به کارگیری ترکیبات آلی آروماتیک و اکسیژن دار

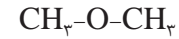
خورده است. به مثال های زیر توجه کنید:



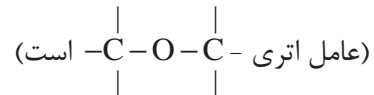
دی اتیل اتر



اتیل متیل اتر

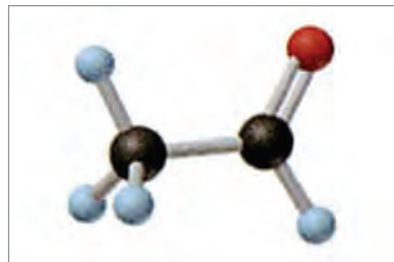
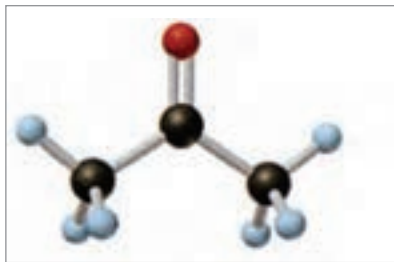


دی متیل اتر

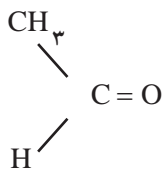


دی اتیل اتر یا اتر معمولی متداول ترین اترهاست. در گذشته از آن به عنوان ماده هوش بر (بیپوش کننده) استفاده می شد، اما چون با اکسیژن هوا در برابر جرقه یا شعله، مخلوط های منفجر شونده تشکیل می دهد، امروزه به جای آن از اترهای دیگر، مانند اتران^۱ و ایزوفلوران^۲ استفاده می شود.

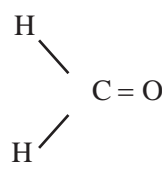
آلدهیدها و کتون ها



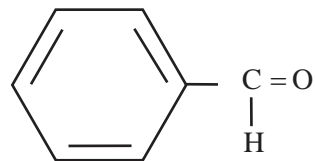
گروه عاملی در آلدهیدها و کتون ها گروه کربنیل، است. گروه کربنیل $\text{C}=\text{O}$ در آلدهیدها به اتم هیدروژن و یک بنیان هیدروکربنی (مثلاً گروه متیل - CH_3) متصل است (در فرمالدهید، دو اتم هیدروژن با گروه کربنیل پیوند دارند).



استالدهید (اتانال)



فرمالدهید (متانال)



بنزالدهید

فرمالدهید یکی از متداول ترین آلدهیدهاست که بوی تند و نافذ دارد. محلول ۴۰٪ فرمالدهید در آب را «فرمالین^۳» می نامند. از این محلول برای نگهداری اعضای بدن در آزمایشگاه یا نگهداری جانوران کوچک در موزه ها استفاده می شود، زیرا از رشد باکتری ها جلوگیری می کند. در تهیه مواد پلاستیک و چسب نیز کاربرد دارد.

۱- $\text{CHCl}_2\text{CF}_2 - \text{O} - \text{CHF}_2$ اتران

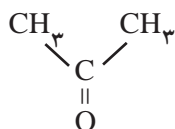
۲- $\text{CF}_3\text{CHCl} - \text{O} - \text{CHF}_2$ فلوران

۳- Formaline

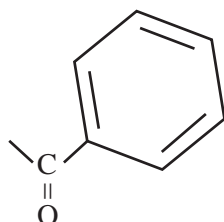


در مورد نکات ایمنی کار با فرمالین گزارشی تهیه کنید و آن را در کلاس ارائه دهید.

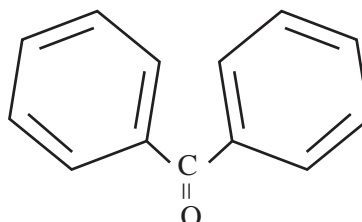
گروه عاملی در کتون‌ها نیز مانند آلدهیدها گروه کربنیل است، با این تفاوت که به دو بنیان هیدروکربنی (مانند دو گروه متیل) متصل است. به این مثال‌ها توجه کنید:



استون
(دی‌متیل‌کتون)



استوفنون
(متیل‌فنیل‌کتون)



بنزوفنون
(دی‌فنیل‌کتون)

استون یا دی‌متیل‌کتون یکی از متداول‌ترین کتون‌هاست که حلال چربی‌ها، بعضی از مواد پلاستیک و بسیاری از مواد آلی دیگر نیز هست.



زمانی که بدن شما قادر نباشد انرژی کافی را از قندها به دست آورده و از چربی‌ها برای تأمین انرژی مورد نیاز خود استفاده کند، ماده‌ای به نام کتون ساخته می‌شود. هنگامی که انسولین کافی برای ورود گلوکز (قند) به درون سلول‌ها وجود نداشته باشد، بدن به اجبار چربی‌ها را می‌شکند و از آنها به عنوان منبع انرژی خود استفاده می‌کند. با آزاد شدن چربی‌ها مواد کتونی در کبد تولید و وارد جریان خون می‌شود. این مواد که سمی هستند، در خون بالا رفته و در ادرار دفع می‌شوند. مقادیر بالای مواد کتونی به پیدایش وضعیت بیماری خطرناکی منجر می‌شود که به آن «کتواسیدوز» گفته می‌شود.



با اطلاعاتی که تاکنون از ساختار یک ترکیب آلی به دست آورده‌اید، درباره چاشنی دارچین چه می‌توانید بگویید؟

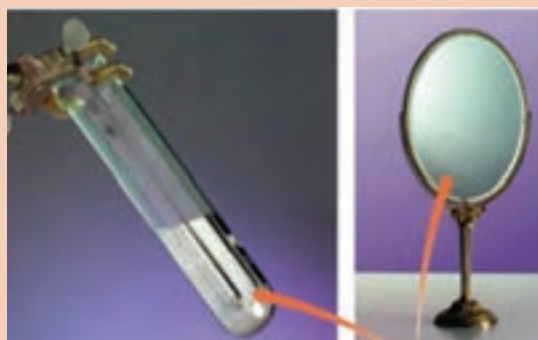
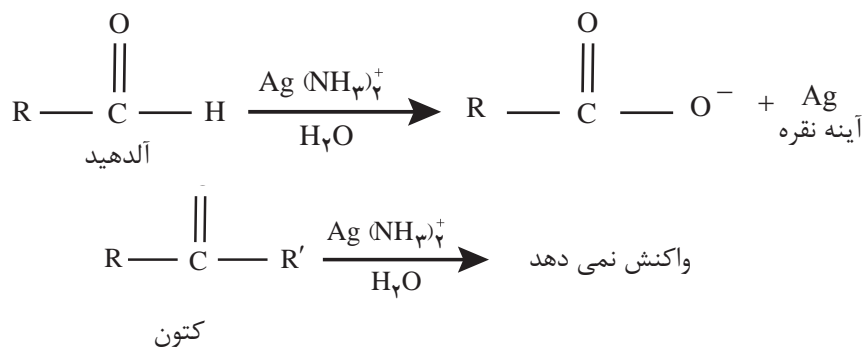




تشخیص آلدهیدها از کتون‌ها (اکسایش آلدهیدها)

آزمون تولن (آزمون آینه نقره)

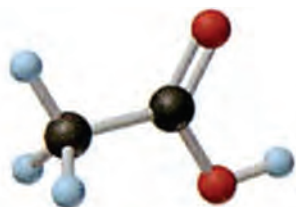
در آزمایشگاه، از آزمون برای تشخیص میان آلدهید و کتون استفاده می‌شود. واکنشگر تولن محلولی از Ag^+ ($AgNO_3$) و آمونیاک است که آلدهیدها (و نه کتون‌ها) را اکسید می‌کند. یون‌های نقره به نقره فلزی کاهش یافته و بر روی دیواره داخلی ظرف، لایه‌ای موسوم به «آینه نقره» تشکیل می‌دهد.

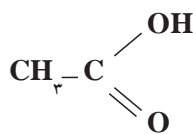


آزمون تولن برای تشخیص آلدهیدها از کتون‌ها استفاده می‌شود. کتون‌ها به واکنشگر تولن پاسخ مثبت نمی‌دهند.

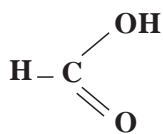
اسیدهای آلی

گروه عاملی در اسیدهای آلی گروه کربوکسیل است که به صورت $\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ || \\ \text{O} \end{array}$ یا COOH نشان داده می‌شود. مزه ترش بسیاری از میوه‌ها ناشی از وجود کربوکسیلیک اسید در آنهاست. برای مثال، پرتقال، لیموترش و نارنگی دارای سیتریک اسید (جوهر لیمو) هستند. به این مثال‌ها توجه کنید (شکل ۹) و (جدول ۵).

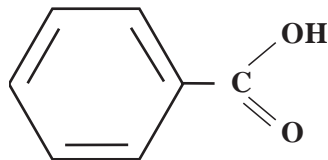




استیک اسید



فرمیک اسید



بنزویک اسید



شکل ۹- چند نمونه اسید آلی

جدول ۵- ساختار چند اسید آلی و نقطه جوش آنها

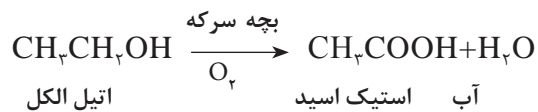
نام اسید	متانوئیک اسید	اتانوئیک اسید	پروپانوئیک اسید	بوتانوئیک اسید
فرمول	HCOOH	CH ₃ COOH	C ₂ H ₅ COOH	C ₃ H ₇ COOH
فرمول ساختاری	$\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$	$\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \\ \text{H} \end{array}$	$\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array}$	$\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \\ \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array}$
تعداد اتم‌های کربن	۱	۲	۳	۴
نقطه جوش °C	۱۰۱°C	۱۱۸°C	۱۴۱°C	۱۶۴°C

فرمیک اسید

ساده‌ترین اسید آلی است که در آن گروه کربوکسیل به یک اتم هیدروژن متصل شده است. این اسید در نیش مورچه و در بعضی حشرات دیگر وجود دارد و بخشی از ماده التهاب‌آوری است که هنگام نیش‌زدن این حشرات موجب خارش در بدن می‌شود.

استیک اسید

متداول‌ترین اسیدهای آلی است. ترشی سرکه ناشی از وجود استیک اسید در آن است. از این رو استیک اسید را «جوهر سرکه» می‌نامند. سرکه را از اکسایش محلول‌های رقیق الکلی در مجاورت نوعی باکتری موسوم به «بچه سرکه» تهیه می‌کنند. در این عمل اتیل‌الکل به استیک اسید اکسید می‌شود:



در مورد خواص و کاربرد بنزوئیک اسید گزارشی تهیه کنید و آن را در کلاس ارائه دهید؟



بعضی از اسیدهای آلی در زنجیره هیدروکربنی خود ۱۶ یا ۱۸ اتم کربن دارند. این اسیدها را «اسید چرب» می نامند، زیرا در ساختار روغن ها و چربی های نباتی و جانوری وجود دارند (شکل ۱۰).

$C_{15}H_{31}-COOH$ پالمیتیک اسید (در روغن خرما)

$C_{17}H_{35}-COOH$ استئاریک اسید (در پیه)

$C_{17}H_{33}-COOH$ اولئیک اسید (در روغن زیتون)

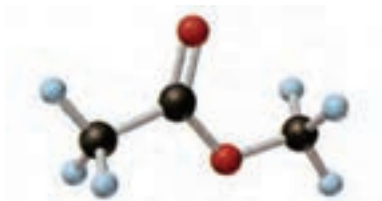


شکل ۱۰- چند نمونه اسید چرب

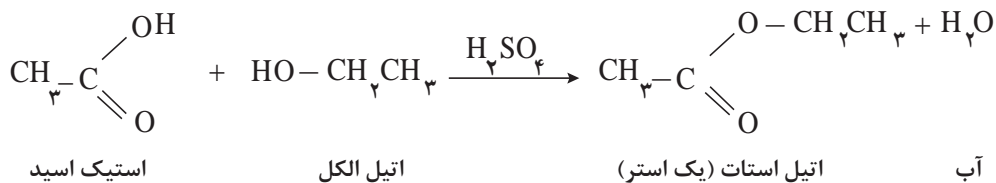
با بررسی فرمول اسیدهای چرب در شکل ۱۰، در هر کدام مشخص کنید اسید چرب سیرشده است یا سیرنشده؟



استرها



عامل شیمیایی در استرها به صورت $\begin{matrix} OR^- \\ | \\ -C \\ || \\ O \end{matrix}$ نشان داده می شود. برای تهیه استرها می توان از واکنش یک اسید آلی (مانند استیک اسید) با یک الکل (اتیل الکل) در مجاورت کاتالیزگرهای اسیدی (سولفوریک اسید) استفاده کرد:









این واکنش را «استری شدن» می نامند.



