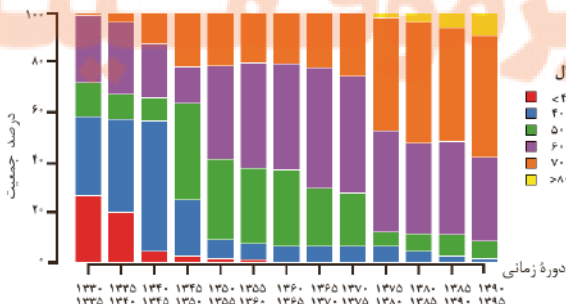


- ✍ حفظ پاکیزگی و بهداشت یکی از دلایل اسکان انسان در کنار رود و رودخانه بود.
- ✍ دسترسی به آب ← شست و شوی بدن و تمیز نگه داشتن ابزار، ظروف و محیط زندگی
- ✍ حفاری‌های باستانی از شهر بابل نشان می‌دهد که انسان‌ها چند هزار سال پیش از میلاد به همراه آب از موادی شبیه به صابون امروزی برای نظافت و تمیزی استفاده می‌کردند.
- ✍ نیاکان ما به تجربه پی بردند که با انجام دو کار ظرف‌های چرب آسان‌تر تمیز می‌شوند:
- ❶ آغشته کردن آنها به خاکستر ❷ شستشو با آب گرم
- ✍ عدم دسترسی، کمبود یا استفاده نکردن از صابون در گذشته باعث موارد زیر شده است:
- ❶ پایین بودن سطح بهداشت فردی و همگانی
- ❷ گسترش بیماری‌های گوناگون نظیر وبا در میان مردم کشورهای دنیا
- ✍ نکات مهم درباره بیماری وبا:
- ❶ یک بیماری واگیردار است.
- ❷ منبع آن آب آلوده است و در نبود بهداشت شایع می‌شود.
- ❸ در طول تاریخ چندین بار همه‌گیر شده و جان میلیون‌ها انسان را گرفته است.
- ❹ خطر و تهدیدکنندگی آن هنوز در جوامع وجود دارد.
- ❺ ساده‌ترین و موثرترین راه پیشگیری از وبا: رعایت بهداشت فردی و همگانی (نه واکسیناسیون و ...)
- ✍ نتایج استفاده از صابون و توجه به نظافت و بهداشت عبارت است از:
- ❶ کاهش میکروب‌ها، آلودگی‌ها و عوامل بیماری‌زا در محیط‌های فردی و همگانی
- ❷ افزایش سطح بهداشت جامعه
- ❸ بهبود شاخص امید به زندگی
- ✍ در ارتباط با شاخص امید به زندگی باید بدانید که:
- ❶ شاخصی است که نشان می‌دهد با توجه به خطراتی که انسان‌ها در طول زندگی با آن مواجه هستند، به طور میانگین چند سال در این جهان زندگی می‌کنند.
- ❷ با گذشت زمان، امید به زندگی در سطح جهان افزایش یافته است.
- ❸ امروزه امید به زندگی برای بیش‌تر مردم دنیا حدود ۷۰ سال است.



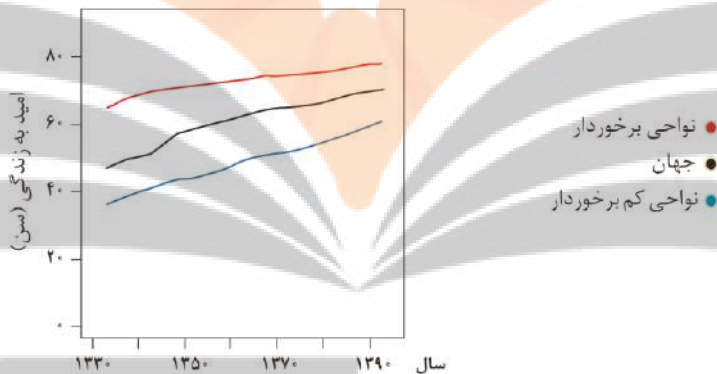
۴ طی سالیان اخیر، با افزایش سطح بهداشت و رفاه و سایر عوامل موثر، فراوانی جمعیت مسن با کاهش مرگومیر آن‌ها روند افزایشی داشته است. در نمودار توزیع جمعیت براساس امید به زندگی شاهد آن هستیم که گروه سنی غالب (پرجمعیت‌ترین گروه)، از جمعیت میانسال (افراد بین ۴۰ تا ۶۰ سال) به جمعیت مسن (افراد با سن بیش‌تر از ۶۰ سال) تغییر کرده است.

۵ امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در بازه زمانی ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۰، بین ۵۰ تا ۶۰ سال و در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵، بین ۶۰ تا ۷۰ سال بوده است.

۶ امید به زندگی در کشورهای گوناگون و حتی شهرهای یک کشور نیز متفاوت است، زیرا این شاخص به عوامل گوناگونی بستگی دارد. به عنوان مثال، سلامت و بهداشت در امید به زندگی اهمیت بسیاری دارد و در راستای ارتقای آن پاک‌کننده‌ها و شوینده‌ها نقش پررنگی ایفا می‌کنند.

۷ به‌طور معمول امید به زندگی در کشورها و مناطق برخوردار از میانگین جهانی و میانگین جهانی از نواحی کم برخوردار بیش‌تر است.

۸ درصد (شیب) افزایش امید به زندگی در کشورها و مناطق کم برخوردار بیش‌تر بوده است.



پاک‌کننده‌ها، انواع پاک‌کننده‌ها

آلاینده‌ها موادی هستند که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، ماده یا یک جسم وجود دارند. گل و لای آب، گرد و غبار، هوا، لکه‌های چربی و مواد غذایی روی لباس و پوست بدن نمونه‌هایی از انواع آلاینده‌ها هستند.

مواد مختلف زمانی در هم حل می‌شوند که جاذبه بین ذره‌ای آن‌ها شبیه هم باشند. به بیان دیگر مواد قطبی در حلال‌های قطبی و مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند.

آب یک حلال قطبی است و میان مولکول‌های آن، جاذبه‌های قوی هیدروژنی وجود دارد.

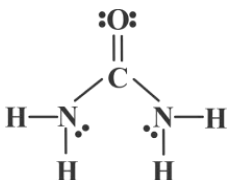
بسیاری از ترکیبات یونی و مواد قطبی به آسانی در آب حل می‌شوند. در حالی که مولکول‌های ناقطبی در آب نامحلول هستند.

بررسی وضعیت انحلال‌پذیری چند ماده در آب و سایر حلال‌ها:

۱ هگزان یک حلال ناقطبی شامل مولکول‌های ناقطبی C_6H_{14} است که میان مولکول‌های آن، جاذبه‌های ضعیف وان‌دروالسی وجود دارد. مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی نظیر هگزان به خوبی حل می‌شوند.

۲) عسل دارای مولکول‌های قطبی است و در ساختار خود شمار قابل توجهی گروه هیدروکسیل (OH-) دارد. هنگامی که عسل وارد آب می‌شود، مولکول‌های سازنده آن با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند و در سرتاسر آن پخش می‌شوند. به این ترتیب، آب پاک‌کننده مناسبی برای لکه‌های شیرینی مانند آب قند، شربت آلبیمو و چای شیرین است.

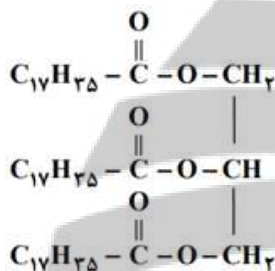
۳) نام دیگر ضدیخ، اتیلن گلیکول است، الکی سیرشده و دوامی با فرمول $C_2H_4(OH)_2$ که به هر نسبتی در آب محلول است اما در هگزان حل نمی‌شود.



۴) فرمول شیمیایی اوره، $CO(NH_2)_2$ است و ساختار لوویس آن به صورت مقابل است:

مولکول‌های اوره قطبی هستند، توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارند و در حلال‌های قطبی نظیر آب به خوبی حل می‌شوند.

۵) فرمول شیمیایی روغن زیتون $C_{57}H_{110}O_6$ است؛ یک چربی سیرنشده دارای ۶ پیوند دوگانه که ۳ تای آن مربوط به پیوندهای $C=O$ در گروه‌های عاملی استری و ۳ تای دیگر مربوط به پیوندهای دوگانه کربن-کربن در زنجیره‌های طولی هیدروکربنی (R) است. روغن زیتون و سایر چربی‌ها، محلول در هگزان و نامحلول در آب محسوب می‌شوند. زیرا بخش ناقطبی (R) بر بخش قطبی (گروه‌های اکسیژن‌دار) غالب است.

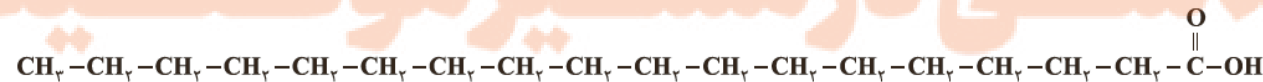


یادآوری: چربی ذخیره شده در کوهان شتر با فرمول $C_{57}H_{110}O_6$ یک استر سیرشده است؛ یعنی در زنجیره‌های R آن، پیوندهای میان اتم‌های کربن همگی یگانه هستند.

۶) گریس و وازلین، آلکان‌هایی با فرمول تقریبی $C_{18}H_{38}$ و $C_{25}H_{52}$ هستند و بنزین، مخلوطی از آلکان‌هاست که به طور میانگین $C_{8}H_{18}$ در نظر گرفته می‌شود. آلکان‌ها و سایر هیدروکربن‌ها اغلب ناقطبی و محلول در هگزان هستند. اسیدهای چرب، کربوکسیلیک اسیدهایی با زنجیر بلند کربنی (شامل ۱۴ تا ۱۸ اتم کربن) هستند و در آب نامحلول هستند. بخش قطبی آن‌ها، گروه عاملی کربوکسیل ($COOH-$) است.

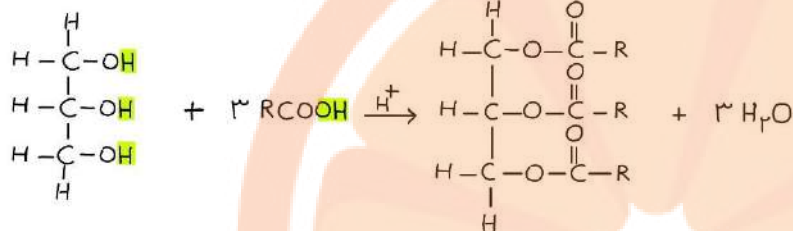
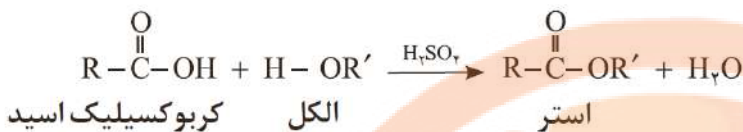
یادآوری: فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای سیرشده و تک‌عاملی را می‌توان به صورت $C_nH_{2n+1}COOH$ یا $C_nH_{2n}O_2$ نمایش داد.

مولکول‌های اسید چرب گرچه توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارند، اما به دلیل جرم زیاد و غلبه بخش ناقطبی بر گروه کربوکسیل، در آب حل نمی‌شوند.

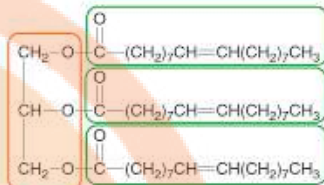


چربی‌ها را می‌توان مخلوطی از اسیدهای چرب و استرهای بلند زنجیر (با جرم مولی زیاد) دانست.

چربی (تری‌گلیسیرید) یک استر سه‌عاملی حاصل واکنش یک الکل سه‌عاملی با فرمول $C_3H_5(OH)_3$ به نام گلیسرین با ۳ مولکول اسیدچرب در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر اسیدی است.



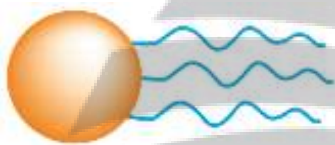
ساختار تری‌گلیسیرید موجود در روغن زیتون



باقی مانده
سه مولکول
اسید چرب

باقی مانده الکل سه
عاملی گلیسرین

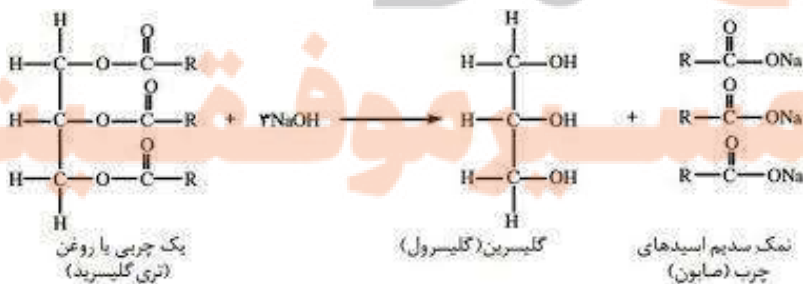
در چربی‌ها بخش ناقطبی (گروه‌های R) بر بخش قطبی (گروه‌های عاملی) غلبه دارد و جاذبه بین مولکولی غالب میان آن‌ها از نوع نیروهای وان‌دروالسی است. ویژگی مشترک همه چربی‌ها عدم انحلال در آب است. الگوی برای نمایش بخش قطبی و ناقطبی چربی‌ها:



برای زدودن لکه‌های چربی و گریس روی دست یا لباس، استفاده از آب به عنوان حلال به تنهایی کافی نیست و باید از شوینده‌هایی مثل صابون استفاده کرد.

صابون یک ترکیب یونی است که از اسید چرب به دست می‌آید. بخش آنیونی صابون، شامل زنجیر طولیل هیدروکربنی و گروه کربوکسیلات (گروه کربوکسیل بدون هیدروژن یا $-COO^-$) است و بخش کاتیونی آن، بسته به نوع صابون متفاوت است. صابون ماده‌ای است که هم در چربی و هم در آب حل می‌شود.

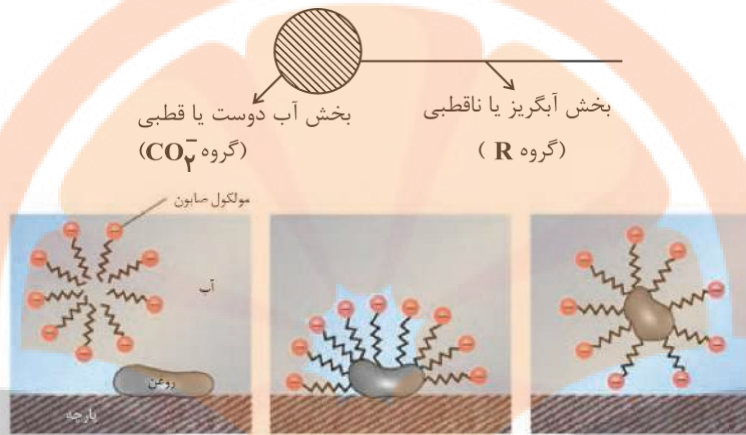
صابون جامد را از گرم کردن مخلوط روغن‌های گوناگون یا چربی مانند روغن زیتون، نارگیل و پیه با سدیم هیدروکسید تهیه می‌کنند. فرمول عمومی صابون‌های جامد $RCOONa$ است.



صابون مایع، نمک پتاسیم (K^+) یا آمونیوم (NH_4^+) اسیدهای چرب است.

صابون ماده‌ای با خاصیت بازی ($pH > 7$) است.

مکانیسم شست‌وشو توسط صابون: صابون دارای بخش قطبی یا آب‌دوست و بخش ناقطبی یا آب‌گریز (چربی‌دوست) است. بخش آب‌گریز یعنی همان زنجیر بلند هیدروکربنی، در چربی‌ها حل شود و بخش آب‌دوست، یعنی گروه کربوکسیلات (COO^-) با آب واکنش می‌دهد و به این ترتیب صابون همانند پلی، محلول آب و چربی را کنار هم پایدار نگه می‌دارد.



مواد به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱ مواد خالص شامل عناصر و ترکیب‌ها

۲ مواد ناخالص (مخلوط‌ها): مثل آب دریا، هوا، نوشیدنی‌ها، انواع رنگ‌ها، سرامیک‌ها، چسب‌ها، شوینده‌ها، داروها و...

اغلب موادی که در زندگی روزانه با آنها سروکار داریم، از مخلوط دو یا چند ماده تشکیل شده است.

مخلوط‌ها به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱ محلول‌ها: مخلوط‌هایی همگن و پایدار هستند که از دو جزء حلال و حل‌شونده تشکیل شده‌اند و شامل مولکول‌ها یا یون‌ها هستند. محلول‌ها نور را عبور می‌دهند.

۲ سوسپانسیون‌ها: مخلوط‌هایی ناهمگن هستند که از ذره‌های ریز ماده تشکیل شده‌اند. سوسپانسیون‌ها ناپایدارند و به محض توقف هم زدن و تکان دادن، اجزای مخلوط ته نشین می‌شوند. سوسپانسیون‌ها نور را پخش می‌کنند. شربت معده یک سوسپانسیون است.

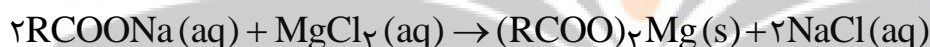
۳ کلوئیدها: رفتار این دسته از مخلوط‌ها را می‌توان رفتاری بین محلول و سوسپانسیون دانست؛ کلوئیدها مانند سوسپانسیون‌ها ناهمگن‌اند و حاوی مولکول‌های بزرگ یا توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوتند اما از سوی دیگر، همانند محلول‌ها پایدارند و اجزای آنها پی از مدتی ته نشین نمی‌شوند. ذره‌های موجود در کلوئیدها درشت‌تر از ذرات سازنده محلول‌ها و ریزتر از ذرات موجود در سوسپانسیون‌ها هستند و می‌توانند همانند سوسپانسیون‌ها (اما به مقدار کمتر از آنها) نور را پخش کنند؛ شیر، ژله، سس مایونز و رنگ‌های پوششی نمونه‌هایی از کلوئیدها هستند.

مخلوط آب و روغن و صابون نمونه‌ای از یک مخلوط کلوئیدی است.

قدرت پاک‌کنندگی صابون به عوامل گوناگونی بستگی دارد. هر اندازه صابون بتواند مقدار بیشتری از آلاینده و چربی را بزداید، قدرت پاک‌کنندگی بیشتری دارد. جدول زیر عوامل موثر در قدرت پاک‌کنندگی صابون ذکر شده است:

آنزیم	افزودن آنزیم مناسب به صابون باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی صابون می‌شود. ← اثر کاتالیزگر
نوع پارچه	در شرایط یکسان، درصد لکه باقیمانده روی پارچهٔ نخی کمتر از پارچهٔ پلی‌استر است، یعنی اثر پاک‌کنندگی صابون روی پارچهٔ نخی بهتر از پارچهٔ پلی‌استری است.
دمای آب	با افزایش دمای آب، قدرت پاک‌کنندگی صابون افزایش می‌یابد. ← اثر دما
میزان سختی آب	صابون در آب سخت به خوبی کف نمی‌کند. در واقع، وجود یون‌های منیزیم و کلسیم در آب، باعث سختی آب و رسوب صابون و در نتیجه کاهش قدرت پاک‌کنندگی صابون می‌شود.

آب دریا و مناطق کویری شور هستند و سختی بالایی دارند. آب سخت حاوی مقادیر چشمگیری از یون‌های نظیر منیزیم و کلسیم است. این یون‌ها با صابون واکنش می‌دهند و رسوب‌هایی با فرمول‌های شیمیایی $(RCOO)_2Ca$ و $(RCOO)_2Mg$ به‌وجود می‌آورند که به‌صورت لکه‌های سفیدرنگ بر جای می‌مانند و قدرت پاک‌کنندگی صابون را کاهش می‌دهد.



نکتهٔ محاسباتی: ۲ مول صابون ~ ۱ مول یون سخت‌کنندهٔ آب ~ ۱ مول رسوب

هرچه قدرت پاک‌کنندگی صابون بیشتر باشد، درصد لکه باقی‌مانده روی پارچه کمتر خواهد بود.

هرچه قدرت پاک‌کنندگی صابون بیش‌تر باشد، کف بیش‌تری به‌وجود می‌آید.

در شرایط یکسان، ارتفاع کف ایجاد شده توسط صابون در آب خالص بیش‌تر از آب حاوی یون کلسیم و ارتفاع کف در آب حاوی یون کلسیم بیش‌تر از آب حاوی همان تعداد از یون منیزیم است.

نکات جدول مقابل را به خاطر بسپارید:

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

۱) با هر ۱۰ درجهٔ سلسیوس افزایش دما، لکهٔ باقیمانده به اندازهٔ ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

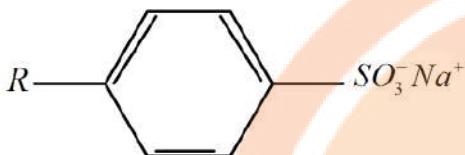
۲) با آنزیم‌دار کردن صابون، ۱۵ درصد از مقدار لکهٔ باقیمانده روی لباس کاسته می‌شود.

۳) با تغییر پارچه از نخ به پلی‌استر، درصد لکهٔ باقیمانده روی لباس ۱۵ درصد افزایش می‌یابد.

۴) در شرایطی که از صابون آنزیم‌دار و پارچه نخی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس استفاده شود، درصد لکه باقی‌مانده به صفر

افزایش جمعیت جهان و در نتیجه افزایش مصرف صابون از یک سمت و از سوی دیگر کافی نبودن منابع چربی برای تولید صابون در مقیاس انبوه و نیز کارایی پایین صابون‌ها در شرایط و محیط‌های خاصی نظیر سفرهای دریایی و صنایع وابسته به آب شور، دانشمندان را برای شناسایی و تولید پاک‌کننده‌های غیرصابونی ترغیب کرد.

پاک‌کننده‌های غیرصابونی موادی با فرمول همگانی $\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$ هستند که از بنزن و دیگر مواد اولیه در صنایع پتروشیمی تهیه شده و ساختاری مشابه صابون داشته و افزون بر قدرت پاک‌کنندگی زیاد، قابلیت تولید در مقیاس انبوه و قیمتی مناسب دارند. R زنجیر بلند هیدروکربنی است.



در پاک‌کننده‌های غیرصابونی، بخش قطبی و آب‌دوست گروه سولفونات ($-\text{SO}_3^-$) و بخش غیرقطبی و آبگریز شامل حلقه بنزنی و گروه R است.

پاک‌کننده‌های غیرصابونی در مقایسه با صابون‌ها:

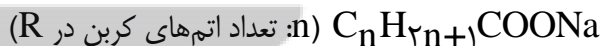
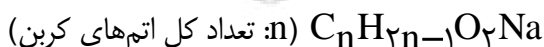
۱ از واکنش مواد پتروشیمیایی در صنعت تولید می‌شوند.

۲ قدرت پاک‌کنندگی بیش‌تری دارند. (تعداد اتم‌های اکسیژن آن بیشتر و بخش قطبی آنیون آن، قطبی‌تر است.)

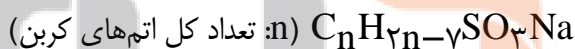
۳ با یون‌های سخت‌کننده آب واکنش نمی‌دهند و در نتیجه در آب‌های سخت نیز خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند.

پاک‌کننده غیرصابونی و صابون هر دو ترکیب یونی هستند (نمک سدیم، پتاسیم یا آمونیوم) و آنیون آنها بار ۱- دارد.

دو روش نوشتن فرمول پاک‌کننده صابونی سیرشده:



دو روش نوشتن فرمول پاک‌کننده غیرصابونی با R سیرشده:



صابون طبیعی معروف به صابون مراغه با بیش از ۱۵۰ سال قدمت، معروف‌ترین صابون سنتی ایران است. برای تهیه این صابون، پیه گوسفند و سود سوزآور را در دیگ‌های بزرگ با آب برای چندین ساعت می‌جوشانند و پس از قالب‌گیری آنها را در آفتاب خشک می‌کنند. این صابون افزودنی شیمیایی ندارد و به دلیل خاصیت بازی مناسب برای موهای چرب استفاده می‌شود.

از نوعی صابون سنتی در تنور نان سنگک برای چرب کردن سطح سنگ‌ها استفاده می‌شود.

صابون گوگردار برای از بین بردن جوش صورت و همچنین قارچ‌های پوستی استفاده می‌شود.

به منظور افزایش خاصیت ضدعفونی‌کنندگی و میکروب‌کشی صابون‌ها به آنها ماده شیمیایی کلردار اضافه می‌کنند.

برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده، به آنها نمک‌های فسفات می‌افزایند، زیرا این نمک‌ها با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب‌های سخت واکنش می‌دهند و از تشکیل رسوب و ایجاد لکه جلوگیری می‌کنند.

هر چه شوینده‌های مواد شیمیایی بیشتری داشته باشد، احتمال ایجاد عوارض جانبی آن بیشتر خواهد بود. به همین دلیل مصرف زیاد شوینده‌ها و تنفس بخار آنها عوارض پوستی و بیماری‌های تنفسی ایجاد می‌کند.