بوی خوشایند بسیاری از میوه‌ها و گل‌ها ناشی از وجود نوعی استر در آنهاست.

برای نمونه بو و طعم سیب مربوط به استرهای طبیعی است، در حالی که در شامپوها از استر مصنوعی استفاده می‌شود.

جدول ۶- بعضی از الکل‌ها، اسیدها و استرهای حاصل از آنها

بوی استر	استر	اسید	الکل
	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{CH}_3$ <p>ایزوپنتیل استات</p>	CH_3COOH <p>استیک اسید</p>	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ <p>ایزوپنتیل الکل</p>
	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - (\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ <p>ایزوپنتیل پنتانوات</p>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ <p>پنتانوئیک اسید</p>	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ <p>ایزوپنتیل الکل</p>
	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3 - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - (\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ <p>بوتیل بونانوات</p>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ <p>بوتانوئیک اسید</p>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$ <p>n-بوتیل الکل</p>
	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{CH}_2\text{CH}_3$ <p>ایزوبوتیل پروپیونات</p>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ <p>پروپیونیک اسید</p>	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$ <p>ایزوبوتیل الکل</p>
	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3) - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{H}$ <p>ایزوبوتیل فرمات</p>	HCOOH <p>فرمیک اسید</p>	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$ <p>ایزوبوتیل الکل</p>
	$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ <p>بنزیل بوتانوات</p>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ <p>بوتانوئیک اسید</p>	$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ <p>بنزیل الکل</p>

بودمان چهارم: به کارگیری ترکیبات آلی آروماتیک و اکسیژن دار

روغن‌ها و چربی‌های نباتی و جانوری نیز استر هستند. این استرها از واکنش اسیدهای چرب (اسیدهایی که در مولکول خود ۱۶ یا ۱۸ اتم کربن دارند) با گلیسرین (الکل سه‌عاملی) به وجود آمده‌اند. اسیدهای چرب ممکن است سیرشده یا سیرنشده باشند. اگر اسیدچرب موجود در مولکول استر سیر نشده باشد، استر موردنظر را «روغن» می‌نامند. روغن‌ها (استرهای سیرنشده) زودتر از چربی‌ها (استرهای سیرشده) در برابر هوا فاسد می‌شوند، از این رو، روغن‌ها را در برابر کاتالیزگر نیکل با هیدروژن واکنش می‌دهند تا دوام بیشتری داشته باشد.

هنگامی که از چربی‌های سیرشده یا سیرنشده برای پختن استفاده می‌شود، دما نباید به حد نقطهٔ دود آنها برسد، زیرا در چنین شرایطی مواد سمی تولید می‌شود.

نکته



اگر روغن‌ها و چربی‌ها را با محلول سدیم هیدروکسید گرم کنند، به صابون (نمک سدیم اسیدهای چرب) و گلیسرول (گلیسرین) تبدیل می‌شود. این عمل را «صابونی شدن» می‌نامند.

معادله واکنش صابونی شدن را با جست‌وجو در منابع قابل دسترس بنویسید.

تحقیق کنید
۴



روغن زیتون و سرکه چه ساختاری دارند؟

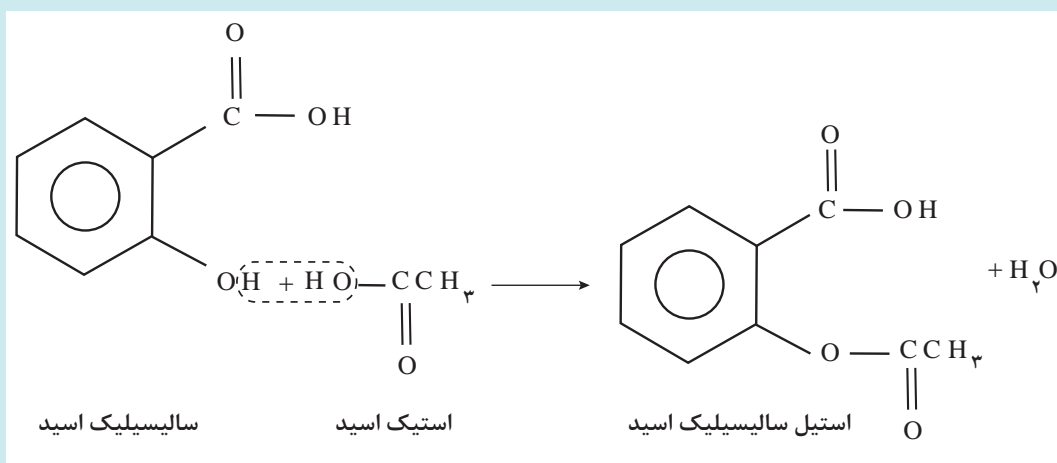
تحقیق کنید
۵



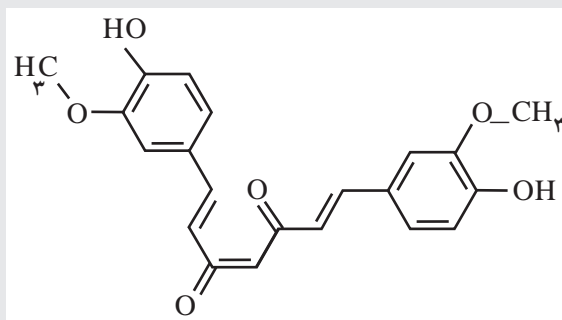
شیمی آلی در میز غذا



آسپرین، یک استر بسیار مهم است که از واکنش سالیسیلیک اسید و استیک اسید می‌شود و آن را در بسیاری موارد به عنوان ضد درد (تسکین دهنده) مصرف می‌کنند.



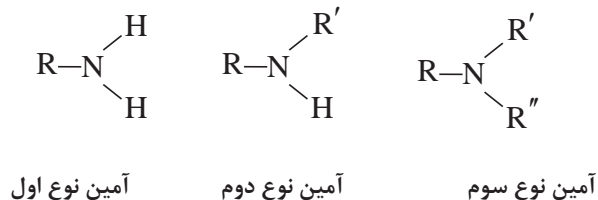
کورکومین^۱ یا دی‌فرلوئیل متان جزء فعال ادویه زردچوبه و خواص ضدالتهابی دارد. همچنین یک پاداکسنده^۲ قوی است و خاصیت ضدسرطانی نیز دارد. با توجه به تصویر چه بخش‌هایی از ساختار آن را می‌شناسید؟




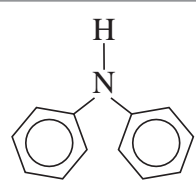
۱- Curcumin
۲- Antioxidant

آمین‌ها

هرگاه به جای یک هیدروژن آمونیاک، یک بنیان آلی قرار گیرد، «آمین نوع اول» و هرگاه به جای دو یا سه هیدروژن آمونیاک، دو یا سه بنیان آلی قرار گیرد، «آمین نوع دوم یا سوم» نامیده می‌شود که در آن R' ، R'' و R''' گروه‌های مختلف هیدروکربنی هستند.



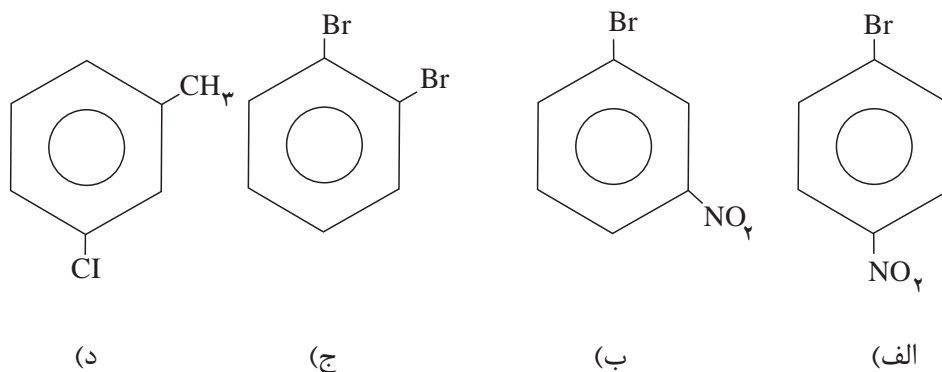
جدول ۷- چند نمونه آمین

فرمول	نام متداول	نوع
CH_3NH_2	متیل آمین	اول
$CH_3CH_2NH_2$	اتیل آمین	اول
$(CH_3)_2NH$	دی متیل آمین	دوم
$(CH_3)_3N$	تری متیل آمین	سوم
	آنیلین	اول
	دی فنیل آمین	دوم

آمین‌ها در تولید دارو و تولید رنگینه‌هایی که از آنها به‌طور گسترده در صنعت رنگرزی استفاده می‌شود، کاربرد دارند. همچنین در صنایع، به‌منظور حذف گازهایی مانند کربن دی‌اکسید و هیدروژن سولفید، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پرسش‌های پایانی

۱ نام ترکیب‌های زیر را بنویسید.



۲ فرمول‌های ساختاری ترکیب‌های زیر را رسم کنید.

- (الف) ۲، ۴، ۶-تری‌نیتروتولوئن
 (ب) ۴-کلرو-۳-نیتروتولوئن
 (ج) پارا-کلرونیتروبنزن
 (د) ۱-برمو-۳-کلرو-۵-یدو بنزن
 (ه) ۴-ایزوپروپیل‌تولوئن
 (و) ۱-فلوئورو-۲، ۴-دی‌نیتروبنزن

۳ ایزومرهای ممکن برای ترکیب‌های زیر را رسم کنید و نام هریک را بنویسید:

(الف) تری‌نیتروبنزن (ب) برمو نیتروتولوئن

۴ نام تمام ترکیب‌های آروماتیکی (مشتق شده از بنزن) را که دارای فرمول مولکولی C_8H_4Br و C_7H_7Br هستند، را بنویسید.

۵ متیل‌الکل را متانول و اتیل‌الکل را اتانول نیز می‌نامند. از پروپان چه الکی مشتق می‌شود؟ آیا از این هیدروکربن تنها یک الکل مشتق می‌شود: نام الکی یا الکل‌های مشتق شده از پروپان را بنویسید.

۶ استیک اسید یک اسید ضعیف است. با وجود این، در بسیاری از واکنش‌های خود مانند اسیدهای معمولی عمل می‌کند. معادله واکنش استیک اسید را با سدیم کربنات و سدیم هیدروکسید بنویسید.

۷ چرا روغن‌ها را باید در ظرف‌های دربسته نگه داشت تا فاسد نشوند؟

بودمان چهارم: به کارگیری ترکیبات آلی آروماتیک و اکسیژن دار

۸ کدام یک از فرمول‌های ساختاری زیر فرمول یک الکل، یک کربوکسیلیک اسید و یک آلدهید است؟



۹ استتاریک اسید یک اسید سیرشده زنجیری با ۱۸ اتم کربن است، که در شمع‌سازی (شمع بی‌اشک) از آن استفاده می‌شود. ساختار استتاریک اسید را رسم کنید.

جدول ارزشیابی پودمان به کارگیری ترکیبات آروماتیک و آلی اکسیژن دار

نمره	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	عنوان پودمان فصل	
۳	<ul style="list-style-type: none"> ■ آروماتیک های چند حلقه را شرح دهد. ■ ساختار چربی ها و واکنش صابونی شدن را بنویسد. 	بالاتر از حد انتظار		به کارگیری ترکیبات آروماتیک	ترکیبات آلی آروماتیک و اکسیژن دار	
۲	<ul style="list-style-type: none"> ■ ساختار بنزن و مشتق های ساده آن را بررسی کند. ■ گروه های عاملی رادر ترکیبات اکسیژن دار و نیتروژن دار تشخیص دهد. ■ روش تهیه و کاربرد چند ترکیب اکسیژن دار نمونه را شرح دهد. 	در حد انتظار		ترکیبات آروماتیک، ترکیبات آلی اکسیژن دار و آمین ها را از روی ساختار و خواص آنها تشخیص دهد.		به کارگیری ترکیبات آلی اکسیژن دار و نیتروژن دار
۱	موارد بالا را با بیش از یک اشتباه انجام دهد.	پایین تر از حد انتظار				
				نمره مستمر از ۵		
				نمره شایستگی پودمان از ۳		
				نمره پودمان از ۲۰		

پودمان پنجم

کسب اطلاعات فنی



کسب اطلاعات فنی از منابع غیرفارسی باهدف یادگیری همیشگی و توسعه مهارت‌های کسب شده از ضروریات پیشرفت در کسب و کار موفق است.

وَمِنْ آيَاتِهِ خَلْقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافُ أَلْسِنَتِكُمْ وَالْوَأْنِكُمْ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّلْعَالَمِينَ
و از نشانه‌های او آفرینش آسمان‌ها و زمین، و تفاوت زبان‌ها و رنگ‌های شماست؛ در این، نشانه‌هایی است
برای اهل دانش.

And of Allah's Signs of Power is the creation of the heavens and the earth and also the variation of the languages and the colour of you people; verily, in all these are Signs for men of knowledge.

Surah Ar-Rum [22] - Al - Qur'an al - Kareem



Part One

Chemical industries

Match the pictures with phrases.



A. 1 Water purification



B. 2 Drug



C. 3 Oil, gas and petrochemicals



D. 4 Agriculture

Chemical industries

The chemical industry includes all the manufacturing plants that convert raw materials (oil, natural gas, air, water, metals, and minerals) into more than 70,000 different chemical products. This industry has influenced all aspects of our life including Transportation, Agriculture, Environment, Hygiene, and so on. It has also significantly used in re-cycling that helps in utilizing the waste materials, and gives one more life-cycle for the products.

Iran: A land of opportunity

Iran is the 18th largest country of the world. It stretches from the Caspian Sea in the north to the Persian Gulf in the south. Iran is one of the world's major countries in oil export and it is rich

in natural resources. It is bordered to the north by Armenia, Azerbaijan, and Turkmenistan, to the east by Afghanistan and Pakistan, to the south by Persian Gulf and the Gulf of Oman, and to the west by Iraq and Turkey (Fig. 1).



Fig. 1: Map of Iran

Read and According to the below text, answer the following questions.

Economy and demographics	Iran's petrochemical industry
<p>Second largest economy in the Middle East and North Africa, after Saudi Arabia</p>	<p>Second-largest gas reserves globally, 34 trillion cubic feet</p>
<p>Production capacity expected to reach 180 million tons (mt) per year by 2025</p>	<p>4.8 percent of the global petrochemical market</p>
<p>Population 80.8 million</p>	<p>Controlled by the National Petrochemical Company (NIPC)</p>
<p>High levels of education - 71 percent of 18-24 year olds are enrolled in tertiary education</p>	<p>52 petrochemical plants with a total production capacity of about 60 mt and an output of 51 mt (2018)</p>
<p>Diversified economy - 18th largest automaker in the world - 14th largest steel producer - largest telecom market in the Middle East</p>	<p>Production capacity expected to reach 180 mt per year by 2025</p>
	<p>Key export products - methanol, olefins, polyolefins, ammonia, monoethylene glycol (MEG) and para-xylene</p>

A. Choose the best answer.

- Iran is (the first/the second) largest economy in the Middle East and North Africa.
- In Iran, (population/ production capacity) is expected to reach 180 mt/y by 2025.

B. True/ False

- Iran's petrochemical industry is the largest gas reserves globally. -----
- Key export products of Iran are methanol, urea, polyolefins, ammonia, monoethylene glycol (meg) and para-xylene. -----

Structure of the chemical industry:

Raw materials are converted into products for other industries and consumers.

Basic raw materials can be divided into:

- ❖ Organic, and
- ❖ Inorganic.

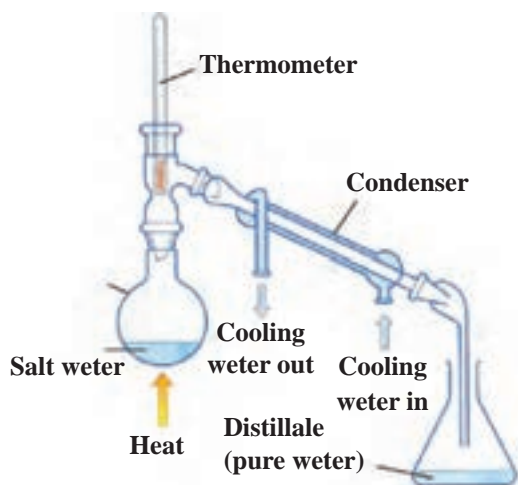
Inorganic raw materials include:

- ✓ Air
- ✓ Water, and
- ✓ Minerals.

Fossil fuels and biomass belong to the class of organic raw materials.

As you know, Chemical industry converts raw materials into different products. This is done by various physical and chemical processes such as distillation, extraction, filtration, and etc.

Match the pictures with the words and phrases.



A.

1 Crystallization



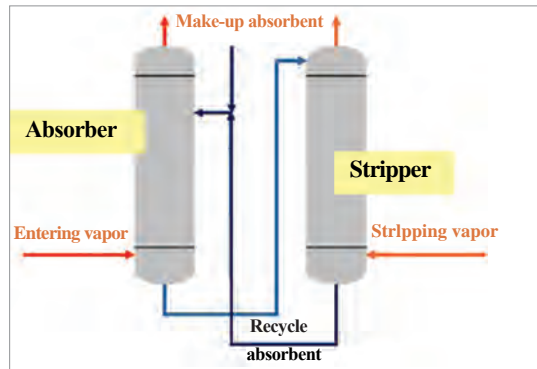
B.

2 Distillation



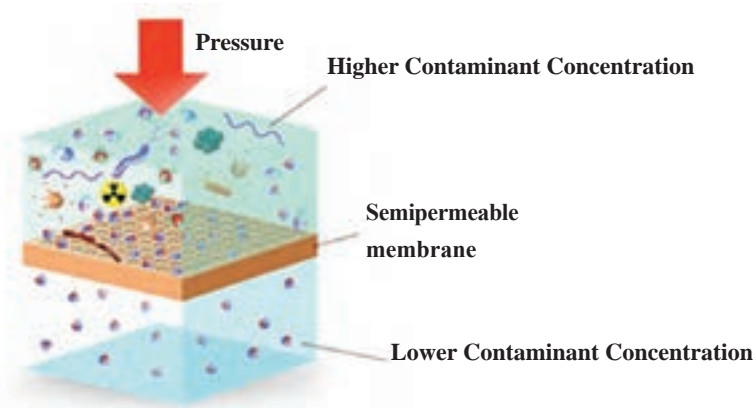
C.

3 Membrane processes



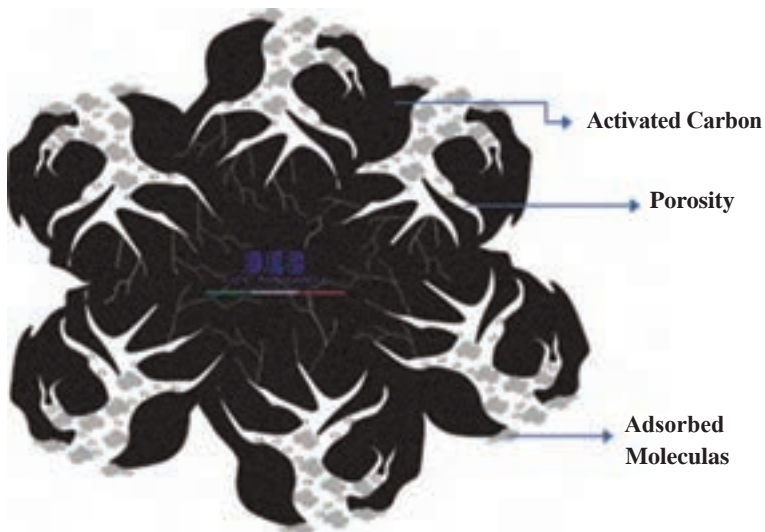
D.

4 Adsorption



E.

5 Absorption and stripping



F.

6 Extraction

Traditional chemical engineering processes

Chemical products are made by a combination of processes that include synthesis, separation, and purification. The traditional chemical engineering methods of separation and purification include distillation, crystallization, adsorption, membrane processes, absorption and stripping, and extraction. These technologies are briefly described below.

Distillation

Distillation is by far the most widely used separation process for fluid mixtures (mostly liquids) that can be vaporized. Distillation is a process for isolating components from a mixture based on differences in boiling points. In this process, vapors are generated from mixtures by heating and are then condensed into liquid products.

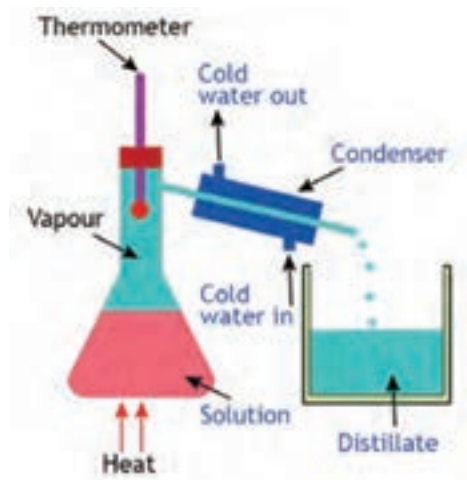


Fig.2: Distillation

Distillation processes are widely used for the separation of organic chemicals and for the separation of gases, usually at cryogenic temperatures, as in the production of oxygen and nitrogen from air (Fig.3).

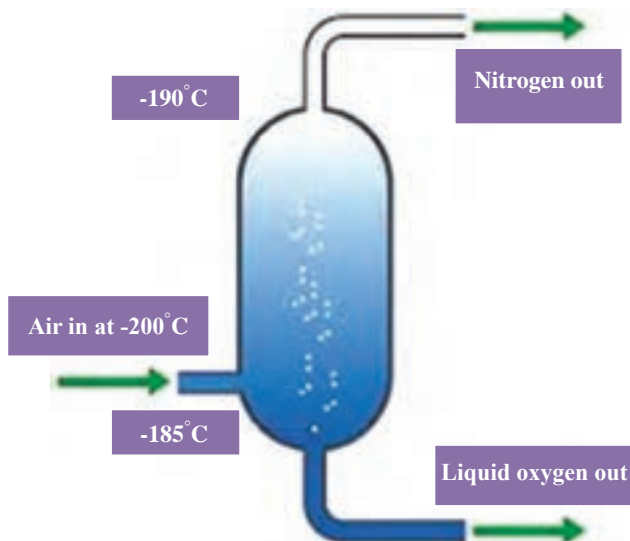


Fig.3: The production of oxygen and nitrogen from air

Crystallization

know more

Crystallization is one of the oldest unit operations in the separation techniques used for industrial and laboratory processes. Crystallization is used to achieve several functions: separation, purification, concentration, solidification, and the production of a crystal. Because the heat of crystallization is typically much lower than the heat of vaporization, considerable energy savings can be realized in applications where crystallization is an effective means of separation.

Solutes can be recovered from solutions by reducing the solubility through cooling, heating, evaporation, chemical reaction, or by adding a nonsolvent to the mixture.

Different steps of crystallization are shown in Fig. 4.