برای حفظ سلامتی بدن و محیط زیست استفاده از شوینده‌های ملایم، طبیعی و مناسب توصیه می‌شود.

پاک‌کننده‌های خورنده شامل موادی مانند جوهر نمک (HCl)، سود (NaOH) و سفیدکننده‌ها (NaOCl) هستند که با رسوب آلودگی‌ها و کثیفی‌های چسبیده در سطوح گوناگون مثل دیواره کتری یا در لوله‌ها و آبراه‌ها و دیگ‌های بخار که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زوده نمی‌شوند، واکنش می‌دهند و آن‌ها را در آب حل می‌کنند و از برخی از آن‌ها برای از بین بردن میکروب‌های همراه کثیفی‌ها نیز استفاده می‌شود. این پاک‌کننده‌ها از نظر شیمیایی فعال‌اند و دارای خاصیت خوردگی هستند.

صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی بر اساس برهم‌کنش میان ذره‌ها عمل می‌کنند. این در حالی است که پاک‌کننده‌های خورنده، افزون بر این برهم‌کنش‌ها، با آلاینده‌ها واکنش می‌دهند.

نمونه‌ای از پاک‌کننده‌های خورنده، پودری شامل مخلوط سدیم هیدروکسید و آلومینیم است. از واکنش این پودر خورنده با آب، گاز هیدروژن و فرآورده‌های دیگری (مثل NaAl(OH)_4) تولید می‌شود و به علاوه، این واکنش با آزاد شدن گرما همراه است. از این پودر برای باز کردن لوله‌ها و مسیرهایی که در اثر ایجاد رسوب و تجمع کثیفی‌ها و چربی‌ها بسته شده‌اند، استفاده می‌شود.

مخلوط آلومینیم و سدیم هیدروکسید

آب



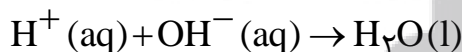
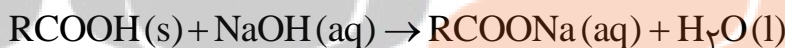
گاز هیدروژن

فرآورده‌های دیگر

هر چه مقدار گاز هیدروژن تولید شده بیش‌تر باشد، قدرت پاک‌کنندگی این مخلوط افزایش می‌یابد.

هر چه مقدار گرمای آزاد شده در واکنش پاک‌کننده‌ها بیش‌تر باشد، قدرت پاک‌کنندگی بیشتر خواهد شد.

مکانیسم عمل شوینده‌های خورنده: ریختن محلول غلیظ سدیم هیدروکسید در لوله‌های مسدود شده با چربی (شامل اسیدهای چرب) سبب می‌شود اسید چرب با سود واکنش داده و در آب حل شود. (واکنش خنثی شدن) در این حالت، فرآورده ضمن این که در آب حل می‌شود، خودش یک نوع پاک‌کننده (صابون) است و می‌تواند چربی‌های اضافی را بزداید.



معادله ساده شده واکنش شوینده‌های خورنده با لکه‌ها:

برای باز کردن برخی لوله‌ها و مجاری از محلول غلیظ هیدروکلریک‌اسید (جوهر نمک) استفاده می‌شود. زیرا موادی که سبب گرفتگی این لوله‌ها و مجاری می‌شوند خاصیت بازی دارند و به صورت رسوب برجای مانده‌اند. (مثل آهک) در این حالت لوله بازکن در واکنش با این رسوب‌ها، فرآورده‌های محلول در آب یا گازی تولید می‌کند و از این راه سبب جرم‌گیری در آنها می‌شوند.

پاک‌کننده‌ها بر حسب ساختار، رفتار و ویژگی‌هایشان می‌توانند اسید، باز یا خنثی باشند. به‌طور کلی پاک‌کننده‌هایی که pH

خیلی بالا یا خیلی پایین دارند، اثرات زیانباری در بدن و محیط‌زیست بر جای می‌گذارند.

معرفی اسیدها و بازها

عملکرد بدن ما به میزان مواد اسیدی و بازی موجود در آن وابسته است.

اسیدهای خوراکی مزه ترش و بازها مزه تلخ دارند.

اسیدها با اغلب فلزها واکنش می‌دهند و در تماس با پوست سوزش ایجاد می‌کنند. برای نمونه، دلیل سوزش معده که درد شدیدی در ناحیه سینه ایجاد می‌کند، برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لوله مری است.

یاخته‌های دیواره معده با ورود مواد غذایی به آن، هیدروکلریک اسید (HCl) ترشح می‌کنند. نقش‌های اسید معده عبارت است از:

۱ فعال کردن آنزیم‌های تجزیه کننده مواد غذایی ۲ از بین بردن جانداران ذره‌بینی موجود در غذا

بازها در سطح پوست همانند صابون، احساس لیزی ایجاد می‌کنند اما به آن نیز آسیب می‌رسانند.

نمونه‌هایی از مواد اسیدی و بازی در زندگی:

۱ آهک (CaO) یک باز است. برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک می‌افزایند.

۲ اغلب داروها ترکیب‌هایی با خاصیت اسیدی یا بازی هستند.

۳ تنظیم میزان اسیدی بودن شوینده‌ها ضروری است.

۴ زندگی بسیاری از آبزیان به pH آب وابسته است.

۵ اغلب میوه‌ها دارای اسیدند و pH آنها کمتر از ۷ است.

۶ فاضلاب‌های صنعتی با ورود به محیط زیست سبب تغییر pH می‌شوند. (فاضلاب‌های صنعتی حاوی کاتیون‌های فلزات واسطه‌اند که با حل شدن در آب، pH آن را کاهش می‌دهند.)

طبق شواهد بسیاری در تاریخ علم، شیمی‌دان‌ها پیش از شناخت ساختار اسیدها و بازها با ویژگی‌ها و برخی از واکنش‌های میان آنها آشنا بودند. اما توجه رفتار اسیدها و بازها به یک مبنای علمی نیاز داشت.

سوانت آرنیوس نخستین کسی بود که اسیدها و بازها را بریک مبنای علمی توصیف کرد. یافته‌های او منجر به ارائه مدل آرنیوس برای اسیدها و بازها شد. او بر روی رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی (نه فقط ترکیب‌های یونی) کار می‌کرد. یافته‌های تجربی او نشان داد که محلول اسیدها و بازها رسانای جریان برق هستند، هر چند میزان رسانایی آنها با یکدیگر یکسان نیست.

با حل شدن اسیدها یا بازها در آب، مقدار یون‌های موجود در آب افزایش می‌یابد. (یون‌های محلول در آب \uparrow ← رسانایی الکتریکی محلول \uparrow)

یکی از روش‌های شناسایی خاصیت اسیدی یا بازی بودن مواد مختلف، استفاده از کاغذ pH است. کاغذ pH در محلول‌های اسیدی به رنگ قرمز و در محلول مواد بازی به رنگ آبی در می‌آید. کاغذ pH در محلول‌های خنثی زرد رنگ است.

[H⁺] ۱۰^{-۱۴} ۱۰^{-۱۳} ۱۰^{-۱۲} ۱۰^{-۱۱} ۱۰^{-۱۰} ۱۰^{-۹} ۱۰^{-۸} ۱۰^{-۷} ۱۰^{-۶} ۱۰^{-۵} ۱۰^{-۴} ۱۰^{-۳} ۱۰^{-۲} ۱۰^{-۱} ۱۰^۰



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

رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاک اسیدی به رنگ آبی اما در خاک بازی به رنگ سرخ شکوفا می‌شود.

بر اساس مدل آرنیوس:

❶ اسید آرنیوس ماده‌ای است که ضمن حل شدن در آب، یون هیدرونیوم (H_3O^+) پدید آورد و غلظت این یون را در محلول افزایش دهد؛ مثل گاز هیدروژن کلرید (که محلول آبی آن هیدروکلریک اسید نام دارد)

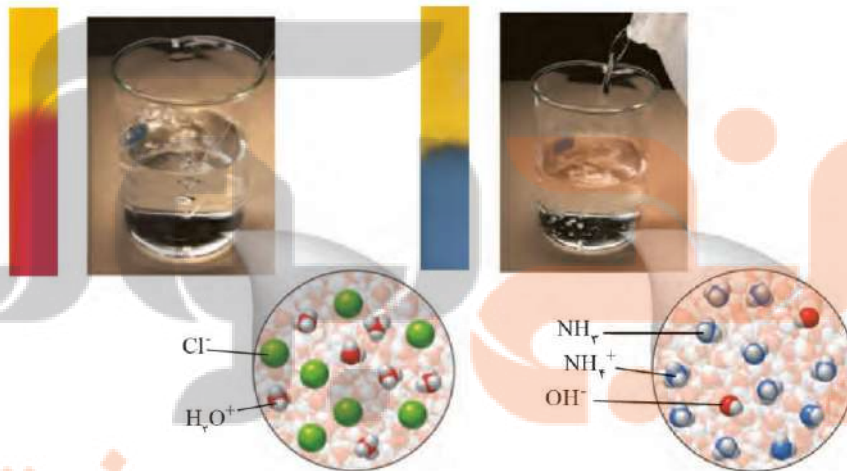
❷ یون هیدروژن یا $\text{H}^+(\text{aq})$ (که به آن پروتون نیز می‌گویند) در آب به شکل $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ یافت می‌شود و به یون هیدرونیوم معروف است. برای آسانی در نوشتن در منابع علمی به جای $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ از نماد $\text{H}^+(\text{aq})$ برای نشان دادن یون هیدرونیوم استفاده می‌شود.

❸ هیدروژن‌های موجود در ساختار یک ماده، الزاماً هیدروژن اسیدی نیستند.

❹ باز آرنیوس ماده‌ای است که ضمن حل شدن در آب یون هیدروکسید (OH^-) پدید آورد و غلظت این یون را در محلول افزایش دهد؛ مثل سدیم هیدروکسید (NaOH) که ضمن حل شدن در آب غلظت یون OH^- را افزایش می‌دهد.

❺ همهٔ بازها در فرمول خود، گروه OH^- ندارند؛ مثل آمونیاک (NH_3) که یک باز است اما در فرمول شیمیایی آن، OH^- دیده نمی‌شود. مولکول‌های آمونیاک در اثر حل شدن در آب، یون‌های NH_4^+ و OH^- پدید می‌آورند.

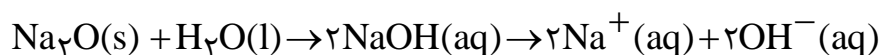
❻ الکل‌ها دارای گروه عاملی هیدروکسیل هستند (نه هیدروکسید!) و موادی خنثی در نظر گرفته می‌شوند (نه بازی).



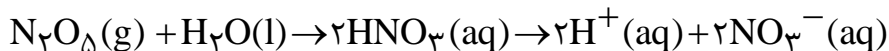
❻ اگر در یک سامانه غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با هم برابر باشد، آن سامانه حالت خنثی دارد.

❼ در اغلب موارد، اکسید فلزها خاصیت بازی و اکسید نافلزها خاصیت اسیدی دارند.

مثال ۱: سدیم اکسید (Na_2O) یک اکسید فلزی است و در واکنش با آب، سدیم هیدروکسید (NaOH) تولید می‌کند که یک باز است؛ چون در اثر انحلال در آب، یون هیدروکسید (OH^-) آزاد می‌شود.



مثال ۲: دی نیتروژن پنتاکسید (N_2O_5) در واکنش با آب، نیتریک اسید (HNO_3) تولید می کند که یک اسید است؛ چون در اثر انحلال در آب، یون هیدروژن (H^+) پدید می آورد.



دقت کنید ترکیب های کربن مونوکسید (CO)، نیتروژن مونوکسید (NO)، دی نیتروژن مونوکسید (N_2O)، نیتروژن دی اکسید (NO_2) و دی نیتروژن تتراکسید (N_2O_4) به صورت مولکولی در آب حل می شوند و خاصیت اسیدی ندارند.

مدل آرنیوس در توضیح موارد زیر ناتوان و دارای نقص است:

۱) اسیدی، بازی یا خنثی بودن مواد نامحلول را نمی تواند مشخص کند.

۲) میزان اسیدی بودن اسیدها یا بازی بودن بازها را نمی تواند به صورت کمی مشخص و مقایسه کند. (تعریفی کیفی است)

۳) شباهت یا تفاوت در قدرت رسانایی الکتریکی مواد مختلف را نمی تواند توجیه نماید.

رسانایی الکتریکی محلول ها و قدرت اسیدی

غلظت یون ها به ویژه یون هیدرونیوم بر روی ماندگاری مواد و در نتیجه سلامتی تاثیر شایانی دارد. در فرآیند تولید مواد گوناگون اغلب تعیین و کنترل غلظت یون هیدرونیوم نقش مهمی دارد.

شیر ماده ای با خاصیت اسیدی ضعیف است. شیر سالم با افزایش غلظت یون هیدرونیوم، ترش می شود.

یکی از روشهایی که برای تعیین غلظت یون هیدرونیوم می توان بکار برد، سنجش رسانایی الکتریکی محلول های آبی است.

انواع مواد رسانا:

۱) رسانای الکترونی: این نوع رسانایی به وسیله الکترون ها ایجاد می شود؛ مثل فلزها و گرافیت (پایدارترین دگرشکل عنصر کربن، موجود در مغز مداد)

۲) رسانای یونی: این نوع رسانایی به وسیله یون ها [آزاد] ایجاد می شود که توانایی جابه جا شدن در محیط را دارند. جابه جایی یون ها نشان دهنده جابه جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه رسانایی الکتریکی است.

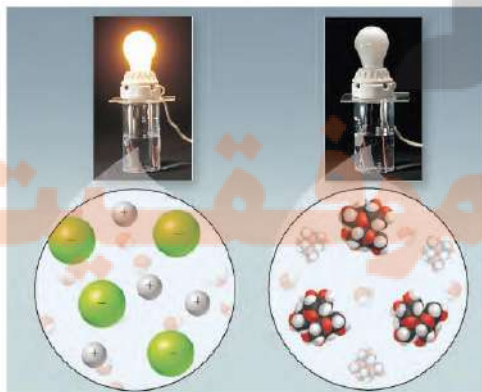
همه محلول های یونی رسانایی یکسانی ندارند. رسانایی الکتریکی یک محلول، به غلظت یا تعداد یون های آن بستگی دارد.

به موادی مثل اتانول و شکر که انحلال آنها در آب کاملاً به صورت

مولکولی است، غیرالکترولیت و به محلول آنها محلول غیرالکترولیت می گویند.

موادی مانند $NaCl(s)$ که ضمن انحلال در آب یون تولید می کنند

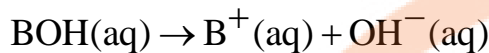
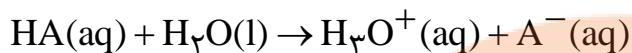
الکترولیت و محلول آنها، محلول الکترولیت نامیده می شوند.



شکل ۶ مقایسه رسانایی الکتریکی محلول های آبی سدیم کلرید و شکر

محلول های الکترولیت برخلاف محلول های غیرالکترولیت رسانای جریان برق هستند.

به فرایندی که در آن یک ترکیب مولکولی در آب به یون های مثبت و منفی تبدیل می شود، یونش می گویند. اسیدها و بازها ضمن انحلال در آب یونیده می شوند. بر همین اساس، اسیدها و بازها الکترولیت هستند و محلول آنها رسانای جریان برق است. معادله واکنش کلی یونش اسیدها و بازها به شکل زیر است:



به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، اسید تک پروتون دار می گویند. شیمی دان ها برای بیان میزان یونش اسیدها، از کمیتی به نام درجه یونش (α) استفاده می کنند که به صورت زیر بیان می شود:

$$\text{درجه یونش} = \frac{\text{شمار مولکول های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول های حل شده}}$$

نکات مهم:

- ۱ مقدار درجه یونش عددی بین صفر و یک است. هر چه یک اسید به میزان بیشتری یونیده شود، درجه یونش آن بزرگتر و اسید مورد نظر قوی تر است. در اسیدهای قوی درجه یونش برابر یک و در اسیدهای ضعیف درجه یونش کوچکتر از یک است.
- ۲ درصد یونش ($\alpha\%$) حاصل ضرب درجه یونش در عدد ۱۰۰ می باشد.
- ۳ در رابطه درجه یونش به جای شمار مولکول ها، می توان شمار مول ها یا غلظت مولی گونه ها را قرار داد.
- ۴ مقدار درجه یونش علاوه بر نوع اسید، به غلظت اولیه اسید هم بستگی دارد. ($\uparrow M \Rightarrow \alpha \downarrow$)
- ۵ در اسیدهای تک پروتون دار، به ازای هر مولکول اسید که یونش پیدا کند، یک یون هیدروژن تولید می شود. بنابراین می توان گفت:

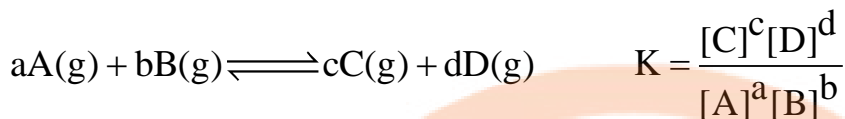
$$\alpha = \frac{\text{غلظت اسید یونیده شده}}{\text{غلظت اولیه اسید (M)}} = \frac{[H^+]}{M} \Rightarrow [H^+] = M \cdot \alpha$$

واکنش های برگشت پذیر، آنهایی هستند که می توانند در هر دو جهت رفت و برگشت انجام شوند. این نوع واکنش ها در شرایط مناسب همزمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می شوند تا اینکه سرانجام لحظه ای فرا می رسد که:

۱ غلظت واکنش دهنده ها و فراورده ها ثابت می ماند (نه برابر) اما واکنش در دو جهت متوقف نمی شود.

۲ سرعت واکنش رفت و سرعت واکنش برگشت برابر می شود. به عبارتی دیگر، سرعت تولید هر گونه با سرعت مصرف همان ماده برابر می شود. (سرعت مصرف یا تولید مواد مختلف الزاماً با هم برابر نمی شود و بستگی به ضریب استوکیومتری آنها دارد.) به چنین سامانه ای، سامانه تعادلی گفته می شود.

هر سامانه تعادلی، با کمیتی به نام ثابت تعادل توصیف می‌شوند که بیانی از میزان پیشرفت واکنش است. مقدار عددی ثابت تعادل با توجه به غلظت تعادلی گونه‌های گازی و محلول در آب و ضرایب استوکیومتری آنها، طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:



مقدار عددی ثابت تعادل (K) در دمای ثابت برای هر تعادل ثابت است و با تغییر فشار و حجم سامانه یا مقدار مواد شرکت‌کننده در واکنش تغییر نمی‌کند.

غلظت مواد جامد و مایع خالص در کسر ثابت تعادل نوشته نمی‌شود اما وجود آنها برای برقراری تعادل الزامی است.

اسیدها و بازها براساس میزان یونش به دو دسته قوی و ضعیف تقسیم می‌شوند:

فرآیند یونش در اسیدها و بازهای قوی برگشت‌ناپذیر و یک طرفه است، یعنی تمامی مولکول‌های اسید یا باز ضمن حل شدن در آب، به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شوند. ($\alpha = 1$) اسیدها و بازهای قوی را می‌توان محلولی شامل یون‌های آب‌پوشیده دانست.

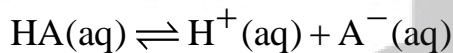
اسیدهای قوی عبارت اند از: HNO_3 , H_2SO_4 , HCl , HBr , HI , $HClO_4$

بازهای قوی عبارت اند از: هیدروکسید فلزات قلیایی و قلیایی خاکی به جز برلییم و منیزیم.

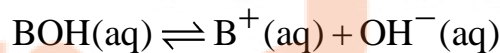
قوی یا ضعیف بودن یک اسید یا باز به میزان انحلال‌پذیری آن در آب بستگی ندارد. به عنوان مثال $Ba(OH)_2$ یک باز قوی است اما به مقدار بسیار کمی در آب حل می‌شود.

فرآیند یونش در اسیدها و بازهای ضعیف برگشت‌پذیر و دوطرفه است، یعنی شمار اندکی از مولکول‌های اسید یا باز ضمن حل شدن در آب، به صورت جزئی یونیده شده و به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شوند و باقی آنها به صورت مولکولی حل می‌شوند. ($\alpha < 1$)

ثابت تعادل فرآیند یونش اسیدها و بازها، به ترتیب ثابت یونش اسیدی (K_a) و ثابت یونش بازی (K_b) نام دارد.



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



$$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$$

اغلب اسیدها و بازها، ضعیف هستند و واکنش یونش آنها، تعادلی در نظر گرفته می‌شود. در اسیدها و بازهای ضعیف، شمار یون‌های آب‌پوشیده در مقایسه با مولکول‌های یونیده نشده ناچیز است.

در دمای معین، هرچه ثابت یونش مقدار عددی بزرگتری داشته باشد، آن ماده بیشتر یونیده می‌شود و اسید یا باز موردنظر قوی‌تر است.

کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل آنها می‌تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود. اسیدهای موجود در سیب، انگور، ریواس و مرکبات مانند پرتقال و لیمو و نیز انواع سرکه از جمله اسیدهای خوراکی و ضعیف هستند.

نکات جدول مقابل مهم هستند:

معادله یونش در آب	ثابت یونش (K_a)	فرمول شیمیایی	نام اسید
$HI(aq) \rightarrow H^+(aq) + I^-(aq)$	بسیار بزرگ	HI	هیدرویدیک اسید
$HBr(aq) \rightarrow H^+(aq) + Br^-(aq)$	بسیار بزرگ	HBr	هیدروبرمیک اسید
$HCl(aq) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$	بسیار بزرگ	HCl	هیدروکلریک اسید
$H_2SO_4(aq) \rightarrow H^+(aq) + HSO_4^-(aq)$	بسیار بزرگ	H_2SO_4	سولفوریک اسید
$HNO_3(aq) \rightarrow H^+(aq) + NO_3^-(aq)$	بزرگ	HNO_3	نیتریک اسید
$HNO_2(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + NO_2^-(aq)$	$4/5 \times 10^{-2}$	HNO_2	نیترو اسید
$HCOOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCOO^-(aq)$	$1/8 \times 10^{-4}$	HCOOH	فورمیک اسید
$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$	$1/8 \times 10^{-5}$	CH_3COOH	استیک اسید
$HCN(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CN^-(aq)$	$4/9 \times 10^{-10}$	HCN	هیدروسیانیک اسید

۱ ثابت یونش نیتریک اسید (HNO_3) بزرگ و ثابت یونش سایر اسیدهای قوی بسیار بزرگ است.

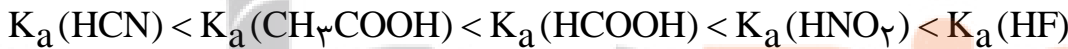
۲ سولفوریک اسید تنها اسید قوی است که بیشتر از یک هیدروژن اسیدی دارد. یونش پروتون اول آن کامل و یونش پروتون دوم تعادلی است.

۳ به‌خاطر داشته باشید در اثر حل شدن N_2O_3 در آب، نیترو اسید (HNO_2) تولید می‌شود که یک اسید ضعیف است.

۴ هر چه زنجیر هیدروکربنی (R) یک اسید آلی بلندتر باشد، ثابت یونش اسیدی آن کوچکتر و قدرت اسیدی آن کمتر است.

بدین ترتیب، K_a و نیز قدرت اسیدی فرمیک اسید ($HCOOH$) از استیک اسید (CH_3COOH) بیشتر است.

۵ مقایسه مقدار K_a چند اسید ضعیف:

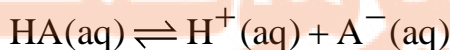


دو اصطلاح زیر را در سوالات اشتباه نگیرید:

۱ **قدرت اسیدی (قوی تر):** به میزان یونش اسید (مقدار عددی ثابت یونش) بستگی دارد و با غلظت اولیه آن ارتباطی ندارد.

۲ **خاصیت اسیدی (اسیدی تر):** مرتبط با غلظت یون هیدرونیوم محلول در آب است که مقدار آن علاوه بر نوع اسید (K_a)، به غلظت اولیه اسید هم بستگی دارد.

در اسیدهای تک پروتون دار، غلظت یون هیدرونیوم با آنیون حاصل از یونش (A^-) برابر است و غلظت اسید یونیده نشده برابر است با اختلاف غلظت اولیه اسید و غلظت یون هیدرونیوم.



غلظت اولیه	M	.	.	
تغییرات	-x	+x	+x	
غلظت تعادلی	M - x	x	x	$\Rightarrow x = [H^+]$

بنابراین می‌توان عبارت ثابت تعادل را به شکل زیر بازنویسی کرد:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^2}{M - [H^+]} \Rightarrow [H^+] = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a \cdot M}}{2}$$

$$[H^+] = M \cdot \alpha \rightarrow K_a = \frac{M\alpha^2}{1 - \alpha}$$

در سوالاتی که مقدار α کوچکتر از ۰/۰۱ یا مقدار K_a از 10^{-4} کمتر باشد یا جواب مدنظر طراح، به صورت تقریبی باشد، می‌توان از فرمول‌های مقابل استفاده کرد:

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{M} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_a \cdot M}$$

$$K_a = M \cdot \alpha^2$$

رسانایی الکتریکی محلول اسیدها، به غلظت یون‌های موجود در آنها بستگی دارد. برای مقایسه رسانایی محلول چند اسید مختلف، کافی است $[H^+]$ را به یکی از روش‌های بالا محاسبه و سپس مقایسه کنید.