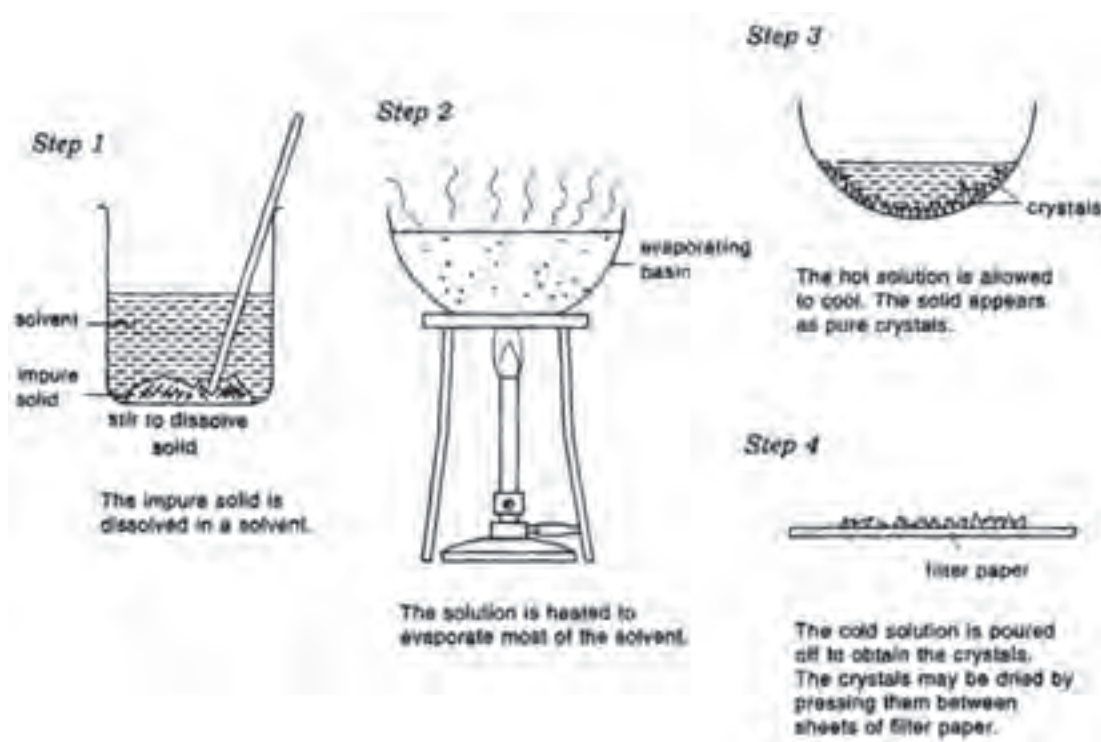


Fig.4: Crystallization

Adsorption

Adsorption is the adhesion of atoms, ions or molecules from a gas, liquid or dissolved solid to a surface. This process creates a film of the adsorbate on the surface of the adsorbent (Fig.5).

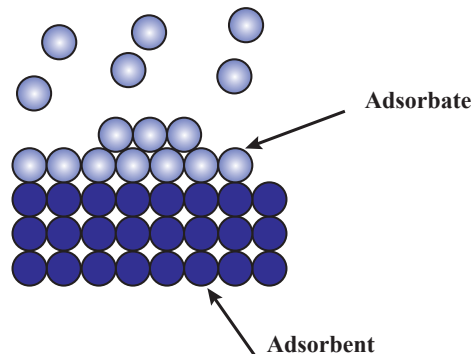


Fig.5: Adsorption process

This process differs from absorption (Fig. 6). Adsorption is a surface-based process while absorption is the process in which a fluid is dissolved by a liquid or a solid (absorbent).

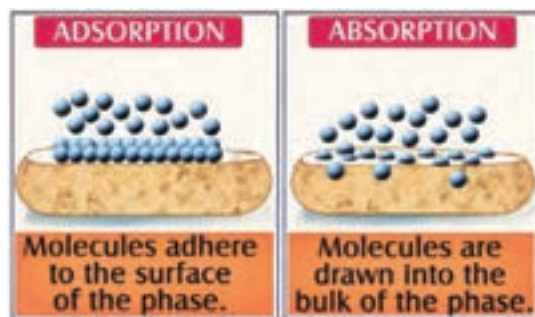


Fig 6: Adsorption and absorption

The adsorption separation process is necessarily cyclic, alternating between adsorption and desorption. Desorption can be accomplished by increasing the temperature, reducing the pressure, or a combination of both.

Membrane processes

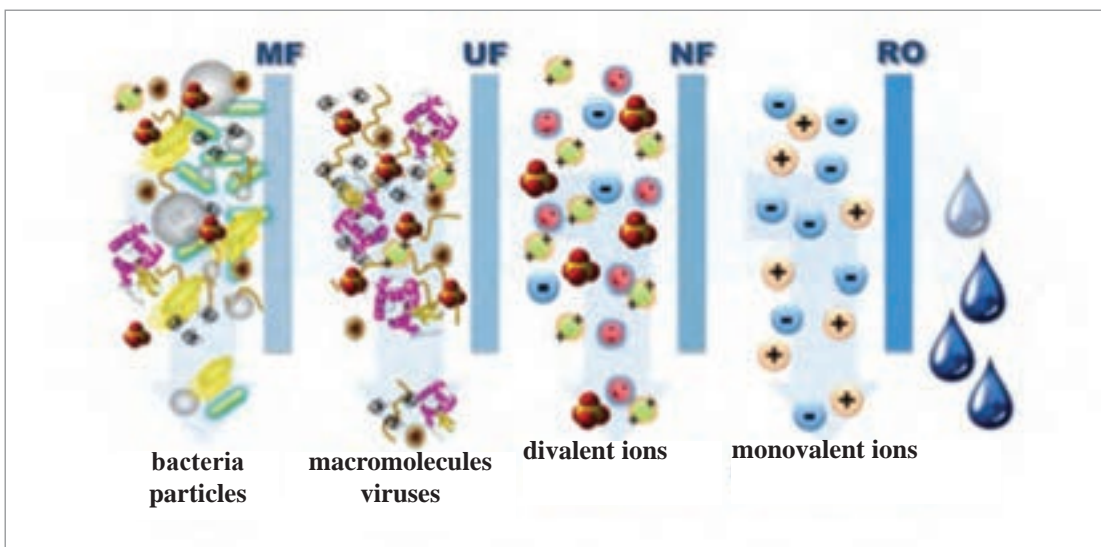
Separation processes involving membranes require two bulk phases that are physically separated by a third phase, the membrane. In all membrane processes, the feed is separated into two phases: the materials that go through the membrane and the portion of the feed retained by the membrane.

Note: Membrane processes typically do not involve a phase change and therefore do not involve a specific heat of vaporization (like distillation) or a specific heat of crystallization (like crystallization). Because there is no phase change, highly selective membranes can complete separations with considerably less energy than other methods.

Types of membrane processes are:

- ✓ Microfiltration (MF)
- ✓ Ultrafiltration (UF)
- ✓ Nanofiltration (NF)
- ✓ Reverse osmosis (RO)
- ✓ Dialysis /Electrodialysis (ED)

- Look and then answer the questions with your own knowledge.



Membrane processes

- 1 Which filtration system is good for drinking water? (RO/MF)
- 2 Which filtration system is not commonly used for distilled water? (MF/None of them)
- 3 Which filtration system is suitable for deionized water? (All of them/RO)

Absorption and stripping

Absorption refers to the transfer of one or more components of a gas phase to a liquid phase in which the gas phase is soluble. Stripping is exactly the reverse, the transfer of a component from a liquid phase in which it is dissolved to a gas phase (Fig. 7). There are three types of absorption processes: separation based on physical solution; separation based on reversible chemical reaction; and separation based on irreversible chemical reaction. Absorption processes require the generation of extensive areas of liquid surfaces in contact with gas phases.

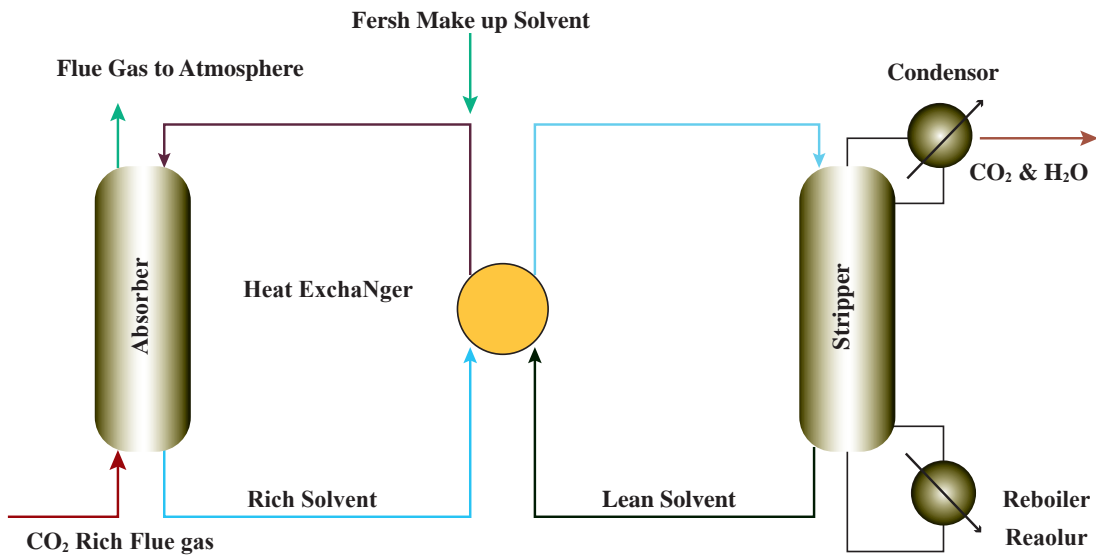


Fig.7: Absorption and stripping

Extraction

Liquid - liquid extraction is a separation technique involving two immiscible liquid phases. During liquid-liquid extraction, the solvent phase, extracts the solutes from the other liquid phase (Fig.8).

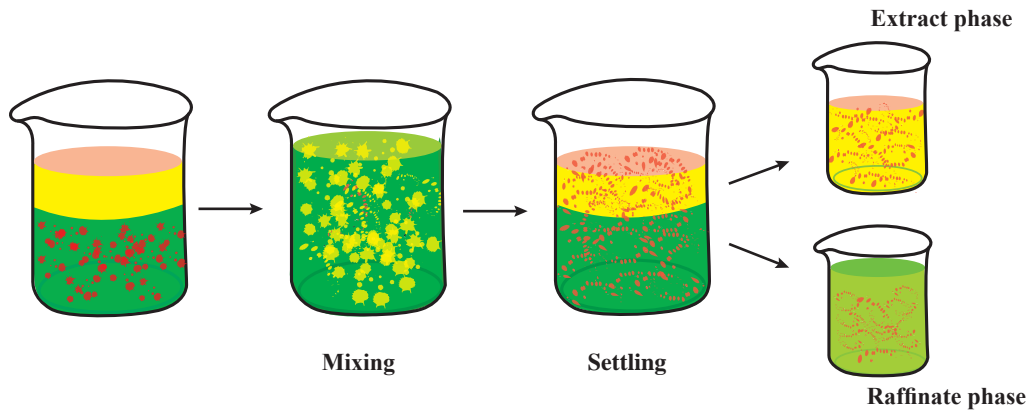
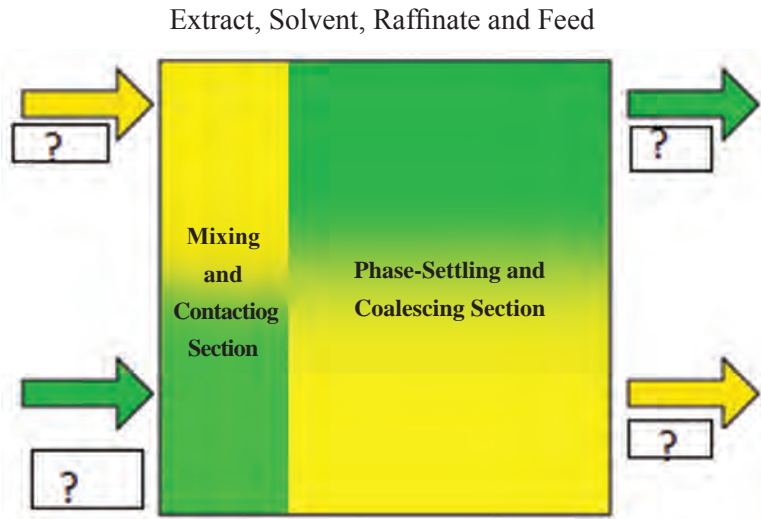


Fig.8: Extraction

Solvent recovery and raffinate cleanup follow the separation. There is usually more than one possible method of purifying the solvent and raffinate phases and, therefore, process design is important.

Fill in the blanks with the given words.



Mostly the chemical industry (Fig. 9) concentrates on producing polymers, and plastics. They are not only used in packing, but also in numerous other applications, like wiring, furniture, clothing, home decorations and electronics. PVC piping, water tanks, huge storage containers are made out of plastics.



Fig.9: A chemical plant

Branches of various chemical industries are:

- Oil, gas and petrochemicals
- Water, soil and air purification
- Food, and drug,
- Soaps and detergents
- Fertilizers and pesticides
- Mineral products
- . . .

Part Two

Air purification

Match the pictures with phrases.



A.

1 Burning waste



B.

2 Vehicular emissions



C.

3 Air purification



D.

4 Air pollution



E.

5 Household combustion devices



F.

6 Forest fires

Air purification

Air pollution has grown up to be a serious problem for both people and governments since it disturbs sustainable development along with threatening people's health. Vehicular emissions and industrial fossil fuel consumption can affect the regional air quality. High population density, rapid urbanization, and economic growth have been found to be the main reasons behind the global problem of increasing air pollution.

Air pollution is referred to as contamination of indoor or outdoor environment by any chemical, physical or biological agent that modifies the natural characteristics of the atmosphere. Household combustion devices, motor vehicles, industrial facilities and forest fires are common sources of air pollution. Pollutants of major public health concern include particulate matter, carbon monoxide, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Outdoor and indoor air pollution cause respiratory and other diseases, which can be fatal.

Note: Particle pollution, also called particulate matter or PM, is a mixture of solids and liquid droplets floating in the air. Particles less than or equal to 10 micrometers in diameter are so small that they can get into the lungs, potentially causing serious health problems (Fig.10).

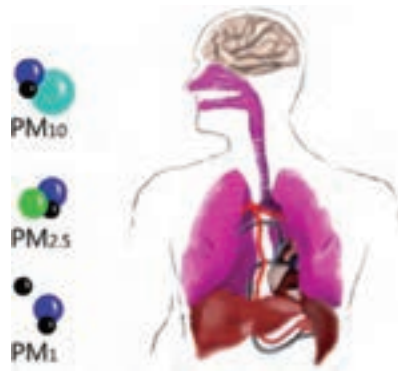


Fig.10: Particles less than or equal to 10 micrometers in diameter can get into the lungs.

- Use the appropriate phrases in parentheses.



Clean air



Polluted air

- Which one is better? (Clean air/Polluted air)
- (Clean air/Polluted air) is synonym of fresh air.
- (Clean air/Polluted air) is opposite of fresh air.

Note: Iran shut primary schools in Tehran and other parts of the country on Sunday due to air pollution (Fig. 11).



Fig.11: Air pollution in Tehran

Every year, Tehran suffers some of the worst air pollutions in the world when cool temperatures cause an effect known as "temperature inversion". The phenomenon creates a layer of warm air above the city that traps pollution from its more than eight million cars and motorbikes (Fig. 12).

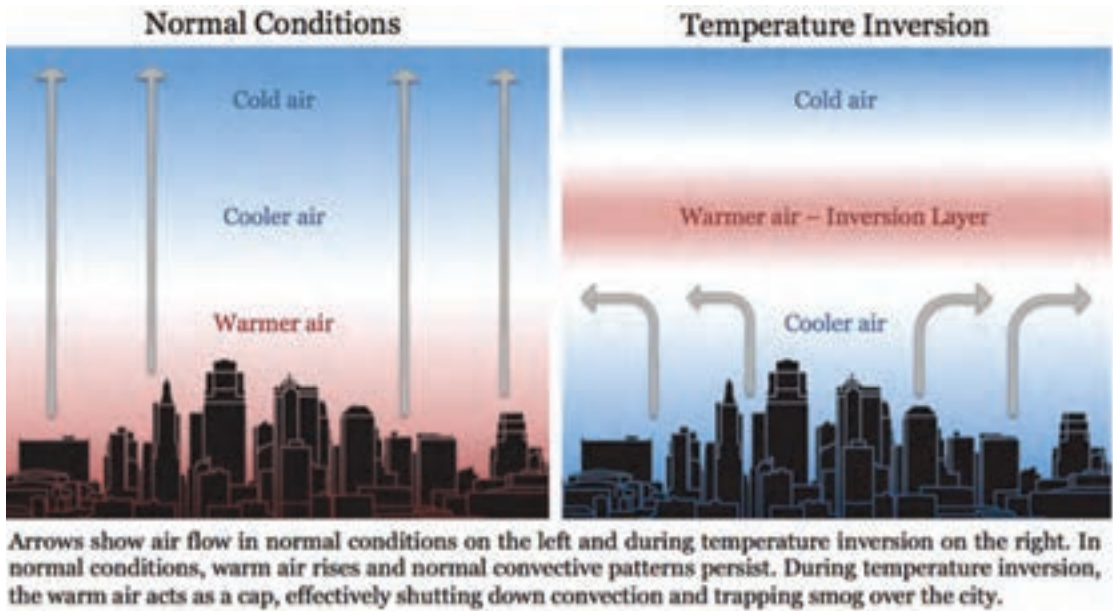


Fig.12: Temperature inversion phenomenon

Note: "We need clean air for our children's future."
An air purifier or air cleaner is a device which removes contaminants from the air in a room (Fig.13).



Fig.13: An air purifier

Personal protective equipment

Personal protective equipment (PPE) refers to protective clothing, helmets, or equipment designed to protect the body from injury or infection. The gas mask is a mask used to protect the user from inhaling airborne pollutants and toxic gases (Fig.14).



Fig.14: Air-purifying respirator

Filtration

Filtration is any of various mechanical, physical or biological operations that separate solids from fluids (liquids or gases) by adding a medium through which only the fluid can pass (Fig.15). The fluid that passes through is called the filtrate. In physical filters oversized solids in the fluid are retained. However, the separation is not complete; solids will be contaminated with some fluid and filtrate will contain fine particles (depending on the pore size and filter thickness). Filtration occurs both in nature and in engineered systems.

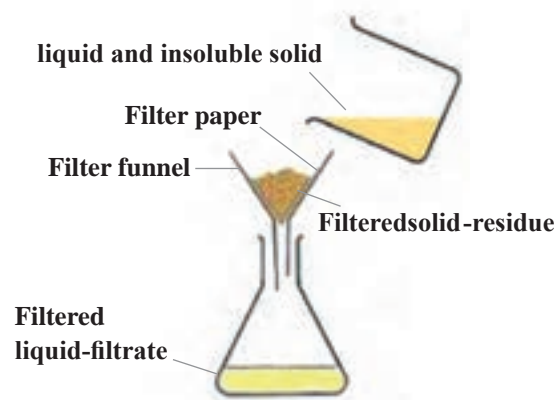
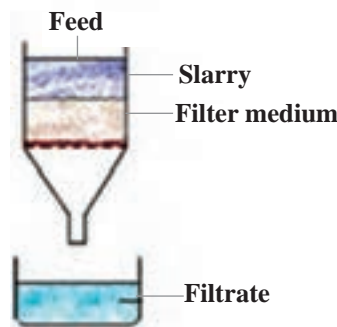


Fig.15: Simple filtration

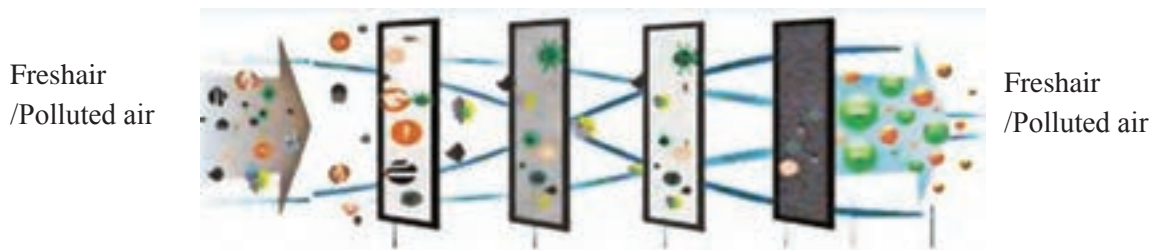
Match the words and phrases with your own knowledge.



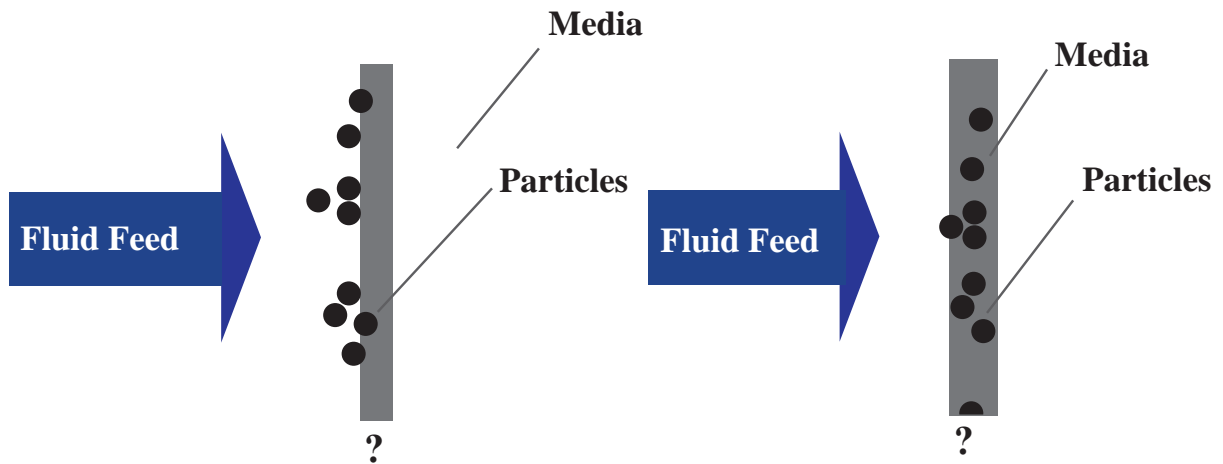
Word	Phrase
Feed, Slurry	Clear liquid passing through the filter
Filter medium	Porous medium used to retain solid
Filter cake	Suspension to be filtered
Filtrate	Accumulated solids on the filter

- Choose the best answers.

- ✓ A (filter cake/filtrate) is formed by the substances that are retained on a filter. The filter cake grows in the course of (filtration/filtrate), becomes "thicker" as particulate matter is being retained.
- ✓ Due to the deposition of (solids/liquids), the thickness of filter cake is (decreased/increased) and so it makes a limitation to further filtration.



- Which one is Surface Filtration or Depth Filtration?



Part Three

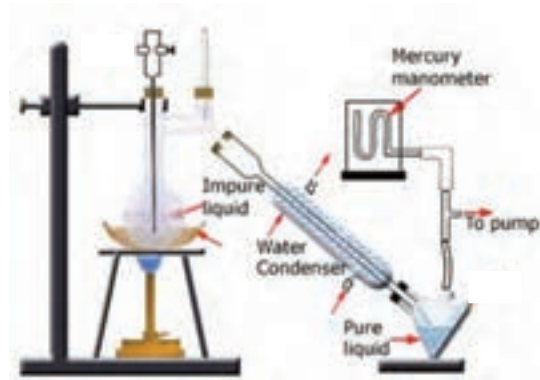
Crude oil

Match the pictures with phrases.



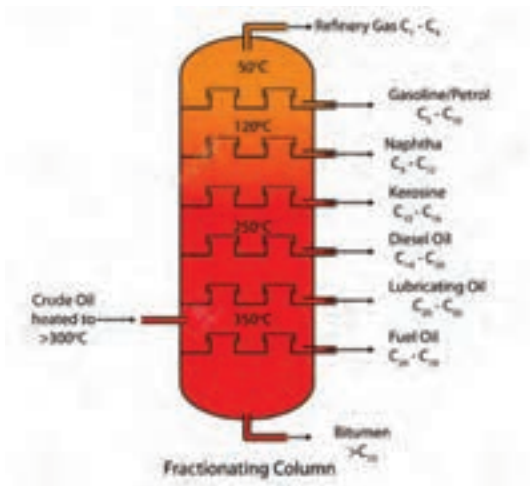
A.