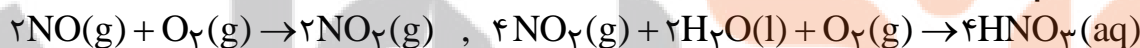
اغلب فلزها می‌توانند با اسید طبق معادله زیر واکنش دهند و گاز هیدروژن تولید نمایند:



۱ مقدار نهایی فرآورده به ضعیف یا قوی بودن اسید (مقدار K_a) بستگی ندارد و فقط به مقدار اولیه واکنش‌دهنده‌ها وابسته است.
 ۲ سرعت پیشروی این واکنش به غلظت یون هیدرونیوم (خاصیت اسیدی محلول) بستگی دارد؛ یعنی هر چه اسید واکنش‌دهنده، قوی‌تر باشد و غلظت بیشتری داشته باشد، واکنش زودتر و سریع‌تر کامل می‌شود.

باران اسیدی حاوی نیتریک اسید و سولفوریک اسید است که دو اسید قوی به شمار می‌روند، در حالی که باران معمولی حاوی کربنیک اسید بوده که اسیدی ضعیف است.

یادآوری از شیمی دهم:



در جدول زیر، تعدادی از اکسیدهای نافلزی و فلزی که دارای خاصیت اسیدی یا بازی هستند آورده شده است:

فرمول	واکنش در آب	تعداد یون حاصل
SO ₃	SO ₃ (g) + H ₂ O(l) → H ₂ SO ₄ (aq) → H ⁺ (aq) + HSO ₄ ⁻ (aq) HSO ₄ ⁻ (aq) ⇌ H ⁺ (aq) + SO ₄ ²⁻ (aq)	کمتر از ۳ مول
N ₂ O ₅	N ₂ O ₅ (g) + H ₂ O(l) → 2HNO ₃ (aq) → 2H ⁺ (aq) + 2NO ₃ ⁻ (aq)	۴ مول
N ₂ O ₃	N ₂ O ₃ (g) + H ₂ O(l) → 2HNO ₂ (aq) ⇌ 2H ⁺ (aq) + 2NO ₂ ⁻ (aq)	ناچیز
CO ₂	CO ₂ (g) + H ₂ O(l) ⇌ H ₂ CO ₃ (aq) ⇌ 2H ⁺ (aq) + CO ₃ ²⁻ (aq)	ناچیز
Na ₂ O	Na ₂ O(s) + H ₂ O(l) → 2NaOH(aq) → 2Na ⁺ (aq) + 2OH ⁻ (aq)	۴ مول
CaO	CaO(s) + H ₂ O(l) → Ca(OH) ₂ (aq) → Ca ²⁺ (aq) + 2OH ⁻ (aq)	۳ مول

pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن

📌 pH مقیاسی برای بیان میزان اسیدی بودن ترکیبها است. pH کمیته لگاریتمی و بدون واحد است که برای پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم می‌توان استفاده کرد، زیرا اعدادی به مراتب ساده‌تر و قابل فهم‌تر ارائه می‌دهد. pH طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

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

❶ هر چه یک محلول خاصیت اسیدی ($H^+(aq)$) بیشتری داشته باشد، pH آن کمتر و هر چه بازی‌تر باشد، pH آن بیشتر است.
❷ مقدار تقریبی لگاریتم اعداد زیر را به خاطر بسپارید:

عدد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
لگاریتم	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۰/۸۵	۰/۹	۱

❸ قواعد لگاریتمی کاربردی در این فصل:

$$\log(a \times b) = \log a + \log b \quad \log \frac{a}{b} = \log a - \log b \quad \log a^n = n \log a$$

❹ بر پایه قوانین بالا، اگر غلظت یون هیدرونیوم در محلولی برابر $a \times 10^{-b}$ باشد، $pH = b - \log a$ خواهد بود.

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

❺ برای محاسبه غلظت یون هیدرونیوم به کمک pH، می‌توان نوشت:

❻ اگر $pH = n/m$ باشد، غلظت یون هیدرونیوم برابر است با:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-n/m} = 10^{-(n+1)} \times 10^{-1/m}$$

$$pH = 2/7 \rightarrow [H^+] = 10^{-2/7} = 10^{-3} \times 10^{1/7} = 0.002$$

مثال:

❼ اگر حجم محلول محتوی یک اسید قوی در اثر افزودن آب، n برابر شود، غلظت اسید و غلظت یون هیدرونیوم حاصل از

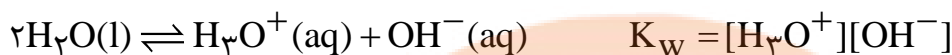
یونیده شدن آن $\frac{1}{n}$ می‌شود و pH محلول به اندازه $\log n$ افزایش می‌یابد.

❽ اختلاف pH محلول‌های دو اسید فرضی HA و HB را می‌توان از طریق رابطه پایین محاسبه کرد:

$$pH(HA) - pH(HB) = \log \frac{[H^+]_{HB}}{[H^+]_{HA}}$$

📌 در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس)، مقیاس pH مقادیر صفر تا ۱۴ را اختیار می‌کند که صفر مربوط به اسید قوی تک‌ظرفیتی با غلظت ۱ مولار و ۱۴ مربوط به باز قوی تک‌ظرفیتی با غلظت ۱ مولار است و مواد خنثی مثل آب مقطر دارای $pH = 7$ هستند.

آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. این ویژگی بیانگر وجود مقدار بسیار کمی از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید است. در واقع در یک نمونه از آب خالص، شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های آب یونیده می‌شوند. به این فرآیند، خودیونش آب گفته می‌شود.



در دمای مشخص، حاصل ضرب غلظت یون‌های هیدروکسید و هیدرونیوم در همه محلول‌های آبی همواره ثابت است. این

حاصل ضرب در دمای اتاق برابر 10^{-14} است و به حجم محلول و ... بستگی ندارد.

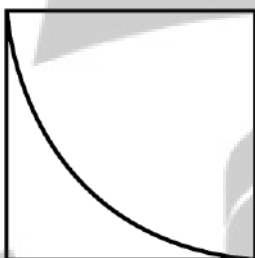
$$\theta = 25^\circ\text{C} \rightarrow [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2} \rightarrow \begin{cases} [\text{H}^+] > [\text{OH}^-] \Rightarrow [\text{H}^+] > 10^{-7} \Rightarrow \text{pH} < 7 & \text{اسیدها:} \\ [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \Rightarrow \text{pH} = 7 & \text{مواد خنثی:} \\ [\text{H}^+] < [\text{OH}^-] \Rightarrow [\text{H}^+] < 10^{-7} \Rightarrow \text{pH} > 7 & \text{بازها:} \end{cases}$$

دو نکته از این قسمت:

۱ در هیچ محلولی، غلظت یون هیدروکسید یا یون هیدروژن برابر صفر نیست؛ زیرا حاصل ضرب $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ دارای مقدار ثابتی غیرصفر است.

۲ میان غلظت H^+ و OH^- رابطه عکس وجود دارد. با افزایش H^+ ، OH^- کاهش می‌یابد تا $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ ثابت

بماند. نمودار تغییرات $[\text{H}_3\text{O}^+]$ نسبت به $[\text{OH}^-]$ به صورت مقابل است:



۳ در دیگر دماها $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ بزرگتر یا کوچکتر از 10^{-14} بوده و بازه pH از ۰ تا ۱۴ نیست. مثلاً در دماهای بالاتر از دمای اتاق، pH آب کوچکتر از ۷ است اما این به معنای اسیدی بودن آب نیست.

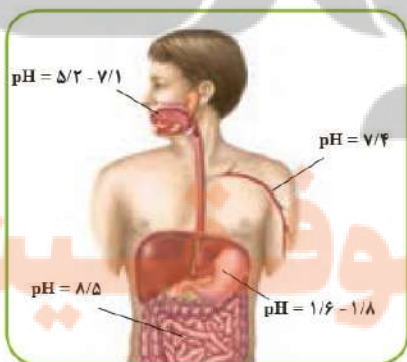
شکل زیر، pH طبیعی بعضی از ارگان‌های بدن را نمایش می‌دهد:

pH خون: $7/4 \leftarrow$ اندکی قلیایی

pH ترشحات حفره دهان: $5/2 - 7/1$

pH محیط معده: $1/6 - 1/8 \leftarrow$ اسیدی (به دلیل ترشح اسید معده)

pH روده کوچک: $8/5 \leftarrow$ بازی (به دلیل ترشح بی‌کربنات (HCO_3^-))



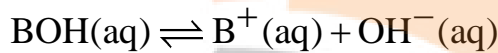
آب گازدار و عصاره گوجه فرنگی موادی با خاصیت اسیدی ($\text{pH} < 7$) محسوب می‌شوند.

کاغذ شناساگر، pH تقریبی و دستگاه pH سنج دیجیتال، pH دقیق محلول‌ها را مشخص می‌کند.

بازهای معروفی مانند سود سوزآور (NaOH) و پتاس سوزآور (KOH) بسیار قوی هستند، به طوری که مواد خورنده به شمار می‌روند و از آنها به عنوان لوله بازکن استفاده می‌شود.

آمونیاک از جمله بازهای ضعیف است، به طوری که در محلول آن افزون بر مقدار کمی از یون‌های آب‌پوشیده ($\text{NH}_4^+(\text{aq})$ و $\text{OH}^-(\text{aq})$) شمار بسیاری از مولکول‌های آمونیاک نیز یافت می‌شود. از آمونیاک در شیشه پاک‌کن‌ها استفاده می‌شود.

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



$$K_b = \frac{[\text{B}^+][\text{OH}^-]}{[\text{BOH}]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{M - [\text{OH}^-]}$$

فرمول تقریبی: $[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \cdot M}$

در بازهای قوی ($\alpha = 1$) و چند ظرفیتی (n) با غلظت اولیه M که در اثر حل شدن در آب بیشتر از یک یون هیدروکسید

$$[\text{OH}^-] = M \cdot n \cdot \alpha = M \cdot n$$

آزاد می‌کنند، غلظت یون هیدروکسید حاصل برابر است با:

در حجم‌های یکسان از چند محلول، هر چه غلظت یون هیدروکسید در محلول یک باز بیشتر باشد، آن محلول رسانایی الکتریکی بیشتری دارد.

دقت داشته باشید نمک‌هایی نظیر NaOH و KOH ترکیب مولکولی نیستند و فرایند آزاد شدن یون‌های ناهمنام در اثر انحلال آنها در آب یونش نامیده نمی‌شود. (تفکیک یونی است.)

در دمای اتاق، غلظت یون OH^- در محلول بازها بزرگتر از 10^{-7} بوده و pH عددی بزرگتر از 7 است.

به عنوان موضوعی خارج از کتاب اما بسیار کاربردی در مسائل بازها، بد نیست با مقیاسی به نام pOH آشنا باشید. این مقیاسی مشابه pH است اما به جای $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ، منفی لگاریتم $[\text{OH}^-]$ را نمایش می‌دهد.

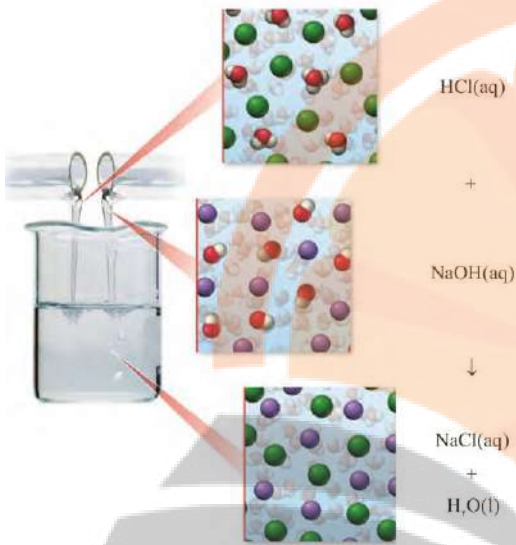
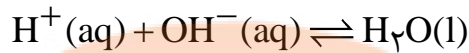
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

در دمای اتاق، مجموع pH و pOH در یک محلول آبی برابر 14 است.

$$[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \rightarrow \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

واکنش‌های شیب‌پایی اسیدها و بازها

به واکنش میان اسیدها و بازها واکنش خنثی شدن گفته می‌شود. معادله کلی واکنش خنثی شدن به صورت زیر است:



در این واکنش، یون‌های $Na^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$ به صورت دست نخورده باقی می‌مانند (یون‌های ناظر یا تماشاچی) و واکنش میان یون‌های هیدروژن و هیدروکسید انجام می‌شود.

در واکنش خنثی شدن، درجه یونش و ثابت یونش اسید یا باز اهمیتی ندارد و اسید و باز بسته به مول اولیه و ظرفیت (تعداد هیدروژن اسیدی و گروه هیدروکسید) با یکدیگر واکنش می‌دهند. بنابراین در واکنش کامل میان آنها که منجر به خنثی شدن اسید و باز و تهیه محلولی با $pH = 7$ می‌شود، رابطه زیر برقرار است:

(M: غلظت مولی، V: حجم، n: تعداد گروه اسیدی یا بازی)

$$n_a \times \text{mol}_a = n_b \times \text{mol}_b \rightarrow n_a M_a V_a = n_b M_b V_b$$

در واکنش اسید و باز که منجر به خنثی شدن کامل نشود و یکی از واکنش‌دهنده‌ها به صورت اضافی باقی بماند، برای تعیین pH محلول نهایی به ترتیب زیر عمل کنید:

۱ محاسبه مول یون هیدرونیوم در اسید قوی ($n_a M_a V_a$)

۲ محاسبه مول یون هیدروکسید در باز قوی ($n_b M_b V_b$)

۳ مقایسه میان مقدار یون هیدرونیوم و یون هیدروکسید؛ هر کدام بیشتر بود یعنی به طور کامل خنثی نشده و محلول نهایی ما دارای خاصیت مربوط به آن است.

برای محاسبه pH نهایی کافی است مول‌ها را از یکدیگر کم کرده و بر حجم کل (مجموع حجم اسید و باز اولیه) تقسیم کنید و در مرحله آخر منفی لگاریتم آن را محاسبه نمایید. فقط توجه کنید در صورتی که مول یون هیدروکسید از مول یون هیدرونیوم بیشتر باشد و در نهایت باز اضافی در ظرف داشته باشیم، عدد حاصل غلظت نهایی یون هیدروکسید بوده و منفی لگاریتم آن pOH را نشان می‌دهد.

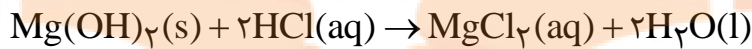
واکنش خنثی شدن مبنایی برای کاربرد شوینده‌ها و پاک‌کننده‌هاست.

✍ خوردن غذا سبب می شود که غده های موجود در دیواره معده، هیدروکلریک اسید ترشح کنند. در بدن انسان بالغ روزانه بین دو تا سه لیتر شیره معده تولید می شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود 0.03 مولار ($pH = 1/5$) است. محیط معده به قدری اسیدی است که می تواند فلز روی را در خود حل کند.

✍ دیواره داخلی معده به طور طبیعی مقدار کمی از یون های هیدرونیوم را دوباره جذب می کند. این جذب سبب نابودی سلول های سازنده دیواره معده می شود. حال اگر مقدار اسید معده به هر دلیل بیش از اندازه باشد، شمار یون های جذب شده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می شود.

✍ مصرف غذاها و داروهای اسیدی سبب تشدید بیماری های معده خواهد شد.

ضداسیدها داروهایی هستند که برای این منظور توسط پزشکان تجویز می شود. شیر منیزی یکی از رایج ترین آنهاست که شامل منیزیم هیدروکسید ($Mg(OH)_2$) است. این دارو اسید معده را مطابق معادله زیر خنثی می کند و سبب کاهش مقدار اسید معده می شود:



✍ جدول زیر، مواد موثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می دهد:

شماره ضداسید	۱	۲	۳
ماده مؤثر	$Al(OH)_3$, $NaHCO_3$	$Al(OH)_3$, $Mg(OH)_2$	$NaHCO_3$

✍ سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین)، ماده ای با فرمول شیمیایی $NaHCO_3$ است، محلول آن خاصیت بازی دارد و جزو مواد موثر موجود در ضداسیدها است. برای افزایش قدرت پاک کردن چربی ها (شامل اسیدهای چرب) به شوینده ها جوش شیرین (باز) می افزایند.

نرنج بوک

تلاشی در مسیر موفقیت

پدیده‌های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می‌دهند که بخشی از این انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود.

واکنش‌هایی که با داد و ستد الکترون هدفمند دنبال می‌شوند، مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند.

الکتروشیمی شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد. تولید انرژی الکتریکی ارزان و پاک دستاوردی از دانش الکتروشیمی است. الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.

نمونه‌هایی از فناوری که نقش الکتروشیمی را در آسایش و رفاه نشان می‌دهند:

• **تأمین روشنایی**

• **حمل و نقل سریع تر و ایمن تر، مثل قطار برقی**

• **درمان و کاهش اثر نقص عضو، مثل سمعک**

• دو رکن اساسی تحقق فناوری‌ها **دستیابی به مواد مناسب و تأمین انرژی** است.

• پرکاربردترین شکل انرژی در به کارگیری این فناوری‌ها **انرژی الکتریکی** است.

• برخی قلمروهای الکتروشیمی عبارتند از:

• **تأمین انرژی** (باتری‌ها، سلول سوختی و سوخت آن‌ها)

• **تولید مواد** (مانند برقکافت و آبکاری)

• **اندازه‌گیری و کنترل کیفی** (اطمینان از کیفیت فرآورده)

• **باتری** یکی از فرآورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتریسیته

تولید می‌کند. برای نمونه، تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم‌کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است.

• ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی‌های محتوی مواد غذایی، لوازم آشپزی که در برابر خوردگی مقاوم هستند

و مانع از آلوده شدن آب و مواد غذایی می‌شوند، همچنین کسب اطمینان از کیفیت تولید فرآورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و ... چهره‌ای دیگر از افزایش سطح رفاه و آسایش هستند.

انجام واکنش با سفر الکترون، جاری شدن انرژی با سفر الکترون

• یکی از راه‌های بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده در فلزها، اتصال آن‌ها در شرایط مناسب به یکدیگر است.

✍ با یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت (باتری لیمویی) و با آن یک لامپ LED را روشن کرد.

✍ چراغ خورشیدی یک ابزار روشنایی است که از لامپ LED، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ تشکیل شده است.

✍ باتری مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود.

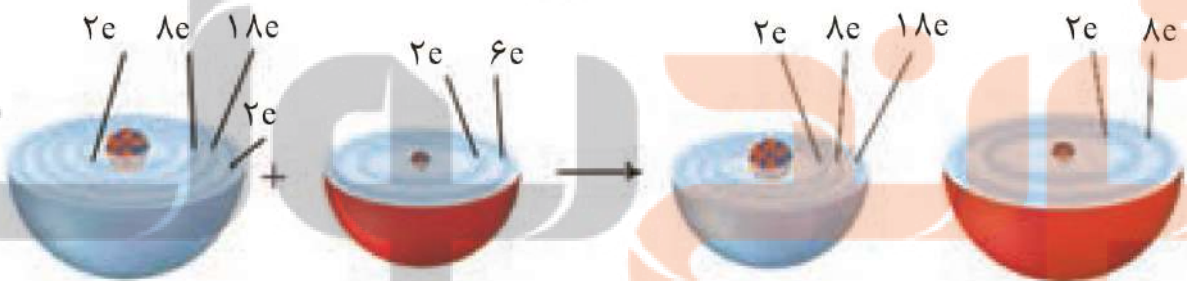
✍ اکسیژن نافلزی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می‌دهد و آن‌ها را به اکسید فلز تبدیل می‌کند.

✍ برخی از فلزها مانند طلا و پلاتین، با عنوان فلزات نجیب شناخته می‌شوند؛ این فلزها واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند و نمی‌توانند با اکسیژن واکنش دهند.

✍ به واکنش‌هایی که با مبادله الکترون میان گونه‌های شرکت‌کننده در آن همراه هستند، **واکنش‌های اکسایش-کاهش** گفته می‌شود. در این واکنش‌ها:

- گونه‌ای که الکترون می‌گیرد، بار الکتریکی‌اش منفی‌تر می‌شود. اصطلاحاً گفته می‌شود چنین گونه‌ای **کاهش** می‌یابد.
- گونه‌ای که الکترون از دست می‌دهد، بار الکتریکی‌اش مثبت‌تر می‌شود. اصطلاحاً گفته می‌شود چنین گونه‌ای **اکسایش** می‌یابد.

مثال: در واکنش اتم‌های **روی** و **اکسیژن**، هر یک از اتم‌های روی دو الکترون از دست می‌دهند و اکسایش می‌یابند و اتم‌های اکسیژن با گرفتن دو الکترون احیا شده یا کاهش می‌یابند.



✍ گونه‌ای که الکترون از دست می‌دهد و اکسایش می‌یابد، سبب کاهش یافتن گونه‌ی دیگر شرکت‌کننده در واکنش می‌شود. به همین دلیل به آن **کاهنده** می‌گویند.

✍ گونه‌ای که الکترون به دست می‌آورد و کاهش می‌یابد، سبب اکسایش یافتن گونه‌ی دیگر شرکت‌کننده در واکنش می‌شود. به همین دلیل به آن **اکسنده** می‌گویند.

✍ در واکنش‌های اکسایش-کاهش خودبه‌خودی و انجام‌شدنی، گونه‌های اکسنده و کاهنده‌ی **قوی‌تر (فعال‌تر)** به اکسنده و کاهنده‌ی **ضعیف‌تر (پایدارتر)** تبدیل می‌شوند.

✍ فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

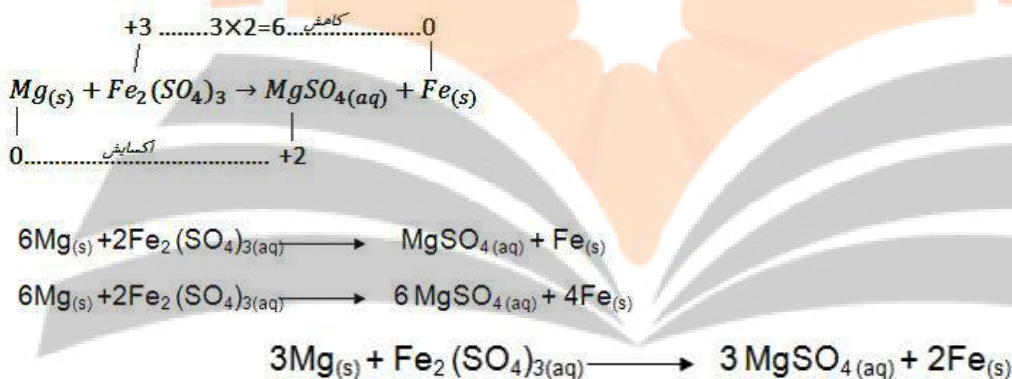
تعداد الکترون مبادله شده میان گونه‌های کاهنده و اکسنده در یک واکنش برابر است با:

قدر مطلق تغییر بار یکی از گونه‌ها × زیروند اتم اکسایش یا کاهش یافته × ضریب استوکیومتری ماده

اگر در یک واکنش، واکنش‌دهنده یا فراورده‌ای به صورت عنصر آزاد وجود داشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت آن واکنش قطعاً از نوع اکسایش-کاهش بوده و با مبادله الکترون میان گونه‌ها همراه است.

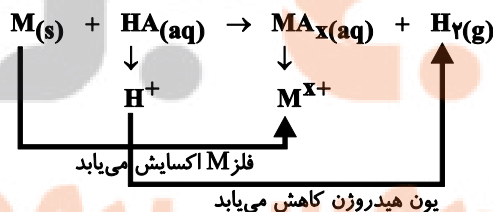
برای موازنه‌ی واکنش‌های اکسایش-کاهش علاوه بر روش عادی، می‌توان از روش زیر استفاده کرد:

ابتدا تغییر بار هر یک از عنصرها را بدست می‌آوریم و اگر عنصری در سمت چپ واکنش زیروندی به غیر از یک داشت، تغییر بار را در آن زیروند ضرب می‌کنیم. توجه داشته باشید میزان تغییر عدد اکسایش بدون علامت در زیروند ضرب می‌شود. اکنون تغییر عدد اکسایش ماده‌ی کاهنده را به عنوان ضریب ماده‌ی اکسنده و تغییر عدد اکسایش ماده‌ی اکسنده را به عنوان ضریب ماده‌ی کاهنده قرار داده و شروع به موازنه عناصر می‌کنیم و در نهایت ضرایب را در صورت امکان ساده می‌کنیم. مثال:

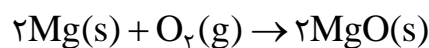


ممکن است در یک واکنش اکسایش-کاهش، یک گونه هم اکسایش هم کاهش یابد؛ مثلاً در واکنش $2\text{NH}_3(g) \rightarrow \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g)$ ، آمونیاک هم نقش کاهنده و هم نقش اکسنده را برعهده دارد. در واقع تعدادی از مولکول‌های آمونیاک کاهش می‌یابند و به گاز هیدروژن تبدیل می‌شوند و تعدادی دیگر اکسایش پیدا کرده و گاز نیتروژن تولید می‌کنند.

اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. (X: ظرفیت فلز M)



در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد. در این واکنش $\text{Mg}_{(s)}$ با نور خیره‌کننده‌ای در $\text{O}_2(g)$ می‌سوزد و به $\text{MgO}_{(s)}$ تبدیل می‌شود. در این واکنش، فلز منیزیم کاهنده و گاز اکسیژن اکسنده است و طبق معادله واکنش، ۴ الکترون بین گونه‌ها مبادله می‌شود.



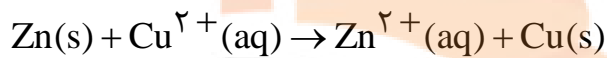
شیمی دان‌ها هر یک از فرآیندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک نیم واکنش نمایش می‌دهند. هر واکنش اکسایش-کاهش از دو نیم واکنش اکسایش و کاهش تشکیل شده است.

هر نیم واکنش باید از لحاظ جرم اتم‌ها و بار الکتریکی موازنه باشد.

در نیم واکنش کاهش، الکترون در سمت چپ معادله قرار گرفته و مصرف می‌شود، در حالی که در نیم واکنش اکسایش، الکترون در سمت راست معادله قرار دارد و آزاد می‌شود.

هر چقدر یک فلز خصلت فلزی (تمایل برای از دست دادن الکترون) بیشتری داشته باشد، کاهنده‌تر است و هر چقدر یک نافلز خصلت نافلزی (تمایل برای به دست آوردن الکترون) بیشتری داشته باشد، اکسنده‌تر است.

در یک واکنش اکسایش-کاهش، هر فلز می‌تواند با کاتیون مربوط به فلزهایی واکنش دهد که قدرت کاهندگی بیش‌تری نسبت به آن‌ها دارد. به عبارت دیگر، همواره فلز واکنش دهنده فعال‌تر و فلز فرآورده پایدارتر است. هر گاه تیغه روی در محلول مس (II) سولفات قرار بگیرد، واکنش زیر شروع به انجام می‌کند:



• نیم واکنش اکسایش: $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$

• نیم واکنش کاهش: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu(s)}$

• محلول CuSO_4 به دلیل وجود یون‌های $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ به رنگ آبی است. با انجام این واکنش به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. این تغییر رنگ نشان‌دهنده انجام واکنش شیمیایی است.

• اتم‌های روی در مقایسه با اتم‌های مس، تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون دارند، یعنی روی از مس کاهنده‌تر است؛ بنابراین این واکنش انجام شدنی است اما در جهت برگشت انجام نمی‌شود؛ بدان معنا که تیغه مس در محلول روی سولفات پس از موت طولانی تغییری نمی‌کند.

در برخی واکنش‌های اکسایش-کاهش افزون بر داد و ستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود.

در واکنش فلز آلومینیوم و محلولی شامل یون‌های $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ، یون‌های مس به Cu(s) کاهش می‌یابد و رنگ آبی محلول بر اثر مصرف یون‌های مس (II) و تولید رسوب قرمز فلز مس تغییر می‌کند.

در واکنش فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیوم با محلول مس (II) سولفات دما افزایش می‌یابد، زیرا بخشی از انرژی سامانه به شکل گرما به محیط جاری می‌شود اما با قرار دادن فلز طلا در این محلول تغییر دمایی مشاهده نمی‌شود، زیرا واکنشی رخ نمی‌دهد.

هر چه فلز واکنش دهنده با محلول CuSO_4 کاهنده‌تر باشد، مخلوط واکنش گرم‌تر می‌شود و تغییر دمای سامانه

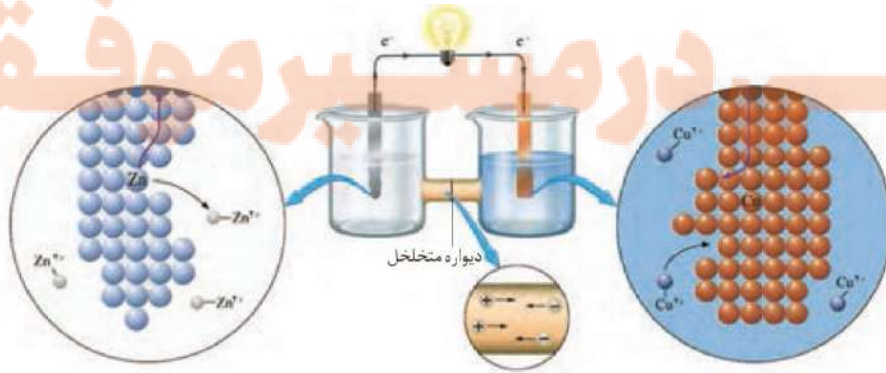
بیش‌تر است.

نام فلز	نشانه شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی (°C)
آهن	Fe	۲۳
طلا	Au	۲۰
روی	Zn	۲۶
	Cu	۲۰

واکنش‌های شیب‌بایی و سفر هدایت‌شده الکترون‌ها

✍ برای ایجاد جریان الکتریکی باید الکترون‌ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا نمود. ✍ اگر بتوان الکترون‌های مبادله شده در واکنش‌های اکسایش-کاهش را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه‌جا کرد آنگاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش-کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود. سلولی با این ویژگی‌ها **سلول گالوانی** نام دارد؛ دستگاهی که براساس **تفاوت قدرت کاهندگی فلزها** انرژی الکتریکی تولید می‌کند. ✍ ویژگی‌های سلول گالوانی:

- از دو نیم سلول تشکیل شده است. هر نیم‌سلول، از یک الکتروود و محلولی شامل یون آن موسوم به الکتروولیت تشکیل شده است. نیم‌سلول‌ها توسط دیواره‌ای متخلخل از هم جدا شده‌اند.
- در این سلول‌ها دو مدار درونی و بیرونی وجود دارد که مدار درونی انتقال‌دهنده یون‌ها بوده و رسانای یونی نام دارد و مدار بیرونی جابه‌جا کننده الکترون‌هاست و رسانای الکتریکی می‌باشد. در مسیر مدار بیرونی می‌توان با قرار دادن لامپ، از انرژی حاصل از جریان الکترون‌ها استفاده کرد.
- به نیم‌سلولی که نیم واکنش اکسایش در آن رخ می‌دهد، نیم سلول آندی و به نیم‌سلولی که نیم واکنش کاهش در آن رخ می‌دهد، نیم‌سلول کاتدی گفته می‌شود.
- نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در سطح الکتروودها رخ می‌دهد. الکتروودی که نیم‌واکنش اکسایش در آن رخ می‌دهد، آند و الکتروودی که نیم‌واکنش کاهش در آن رخ می‌دهد کاتد نام دارد.
- در سلول‌های گالوانی معمولاً با گذشت زمان از جرم الکتروود آند کاسته و به جرم الکتروود کاتد افزوده می‌شود (آند لاغرتر و کاتد چاق‌تر می‌شود).
- الکترون در نیم‌واکنش اکسایش تولید و در نیم‌واکنش کاهش مصرف می‌شود. بنابراین، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی همواره از نیم‌سلول آند به سمت نیم سلول کاتد است.
- با گذشت زمان و پیشروی واکنش انتظار می‌رود غلظت کاتیون در آند افزایش می‌یابد (به دلیل اکسایش فلز آند) و غلظت آنیون در کاتد بیشتر شود (به دلیل کاهش کاتیون‌های فلز کاتد) اما در عمل با جابجایی آنیون‌ها به سمت نیم سلول آند و کاتیون‌ها به سمت نیم سلول کاتد محلول موجود در هر یک از نیم سلول‌ها از نظر بار الکتریکی خنثی باقی می‌مانند تا واکنش ادامه یابد. این انتقال از طریق دیواره متخلخل انجام می‌شود.



در سلول‌های گالوانی، آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت سلول می‌باشد و در صورتی که به درستی به قطب‌های همنام ولت سنج متصل شوند، ولت‌سنج عدد مثبتی را نشان می‌دهد. این ولتاژ، اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌سلول است و به نیروی الکتروموتوری معروف است و با emf نمایش داده می‌شود و قدرت سلول گالوانی را برای تولید الکتریسیته نشان می‌دهد. سلول گالوانی به دلیل تولید انرژی الکتریکی ویژگی‌های یک باتری را دارد.

اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم سلول به طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به طور نسبی مقایسه شود. برای دستیابی به این هدف، شیمی‌دان‌ها نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به عنوان مبنا (پتانسیل صفر ولت) انتخاب کردند.

منظور از پتانسیل استاندارد نیم‌سلول که با E° نشان می‌دهند، اندازه‌گیری پتانسیل هر نیم سلول در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، فشار ۱ atm و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت‌هاست که بر مبنای SHE صورت گرفته است.

طبق پیشنهاد آیوپاک و برای هماهنگی در همه منابع معتبر علمی، پتانسیل کاهش گونه‌ها در جدول‌ها ذکر می‌شود. بدین ترتیب در نیم‌واکنش‌هایی که در جدول ثبت می‌شود، گونه اکسند و الکترون‌ها در سمت چپ و گونه کاهنده در سمت راست قرار می‌گیرد.

گونه کاهنده $\rightarrow +ne^-$ گونه اکسند

جدول ۱- پتانسیل کاهش استاندارد برای برخی نیم‌سلول‌ها

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ (V)$
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s)$	+۱/۵۰
$Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$	+۱/۲۰
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+۰/۸۰
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+۰/۳۴
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	۰/۰۰
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	-۰/۱۴
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	-۰/۴۴
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	-۰/۷۶
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	-۱/۱۸
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	-۱/۶۶
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	-۲/۳۷

اکسند قوی‌تر

کاهنده قوی‌تر

رتبه‌بندی فلزها بر اساس E° آن‌ها در یک جدول می‌باشد که سری الکتروشیمیایی نامیده می‌شود. در این جدول علامت E° فلزهایی که قدرت کاهندگی بیشتری از $H_2(g)$ دارند، منفی و علامت E° فلزهایی که قدرت کاهندگی کمتری از $H_2(g)$ دارند، مثبت است.

در سری الکتروشیمیایی قدرت کاهندگی گونه‌ها از بالا به پایین افزایش و قدرت اکسندگی گونه‌ها از بالا به پایین

کاهش می‌یابد. بنابراین واکنش‌های انجام شدنی آن‌هایی هستند که گونه کاهنده پایین‌تر از گونه اکسندنده باشد.

طبق سری الکتروشیمیایی، به ترتیب فلزهای گروه ۱ و ۲، آلومینیوم، منگنز و روی، قوی‌ترین کاهنده‌ها به شمار می‌روند و مولکول هالوژن‌ها و در صدر آنها **فلوئور**، قوی‌ترین اکسندنده به شمار می‌روند.

فلزهای مس، نقره، جیوه، پلاتین، پالادیوم و طلا E° مثبت دارند. این فلزات قدرت کاهندگی کم‌تری از گاز هیدروژن دارند و با اسید نمی‌توانند واکنش دهند.

هر چقدر یک فلز کاهنده‌تر باشد، یون حاصل از آن قدرت اکسندگی کم‌تری دارد و پایدارتر است.

در سلول گالوانی اگر قطب‌های مثبت و منفی آن را به‌درستی به یک ولت‌سنج متصل کنیم، ولت‌سنج عدد مثبتی را نشان می‌دهد که emf آن سلول است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$emf = E^\circ(\text{گونه کاهنده}) - E^\circ(\text{آند}) = E^\circ(\text{گونه اکسندنده}) - E^\circ(\text{کاتد})$$

هر سلول گالوانی ولتاژ معینی دارد که با تغییر هر یک از اجزای سلول (نوع الکترودها و غلظت الکترولیت‌ها) تغییر می‌کند. مثلاً هر چه فلز آند کاهنده‌تر باشد (E° آندی کم‌تر) و فلز کاتد کاهندگی کم‌تری داشته باشد (E° کاتدی بیش‌تر)، ولتاژ سلول گالوانی بیشتر است.

در ابتدای کار سلول گالوانی شامل نیم سلول‌های استاندارد، غلظت هر دو الکترولیت کاتدی و آندی برابر با یک مولار است و سلول، بیش‌ترین پتانسیل خود را دارد. با گذشت زمان و تغییر غلظت الکترولیت‌ها (کاهش غلظت الکترولیت کاتدی و افزایش غلظت الکترولیت آندی)، پتانسیل سلول گالوانی به مرور کاهش یافته و در نهایت به صفر می‌رسد که در این لحظه، سلول گالوانی از کار می‌افتد.

برای نگهداری هر ماده، باید از ظرفی استفاده کرد که مناسب آن باشد؛ بدین معنا که فلز سازنده‌ی ظرف با محتویات آن واکنش ندهد. از ظرفی می‌توان برای نگهداری کاتیون‌های یک فلز استفاده کرد که از جنس ماده‌ای باشد که E° بیش‌تری از آن فلز دارد. به بیان دیگر، در جدول سری الکتروشیمیایی، فلز سازنده ظرف، باید در موقعیتی بالاتر از کاتیون نمک محتوی آن قرار داشته باشد. به عنوان نمونه، محلول $ZnSO_4$ را می‌توان در ظرف مسی نگهداری کرد، چون روی از مس کاهنده‌تر است و در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از ظرف قرار دارد. بنابراین واکنش $Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + Zn(s)$ انجام نمی‌پذیرد.

ظرف بالاتر

نمک پایین‌تر

یک تیپ رایج در سوالات این فصل، آن‌هایی هستند که E° چندین گونه داده می‌شود و درباره انجام‌پذیری یا انجام‌ناپذیری واکنش‌های معینی پرسش مطرح می‌گردد یا برعکس آن. برای پاسخ، از روش زیر استفاده کنید:

• گونه‌ها را به روش سری الکتروشیمیایی مرتب می‌کنیم، به نحوی که گونه دارای کم‌ترین E° در پایین‌ترین ردیف و گونه دارای بیش‌ترین E° در بالاترین ردیف قرار دهید. واکنشی در شرایط طبیعی به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود که گونه‌های کاهنده و اکسندنده در موقعیت‌های زیر نسبت به یکدیگر قرار داشته باشند:

✚ اکسندنده: بالاتر / سمت چپ

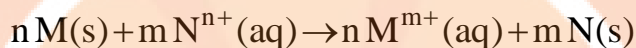
✚ کاهنده: پایین‌تر / سمت راست

• حالت برعکس؛ در واکنش‌های الکتروشیمیایی که انجام پذیر هستند، همواره واکنش‌دهنده‌ها، اکسندرها و کاهنده‌های قوی‌تری از گونه‌هایی هستند که در سمت فرآورده‌ها قرار دارند. یعنی:

✚ واکنش‌دهنده کاهنده پایین‌تر از فرآورده کاهنده قرار دارد.

✚ واکنش‌دهنده اکسندۀ بالاتر از فرآورده اکسندۀ قرار دارد.

جمع‌بندی: در واکنش فلز M با یون‌های فلز N:



- اگر واکنش فوق انجام پذیر باشد، می‌توان نتیجه گرفت فلز M از فلز N کاهنده‌تر است و یون N^{n+} از یون M^{m+} اکسندۀتر است؛ یعنی در سری الکتروشیمیایی M پایین‌تر از N قرار دارد و در سلول گالوانی آنها، فلز M نقش آند و فلز N نقش کاتد دارند که به ترتیب لاغر و چاق می‌شوند.
- برای نگهداری نمک فلز N نمی‌توان از ظرفی از جنس فلز M استفاده کرد اما برعکس آن امکان پذیر است.
- با گذشت زمان، غلظت N^{n+} کاهش و غلظت M^{m+} افزایش می‌یابد و مقدار تغییر غلظت آنها متناسب با ضریب استوکیومتری‌شان است.
- در صورتی که واکنش فوق درون یک ظرف انجام شود و تمام فلز N تولید شده روی تیغه M بنشیند، به ازای ضرایب واکنش موازنه شده، تغییر جرم تیغه برابر است با؛

$$[\text{جرم مولی فلز M} \times \text{ضریب فلز M}] - [\text{جرم مولی فلز N} \times \text{ضریب فلز N}]$$

لب‌نپه فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی

✍ باتری‌ها در شکل، اندازه و کارایی با یکدیگر تفاوت آشکاری دارند اما در همه آنها با انجام شدن نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می‌شود.

✍ در فناوری ساخت باتری‌های جدید، فلز لیتیم نقش پررنگی دارد؛ زیرا لیتیم در میان فلزها کم‌ترین چگالی و E° را دارد. این ویژگی لیتیم سبب شد راه برای ساخت باتری‌های سبک‌تر، کوچک‌تر و با توانایی ذخیره بیش‌تر

انرژی هموار شود.

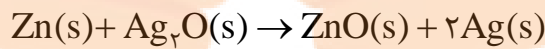
✍ باتری دگمه‌ای از جمله باتری‌های لیتیمی است که در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون به کار می‌رود.

دسته‌ای دیگر از باتری‌های لیتیومی، **باتری‌های قابل شارژ** هستند که در تلفن و رایانه همراه به کار می‌رود. در این باتری‌ها، در هنگام تولید انرژی الکتریکی، واکنش اکسایش-کاهش در جهت خودبه‌خودی انجام می‌شود و برای شارژ مجدد، با مصرف انرژی الکتریکی می‌توان واکنش‌دهنده‌ها را بار دیگر تولید کرد.

افزایش تقاضا برای باتری‌های لیتیومی، سبب شد این فلز جایگاه ممتازی در تامین انرژی جهان پیدا کند.

سالانه حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی مانند تلفن و رایانه همراه، باتری‌های لیتیومی و ... تولید می‌شود. این پسماندها به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و نباید به طبیعت رها یا دفن شوند، زیرا محیط زیست را آلوده می‌کنند. از سوی دیگر برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

باتری روی-نقره از جمله باتری‌های دگمه‌ای هستند که واکنش زیر در آنها انجام می‌شود:



در این باتری، فلز روی اکسایش پیدا می‌کند و آند است و با توجه به کاهش یون‌های نقره، فلز نقره نقش کاتد را برعهده می‌گیرد.

سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

سوخت‌های فسیلی مناسب‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها به‌شمار می‌روند.

چالش‌های مصرف سوخت‌های فسیلی عبارتند از:

- کاهش سریع ذخایر سوخت‌های فسیلی بر اثر استخراج و مصرف بی‌رویه
- گسترش روز افزون آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی

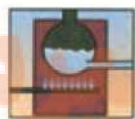
سلول سوختی نوعی **سلول گالوانی** است که شیمی‌دان‌ها برای گذر از تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می‌دهند. این سلول‌ها افزون بر کارایی بیشتر می‌توانند ردپای کربن دی‌اکسید را کاهش دهند به طوری که **دوستدار محیط زیست** بوده و منبع انرژی سبز به‌شمار می‌روند.

روش‌های تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی:

روش ۱



انتقال سوخت



سوزاندن سوخت



تولید بخار



راه‌اندازی توربین و تولید برق



انتقال برق

روش ۲



انتقال سوخت



سلول سوختی و تولید برق

مزایای استفاده از سلول سوختی در مقایسه با نیروگاه و توربین:

- اتلاف انرژی به شکل گرما کم تر است.
- کارایی و بازدهی این روش بالاتر است.

سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد. در حالی که اکسایش آن در

سلول سوختی بازده را تا سه برابر (۶۰ درصد) افزایش می دهد.

• آلودگی زیست محیطی کم تر دارد.

رایج ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن-اکسیژن است. دستگاهی که در آن گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به

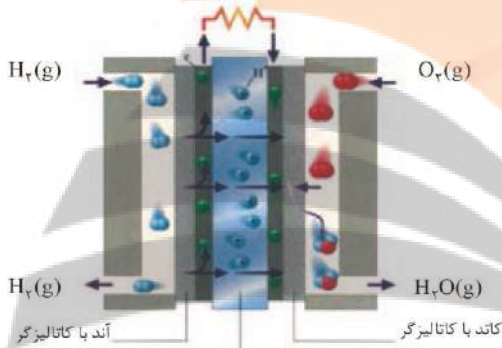
صورت کنترل شده واکنش می دهد و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. در این سلول، ماده سوختنی و گاز اکسیژن تماس مستقیم با یکدیگر قرار ندارند و این موضوع باعث کنترل شرایط و کاهش اتلاف انرژی می شود.

اجزای هر سلول سوختی عبارتند از:

• الکتروود آند با کاتالیزگر

• الکتروود کاتد با کاتالیزگر

• غشای مبادله کننده پروتون



غشای مبادله کننده یون هیدرونیوم

شکل ۱۰ - نوعی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن

نکات سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن:

• الکترودهای آند و کاتد کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش های اکسایش و کاهش سرعت می بخشند. بنابراین آند و کاتد خود اکسایش و کاهش نمی یابند. در واقع گاز هیدروژن و گاز اکسیژن به ترتیب اکسایش و کاهش پیدا می کنند.

• نیم واکنش آندی: $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^- \quad E^\circ = 0.0V$

• نیم واکنش کاتدی: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l) \quad E^\circ = 1.23V$

• واکنش کلی سلول سوختی: $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

غشای مبادله کننده پروتون، یون های هیدروژن حاصل از اکسایش سوخت سلول را از آند به کاتد منتقل می کند.

سوخت مصرف نشده از نیم سلول آند و بخار آب از نیم سلول کاتد سلول سوختی خارج می شوند.

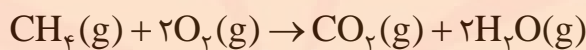
با اینکه سلول های سوختی برخلاف باتری ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی کنند، اما در آن ها نیز پیوسته سوخت

در شرایط کنترل شده، مصرف و جریان الکتریکی برقرار می شود.

یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی هیدروژن-اکسیژن خودنمایی می‌کند، تأمین سوخت آن‌هاست. تولید صنعتی گاز هیدروژن پرهزینه و به علاوه انتقال و جابجایی آن بسیار دشوار و خطرناک است. **برقکافت آب و سلول نورالکتروشیمیایی**، دو راه برای تولید گاز هیدروژن به شمار می‌رود.



با پیشرفت علم و فناوری، سلول‌های سوختی تازه‌ای طراحی شده‌اند که در آنها به جای گاز خطرناک هیدروژن، **گاز متان** مطابق معادله‌ی زیر مصرف می‌شود. با این وجود از دیدگاه زیست‌محیطی گاز هیدروژن نسبت به متان مزیت بیشتری دارد.



عدد اکسایش

در مولکول‌ها و یون‌های چنداتمی، اتم‌ها فاقد بار الکتریکی کامل هستند و الکترون‌های خود در تشکیل پیوند به اشتراک می‌گذارند اما می‌توان بر حسب قدرت الکترون‌گیری متفاوت آنها، این الکترون‌های پیوندی را به یکی از آنها نسبت داد و یک **بار ظاهری** برای آنها معرفی کرد.

عدد اکسایش به بارالکتریکی ظاهری نسبت داده شده به اتم‌های درگیر در یک پیوند اطلاق می‌شود.

دو روش برای محاسبه عدد اکسایش وجود دارد:

الف) محاسبه عدد اکسایش اتم‌ها از روی ساختار لوویس

(تعداد الکترون‌های ناپیوندی + تعداد الکترون‌های پیوندی کسب‌کرده) - رقم یکان شمار گروه اتم = عدد اکسایش

• الکترون‌های ناپیوندی:

همه الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم به همان اتم نسبت داده می‌شود.

• الکترون‌های پیوندی:

در محاسبه تعداد الکترون‌های پیوندی برای هر اتم در یک ترکیب، با توجه به ساختار لوویس، الکترون‌های هر پیوند به اتمی نسبت داده می‌شود که دارای **قدرت الکترون‌گیری بیش‌تری** باشد و در حالتی که اتم‌ها یکسان باشند، الکترون‌های پیوندی را به‌طور یکسان میان آن‌ها توزیع می‌کنیم.

مقایسه قدرت الکترون‌گیری عنصرهای مهم:



توجه: برای محاسبه عدد اکسایش اتم‌های کربن در ترکیب‌های آلی این روش مناسب است اما در سایر مولکول‌ها روش بعدی توصیه می‌شود که سریع‌تر است.

ب) محاسبه عدد اکسایش اتم‌ها بدون رسم ساختار لوویس

مجموع عدد اکسایش اتم‌های تشکیل‌دهنده هر گونه، برابر بار آن گونه است و جمع جبری عددهای اکسایش در هر مولکول باید برابر با صفر باشد.