1 Crude oil distillation



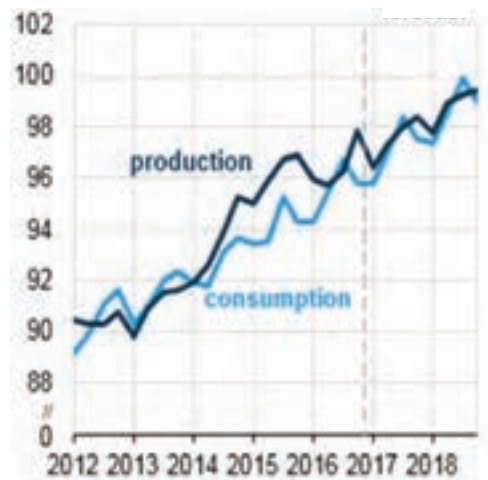
C.

3 World fuels production/consumption (mb/d)



B.

2 Crude oil



D.

4 Vacuum distillation

Crude oil



Petroleum or crude oil is a naturally material composed of hydrocarbon deposits and other organic materials. The composition varies widely depending on where and how it was formed. Crude oil, as a fossil fuel, is refined to produce usable products such as gasoline, diesel and various forms of petrochemicals. It is a nonrenewable resource, which means that it cannot be replaced naturally at the rate we consume it and is therefore a limited resource.

History of Oil in Iran

The Anglo-Persian Oil Company (APOC) was a British company founded in 1908 following the discovery of a large oil field in Masjid Soleiman, Iran. The Masjid Soleiman, located in the Khuzestan province in the southwest of the Islamic Republic of Iran, is the place where the country's first oil well was drilled (Fig. 16).



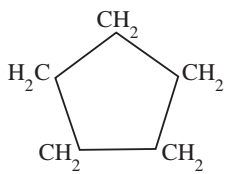
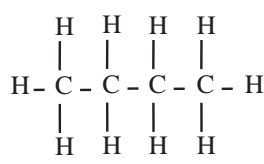
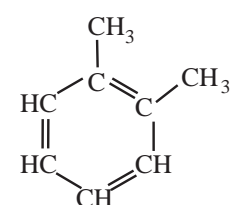
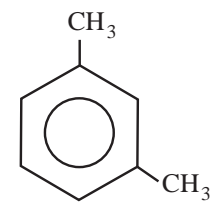
Fig. 16: The country's first oil well in Masjid Soleiman

Hydrocarbons in Crude Oil

There are four main types of hydrocarbons found in crude oil.

- ✓ paraffins (15-60%)
- ✓ naphthenes (30-60%)
- ✓ aromatics (3-30%)
- ✓ asphaltenes

- Choose the best answer with your own knowledge.

	Cyclopentane or Cyclohexane
	Butane or Propane
	Benzene or Toluene
	Xylene or Toluene

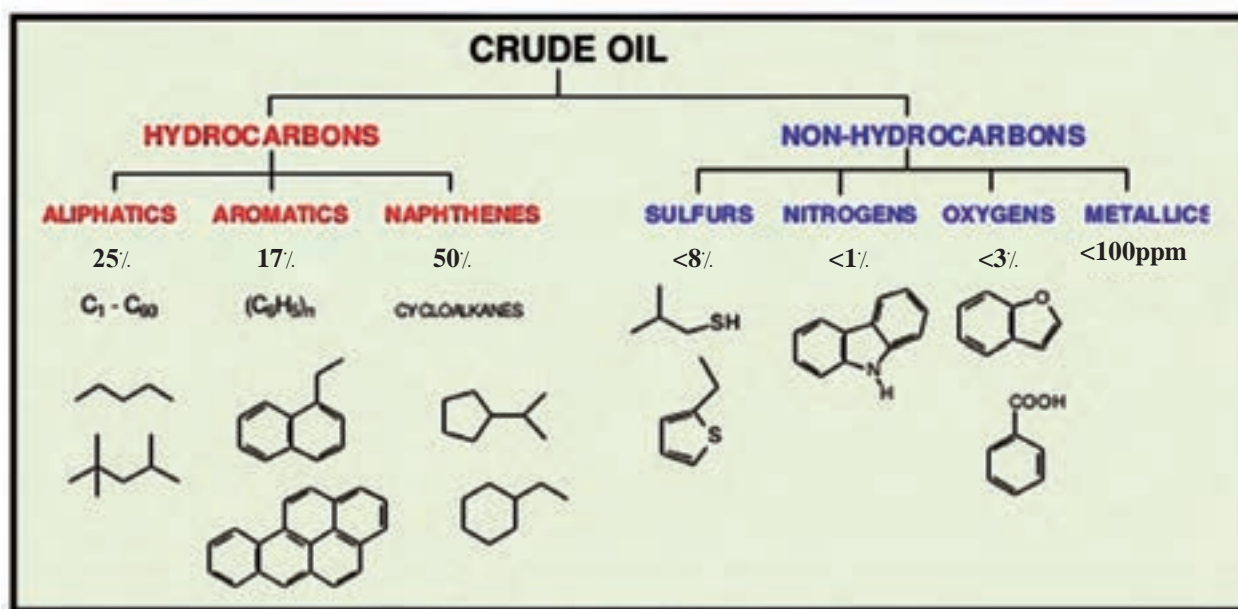
Elemental Composition of Petroleum

Although there is considerable variation between the ratios of organic molecules, the elemental composition of petroleum is well-defined:

- ✓ Carbon - 83 to 87%
- ✓ Hydrogen - 10 to 14%
- ✓ Nitrogen - 0.1 to 2%
- ✓ Oxygen - 0.05 to 1.5%
- ✓ Sulfur - 0.05 to 6.0%
- ✓ Metals - < 0.1%

The most common metals are iron, nickel, copper, and vanadium.

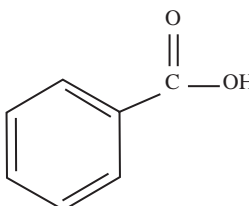
- Look, Read and Practice.



Composition of Crude Oil

- B. True/False

1 $(C_6H_5)_n$ is an aliphatic hydrocarbons.

2  is a hydrocarbon substance in crude oil.

3 Bezoic acid ($C_7H_6O_2$) is a Colourless crystalline solid and a simple aromatic carboxylic acid.

4 Cycloalkanes are also called naphthenes.

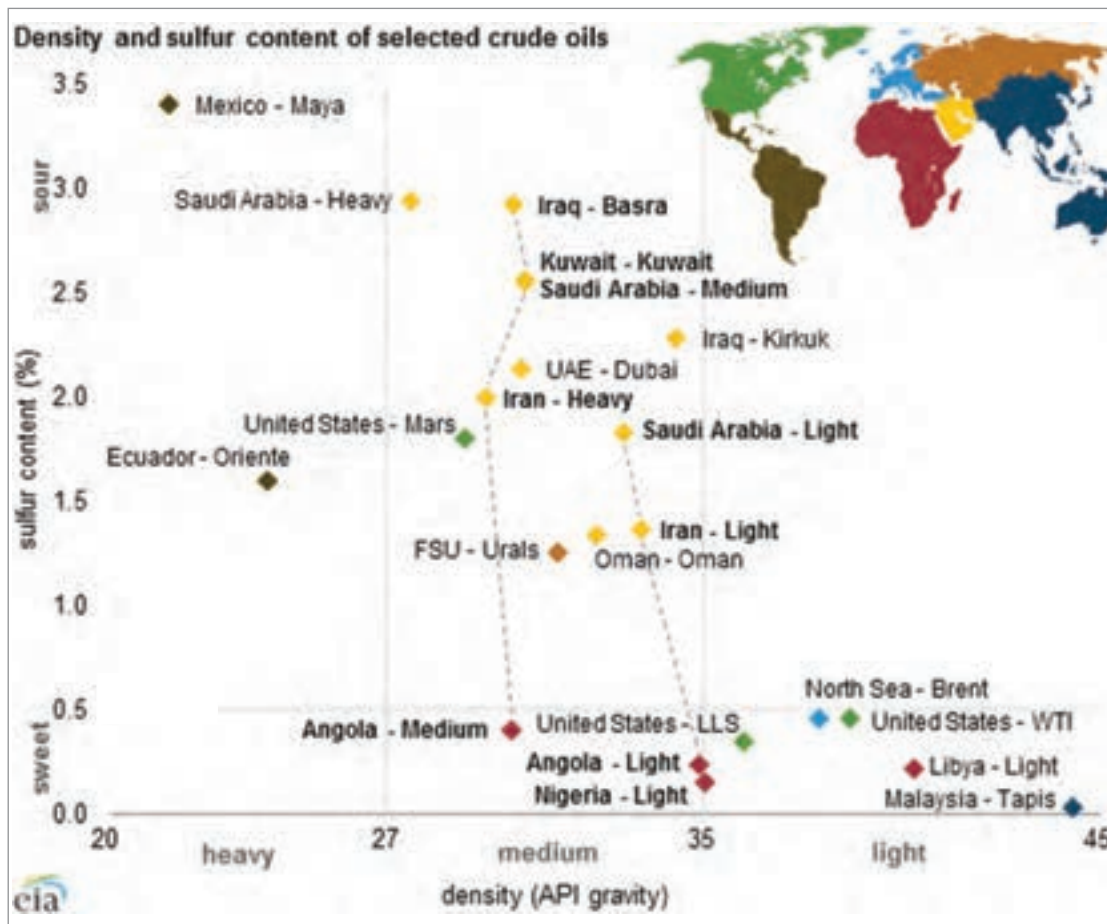
Petroleum colour and viscosity

The colour and viscosity of petroleum vary markedly from one place to another (Fig.17). It is usually dark brown or blackish, although it may be greenish, reddish, or yellowish.



Fig. 17: Crude oil

- Look at the picture carefully and then fill in the blanks with appropriate words.



- Types of selected crude oil of Iran are ----- and -----.
- The density of Iran-Light crude oil is -----, approximately.
- Sulfur content of Iran-Heavy crude oil is about -----.

Crude oil refinery

A crude oil refinery is a group of industrial facilities (Fig. 18) that turns crude oil into finished petroleum products.



Fig. 18: Tehran crude oil refinery

- Choose the appropriate words with your own knowledge.

(Extraction/Distillation) is the process in which the components of a liquid mixture are separated by heating it to a certain temperature and condensing the resulting vapors. This process, which is a (physical/chemical) separation process and not a (physical/chemical) reaction, is a unit operation of practically universal importance in chemical industries.