با توجه به این نکته و دانستن عدد اکسایش اتم‌های زیر می‌توان عدد اکسایش اتم مورد نظر سوال را به دست آورد:

- عدد اکسایش عناصر آزاد برابر صفر، یون‌های تک اتمی برابر بار همان یون‌ها، فلزات گروه ۱ و ۲ برابر شماره گروه آن‌ها، آلومینیوم برابر ۳ و فلئور برابر ۱- است.
- عدد اکسایش هیدروژن در ترکیب آن با فلزات ۱- و در سایر موارد ۱+ است.
- عدد اکسایش اکسیژن در اغلب ترکیب‌ها ۲- است، به جز در پراکسیدها (مثل H_2O_2) و OF_2 و HOF که به ترتیب برابر ۱- و ۲+ و ۰ است.

✍ اغلب نافلزها و فلزهای واسطه عددهای اکسایش گوناگونی در ترکیب‌های خود دارند.

✍ در نامگذاری ترکیب‌های یونی که در آن کاتیون بیش‌تر از یک عدد اکسایش ممکن دارد، حتما باید با ذکر

عدد رومی، عدد اکسایش فلز را مشخص کنیم. ($FeCl_3$: آهن (III) کلرید - $AlCl_3$: آلومینیوم کلرید)

✍ محدوده عدد اکسایش در نافلزهای گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ جدول تناوبی:

• بیش‌ترین عدد اکسایش این اتم‌ها برابر رقم یکان شماره گروه آن‌هاست.

• کم‌ترین عدد اکسایش این اتم‌ها برابر رقم یکان شماره گروه آن‌ها منهای عدد هشت است.

استثناهای این عبارت، فلئور و اکسیژن هستند. فلئور فقط عدد اکسایش ۱- دارد و بیش‌ترین عدد اکسایش اکسیژن ۲+ است.

✍ بیش‌ترین عدد اکسایش در فلزهای گروه‌های ۱ تا ۷ جدول دوره‌ای عناصر، برابر شماره گروه آنهاست.

✍ افزایش عدد اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و فرآیند اکسایش است.

✍ کاهش عدد اکسایش به معنای به دست آوردن الکترون و فرآیند کاهش است.

✍ هرگاه گفته شود گونه‌ای فقط می‌تواند نقش اکسند داشته باشد، به این معناست که این گونه فقط می‌تواند کاهش

پیدا کند و نمی‌تواند اکسایش یابد مثل گوگرد تری اکسید (SO_3)؛ زیرا در این ترکیب، عدد اکسایش اتم مرکزی

یعنی گوگرد برابر ۶ است که بیش‌ترین حالت ممکن برای این اتم می‌باشد. بنابراین امکان افزایش بیشتر عدد

اکسایش آن، یعنی اکسایش این گونه وجود ندارد.

✍ هرگاه گفته شود گونه‌ای فقط می‌تواند نقش کاهنده داشته باشد، به این معناست که این گونه فقط می‌تواند

اکسایش پیدا کند و نمی‌تواند کاهش یابد؛ مثل متان (CH_4)

✍ در گروهی از سلول‌های الکتروشیمیایی با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش راند. این سلول‌ها به سلول‌های الکترولیتی معروف هستند.

✍ در سلول گالوانی، انجام یک واکنش اکسایش-کاهش منجر به تولید انرژی الکتریکی شده اما در سلول الکترولیتی با اعمال ولتاژ بیرونی معین، یک واکنش اکسایش-کاهش دلخواه انجام می‌شود.

✍ ویژگی‌های عمومی سلول‌های الکترولیتی:

- در سلول‌های الکترولیتی مانند سلول گالوانی، نیم‌واکنش کاهش در کاتد و نیم‌واکنش اکسایش در آند انجام می‌شود اما جای قطب مثبت و منفی عوض شده است؛ آند به قطب مثبت و کاتد به قطب منفی باتری متصل است. در واقع، در مدار بیرونی دیگر خبری از لامپ یا ولت سنج نیست!

- در سلول‌های الکترولیتی، دو الکترود درون یک محلول الکترولیت قرار گرفته‌اند و دیواره متخلخل وجود ندارد.
- الکترودها اغلب از جنس گرافیت هستند و در واکنش‌ها شرکت نمی‌کنند (الکترودهای بی‌اثر) و الکترولیت محتوی یون‌هایی است که آزادانه جابه‌جا می‌شوند تا به سطح الکترودها برسند و در نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش شرکت کنند.

- الکترولیت یک ترکیب یونی محلول یا مذاب است و هنگامی که به این سلول ولتاژی اعمال شود، یون‌ها به سوی الکترود با بار ناهمنام حرکت می‌کنند.

کاتیون‌ها ← حرکت به سمت کاتد (-) ← شرکت در نیم واکنش کاهش

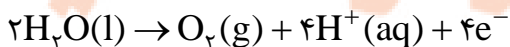
آنیون‌ها ← حرکت به سمت آند (+) ← شرکت در نیم واکنش اکسایش

- الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد جریان می‌یابند (مشابه سلول گالوانی)

✍ برقکافت از جمله فرآیندهایی است که در سلول الکترولیتی انجام می‌گردد.

✍ آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد، از این‌رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.

✍ درباره‌ی برقکافت آب باید بدانید:



- نیم واکنش آندی (اکسایش آب):



- نیم واکنش کاتدی (کاهش آب):



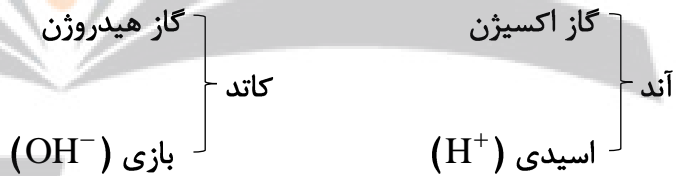
- معادله کلی واکنش:



شکل ۱- تجزیه آب به عنصرهای سازنده آن با مصرف انرژی الکتریکی

در آند، **یون هیدروژن** و در کاتد، **یون هیدروکسید** تولید می‌شود. بنابراین محلول پیرامون آند، اسیدی و محلول پیرامون کاتد، بازی است. پس کاغذ pH در محلول پیرامون الکترود آند به رنگ سرخ و در محلول پیرامون الکترود کاتد به رنگ آبی در می‌آید. دقت کنید آب خالص ماده‌ای خنثی است، زیرا غلظت یون‌های تولید شده در کاتد و آند برابر است.

در آند، **گاز اکسیژن** و در کاتد، **گاز هیدروژن** تولید می‌شود که طبق معادله کامل واکنش، حجم گاز آزاد شده در کاتد (H_2) **دو برابر** حجم گاز تولید شده در آند (O_2) است.



در ازای مصرف مقادیر برابر آب در نیم‌سلول‌های آندی و کاتدی، تعداد الکترون تولید شده در آند دو برابر تعداد الکترون مصرف شده در کاتد می‌باشد.

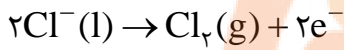
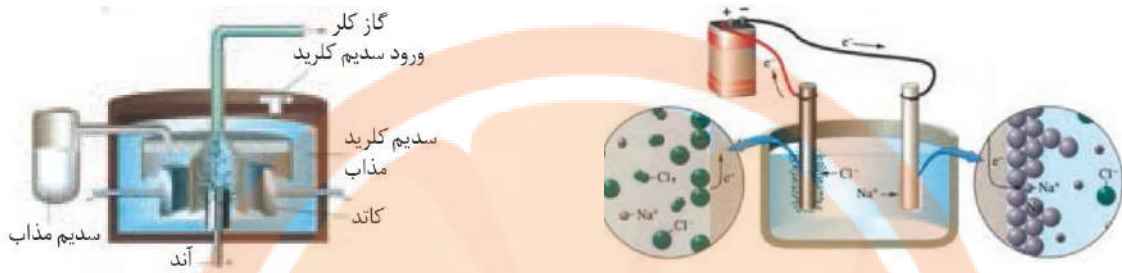
معادله کلی دو فرایند برقکافت آب و سوختن گاز هیدروژن عکس یکدیگر است که اولی در سلول الکترولیتی (از نوع برقکافت) و دومی در سلول گالوانی (از نوع سوختی) انجام می‌پذیرد.

برقکافت سدیم کلرید مذاب و تهیه فلز سدیم، تهیه فلز منبزه از آب دریا

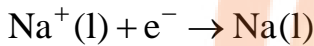
فلز سدیم یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود، بلکه در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل **یون سدیم** وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند یعنی Na^+ اکسنده‌ی بسیار ضعیفی محسوب می‌شود.

برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. در صنعت برای تهیه فلز سدیم، از سلول الکترولیتی دانز استفاده می‌شود. در سلول دانز، از برقکافت سدیم کلرید مذاب، سدیم مذاب تولید می‌شود.

برای تهیه سدیم و دیگر فلزهای فعال که کاهنده‌های قوی هستند، باید از برقکافت نمک آن‌ها در حالت مذاب (نه محلول) استفاده کرد. در این فرایند، با مصرف انرژی الکتریکی، کاتیون فلز در کاتد کاهش می‌یابد و آن فلز ارزشمند در حالت مذاب قابل جمع‌آوری می‌شود.



• نیم واکنش اکسایش:



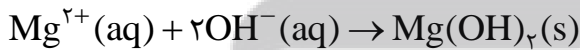
• نیم واکنش کاهش:



• معادله کلی برقکافت سدیم کلرید مذاب:

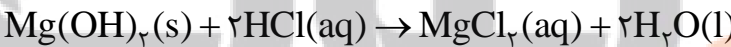
سدیم کلرید خالص در 801°C ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود 587°C پایین می‌آورد که این کار تولید سدیم کلرید مذاب را از نظر اقتصادی به صرفه‌تر می‌کند. یکی از مهم‌ترین منابع منیزیم، منیزیم حل شده در آب دریاست. برای تهیه فلز منیزیم از آب دریا مراحل زیر انجام می‌شود:

۱- به نمونه آب دریا یون‌های هیدروکسید (OH^-) را می‌افزایند تا یون‌های منیزیم با آن‌ها ترکیب شده و به صورت رسوب منیزیم هیدروکسید از آب جدا شوند.



۲- گذراندن رسوب از صافی برای افزایش درصد خلوص

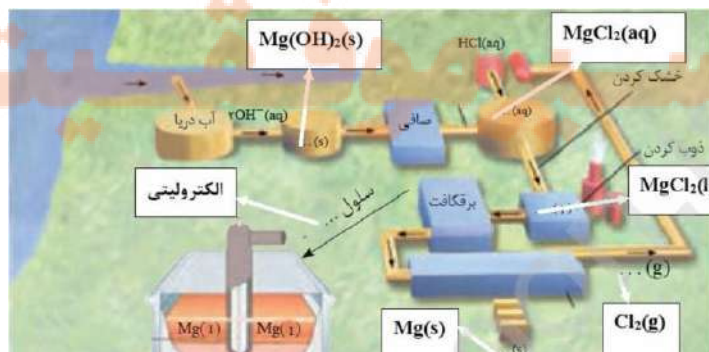
۳- رسوب منیزیم هیدروکسید را با هیدروکلریک اسید ($\text{HCl}(\text{aq})$) واکنش می‌دهند تا به نمک محلول منیزیم کلرید ($\text{MgCl}_2(\text{aq})$) تبدیل شود.



۴- نمک محلول منیزیم کلرید را خشک و بی‌آب کرده و سپس ذوب می‌کنند.

۵- در این مرحله، نمک مذاب وارد سلول الکترولیتی می‌شود تا در اثر برقکافت، فلز منیزیم تولید گردد.

واکنش برقکافت $\text{MgCl}_2(\text{l})$:



خوردگی، پک واکنش اکسایش-کاهش ناخواسته، راه‌های جلوگیری از خوردگی

پیرامون ما واکنش‌های اکسایش-کاهش زیادی مانند سیاه و کدر شدن وسایل نقره‌ای، فساد مواد خوراکی و ... انجام می‌شود که مطلوب نیستند و گاهی زیان‌هایی را به دنبال دارند.

هنگامی که فلزها در هوا قرار می‌گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید در می‌آیند.

خوردگی به فرآیند ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش-کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن و زنگار سبز بر سطح مس نمونه‌هایی از خوردگی هستند. خوردگی از استحکام و زیبایی فلزات می‌کاهد.

فلزهای نجیبی مثل طلا و پلاتین واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند و برخلاف سایر فلزها حتی در محیط‌های اسیدی دچار اکسایش و خوردگی نمی‌شوند؛ طلا (Au) در هوای مرطوب و حتی اعماق دریا همچنان درخشان باقی می‌ماند و فلز پلاتین (Pt) را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.

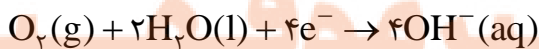
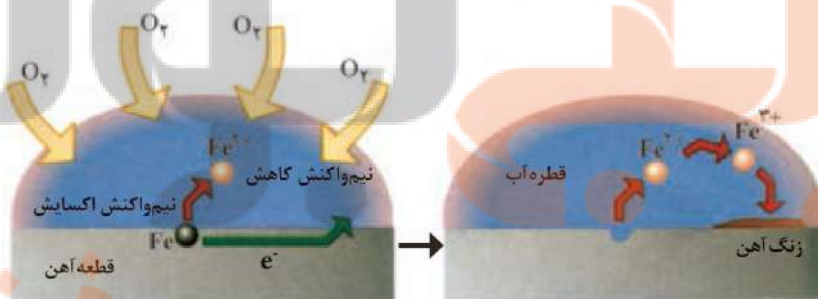
درباره فلز آلومینیم، از شیمی دهم به خاطر دارید آلومینیوم با تشکیل لایه چسبنده و متراکم Al_2O_3 از ادامه اکسایش جلوگیری می‌کند به طوری که لایه‌های زیرین برای مدت طولانی دست نخورده باقی می‌ماند و استحکام خود را حفظ می‌کند؛ بنابراین آلومینیم اکسید می‌شود اما خورده نمی‌شود.

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

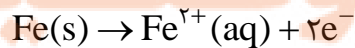
پتانسیل کاهشی اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است. با این توصیف، اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آن‌ها را اکسید کند.

در هنگام قرار گرفتن وسایل آهنی در هوای مرطوب و شروع خوردگی، در محل خوردگی یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود که در آن یک واکنش اکسایش-کاهش در جهت طبیعی انجام می‌شود.

نکات سلول گالوانی تشکیل شده در محل خوردگی آهن:

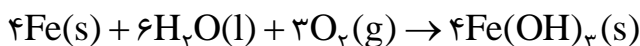
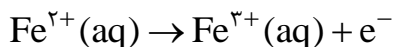


• نیم واکنش کاهش:



• نیم واکنش اکسایش:

یون‌های آهن (II) یک مرحله دیگر اکسید می‌شوند و به صورت آهن (III) می‌آیند.



• معادله واکنش کلی زنگ زدن آهن:

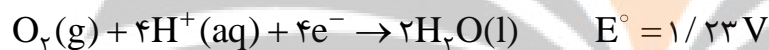
فرآورده نهایی خوردگی، **زنگ آهن** بوده که فرمول شیمیایی آن $\text{Fe}(\text{OH})_3$ در نظر گرفته می‌شود و دارای یون‌های آهن (III) است. در کتاب شیمی دهم Fe_2O_3 به عنوان فرمول زنگ آهن عنوان شده و به این ترتیب هر دو فرمول قابل قبول هستند.

به نیم سلول کاتدی، **پایانه کاتدی** و به نیم سلول آندی، **پایانه آندی** نیز گفته می‌شود. در فرایند خوردگی، غلظت اکسیژن در پایانه کاتدی برخلاف پایانه آندی بالا است.

در این سلول برخلاف بقیه سلول‌هایی که می‌شناسیم، الکترون در مدار درونی و یون‌ها در مدار بیرونی جابجا می‌شوند. قطره آب نقش الکترولیت (رسانای یونی) را ایفا می‌کند، به گونه‌ای که یون‌ها در آن جابه‌جا می‌شوند. در طرف مقابل الکترون‌ها در داخل فلز (رسانای الکترونی) از پایانه آندی به سمت پایانه کاتدی جریان می‌یابند.

برای انجام نیم واکنش کاهش و به‌طور کلی خوردگی، وجود **گاز اکسیژن** و یک **رسانای یونی** (آب یا اسید یا باز) ضروری است.

خوردگی آهن در **محیط اسیدی** به میزان بیش‌تری رخ می‌دهد. چون نیم‌واکنش کاهش اکسیژن به وسیله اسید، E° بیش‌تری در مقایسه با کاهش آن به‌وسیله آب دارد و باعث افزایش E° واکنش خوردگی می‌شود. پس، در حضور یون هیدروژن، پیشرفت واکنش بیش‌تر و خوردگی شدیدتر می‌شود.



راه‌های جلوگیری از خوردگی آهن:

• **محافظت فیزیکی:** ساده‌ترین راه ایجاد یک پوشش محافظ است تا از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری

کند. پوششی که با روش‌هایی مانند رنگ زدن، قیر اندود کردن و روکش دادن ایجاد می‌شود. چنین روش‌هایی **نمی‌توانند** به طور کامل از خوردگی پیشگیری کنند، زیرا به تدریج رطوبت و اکسیژن از روزنه‌های این پوشش‌ها به درون نفوذ کرده و به سطح آهن می‌رسند و خوردگی دوباره آغاز می‌شود.

• **فداکاری سایر فلزها برای حفاظت آهن (محافظت کاتدی):** در این روش، با پوشاندن سطح آهن با فلزات

فعال‌تر (کاهنده‌تر/ دارای پتانسیل الکترونی استاندارد کمتر) مثل روی، منیزیم و ... علاوه بر ایجاد یک پوشش محافظ، فلز روکش به جای آهن خورده می‌شود و آهن در امان می‌ماند.

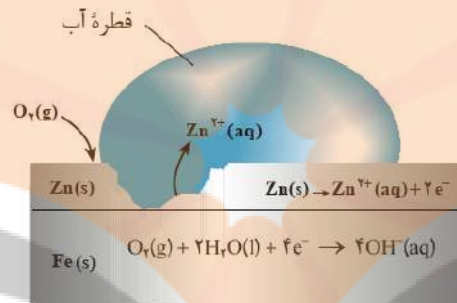
هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر **رقابت** می‌کنند. بدیهی است که فلزی که **کاهنده‌تر** بود و E° کمتری دارد، در این رقابت **برنده** شده و اکسایش می‌یابد.

برای حفاظت از آهن در بدنه کشتی‌ها و لوله‌های نفتی می‌توان از **منیزیم** استفاده کرد. اما باید توجه داشت که

به دلیل اکسایش و مصرف **Mg**، باید به صورت دوره‌ای تکه‌های آن را تعویض کرد.

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

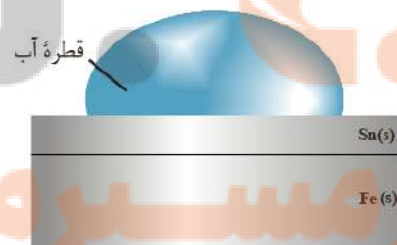
هنگامی که خراشی در سطح آهن گالوانیزه پدید می‌آید، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند و رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز روی به دلیل E° کمتر، اکسید شده و آهن محافظت می‌شود. در واقع، فلز روی **آند** این سلول گالوانی بوده و اکسید می‌شود و در سطح آهن به عنوان **کاتد**، نیم واکنش کاهش اکسیژن انجام می‌گیرد و خود آهن مصرف نمی‌شود. به این حالت **محافظت کاتدی** هم گفته می‌شود.



شکل ۱۵- رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

نوع دیگری از آهن، **حلبی** نام دارد. در حلبی‌ها، ورقه‌ی آهنی با لایه نازکی از فلز قلع (Sn) پوشیده شده است. قلع E° بزرگ‌تری در مقایسه با آهن دارد و در هنگام خراش **نمی‌تواند** با فداکاری خود مانع خوردگی آهن شود و فقط نقش محافظت فیزیکی را ایفا می‌کند. در حلبی، با ایجاد خراش، آهن نقش **آند** را ایفا می‌کند و اکسید می‌شود و قلع به عنوان **کاتد**، در برابر خوردگی محافظت می‌گردد. به همین جهت، قوطی‌هایی از جنس حلبی در اثر خراش **زودتر و آسان‌تر** دچار خوردگی می‌شوند.

حلبی برخلاف آهن گالوانیزه با مواد غذایی واکنش نمی‌دهد، به همین دلیل از آن برای ساختن قوطی‌های روغن‌نباتی و کنسرو استفاده می‌شود.



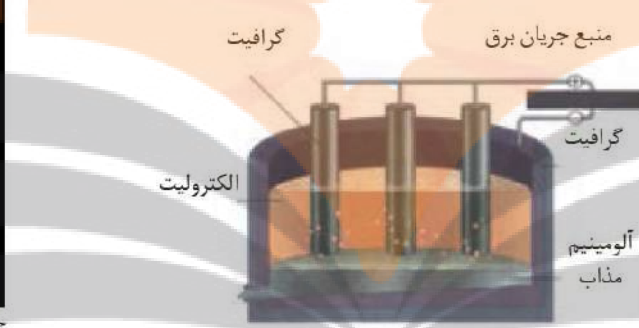
آلومینیوم و سلول‌ها

برخی فلزها با اینکه اکسایش می‌یابند اما **خورده نمی‌شوند**. از این فلزها می‌توان برای ساخت وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی‌تری استحکام خود را حفظ می‌کنند. **آلومینیوم** یکی از این فلزها است.

- فلزی فعال است که به سرعت در هوا اکسید می‌شود. $(E^\circ(\text{Al}^{3+} / \text{Al}) = -1/66\text{V})$
- آلومینیوم با تشکیل لایه چسبنده و متراکم Al_2O_3 از ادامه اکسایش جلوگیری می‌کند، به طوری که لایه‌های زیرین برای مدت طولانی دست نخورده باقی می‌ماند و استحکام خود را حفظ می‌کند. این ویژگی آلومینیوم سبب شده که از آن در ساخت لوازم خانگی (مثل چرخ گوشت)، هواپیما، کشتی، موتور خودرو و ... استفاده کرد. با این توصیف فلز آلومینیوم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است.
- آلومینیوم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود. از این رو این فلز تنها از **برقکافت نمک‌های مذاب** آن به دست می‌آید و رایج‌ترین روش تهیه آن، **فرایند هال** نام دارد.
- سنگ معدن آلومینیم، **بوکسیت** نام دارد و فرمول آن Al_2O_3 در نظر گرفته می‌شود.

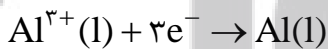


چارلز مارتین هال (۱۸۶۳-۱۹۱۴)
این شیمی‌دان آمریکایی در ۲۳ سالگی این روش را ابداع کرد.

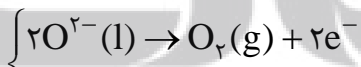


شکل ۱۸- فرایند هال برای تولید آلومینیم از Al_2O_3

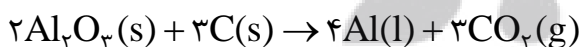
- سلول هال یک **سلول الکترولیتی** متشکل از **الکترودهای گرافیتی** و الکترولیتی شامل یون‌های مذاب Al^{3+} است که با انجام یک واکنش اکسایش-کاهش در **خلاف جهت طبیعی** و با مصرف انرژی الکتریکی، فلز آلومینیوم را در حالت مذاب تولید می‌کند.



• نیم واکنش کاهش:



• نیم واکنش اکسایش:



• واکنش کلی:

- در سلول هال با گذشت زمان از جرم تیغه‌های گرافیتی **آند** کاسته می‌شود، چرا که اتم‌های کربن در گرافیت، اکسایش پیدا کرده و به صورت **گاز کربن دی اکسید** از سلول خارج می‌شوند.

- پس در یک سلول گالوانی ممکن است جرم تیغه‌ها تغییر نکند؛ مثل سلول سوختی و در طرف دیگر، در سلول الکترولیتی ممکن است جرم کاتد یا آند تغییر کند؛ مثل سلول هال و آبکاری

- تعداد الکترون مبادله شده در واکنش مربوط به سلول هال برابر ۱۲ است. زیرا ۴ یون Al^{3+} به ۴ اتم Al کاهش

یافته‌اند. $(4 \times 3 = 12)$

✍ فرآیند حال به علت مصرف زیاد انرژی الکتریکی هزینه بالایی دارد از این رو با بازیافت فلز آلومینیوم می توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم ترین منابع تجدیدناپذیر طبیعت، برخی از هزینه های تولید این فلز را کاهش داد. تولید قوطی های آلومینیومی از قوطی های کهنه فقط به ۷ درصد از انرژی لازم برای تهیه همان تعداد قوطی از فرایند حال نیاز دارد.

آبکاری

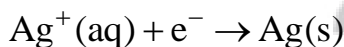
✍ فلز اصلی سازنده وسایل و ابزار گوناگون مورد استفاده در زندگی روزانه آهن یا مس است. خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن زیبایی وسایل می شود و از سوی دیگر به سلامتی بدن آسیب می رساند. پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی مثل نقره، کروم، نیکل و طلا آبکاری نام دارد. فرآیند آبکاری در سلول الکترولیتی و با مصرف انرژی الکتریکی انجام می شود. ✍ اجزای سلول آبکاری:

• **الکتروند:** از جنس فلزی است که می خواهیم به عنوان روکش از آن استفاده کنیم. آند به قطب مثبت باتری متصل می شود. فلزی که از آن برای آبکاری استفاده می شود، باید E^0 بزرگتر از آب داشته باشد تا در رقابت آندی پیروز شود.

• **کاتد:** شی مورد آبکاری مثل یک قاشق است که حتماً باید رسانای جریان برق باشد. کاتد به قطب منفی باتری متصل می شود.

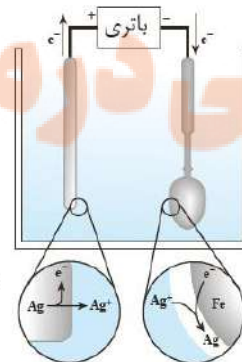
• **الکترولیت:** محلولی شامل یون های فلزی است که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد.

✍ اگر بخواهیم یک قاشق از جنس فولاد را با نقره آبکاری کنیم، در این سلول آبکاری، با اعمال ولتاژ بیرونی یون های Ag^+ از تیغه آندی جدا شده و وارد محلول می شوند و تعدادی از یون های Ag^+ روی کاتد (قاشق فولادی) می نشینند. بدین ترتیب، با گذشت زمان از جرم آند کاسته و به جرم کاتد افزوده می شود اما غلظت محلول ثابت می ماند. نیم واکنش های آندی و کاتدی به صورت زیر است:

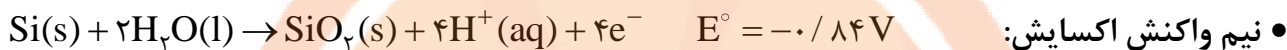


• نیم واکنش اکسایش:

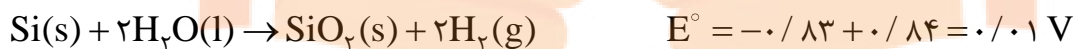
• نیم واکنش کاهش:



شیمی دان‌ها در برخی سلول‌های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش-کاهش از نور بهره می‌برند و آنها را **سلول نور الکتروشیمیایی** می‌نامند. در نمونه‌ای از آنها که برای تهیه گاز هیدروژن از آب به کار می‌رود، در آند اتم سیلیسیم اکسایش یافته و به سیلیس (SiO_2) تبدیل می‌شود و در کاتد آب کاهش یافته و گاز هیدروژن پدید می‌آید.



• واکنش کلی:



یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که افزون بر emf ، بازده و سرعت انجام واکنش در این سلول پایین است. با این وجود برخی استفاده از این سلول‌ها را برای تهیه گاز هیدروژن مناسب می‌دانند؛ زیرا انرژی مورد نیاز در این سلول از نور خورشید تامین می‌شود که منبعی پاک و تجدیدپذیر است و به علاوه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

نرنج بوک

تلاشی در مسیر موفقیت

خاک رس و مسائل درصد جرمی

انسان از دیرباز مواد ضروری برای زندگی خود را از خوان نعمت‌های الهی گسترده شده در جای‌جای زمین تامین کرده و برای رفع نیاز آنها را تغییر داده است.

عواملی که در تغییر این مواد نقش داشته‌اند:

۱- محیط و شیوه زندگی ۲- آیین‌ها ۳- آداب و رسوم ۴- ادبیات و افسانه‌ها

تنگ آبخوری به جای مانده از دوره ساسانی، سفالینه‌های مربوط به ایران باستان و مجسمه موآی در جزیره ایستر، نمونه‌های فلزی، سفالی و سنگی به جای مانده از گذشتگان هستند که به عنوان نماد هنر، افزون بر زیبایی، بازتابی از ماندگاری خود نیز به‌شمار می‌روند.

مواد اولیه ساخت آثار باستانی، باید ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

۱- فراوانی و در دسترس بودن ۲- استحکام زیاد

۳- واکنش پذیری کم ۴- پایداری مناسب

شیمی‌دان‌ها در گام نخست، نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازنده آثار به‌جا مانده را بررسی کردند، سپس با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری دست یابند؛ موادی با خواص ویژه که کاربردهای معین داشتند.

خاک رس مخلوطی از مواد گوناگون شامل انواع اکسیدها، عنصرهای فلزی و ... است. جدول زیر، اجزای سازنده نوعی خاک رس و درصد جرمی آن‌ها را نشان می‌دهد که از یک معدن طلا استخراج شده است:

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

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

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{مقدار ماده مورد نظر در نمونه}}{\text{مقدار کل نمونه}} \times ۱۰۰$$

فراوان‌ترین اجزای سازنده خاک رس (نمونه استخراج شده از معدن طلا) عبارت است از:

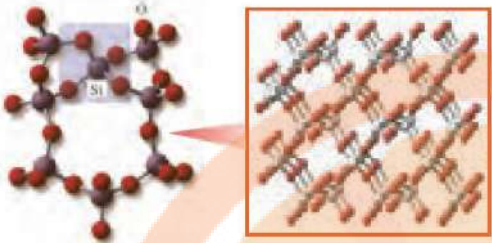
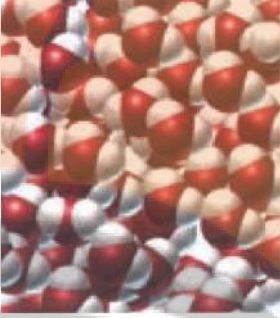
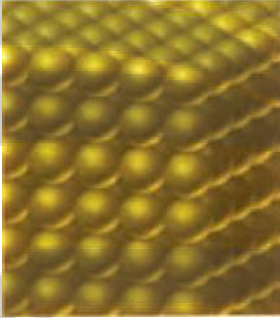
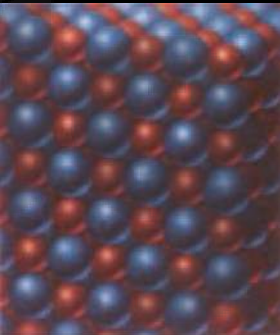
۱- سیلیس (SiO_۲) [ماده کووالانسی] ۲- آلومینیم اکسید (Al_۲O_۳) [ماده یونی] ۳- آب (H_۲O) [ماده مولکولی]

هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از خاک رس، مقدار زیادی از آب موجود در خاک رس یا همه آن بخار و از نمونه خارج می‌شود. در واقع، عمده کاهش جرم نمونه رس مربوط به تبخیر آب است؛ این بدان معناست که نقطه جوش مواد مولکولی مثل آب از مواد یونی (اکسیدهای فلزی)، کووالانسی (سیلیس) و فلزی (طلا) کمتر است.

سرخ فام بودن رس به دلیل وجود آهن (III) اکسید (Fe_۲O_۳) در آن است. هرچه درصد جرمی Fe_۲O_۳ در خاک رس بیشتر باشد، خاک قرمزتر است.

هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از رس، درصد جرمی آب کاهش و درصد جرمی سایر اجزا افزایش می‌یابد.

ساختار ذره‌ای مواد سازنده خاک رس، پس از جدا و خالص‌سازی، در حالت خالص و جامد از الگوهای زیر تبعیت می‌کنند:

	<p>سیلیس: جامد کووالانسی متشکل از اتم‌های Si و O</p>
	<p>یخ: جامد مولکولی متشکل از مولکول‌های H₂O</p>
	<p>طلا: جامد فلزی متشکل از کاتیون‌های طلا</p>
	<p>ترکیباتی مانند MgO ، Fe₂O₃ ، Na₂O جامد یونی متشکل از یون‌های ناهمنام فلزی و نافلزی</p>

اگر به نمونه‌ای از خاک رس حاوی ۴۰ درصد جرمی آب حرارت داده شود، بخشی از آب موجود در آن تبخیر شده و درصد جرمی سیلیس و آب در آن به ترتیب برابر با ۵۰ و ۸ درصد می‌گردد. درصد جرمی سیلیس در نمونه اولیه این خاک رس به تقریب کدام است؟

۲۳/۴ (۴)

۳۲/۴ (۳)

۴۳/۵ (۲)

۳۸/۵ (۱)

سیلیسیم (SiO_2) افزون بر خاک رس، یکی از سازنده های اصلی بسیاری از سنگها، صخرهها و نیز شن و ماسه است. وجود این ماده باعث استحکام و ماندگاری سازههای سنگی و نقشکنندهای روی آنها شده است.

سیلیسیم پس از اکسیژن، فراوانترین عنصر در پوسته جامد (نه کل سیاره) زمین است. به طوری که ترکیبهای گوناگون این دو عنصر (نه فقط سیلیسیم) بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می دهد.

توجه: از شیمی دهم به یاد دارید سیلیسیم پس از آهن و اکسیژن، سومین عنصر فراوان در کل سیاره زمین است.

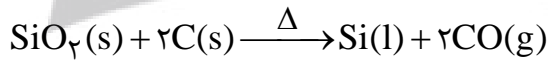
توجه: اکسیژن فراوانترین عنصر پوسته جامد، دومین عنصر در کل سیاره و دومین گاز فراوان در هواکره پاک و خشک است.

سیلیسیم به طور عمده به شکل سیلیسیم (SiO_2) یافت می شود.

نکته: سیلیسیم خالص و سیلیسیم هر دو ساختار مشابهی دارند و از مواد کووالانسی هستند اما از آنجایی که آنتالپی پیوند Si-O بیشتر از پیوند Si-Si است، سیلیسیم از سیلیسیم خالص پایدارتر است و از این رو این عنصر بیشتر به شکل سیلیسیم در طبیعت وجود دارد.

سیلیسیم خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسیها به کار می رود.

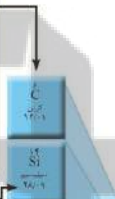
یادآوری: سیلیسیم عنصر اصلی سازنده سلولهای خورشیدی است که از واکنش زیر تهیه می شود:



- رسانایی الکتریکی کمی دارد.
- در واکنش با دیگر اتمها الکترون نه اشتراک می گذارد.
- شکننده است و در اثر ضربه خرد می شود.



- سطح آن تیره است.
- در واکنش با دیگر اتمها الکترون به اشتراک می گذارد.
- در اثر ضربه خرد می شود.



یادآوری: سیلیسیم (Si) تنها شبه فلز تناوب سوم جدول

بوده و عنصری از خانواده کربن است. سیلیسیم توانایی تشکیل

یون تک اتمی ندارد. به نکات داخل تصویر توجه کنید:

سیلیسیم فراوانترین اکسید در پوسته جامد زمین است. کوارتز از نمونههای خالص و ماسه از جمله نمونههای ناخالص سیلیسیم است.

چند مورد از مطالب زیر، در مورد سیلیسیم درست است؟

(آ) پس از اکسیژن، دومین عنصر فراوان در کره زمین است.

(ب) کوارتز، از جمله نمونههای خالص آن است.

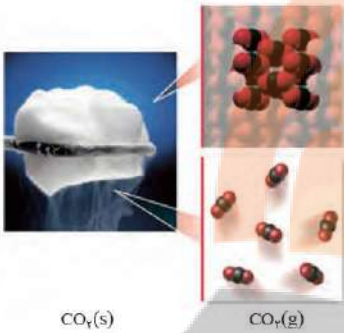
(پ) اکسید آن، بیشترین درصد جرمی را در بین مواد سازنده خاک رس دارد.

(ت) فراوانترین اکسید در پوسته جامد زمین را دارد که یک جامد مولکولی محسوب می شود.

موادی مانند کربن دی‌اکسید و آب، **مواد مولکولی** به شمار می‌روند. ذره‌های سازنده این مواد از مولکول‌های **مجزا و مستقل** تشکیل شده است و **نیروهای بین مولکولی** شامل نیروهای ضعیف وان‌دروالسی یا پیوندهای هیدروژنی این مولکول‌ها را کنار هم نگه می‌دارند. به همین دلیل مواد مولکولی معمولاً **نقطه ذوب و جوش پایین** دارند.

کربن دی‌اکسید جامد، **یخ خشک** نام دارد و نمونه‌ای از **مواد مولکولی** به شمار می‌رود.

یادآوری: در فرایند تهیه هوای مایع، ضمن سرد کردن گازها، با رسیدن دما به -78 درجه سلسیوس، گاز CO_2 مستقیماً به یخ خشک تبدیل می‌شود. (چگالش CO_2)



مواد کووالانسی شامل تعداد زیادی از **اتم‌ها** هستند؛ ساختاری به هم پیوسته و **غول‌آسا** از اتم‌ها که با هم پیوندهای اشتراکی دارند. در چنین ساختاری **مولکول‌های مجزا وجود ندارد** و همه پیوندها فقط از نوع اشتراکی‌اند.

این مواد در دما و فشار اتاق به حالت **جامد** هستند و از این رو، جامدهای کووالانسی نیز نامیده می‌شوند. سیلیسیم خالص، سیلیس (SiO_2)، گرافیت، الماس و سیلیسیم کاربید (SiC) نمونه‌هایی از مواد کووالانسی هستند.

یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که عنصرهای اصلی سازنده جامدهای کووالانسی در طبیعت، **کربن و سیلیسیم** هستند.

دقت کنید عنصرهای دیگر (مثل اکسیژن) هم ممکن است در ساختار مواد کووالانسی وجود داشته باشند و از طرف دیگر کربن و سیلیسیم می‌توانند علاوه بر مواد کووالانسی، در ساختار مواد یونی و مولکولی یافت شوند.

اتم‌ها برای دستیابی به آرایش پایدار گازهای نجیب الکترون‌های خود را مبادله می‌کنند یا از راه به اشتراک گذاشتن آنها به پایداری می‌رسند. جز در فلزات، در سایر عناصر تشکیل یون پایدار با بار مثبت یا منفی چهار منفی ممکن نیست، به دیگر سخن، گرفتن یا از دست دادن ۴ الکترون برای این اتم‌ها ممکن نمی‌باشد؛ بنابراین دو عنصر کربن و سیلیسیم که در گروه چهاردهم جدول دوره‌ای عناصر قرار دارد، فقط از راه دوم (تشکیل پیوند اشتراکی) می‌توانند هشت‌تایی شوند و تاکنون **یون تک‌اتمی** (نه یون چنداتمی) در هیچ ترکیبی از آنها شناخته نشده است.

توجه: سیلیکات (SiO_4^{4-}) و کربنات (CO_3^{2-}) دو نمونه از یون‌های چنداتمی هستند که اتم‌های کربن و سیلیسیم

در تشکیل آنها شرکت دارند.

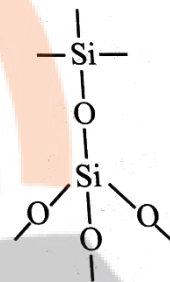
شبکه بلوری سیلیس، ساختار منظمی از شمار زیادی اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن در سه بعد است. ساختاری به هم پیوسته

و غول‌آسا که در آن شمار زیادی پیوندهای اشتراکی **Si-O-Si** وجود دارد. در این ساختار، هر اتم سیلیسیم به چهار

اتم اکسیژن و هر اتم اکسیژن به دو اتم سیلیسیم متصل است و اتم‌ها حلقه‌های شش‌گوشه‌ای را تشکیل داده‌اند.

مطابق شکل کتاب درسی، در حلقه‌های سازنده سیلیس، در هر رأس یک اتم سیلیسیم و میان آنها اتم اکسیژن قرار دارد.

چنین ساختاری، دلیل بر سختی بالا و دیرگداز بودن سیلیس است.



پخته شدن نان سنگک بر روی دانه‌های درشت سنگ را می‌توان نشانه‌ای از **مقاومت گرمایی** سیلیس دانست.

کدام مطلب عبارت درستی را بیان می‌کند؟

(۱) مواد اولیه برای ساخت آثار ماندگار، افزون بر فراوانی و در دسترس بودن، باید واکنش‌پذیری بالا، استحکام زیاد و پایداری مناسبی داشته باشند.

(۲) جامدهای کووالانسی، شامل مجموعه‌ای از مولکول‌ها هستند که با یکدیگر پیوند اشتراکی دارند.

(۳) با توجه به تشابه ساختاری سیلیسیم خالص و الماس، نقطه ذوب سیلیسیم خالص به دلیل کم‌تر بودن آنتالپی پیوند C-C نسبت به Si-Si، کم‌تر از الماس است.

(۴) مولکول‌های آب در ساختار یخ آرایش منظم و سه بعدی دارند که هر اتم اکسیژن در آن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است.

کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

(۱) با حرارت و پختن خاک رس، درصد جرمی همهٔ مواد موجود در آن افزایش می‌یابد.

(۲) فرمول مولکولی سیلیس، SiO_2 است.

(۳) رفتار فیزیکی مواد مولکولی به‌طور عمده به پیوندهای اشتراکی و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول بستگی دارد.

(۴) سیلیس از حلقه‌های ۶ و ۱۲ ضلعی ساخته شده که در ساختار آن، اتم‌های سیلیسیم در رأس حلقه‌ها قرار دارند.

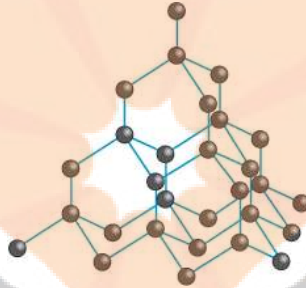
الماس و گرافیت دو آلوتروپ طبیعی کربن بوده که جزو جامدهای کووالانسی هستند.

یادآوری: به شکل‌های مختلف بلوری یا مولکولی یک عنصر در طبیعت، آلوتروپ یا دگرشکل می‌گویند.

درباره‌ی الماس، نکات زیر حائز اهمیت فراوان هستند:

۱- از مواد کووالانسی با چینش سه‌بعدی اتم‌های کربن است. از این رو فاقد مولکول‌های مجزا می‌باشد.

۲- هر اتم کربن از طریق ۴ پیوند اشتراکی یگانه، به چهار اتم کربن دیگر متصل شده است.



۳- الماس به دلیل قیمت بالا و زیبایی در جواهرسازی به کار می‌رود، علاوه بر آن به دلیل سختی زیاد، در ساخت مته و ابزار برش شیشه کاربرد دارد.

۴- آنتالپی پیوند C-C از پیوند Si-Si بیشتر است؛ بنابراین انتظار می‌رود نقطه ذوب و سختی الماس از سیلیسیم خالص بیشتر باشد.

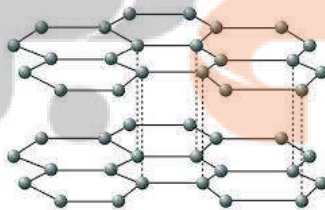
درباره‌ی گرافیت، نکات زیر حائز اهمیت فراوان هستند:

مقدار گرمای حاصل از سوختن گرافیت در

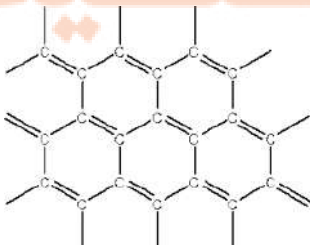
۱- گرافیت پایدارترین آلوتروپ کربن است. پس

مقایسه با الماس کم‌تر است.

۲- چینش اتم‌ها در گرافیت دو بعدی است. در واقع گرافیت از صفحه‌های کربنی به نام گرافن تشکیل شده است که روی هم قرار گرفته و می‌لغزند.



۳- هر اتم کربن از طریق ۴ پیوند که دو تا از آن‌ها یگانه و یکی دوگانه است، به سه اتم کربن متصل می‌شود. کنار هم قرار گرفتن این اتم‌ها، صفحات شش گوشه‌ای را مطابق شکل زیر پدید می‌آورد.



۴- گرافیت به دلیل این ساختار لایه‌ای و پیوندهای دوگانه‌اش، **رسانای جریان برق (رسانای الکترونی)** است در حالی که الماس رسانای الکتریسیته نیست.

۵- از گرافیت به علت نرمی و رنگ سیاه در مغز مداد استفاده می‌شود.

چگالی و سختی الماس از گرافیت بیشتر است؛ زیرا میان لایه‌های گرافن فاصله وجود دارد و گرافیت در مقایسه با الماس هم جرم خود، حجم بیشتری را اشغال می‌کند.

طول پیوند کربن-کربن در الماس از گرافیت بلندتر است؛ زیرا الماس برخلاف گرافیت فاقد پیوند دوگانه است.

دقت کنید فرمول شیمیایی گرافیت و الماس یکسان است. بنابراین جرم و تعداد جفت الکترون‌های پیوندی در مول‌های برابر از گرافیت و الماس یکسان است.

گرافن تک لایه‌ای از گرافیت به ضخامت یک اتم کربن (دو برابر شعاع اتمی C) است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش‌گوشه تشکیل داده‌اند. چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، **استحکام ویژه‌ای** دارد؛ به طوری که **مقاومت کششی** گرافن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است. (با کولار قاطی نکنید! کولار از فولاد هم جرم خود ۵ برابر مقاوم‌تر بود)

گرافن یک گونه شیمیایی **دوبعدی، شفاف و انعطاف‌پذیر** است و **رسانای الکتریسیته** می‌باشد.

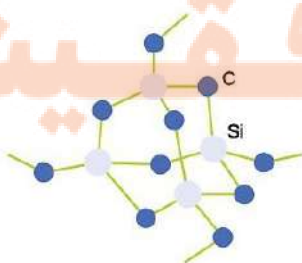


شکل ۳- مدل گلوله و میله برای نمایش گرافن.

روش تهیه گرافن با استفاده از نوار چسب:

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

سیلیسیم کربید (SiC) یک جامد کووالانسی است که از شمار زیادی اتم‌های کربن و سیلیسیم در سه بعد تشکیل شده‌است و فاقد مولکول‌های مجزا است. به دلیل وجود اتم‌های کربن علاوه بر اتم‌های سیلیسیم در ساختار این ماده، سختی آن از سیلیسیم خالص بیشتر است اما سختی آن از الماس کمتر است. این ماده یک ساینده ارزان است و در تهیه **سنباده** به کار می‌رود.



تلاشی در مسیر موفقیت

چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟

الف) الماس و گرافیت دو آلوتروپ طبیعی کربن هستند که هر دو جزو جامدهای کووالانسی شناخته می‌شوند.

ب) شمار اتم‌های متصل به هر اتم کربن، در الماس و گرافیت یکسان است.

پ) گرافن برخلاف گرافیت، جامد کووالانسی به شمار نمی‌رود.

ت) در ساختار گرافیت، نیروی جاذبه بین اتم‌ها در هر لایه، در مقایسه با نیروی جاذبه بین لایه‌های مجاور بیش‌تر است.

۱ (۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴)

کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

۱) کوارتز از جمله نمونه‌های ناخالص و ماسه از جمله نمونه‌های خالص ترکیبی هستند که فراوان‌ترین اکسید پوسته‌ جامد زمین می‌باشد.

۲) عناصر اصلی سازنده جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم می‌باشند که تا کنون از آن‌ها یون تک‌اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است.

۳) در گرافیت و الماس تنها پیوند یگانه یافت می‌شود.

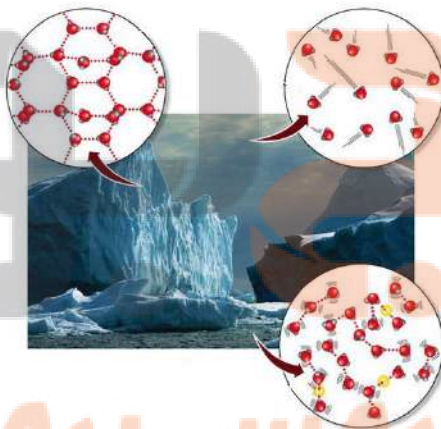
۴) آنتالپی پیوند Si-Si در بلور سیلیسیم بیش‌تر از آنتالپی پیوند Si-O در بلور سیلیس است، از این رو اتم‌های Si ترجیح می‌دهند به جای پیوند با اتم‌های اکسیژن، با اتم‌های خود پیوند دهند.

سازه‌های یخی، زیبا با ظاهری سخت اما زودگذار

❏ یخ برخلاف سیلیس، یک جامد مولکولی است اما همانند آن، در حالت خالص و تراش‌خورده، شفاف، سخت و زیبا است.

❏ مولکول‌های H_2O در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه بعدی با تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه، شبکه‌ای همانند

کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. دانه برف یک سازه یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن، حلقه‌های شش‌گوشه است.

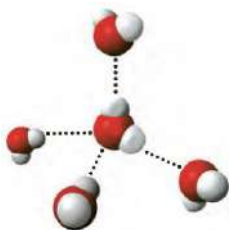


❏ در هر واحد مولکولی یخ، هر اتم اکسیژن با دو پیوند اشتراکی یگانه، به دو اتم هیدروژن متصل شده است، دو جفت الکترون

پیوندی و دو جفت الکترون ناپیوندی دارد و به دلیل جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی، ساختار فضایی خمیده دارد و قطبی است.

✎ میان مولکول‌های H_2O ، جاذبه‌های بین مولکولی از نوع **پیوند هیدروژنی** وجود دارد. پیوند هیدروژنی **قوی‌ترین نیروی بین مولکولی** در موادی است که در مولکول آنها، اتم هیدروژن به یکی از اتم‌های **فلوئور، اکسیژن یا نیتروژن** با پیوند اشتراکی متصل است.