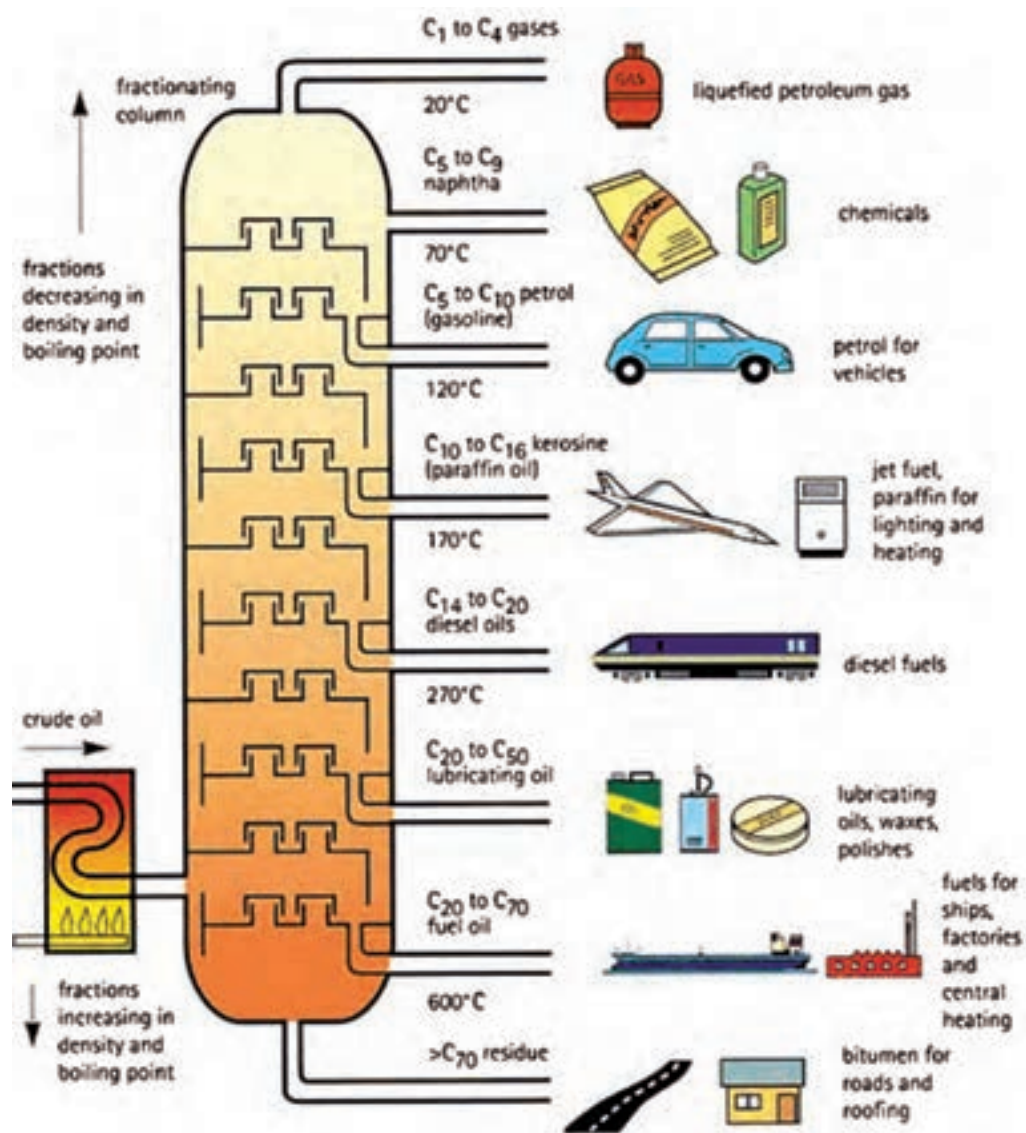


Fig. 19: Distillation of crude oil

The diagram above presents a conventional version of the distillation process. Crude oil is made up of a mixture of hydrocarbons, and the distillation process aims to separate it into broad categories of its component hydrocarbons, or "fractions." Crude oil is first heated and then put into a distillation column, also known as a still, where different products boil off and are recovered at different temperatures.

Lighter products, such as butane and other liquid petroleum gases (LPG), gasoline blending components, and naphtha, are recovered at the lowest temperatures. Mid-range products include jet fuel, kerosene, and distillates (such as home heating oil and diesel fuel). The heaviest products such as residual fuel oil are recovered at temperatures sometimes over 600 degrees Centigrade.

The simplest refineries stop at this point. Although not shown in the simplified diagram above, most refineries reprocess the heavier fractions into lighter products to maximize the output of the most desirable products.

In fact, distillation of crude oil is carried out in two units, first in an Atmospheric Distillation Unit, and then in a Vacuum Distillation Unit (Fig. 20) that further processes the residue from atmospheric distillation.

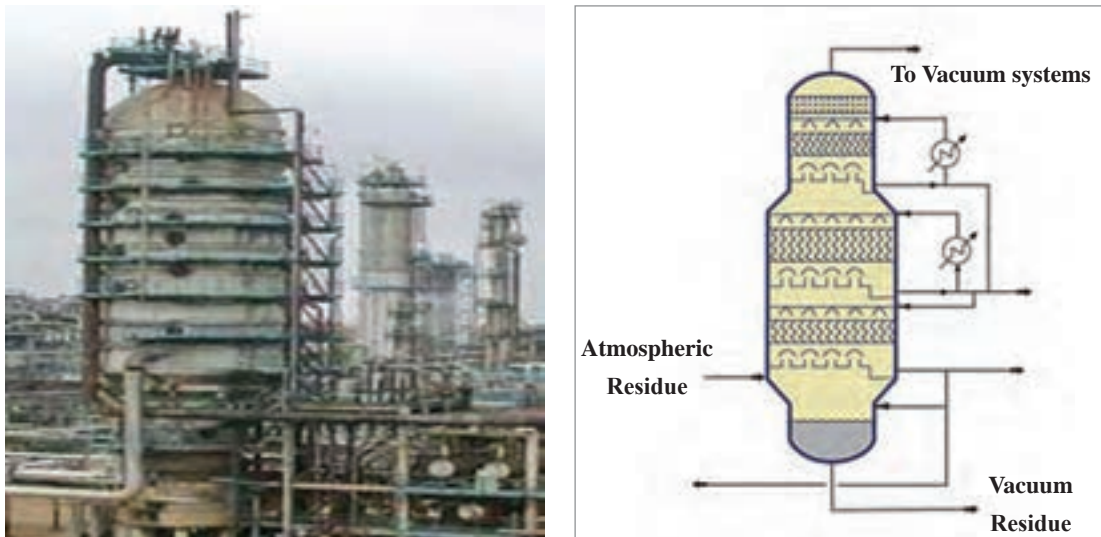


Fig. 20: Vacuum distillation tower

Around a third of the oil and gas extracted worldwide comes from offshore sources (Fig.21).



Fig. 21: Offshore sources of oil and gas

The Iranian Offshore Oil Company (IOOC) is a subsidiary of the National Iranian Oil Company. Its activities cover important areas of the Persian Gulf and its main operations are in Bushehr Province and on the Islands of Kharg, Sirri and Lavan.

Part Four

Chemical laboratory equipment

Match the pictures with phrases.



A.

1 Safety goggle



B.

2 Beaker



C.

3 Erlenmeyer flasks



D.

4 Burette



E.

5 Cylinders



F.

6 Test tube



G.

7 Pipette



H.

8 Thermometer

Chemical laboratory

Chemistry is a science, which necessarily needs some place for its experimental activities – for realization of chemicals and chemical reactions. This place is called laboratory (= a lab). A chemical lab is full of specific chemicals and laboratory equipment for measurement, and experimentation in scientific research. It is a place, where everyone has to respect operating, safety and hygienic rules.

A chemical lab requires:

- ✓ laboratory table
- ✓ console
- ✓ furniture
- ✓ weighing room
- ✓ chemicals, tools and lab equipment

These requirements are demonstrated in Fig.22 .


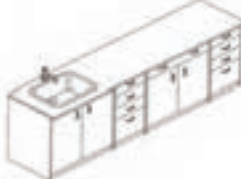


Name	Figure
Laboratory table	
Console	
Furniture (laboratory glasswares, storage bottles and very frequently used tools are stored in racks next to the wall)	
Weighing room	

Fig. 22: Lab requirements

Laboratory tools are made of laboratory glass and porcelain, metals, plastic, and rubber. Laboratory glasswares are resistant against chemical substances (Fig. 23).

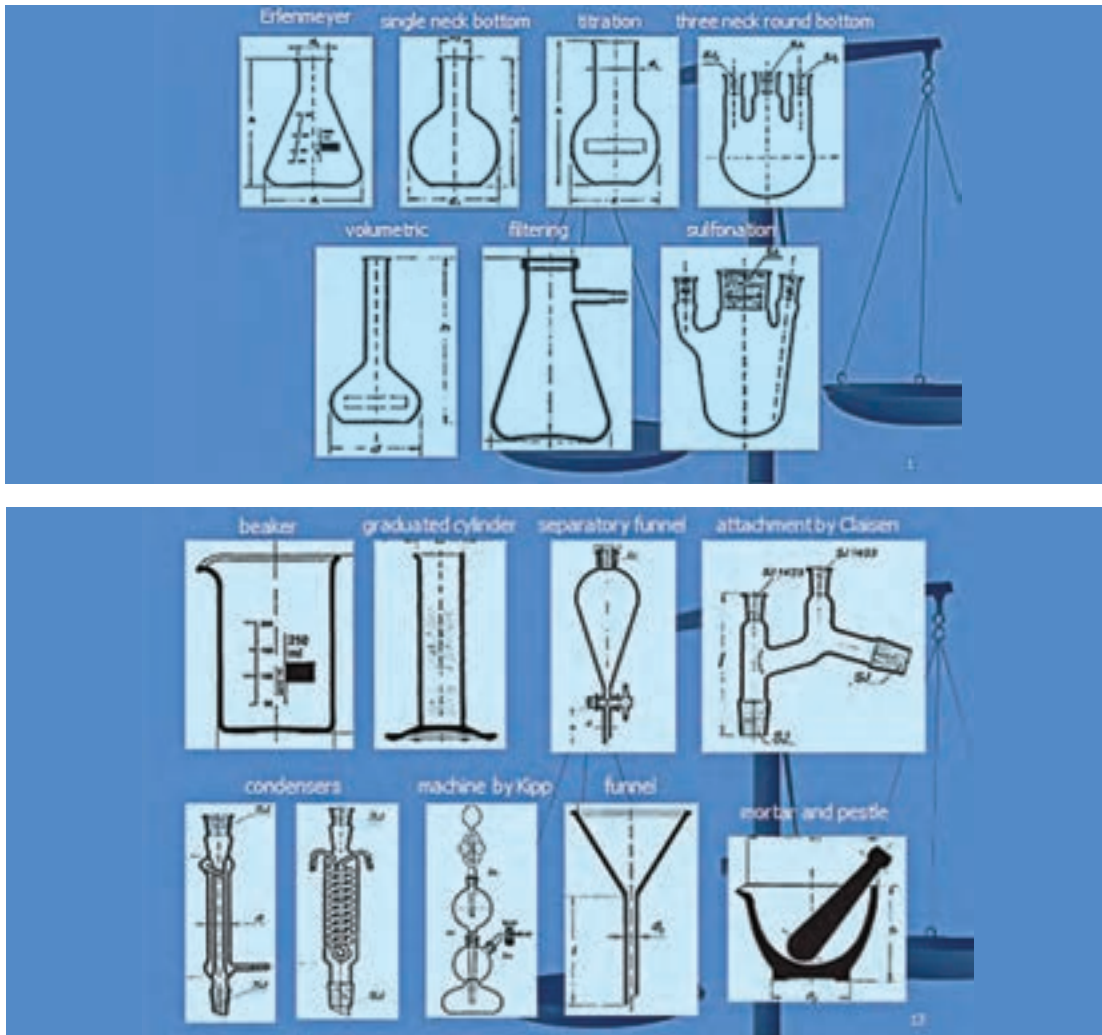


Fig. 23: Laboratory glassware- examples

Laboratory plastic and rubber tools are made of various material such as polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC), teflon, polycarbonate (Fig. 24).

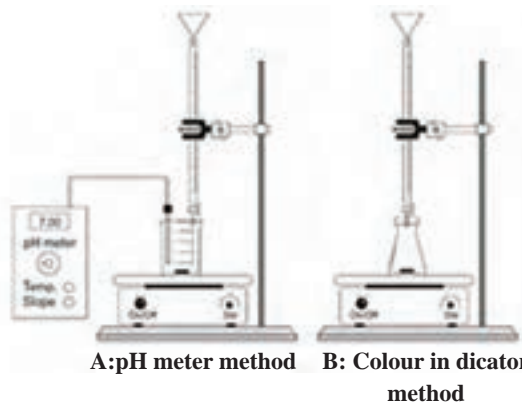
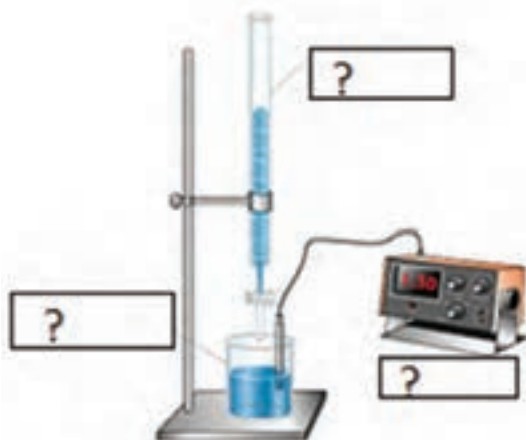


Fig. 24: Metallic, plastic and rubber tools - examples

- Fill in the blanks with the given phrases.

pH-meter, Beaker, Burette

Which titration setup is good for you? pH meter method or colour indicator method.



Calibration of thermometer

In this section, we explain how to calibrate a stem-type thermometer and how to use it to correctly measure the air temperature of the laboratory.

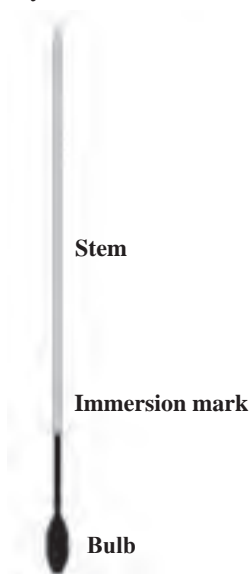


Fig. 25: A stem - type thermometer

One of the most common types of laboratory thermometers is the stem-type or liquid-expansion thermometer (Fig. 26). In this type of thermometer, an expansion liquid, usually mercury or alcohol, fills a glass bulb attached to a long stem with a uniformly expansion column. When heated, the liquid expands up the bore until the bulb reaches thermal equilibrium with the material whose temperature is being measured. The expansion of the liquid is such that the height it reaches in the stem is linear with temperature. These thermometers are typically marked with equal spacings along the stem. They are then calibrated at two different "fixed point" temperatures. Alcohol thermometers are of lower accuracy than mercury thermometers, but are more commonly used in the chemical laboratories because mercury is toxic and difficult to clean-up in the case of breakage.

[know more](#)

As with any measuring device, the accuracy of a thermometer depends on its calibration. Calibration is such that a measurement is performed whose result is well known. For a stem thermometer, because the markings along the stem cannot be adjusted, a correction curve is prepared such that thermometer readings can be converted to accurate temperatures. Known temperature baths for calibration can be generated using the ice point and the boiling point of water. These temperature baths are called "fixed points" because of their use as calibration markers for thermometers.



Fig. 26: Laboratory liquid - expansion thermometer

Procedure

Thermometer identification

- 1 If possible, note the manufacturer, serial number and manufacture date of the thermometer.
- 2 Note the temperature range of the thermometer.
- 3 **know more:** Note whether or not the thermometer is a Total Immersion or Partial Immersion type. Partial Immersion thermometers will have an immersion mark and are designed so that only that part of the stem is exposed to the temperature being measured. Total Immersion thermometers are designed so that both the bulb and the entire liquid column must be exposed to the temperature being measured.
- 4 Check to make sure that the liquid in the stem of the thermometer has not separated. If it has, ask your laboratory instructor for a new thermometer.

Calibration at the ice point of water

- 1 Fill a container with crushed ice (You will have to share a container with another group, so become friendly with your neighbours).
- 2 Add enough pre - cooled distilled water to cover the ice, but not so much water such that the ice floats.
- 3 Thoroughly stir the ice-water mixture.
- 4 Hang your thermometer until it is appropriately inserted into the ice - water.
- 5 Allow the temperature shown by the thermometer to stabilize (about 10 minutes is required to establish thermal equilibrium). After 3 minutes at the stable temperature, record the temperature to the correct precision.
- 6 The ice point of water is remarkably stable at 0.00 °C (Fig.27).

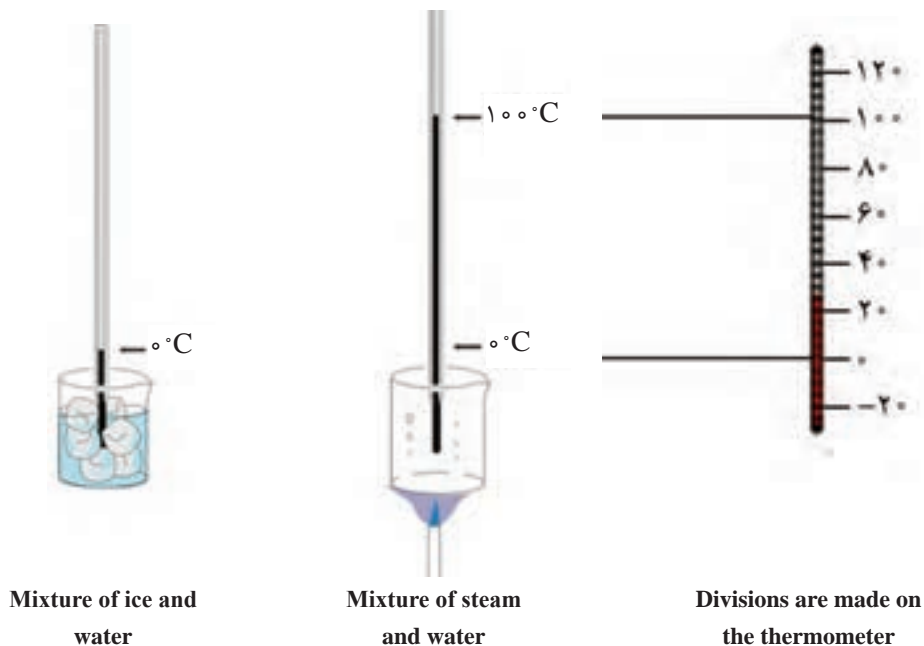


Fig. 27: Thermometer calibration

Calibration at the boiling point of water

- 1 Set up a hot plate with a 500 mL Florence flask resting on it. The flask should be supported by a clamp from a ring stand.
- 2 Fill the flask about half full with distilled water. Add a few boiling chips to promote smooth boiling.
- 3 Hang the thermometer from the ring stand as before.

Note: Using a Florence flask helps promote the reflux. It is a type of flask used as an item of laboratory glassware for holding liquids. A Florence flask has a round body, a single long neck, and often a flat bottom (Fig.28).

- 4 Turn on the hot plate and allow the water to come to its boiling point.

- 5 Allow the temperature shown by the thermometer to stabilize (about 10 minutes after a rolling - boil has been achieved). After 3 minutes at the stable temperature, record the temperature to the correct precision.

- 6 The boiling point of water is extremely sensitive to the atmospheric pressure. You will be provided with the day's atmospheric pressure. Use this, along with the data in the appendix, to determine the correct boiling point of water. You may have to interpolate the data in the table.



Fig.28: A Florence flask

Appendix

Atmospheric pressure(mmHg)	Boiling point water (°C)
760	99.996
750	99.629
740	99.257
730	98.880
720	98.499
710	98.112
700	97.720
690	97.323
680	96.921
670	96.512
660	96.098
650	95.676
640	95.249
630	94.814
620	94.371
610	93.921

Air temperature

The air temperature in the room will be measured by measuring the temperature of a large water bath that has been allowed to come to thermal equilibrium with the air.

- 1 Hang your stem thermometer from the ring stand into the water bath provided (everyone will share the same large bath).
- 2 Allow for thermal equilibrium to be established. Make the appropriate readings.

جدول ارزشیابی پودمان کسب مهارت‌های فنی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان فصل
۳	با استفاده از کاتولوگ انگلیسی دماسنج‌ها را تنظیم نماید.	بالاتر از حد انتظار	به‌کارگیری مفاهیم اصلی صنایع شیمیایی و کتابچه راهنمای ابزار و دستگاه‌ها (به زبان لاتین)	تصویر فرایندهای شیمیایی را به معادل‌های انگلیسی آن مرتبط کند.	کسب اطلاعات فنی
۲	تصویر اصطلاحات و وسایل آزمایشگاهی را به معادل انگلیسی آنها نشان دهد.	در حد انتظار		مفهوم فارسی هر فرایند را با توجه به متن موجود در کتاب، توضیح دهد. تمرین‌های موجود در کتاب و مشابه آن را حل کند.	
۱	مفهوم ساده‌ای از تعاریف و کالیبراسیون دماسنج را به فارسی بگوید.	پایین‌تر از حد انتظار		با دیدن تصویر، توضیح فارسی مناسب را ارائه دهد.	
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان از ۳	
				نمره پودمان از ۲۰	

- ۱ برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی ۱۳۹۳، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۲ مارتین سیلبربرگ، اصول شیمی عمومی، جلد اول و دوم، ترجمه مجید میرمحمد صادقی - غلامعباس پارسافر - محمدرضا سعیدی، ۱۳۹۳، مرکز نشر نوپردازان
- ۳ رابرت اسموت، ریچارد اسمیت، شیمی عمومی با نگرش کاربردی، جلد ۲ و ۳ ترجمه منصور عابدینی، علی سیدی، چاپ هفتم، ۱۳۹۰، انتشارات فاطمی
- ۴ غلامعباس پارسافر، علی پورجوادی، افشین شفیع، مهدی جلالی هروی، مجتبی باقرزاده، شیمی با نگرش تحلیلی، جلد ۲ و ۳، چاپ اول، ۱۳۸۸، انتشارات فاطمی
- ۵ صدیقه عدنانی، مریم سراجیان، فاطمه محسنی، محلول‌ها، ۱۳۸۳، انتشارات محراب قلم
- ۶ محمد امیری، شهرام تنگستانی نژاد، احمد رضا اسمعیل بیگ، شیمی تجزیه (۱)، ۱۳۹۳ شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۷ اسگوک، وست، هالر، ترجمه ویدا توسلی، هوشنگ خلیلی، علی معصومی، مبانی شیمی تجزیه، جلد اول ۱۳۸۷، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ نهم
- ۸ آزمایشگاه شیمی عمومی، محمد رزمجو، ۱۳۷۸ مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۹ احمد خواجه نصیر طوسی، شیمی و جامعه، ۱۳۷۲ انتشارات فاطمی.
- ۱۰ علی افضل صمدی، شیمی عمومی، ۱۳۷۷، نشر نی
- ۱۱ احمد خواجه نصیر طوسی، علی سیدی، شیمی عمومی با نگرش کاربردی، ۱۳۷۸ نشر فاطمی
- ۱۲ چارلز مورتیمر، شیمی عمومی، ۱۳۷۷ نشر علوم دانشگاهی
- ۱۳ منصور عابدینی، شیمی عمومی، ۱۳۹۴ چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۱۴ علی سیدی اصفهانی، شیمی آلی، ۱۳۹۳ چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- 15 Organic Chemistry, Jonathan Clayden Nick Greeves Stuart Warren, SECOND EDITION, Oxford University Press, 2012
- 16 Complete Chemistry for Cambridge IGCSE®, Second Edition, RoseMarie Gallagher Paul Ingram, Oxford University Press, 2007
- 17 Steven S. Zumdahl, Susan A. Zumdahl - Chemistry- An Atoms First Approach (c2016, Cengage Learning)
- 18 Raymond Chang, Jason Scott Overby - General Chemistry- The Essential Concepts, 6th Edition (2011, McGraw-Hill Companies),
2Daniel Vallero, "Fundamentals of Air Pollution", Elsevier, 5th edition, 1994, ISBN: 9780124017337.
- 19 Stephen T. Holgate, Hillel S. Koren, Jonathan M. Samet, and Robert L. Maynard, "Air Pollution and Health", Academic Press, 1999, eBook ISBN: 9780080526928.
- 20 Warren L. McCabe, Julian C. Smith, and Peter Harriott, "Unit Operation of Chemical Engineering", McGraw-Hill, 1985, ISBN: 0070448280.
- 21 Jozef Markos, "Mass Transfer in Chemical Engineering Processes", InTech 2011, ISBN-13: 9789533076195.
- 22 Standey M. Walas, "Chemical Process Equipment", Butterworth-Heinemann Publications, 2010, ISBN:978-12-372506-6.



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب دانش فنی تخصصی - کد ۲۱۲۵۲۰

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	فرشید محامدی	هرمزگان	۱۳	شهرزاد جورابلو	سمنان
۲	سمیه باقری وانانی	چهارمحال و بختیاری	۱۴	مهدی ولی	کرمان
۳	زهرا شهسواری فرد	فارس	۱۵	نادر عباسی نوا	آذربایجان غربی
۴	زهرا قنواتی	خوزستان	۱۶	سوسن ضرابی دربان	خراسان رضوی
۵	نعیمه سیف الدینی	کرمان	۱۷	شکراله شمس	مرکزی
۶	مسعود آری	گیلان	۱۸	اعظم یوسفی	شهر تهران
۷	امید افشاری	البرز	۱۹	محمد ایرنگانی	سیستان و بلوچستان
۸	محمد رضا شاهسون	شهرستانهای تهران	۲۰	رضوان نامدار	همدان
۹	حسن بشیریان	همدان	۲۱	امیرحسین عباسی	زنجان
۱۰	نیره سبزی پرور	آذربایجان شرقی	۲۲	حامد چناری	ایلام
۱۱	زهرا علیپور	قزوین	۲۳	احمد مرسلی	زنجان
۱۲	نادر مولوی	آذربایجان شرقی			