✎ در ساختار بلور یخ، هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن از دو مولکول کناری خود، پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهد. بدین ترتیب هر مولکول آب حداکثر توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با **۴ مولکول H_2O** دیگر را دارد.



✎ میان مولکول‌های آب در یخ، در مقایسه با بخار آب و آب مایع، تعداد پیوندهای هیدروژنی بیشتری وجود دارد. به طور کلی، تعداد پیوندهای هیدروژنی، با **کاهش دما**، افزایش می‌یابد. به این ترتیب، یخ در مقایسه با آب در حالت‌های گاز و مایع، ساختار بلوری منظم‌تری دارد.

✎ **مولکول‌ها** در تعیین **خواص و رفتار** مواد مولکولی مثل آب نقش کلیدی دارند، به طوری که:

- رفتار فیزیکی مواد مولکولی (مثل نقطه جوش) به **نوع و قدرت نیروهای بین‌مولکولی** بستگی دارد.
- رفتار شیمیایی آنها به طور عمده به **پیوندهای اشتراکی (جفت‌الکترون‌های پیوندی) و جفت‌الکترون‌های ناپیوندی** موجود در مولکول وابسته است.

✎ **تنوع و شمار** مواد **مولکولی** شناخته شده بیش‌تر از مواد **یونی** و آن هم بیش‌تر از شمار جامدهای **کووالانسی** است.

✎ **اغلب** ترکیب‌های آلی جزو مواد مولکولی هستند.

✎ در مواد مولکولی فرمول شیمیایی به **فرمول مولکولی** و برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های آنها به **نیروهای بین‌مولکولی** معروف است. بنابراین به کاربردن این الفاظ برای مواد کووالانسی، یونی یا فلزی اشتباه است. (مثلاً فرمول مولکولی سیلیس) ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت **مایع** هستند، جزو **مواد مولکولی** به شمار می‌روند.

رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها

✎ ساده‌ترین مولکول‌ها از دو اتم تشکیل شده‌اند و دو دسته‌اند:

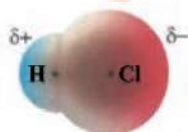
۱- **مولکول دو اتمی جور هسته**: مولکول‌هایی مانند H_2 و Cl_2 که از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند.

۲- **مولکول دو اتمی ناجور هسته**: مولکول‌هایی مانند HCl که از دو اتم متفاوت تشکیل شده‌اند.

✎ شکل زیر نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون‌ها در دو مولکول HCl و Cl_2 می‌باشد.



مثبت



منفی

نکته: در نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی مولکول‌ها، رنگ سرخ تراکم بیشتر و رنگ آبی تراکم کمتر بار الکتریکی (الکترون‌ها) را نشان می‌دهد.

در مولکول‌های **جور هسته**، احتمال حضور جفت الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است. در این مولکول‌ها، احتمال حضور الکترون‌ها اطراف هسته‌ها یکسان و متقارن است. چنین مولکول‌هایی همگی **ناقطبی** هستند؛ یعنی گشتاور دو قطبی صفر دارند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.

در مولکول‌های **ناجور هسته**، توزیع الکترون‌ها یکنواخت و متقارن نمی‌باشد و احتمال حضور جفت الکترون پیوندی و تراکم بار الکتریکی منفی پیرامون هسته اتمی که **خصلت نافلزی** بیشتری دارد، بالاتر است. چنین مولکول‌هایی **قطبی** هستند؛ یعنی گشتاور دو قطبی آن‌ها بزرگتر از صفر است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

در مولکول‌ها، هرگاه میان دو اتم مختلف، پیوند اشتراکی وجود داشته باشد، اتم‌ها به دلیل تفاوت در **قدرت الکترون‌گیری** شان دارای **بارهای جزئی مثبت و منفی** می‌شوند (نه **بار کامل**؛ چون یون نیستند)؛ در این شرایط، به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیش‌تر است، **بار جزئی منفی** (δ^-) و به اتم دیگر، **بار جزئی مثبت** (δ^+) نسبت داده می‌شود.

مثال: در مولکول CO_2 ، هر کدام از اتم‌های اکسیژن دارای δ^- و اتم کربن دارای δ^+ است؛ زیرا قدرت الکترون‌گیری اکسیژن از کربن بیشتر است.

کدام عبارت درست است؟

- ۱) واژه فرمول مولکولی و نیروی بین مولکولی را می‌توان برای مواد $\text{Cl}_2(\text{g})$ ، $\text{HF}(\text{g})$ و NaCl به کار برد.
- ۲) علامت بار جزئی بر روی اتم مرکزی در مولکول‌های کربونیل سولفید و گوگرد تری‌اکسید مشابه است.
- ۳) در نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی مولکول اتین، اتم‌های کناری قرمز و اتم‌های مرکزی آبی هستند.
- ۴) جفت الکترون پیوندی در HCl همانند Cl_2 به صورت متقارن اطراف هسته اتم‌ها قرار دارد.

یادآوری: ویژگی جهت‌گیری در میدان الکتریکی بر مبنای کمیتی به نام **گشتاور دو قطبی** (μ) سنجیده می‌شود؛ کمیتی که با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها افزایش می‌یابد. گشتاور دو قطبی مولکول‌ها را با یکای **دبای (D)** گزارش می‌کنند. **مواد ناقطبی گشتاور دو قطبی حدود صفر و مواد قطبی گشتاور دو قطبی بزرگتر از صفر دارند.**

نکته: مولکولی که اتم‌های آن دارای بارهای جزئی مثبت و منفی هستند، ممکن است قطبی یا ناقطبی باشد؛ اگر توزیع بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی متقارن باشد، مولکول مورد نظر **ناقطبی** است و در صورت توزیع نامتقارن بار الکتریکی اطراف اتم مرکزی، مولکول ذکر شده **قطبی** است.

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

وجود **اتم‌های متفاوت** پیرامون اتم مرکزی، سبب می‌شود توزیع بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی متقارن و یکنواخت نباشد. هر مولکول ممکن است قطبی یا ناقطبی باشد. مولکول‌های ناقطبی در میدان الکتریکی رفتار خاصی از خود نشان نمی‌دهند اما مولکول‌های قطبی در حضور میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؛ به طوری که اتم‌هایی که بار جزئی مثبت دارند، به سمت **قطب منفی** میدان و اتم‌هایی که بار جزئی منفی دارند، به سمت **قطب مثبت** میدان جهت می‌گیرند.

روش تشخیص قطبی/ناقطبی بودن مولکول‌ها به صورت زیر است:

- مولکول‌های دواتمی جور هسته، ناقطبی و مولکول‌های دواتمی ناجور هسته، قطبی هستند.
- در مولکول‌هایی که بیش‌تر از دو اتم دارند، اگر دو شرط زیر به صورت همزمان وجود داشته باشد، مولکول موردنظر **ناقطبی** و در غیر این صورت مولکول، **قطبی** است:

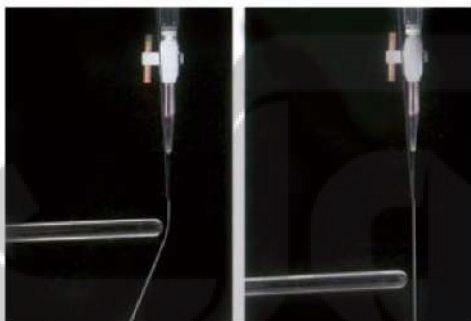
(۱) اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی باشد.

(۲) اتم مرکزی با پیوندهای اشتراکی به اتم‌های کناری یکسان متصل شده باشد.

مثال ۱: کلروفرم (CHCl_3): اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد اما چون یکی از اتم‌های کناری متفاوت است، توزیع بار الکتریکی پیرامون کربن نامتقارن می‌شود. پس کلروفرم یک ترکیب **قطبی** است.

مثال ۲: کربن تتراکلرید (CCl_4): اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی می‌باشد و به اتم‌های یکسانی متصل شده است. بنابراین مولکول موردنظر **ناقطبی** است.

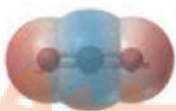
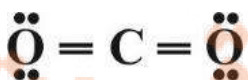
در شکل‌های زیر، مایع سمت راست، یک ترکیب **ناقطبی** و مایع سمت چپ، یک ترکیب **قطبی** است.



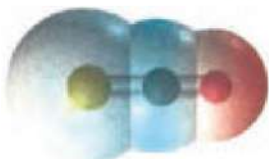
مولکول‌های سه اتمی شکل هندسی **خطی** یا **خمیده** دارند.

۱- مولکول‌های سه اتمی که اتم مرکزی، الکترون ناپیوندی ندارد و تنها با پیوندهای اشتراکی به دو اتم کناری متصل است

را با شکل **خطی** توصیف می‌کنند. (مانند CO_2)



در این مولکول‌ها، هسته سازنده هر سه اتم روی یک خط راست قرار می‌گیرد و زاویه بین پیوندها **۱۸۰** درجه است.



کربونیل سولفید



اتین

۲- مولکول‌های سه اتمی که اتم مرکزی دارای الکترون ناپیوندی است ساختار خمیده دارند. (مثل H_2O)



در مولکول‌های چهار اتمی مانند گوگرد تری‌اکسید (SO_3) که اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی بوده و فقط با پیوندهای اشتراکی به سه اتم کناری متصل شده است، اتم‌ها همگی روی یک صفحه قرار می‌گیرند و ساختار مثلثی شکل و مسطح دارند. از سوی دیگر، مولکول‌های چهار اتمی مانند آمونیاک (NH_3) که اتم مرکزی آنها دارای جفت الکترون ناپیوندی هستند، شکل هندسی مشابه هرم داشته و همه‌ی اتم‌های آنها روی یک صفحه قرار نمی‌گیرند.



آمونیاک



گوگرد تری‌اکسید

جدول زیر، شکل هندسی و قطبیت مولکول‌های سه تا پنج اتمی را نشان می‌دهد که در سوالات مطرح می‌شوند. توجه شود در این جدول، منظور از A اتم مرکزی، X اتم کناری و E جفت الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی است.

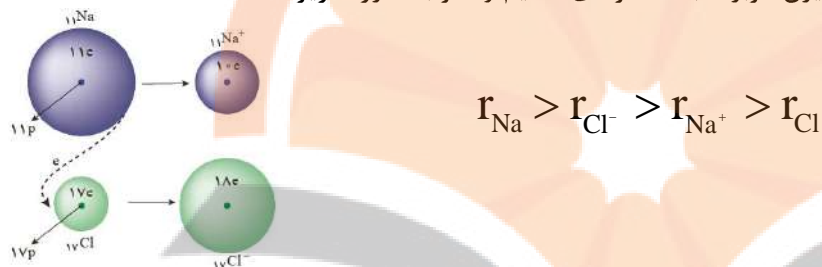
مولکول	ساختار لوویس	شکل هندسی	وضعیت قطبیت	مثال
AX_2	$X = A = X$ یا $X \equiv A - X$	خطی	ناقطبی (در صورت اتم‌های کناری یکسان)	CO_2
AX_2E	$X = \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{A}} - X$	خمیده	قطبی	SO_2
AX_2E_2	$X - \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{A}} - X$	خمیده	قطبی	H_2O
AX_3	$\begin{array}{c} X \\ \\ X - A - X \end{array}$	مثلث مسطح	ناقطبی (در صورت اتم‌های کناری یکسان)	SO_3
AX_3E	$\begin{array}{c} \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{A}} \\ \\ X - A - X \\ \\ X \end{array}$	هرم مثلثی	قطبی	NH_3
AX_4	$\begin{array}{c} X \\ \\ X - A - X \\ \\ X \end{array}$	چهاروجهی	ناقطبی (در صورت اتم‌های کناری یکسان)	CH_4

هر چه یک ماده گازی نیروهای بین مولکولی قوی‌تری داشته باشد، نقطه جوش بالاتر دارد و آسان‌تر به حالت مایع تبدیل می‌شود.

هر ترکیب یونی دوتایی (شامل دو عنصر) را می توان فراورده واکنش یک فلز با یک نافلز دانست، واکنشی که در آن اتم ها با یکدیگر الکترون دادوستد می کنند. در واکنش هایی از این دست، اتم فلز با از دست دادن الکترون و اتم نافلز با به دست آوردن الکترون، به ترتیب به کاتیون و آنیون تبدیل می شوند.

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

با توجه به شکل مقابل، مقایسه شعاع اتم و یون مربوط به عنصرهای سدیم و کلر به صورت زیر است:

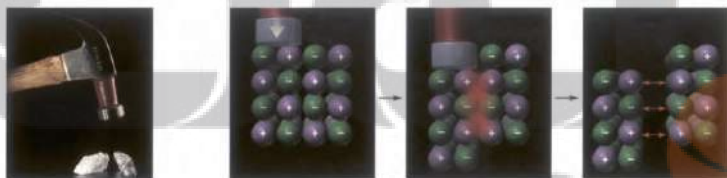


ترکیب یونی از اجتماع تعداد زیادی یون تشکیل شده است. میان یون های ناهمنام، نیروهای جاذبه و میان یون های همنام، نیروهای دافعه پدید می آید. ترکیب یونی از نظر بار الکتریکی خنثی است، به دیگر سخن، مقدار کل بار مثبت کاتیون ها با مقدار کل بار منفی آنیون ها برابر است.

دقت کنید در یک ترکیب یونی، الزاماً تعداد کاتیون و آنیون یکسان نیست. به عنوان مثال در سدیم اکسید (Na_2O) تعداد کاتیون دو برابر آنیون است.

برخی از ویژگی های عمومی ترکیب های یونی عبارت است از:

۱- جامدهای یونی سخت و شکننده هستند و در اثر ضربه، قطعاتی با سطوح صاف ایجاد می کنند.

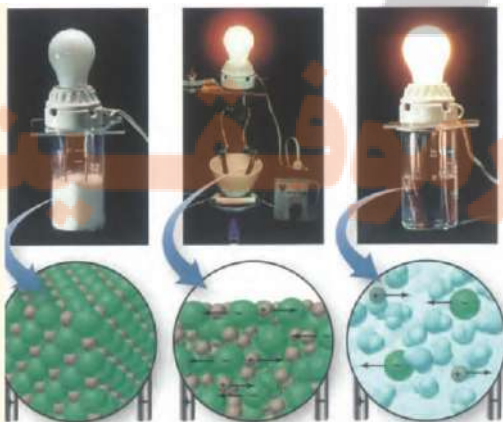


۲- بیش تر آن ها نقطه ذوب و جوش بالایی دارند.

۳- در حالت جامد نارسانا هستند اما به صورت محلول و مذاب رسانای جریان برق است.

۴- معمولاً به خوبی در آب و سایر حلال های قطبی حل می شوند.

۵- تشکیل شبکه بلور آن ها با آزاد شدن انرژی و فروپاشی شبکه بلور آن ها با مصرف انرژی همراه است.



✍ اگر هر یک از یون‌ها همانند **کره‌ای باردار** باشد، انتظار می‌رود نیروهای جاذبه و دافعه از همه جهتها به آن وارد شود. به دیگر سخن این نیروها به شمار معینی از یون‌ها محدود نمی‌شود، بلکه میان همه یون‌ها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود.

توجه: وجود جامدهای یونی در طبیعت نشان می‌دهد که نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهم‌نام بر نیروهای دافعه میان یون‌های هم‌نام غالب است.

✍ **شبکه بلوری**، آرایش سه بعدی و منظمی از اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد است.

✍ شبکه بلور یونی از الگوی تکرارشونده خاصی پیروی می‌کند. الگوی تکراری در شبکه بلوری جامد یونی، به این معناست که هر کاتیون با شمار معینی آنیون و هر آنیون با شمار معینی کاتیون احاطه شده است.

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

توجه: در منابع علمی معتبر، برای توصیف ترکیب‌های یونی هیچ‌گاه واژه‌هایی مانند مولکول و فرمول مولکولی به کار نمی‌رود.

✍ به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهم‌نام موجود پیرامون هر یون، عدد کوئوردیناسیون آن یون گفته می‌شود. عدد کوئوردیناسیون هر یک از یون‌های Na^+ و Cl^- در بلور NaCl با هم مساوی و برابر ۶ است.

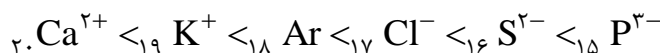
✍ در هر ترکیب یونی، نسبت عدد کوئوردیناسیون کاتیون به آنیون برابر نسبت بار کاتیون به آنیون است. مثلاً در بلور منیزیم کلرید (MgCl_2) عدد کوئوردیناسیون یون منیزیم، ۲ برابر یون کلرید است.

$$\frac{\text{تعداد آنیون در فرمول شیمیایی}}{\text{تعداد کاتیون در فرمول شیمیایی}} = \frac{\text{بار کاتیون}}{\text{بار آنیون}} = \frac{\text{عدد کوئوردیناسیون کاتیون}}{\text{عدد کوئوردیناسیون آنیون}}$$

یادآوری: در جدول دوره‌ای، شعاع اتمی در گروه‌ها با افزایش عدد اتمی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، در هر دوره با افزایش عدد اتمی، شعاع اتم‌ها کاهش می‌یابد. وقتی اتمی تبدیل به یون شود، شعاع آن تغییر می‌کند. اگر در این تبدیل، الکترون آزاد و کاتیون حاصل شود، شعاع یون حاصل از شعاع اتم کم‌تر است اما اگر در این واکنش، الکترون گرفته و آنیون حاصل شود، شعاع یون حاصل از شعاع اتم بیش‌تر است.

گروه دوره	۱	۲	۱۶	۱۷
دوم	Li ۱ ⁺ ۱۵۲.۷۶		O ۲ ⁻ ۷۳.۱۴۰	F ۱ ⁻ ۷۱.۱۳۳
سوم	Na ۱ ⁺ ۱۸۶.۱۰۲	Mg ۲ ⁺ ۱۶۰.۷۲	S ۲ ⁻ ۱۰۲.۱۸۴	Cl ۱ ⁻ ۹۹.۱۸۱

✍ در مقایسه شعاع گونه‌هایی که همگی تعداد الکترون برابری دارند، شعاع آنیون‌ها از اتم و شعاع اتم از کاتیون‌ها بیش‌تر است و هر چه مقدار بار منفی آنیون بیش‌تر باشد، شعاع یونی آن بیش‌تر و هر چه مقدار بار مثبت کاتیون بیش‌تر باشد، شعاع یونی آن کم‌تر است. به عنوان مثال، مقایسه شعاع گونه‌های زیر به صورت زیر است:



اگر هر یون را کره‌ای باردار در نظر بگیریم، چگالی بار آن هم‌ارز با نسبت بار به حجم آن است. کمیتی که می‌تواند برای مقایسه میزان برهم‌کنش میان یون‌ها به کار رود. نسبت ساده‌تری که می‌توان به کار برد، نسبت مقدار بار یون به شعاع آن است.

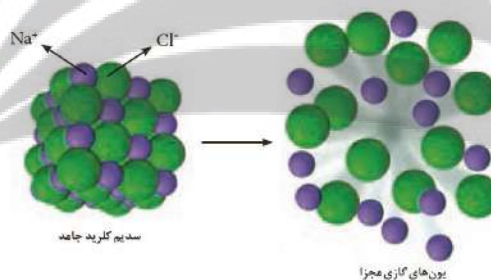
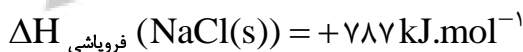
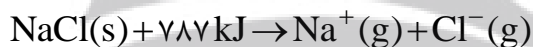
هرچه مقدار بار یون بیشتر و شعاع یون کمتر باشد، نسبت بار به شعاع و چگالی بار آن بیشتر است. مقایسه نسبت بار به شعاع یون‌ها:



هرچه چگالی بار آنیون‌ها و کاتیون‌ها بیشتر باشد، برهم‌کنش‌های جاذبه‌ای میان آن‌ها شدیدتر و استحکام و پایداری شبکه آنها بیشتر است. به دیگر سخن، فروپاشی چنین شبکه‌ای دشوارتر بوده و فروپاشی یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر به صرف انرژی بیش‌تری نیازمند است.

نکته: نوع و بار یون‌ها و در نتیجه قدرت نیروی جاذبه میان آن‌ها در شبکه بلوری، کلیدی برای درک رفتار آن‌هاست.

گرمای مصرف‌شده در فشار ثابت برای تبدیل یک مول ترکیب یونی در حالت جامد به یون‌های سازنده‌اش در حالت گازی، آنتالپی فروپاشی شبکه نامیده شده و با فروپاشی ΔH نمایش داده می‌شود.



نکته: آنتالپی فروپاشی همواره مثبت است؛ یعنی فرآیند فروپاشی شبکه بلور گرماگیر است.

هرچه چگالی بار یون‌های سازنده شبکه بلور بیشتر باشد، فروپاشی ΔH بیش‌تر است و فروپاشی شبکه دشوارتر است.

در شبکه‌های یونی، مقدار آنتالپی فروپاشی شبکه با اندازه بار کاتیون و آنیون رابطه مستقیم و با شعاع یون‌ها رابطه معکوس دارد.

برای مقایسه آنتالپی فروپاشی نمک‌های مختلف با یکدیگر، به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

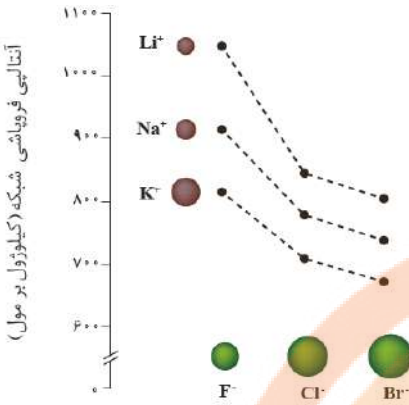
۱- حاصل ضرب «بار کاتیون × بار آنیون × مجموع تعداد یون‌ها در فرمول نمک» را به دست می‌آوریم. هر چقدر این عدد بزرگتر باشد، ترکیب یونی مذکور آنتالپی فروپاشی بیشتری دارد.

۲- در صورت برابر بودن، به سراغ بررسی شعاع یون‌ها می‌رویم. هرچه یک نمک یون‌های کوچکتری داشته باشد، فروپاشی ΔH

بیشتری خواهد داشت.



کاتیون \ آنیون	F ⁻	O ²⁻
Na ⁺	۹۲۶	۲۴۸۸
Mg ²⁺	۲۹۶۵	۳۷۹۸



به طور معمول، ترکیب‌های یونی با فروپاشی ΔH بیش‌تر، نقطه ذوب و جوش بالاتری دارند.

عبارت کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه بعدی و نامنظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به کار می‌رود.
- (۲) فرمول شیمیایی هر ترکیب یونی، ساده‌ترین نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های سازنده آن را نشان می‌دهد.
- (۳) به شمار نزدیک‌ترین یون‌های هم‌نام موجود پیرامون هر یون در شبکه بلور، عدد کوئوردیناسیون می‌گویند.
- (۴) وجود جامد‌های یونی در طبیعت نشان می‌دهد که نیروهای دافعه میان یون‌های هم‌نام بر نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهم‌نام غالب است.

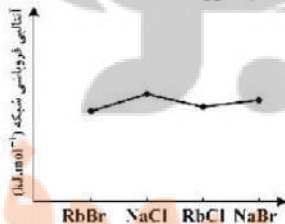
کدام گزینه درست است؟

- (۱) در یک دوره از جدول تناوبی، هر چه بار منفی یون پایدار یک عنصر بیشتر باشد، شعاع آن یون کوچکتر است.
- (۲) در مقایسه شعاع دو یون، لزوماً یونی که تعداد لایه‌های الکترونی بیشتری دارد، شعاع بزرگتری ندارد.
- (۳) در دوره دوم جدول تناوبی، مقایسه چگالی بار آنیون‌ها به صورت « $F^- > O^{2-} > N^{3-}$ » درست است.
- (۴) در یک ترکیب یونی دوتایی، هر چه شعاع آنیون و کاتیون بزرگتر باشد، پیوند یونی قوی‌تر است.

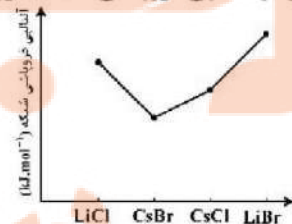
کدام گزینه درست است؟

- (۱) آنتالپی فروپاشی، گرمای مصرف‌شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک مول از شبکه یونی و تبدیل آن به اتم‌های گازی سازنده است.
- (۲) آنتالپی فروپاشی شبکه KCl بیش‌تر از آنتالپی فروپاشی شبکه NaCl است.
- (۳) عدد کوئوردیناسیون هر یک از یون‌های سازنده در بلور ترکیبات یونی با هم مساوی و برابر ۶ است.
- (۴) در یون‌های کلرید، سولفید، پتاسیم و کلسیم مقایسه شعاع یونی به صورت « $Ca^{2+} < K^+ < Cl^- < S^{2-}$ » می‌باشد.

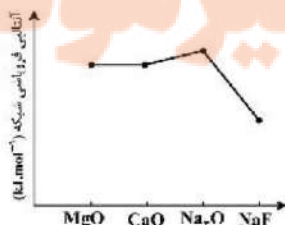
روند تقریبی نمودار آنتالپی فروپاشی شبکه بلور نمک‌های داده شده، به کدام صورت است؟



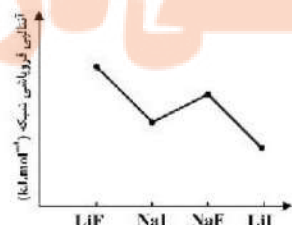
(۲)



(۱)



(۴)



(۳)

اگر فرمول شیمیایی فسفات عناصر A، B و C که متعلق به گروه‌های اصلی و متعلق به یک دوره از جدول تناوبی هستند، به ترتیب (از راست به چپ) A_3PO_4 ، BPO_4 و $C_3(PO_4)_2$ باشد، همه گزینه‌های زیر نادرست هستند، به جز ... (نمادهای استفاده شده برای این سه عنصر فرضی هستند).

- 1) آنالیزی فروپاشی شبکه بلور اکسید B، بیش تر از آنالیزی فروپاشی شبکه بلور اکسید C است.
 - 2) نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در سیلیکات عنصر C با نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها در سولفات عنصر A برابر است.
 - 3) اگر عنصر D با عنصر A هم‌گروه بوده و شعاع یونی بیش‌تری نسبت به A داشته باشد، نقطه ذوب بلور ترکیب حاصل از عنصر D با عنصر فلئور از نقطه ذوب بلور ترکیب حاصل از عنصر A با فلئور، بیش‌تر است.
 - 4) ترتیب درست مقایسه چگالی بار یون‌های حاصل از عناصر به صورت: $B > A > C$ است.
- چند مورد از مقایسه‌های زیر درست انجام شده است؟

- آنالیزی فروپاشی شبکه: $MgO > Na_2O > MgF_2 > NaF$
 - استحکام شبکه بلور: $NaCl > KBr > KCl$
 - شعاع یونی: $_{12}Mg^{2+} > _{11}Na^+ > _9F^- > _8O^{2-}$
 - آنالیزی فروپاشی شبکه: $LiF > NaF > KF > KBr$
- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

فلزها، عنصرهایی شکل‌پذیر با جلاپی زبنا

تمدن‌های آغازی بر اساس گستره کاربری هر فلز نام‌گذاری شده‌اند. پس از دوره سنگی، در دوره برنز و سپس دوره آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشمگیری شدند و این نشان از جایگاه برجسته فلزها در تمدن بشری دارد. به عقیده بسیاری پایداری جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است. بیش‌تر عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند. این عنصرها در هر چهار دسته s، p، d و f جای دارند اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند.

رفتارهای فیزیکی فلزات:

- ۱- داشتن جلا
- ۲- رسانایی الکتریکی و گرمایی
- ۳- خاصیت چکش خواری
- ۴- شکل پذیری

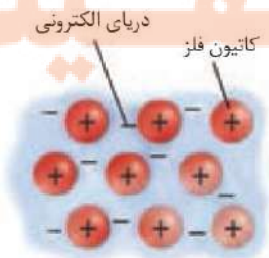
رفتارهای شیمیایی فلزات:

- ۱- واکنش پذیری
- ۲- تنوع عدد اکسایش

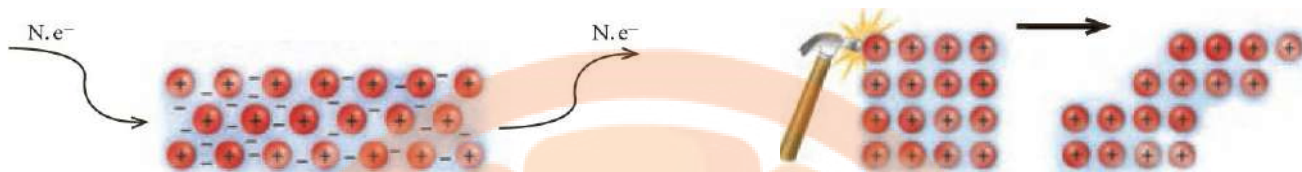
ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌های فلز در سه بعد است و به مدل دریای الکترونی معروف است. بر اساس این مدل، در ساختار مواد فلزی، دریایی از الکترون‌های ظرفیتی (سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم‌ها) بین یون‌های فلز در حرکت و جریان است و باعث ایجاد جاذبه‌هایی قوی موسوم به پیوند فلزی می‌شود. دریای الکترون عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند.

جامدهای فلزی پایداری و نقطه ذوب و جوش بالایی دارند.

هر الکترون موجود در دریای الکترونی را نمی‌توان متعلق به یک اتم معین دانست.



با کمک مدل دریای الکترون می‌توان برخی رفتارهای فیزیکی جامدهای فلزی مثل شکل‌پذیری و چکش‌خواری و نیز رسانایی الکتریکی را توجیه کرد.



نکته: مواد یونی و فلزی در حالت مایع رسانای الکتریکی هستند. جامد یونی شکننده و جامد فلزی چکش‌خوار و شکل‌پذیر است. محلول ترکیب‌های برخی فلزهای واسطه به رنگ‌های گوناگون دیده می‌شوند.

احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می‌رسد. این نورها در واقع همان پرتوهای الکترومغناطیس بوده که طول موج آنها در گستره ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است و چشم ما آنها را می‌بیند.

مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌مانده آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند. چشم مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آنها می‌بیند. به عبارتی دیگر، ما اشیا را به رنگ مکمل طول موج جذب شده توسط آنها می‌بینیم.

نکته: اگر یک نمونه ماده همه طول موج‌های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همه را جذب کند به رنگ سیاه دیده می‌شود.



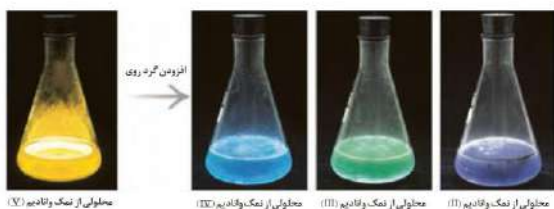
سازنده اصلی یک ماده رنگی که به آن رنگ می‌بخشد، رنگ‌دانه نام دارد. در گذشته انسان، این مواد رنگی را از منابع طبیعی همچون گیاهان، جانوران و برخی کانی‌ها تهیه می‌کرد.

نمونه‌هایی از رنگدانه‌های معدنی عبارت است از:

۱- TiO_2 : سفید ۲- Fe_2O_3 : قرمز ۳- دوده: سیاه

رنگ‌هایی که برای پوشش سطوح استفاده می‌شوند، نوعی کلویید هستند که لایه نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد.

فلز روی یک فلز فعال و کاهنده قوی است. افزودن گرد روی به محلول حاوی یون‌های وانادیم (V) سبب کاهش یون‌های وانادیم (V) در محلول آن می‌شود. جدول صفحه بعد، رنگ یون‌های وانادیم را نشان می‌دهد.



محلولی از نمک وانادیم (V)

محلولی از نمک وانادیم (IV)

محلولی از نمک وانادیم (III)

محلولی از نمک وانادیم (II)

یون	آرایش الکترونی	رنگ محلول
وانادیم (V)	[Ar]	زرد
وانادیم (IV)	$[_{18}\text{Ar}]3d^1$	آبی
وانادیم (III)	$[_{18}\text{Ar}]3d^2$	سبز
وانادیم (II)	$[_{18}\text{Ar}]3d^3$	بنفش

فلزها افزون بر رفتارهای مشابه، تفاوت‌های آشکاری در برخی رفتارها نشان می‌دهند. در واقع هر فلز افزون بر رفتارهای مشترک رفتارهای ویژه خود را دارد.

فلزهای دسته d جدول، از نظر جلا، رسانایی الکتریکی و گرمایی و شکل‌پذیری مشابه فلزات دسته‌های s و p هستند اما از نظر ویژگی‌هایی مثل سختی، نقطه ذوب و تنوع عدد اکسایش با فلزات اصلی تفاوت دارند.

توجه: فلزهای واسطه عموماً سخت‌تر، چگال‌تر و دیرذوب‌تر از فلزهای اصلی بوده و واکنش‌پذیری به مراتب کمتری دارند.

تیتانیوم (Ti ۲۲) دومین عنصر واسطه جدول تناوبی است، در دوره چهارم و گروه چهارم قرار دارد و با ویژگی‌های باورنکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری و استحکام مناسب از جمله این ویژگی‌هاست.

نکته: تیتانیوم دارای دو عدد اکسایش ۲+ و ۴+ است.

جدول زیر برخی از ویژگی‌های تیتانیوم را در مقایسه با فولاد زنگ‌نزن نشان می‌دهد.

ویژگی	ماده	تیتانیوم	فولاد
نقطه ذوب (°C)		۱۶۶۷	۱۵۲۵
چگالی (g mL ⁻¹)		۴/۵۱	۷/۹۰
واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا		ناچیز	متوسط
مقاومت در برابر خوردگی		عالی	ضعیف
مقاومت در برابر سایش		عالی	عالی

هنگامی که موتور جت کار می‌کند، همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارد. از آنجایی که نقطه ذوب تیتانیوم بالا است، از آن در موتور جت استفاده می‌شود.

امروزه به جای فولاد، از تیتانیوم در ساخت پروانه کشتی اقیانوس‌پیماها استفاده می‌شود؛ زیرا علاوه بر چگالی کمتر در مقایسه با فولاد، واکنش تیتانیوم با ذرات موجود در آب ناچیز است و بدین ترتیب با خرابی و مشکلات کمتری مواجه خواهد شد.

تیتانیوم مقاومت بالایی در برابر سایش و خوردگی دارد. از این جهت، در ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار همچون

موزه گوگنهایم در اسپانیا از تیتانیوم به عنوان پوشش بیرونی استفاده می‌گردد.

تیتانیوم به شکل آلیاژهای گوناگون کاربرد گسترده‌ای در صنعت دارد. برای نمونه، نیتینول آلیاژی از تیتانیوم (Ti) و

نیکل (Ni) می‌باشد که به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در ساخت فرآورده‌های صنعتی و پزشکی به‌کار

می‌رود؛ مثل سازه فلزی در ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک

چند مورد از مطالب زیر درست است؟

* نیتینول آلیاژی از مس و تیتانیوم بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است.

* به شمار نزدیک‌ترین یون‌های موجود پیرامون هر یون در شبکه بلور ترکیب یونی، عدد کوئوردیناسیون می‌گویند.

* طرز قرار گیری مولکول‌های H_2O در ساختار یخ همانند مولکول‌های گرافن، شبیه کندوی عسل است.

* سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است.

* در مولکول‌های سه‌اتمی که از سه نوع عنصر تشکیل شده‌اند، گشتاور دوقطبی غیر صفر است.

۱ (۴)

۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

کدام موارد از مطالب زیر صحیح‌اند؟

(آ) برای توجیه برخی از خواص شیمیایی فلزها می‌توان از مدل دریای الکترونی بهره گرفت.

(ب) ماده‌ای که دارای رنگ مشخصی است، قطعاً بخشی از طول موج‌های مرئی را جذب کرده است.

(پ) برای جلوگیری از خوردگی یک ماده در برابر اکسیژن و رطوبت، می‌توان از ماده‌ای با خاصیت کلونیدی استفاده کرد.

(ت) در هر مولکول از یک ترکیب یونی نیروهای دافعه و جاذبه در تمام جهتها برقرار هستند.

(ث) براساس مدل دریای الکترونی، در شبکه بلوری فلزهای اصلی، الکترون‌های ظرفیتی موجود در اتم‌های فلزی، آزادانه

در ساختار شبکه بلور حرکت می‌کنند.

(۴) (پ) و (ث)

(۳) (پ)، (ت) و (ث)

(۲) (ب)، (پ) و (ث)

(۱) (آ)، (ب) و (پ)

کدام گزینه جاهای خالی را به درستی تکمیل می‌کند؟

(آ) محلول نمک وانادیم (V) در اثر واکنش با فلز روی و با گرفتن الکترون به‌ازای هر یون وانادیم، به رنگ سبز درمی‌آید.

(ب) آنتالپی فروپاشی شبکه بلور K_2O از آنتالپی فروپاشی شبکه بلور MgO است.

(پ) پروانه کشتی اقیانوس پیما به جای فولاد از تیتانیوم ساخته می‌شود، چون تیتانیوم دارد.

(ت) یون Mg^{2+} نسبت به یون O^{2-} چگالی بار دارد.

(۲) ۱، بیش‌تر، نقطه ذوب بالایی، کم‌تری

(۱) ۲، کم‌تر، واکنش‌پذیری ناچیز، بیش‌تری

(۴) ۱، کم‌تر، چگالی کم‌تر از فولاد، بیش‌تری

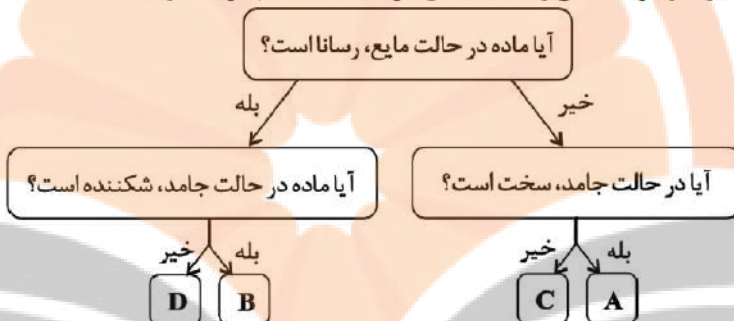
(۳) ۲، بیش‌تر، واکنش‌پذیری ناچیز، کم‌تری

چند مورد از عبارتهای زیر درست هستند؟

- (آ) تفاوت آنتالپی فروپاشی شبکه $LiCl$ و LiF بیش تر از تفاوت آنتالپی فروپاشی شبکه $LiBr$ و $LiCl$ است.
 (ب) انرژی لازم برای فروپاشی شبکه یک مول از هر یک از دو ترکیب پتاسیم فلوئورید و سدیم کلرید به یکدیگر نزدیک است.
 (پ) اگر محلول V^{III+} به رنگ بنفش باشد، تعداد الکترون های با $l=2$ در آن با تعداد الکترون های دارای $l=2$ در کاتیون ترکیب MnO_2 برابر است.
 (ت) تیتانیم به صورت TiO_2 ، یک رنگ دانه معدنی سفید است و در اثر آلیاژ شدن با نیکل، آلیاژ نیتینول را تشکیل می دهد.

(۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴) ۱

با توجه به نمودار زیر که رفتار مواد خالص را دسته بندی کرده است، کدام گزینه درست است؟





- (۱) هیدروکربن ها جزو مواد C، و اغلب عناصر دسته S و همه عناصر دسته d جدول تناوبی جزو مواد D هستند و نوع و شمار مواد C از D بیش تر است.
 (۲) اصلی ترین ترکیب سازنده سنگ ها و فراوان ترین اکسید در پوسته جامد زمین متعلق به مواد A بوده و دارای فرمول مولکولی SiO_2 است و گستره دمایی آن که در حالت مایع است، نسبت به مواد C بیش تر است.
 (۳) مواد D مانند نیتینول می توانند رسانای جریان برق باشند و این رسانایی به دلیل حرکت آزادانه همه ذرات باردار در شبکه بلوری آن هاست.
 (۴) عناصر گروه ۱۴ جدول دوره ای در ساختار هر چهار نوع جامد دیده می شوند و زنگ آهن جزو مواد D است.


با توجه به جدول زیر که بخشی از جدول تناوبی عناصر است، کدام گزینه نا درست است؟ (نمادهای نشان داده شده فرضی هستند.)


																		F	O	L	
																			G		
A																				E	

- (۱) گستره دمایی مایع در ترکیب A_2G بیشتر از ترکیب OL_2 است و نیتینول آلیاژی از دو عنصر M و X می باشد.
 (۲) ترکیب حاصل از واکنش دو عنصر B و F، آنتالپی فروپاشی شبکه بیشتری نسبت به ترکیب حاصل از واکنش دو عنصر A و G دارد.
 (۳) برخلاف میزان واکنش پذیری، تنوع عدد اکسایش عنصر C در ترکیب های بیشتر از عنصر A است.
 (۴) D و آلومینیم اکسید خاصیت شکل پذیری و چکش خواری دارند.


رشد و پیشرفت هر جامعه تنها در سایه تلاش هدفمند و آگاهانه افراد خبره، کاردان و ورزیده دست‌یافتنی است. 

برای بالا رفتن از نردبان پیشرفت، افزون بر انگیزه باید نخست تکیه‌گاه مناسبی برای آن یافت. این تکیه‌گاه دانش، توانایی، مهارت و زیر ساخت‌های لازم است. 

از جمله پیامدهای رشد و پیشرفت جامعه دسترسی آسان و ارزان‌تر به فناوری نو می‌باشد. 

نمونه‌هایی از فناوری‌های نو: 

- بهره‌گیری از مبدل کاتالیستی در خودروها
- کود شیمیایی سبز

- تبدیل مواد شیمیایی خام به مواد ارزشمند
- برخی از دستاوردهای شیمی در جهان: 

• فناوری تصفیه آب مانع گسترش بیماری‌هایی مثل وبا در جهان شده است.


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


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

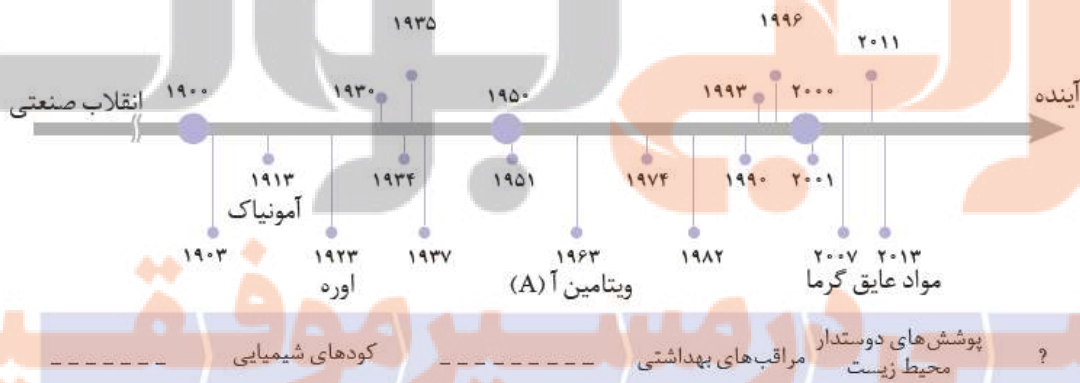
• فناوری شناسایی و تولید کودهای مناسب نقش چشمگیری در تامین غذای جمعیت جهان دارد.


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

• گسترش فناوری صفحه‌های نمایشگر در وسایل الکترونیک مدیون دانش شیمی است.

شواهد تاریخی در گذر زمان نشان می‌دهد که انسان به تدریج با مسایل پیچیده‌تری روبه‌رو شده است. بدیهی است بر طرف کردن و حل هر یک از آن‌ها به دانش و فناوری‌های پیشرفته‌تری نیاز خواهد داشت. 

چند نمونه فرآورده حاصل از فناوری‌های شیمیایی در گذر زمان: 



استفاده بهینه و درست از دانش و فناوری، آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می‌کند اما استفاده نادرست از آن (مثلا در 

تولید سلاح‌های شیمیایی) آثار مخرب‌تر و زیان‌بارتری به دنبال دارد.

با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با رفتارهای نادرست، دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است. وجود لایه قهوه‌ای روشن که سطح شهرهای بزرگ جهان و کشورمان را به ویژه در زمستان می‌پوشاند، نفس کشیدن را دشوار کرده و مشکلات تنفسی ایجاد می‌کند.

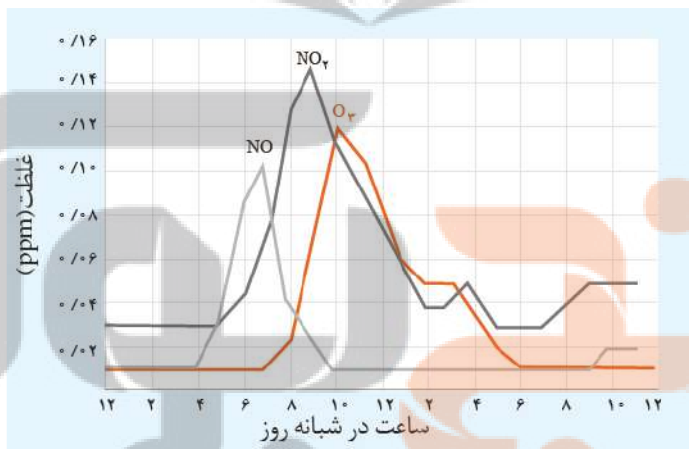
توجه: رنگ قهوه‌ای هوای آلوده به دلیل وجود گاز قهوه‌ای رنگ نیتروژن دی‌اکسید (NO_x) است.

یکی از چالش‌های مهم در جهان امروز، داشتن هوای پاک است.

هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور یکنواخت در هواکره پراکنده شده‌اند. در حالی که هوای آلوده افزون بر آن‌ها حاوی گازهای گوناگونی مانند SO_x ، O_3 ، NO_x ، CO ، NO ، ذره‌های معلق و مواد آلی فرار است.

اثرات ناشی از وجود آلاینده‌ها در هوای آلوده به صورت زیر است:

- هوای آلوده بوی بدی دارد.
 - چهره‌ی شهر را زشت می‌کند.
 - فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد.
 - سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود.
- نمودار زیر غلظت برخی از این آلاینده‌ها را در نمونه‌ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می‌دهد.

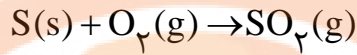


نکته: در طول روز، نیتروژن مونوکسید (NO) بین ساعات ۶ تا ۸، نیتروژن دی‌اکسید (NO_x) بین ساعات ۸ تا ۱۰ و اوزون (O_3) در ساعت ۱۰ به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسند و بیش‌ترین مقدار NO_x از O_3 و O_3 از NO بیش‌تر است. یکی از واکنش‌هایی که در هواکره انجام می‌پذیرد، واکنش $\text{NO}_x(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g})$ است. بدین ترتیب با مصرف NO_x مقدار O_3 افزایش می‌یابد.

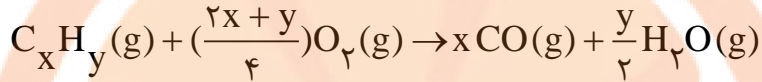
آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها شامل C_xH_y (هیدروکربن‌ها)، NO ، SO_x و CO است. این آلاینده‌ها در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هواکره می‌شوند. هم‌چنین دمای آن‌ها در این زمان کوتاه به سرعت کاهش می‌یابد.

• C_xH_y سوخت مصرف نشده‌ای است که وارد هواکره می‌شود.

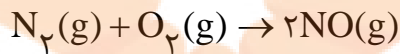
• سوخت‌های با کیفیت پایین دارای مقادیری **گوگرد** هستند. این گوگرد می‌سوزد و در واکنش با گاز اکسیژن، **گوگرد دی‌اکسید** تولید می‌کند.



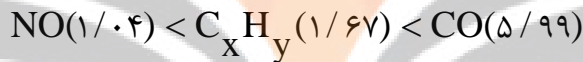
• در اثر سوختن ناقص هیدروکربن‌های موجود در سوخت، فرآورده‌هایی از قبیل **کربن مونوکسید** تولید می‌شود.



• دمای موتور خودروها بیش‌تر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس است و این دمای بالا، انرژی لازم برای انجام واکنش تولید **نیتروژن مونوکسید** را تأمین می‌کند.



✍ مقایسه‌ی مقدار آلاینده‌ها به ازای طی هر کیلومتر (برحسب گرم):



✍ هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که **اغلب بی‌رنگ** هستند و نمی‌توان به آسانی وجود آنها را تشخیص داد. همچنین نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آنها در شهرهای گوناگون متفاوت است.

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

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

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

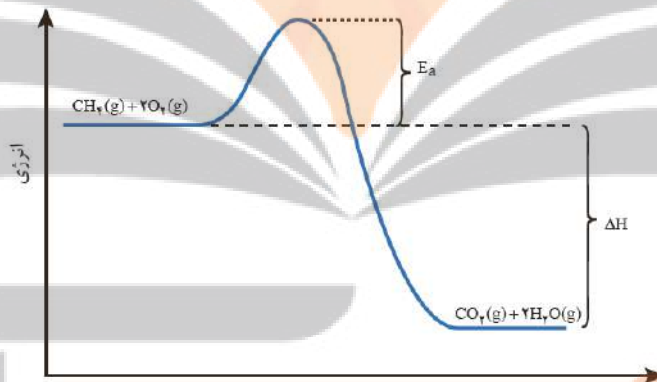
واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های متفاوت انجام می‌شوند. برای نمونه واکنش سوختن متان سریع و زنگ زدن آهن کند است.

افزایش دما باعث **افزایش سرعت** واکنش‌های شیمیایی می‌شود. به عنوان مثال، گاز نیتروژن با گاز اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی‌دهد، اما درون موتور اندکی از آن‌ها به نیتروژن مونوکسید تبدیل می‌شود.

هر واکنش برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی آغاز شود باید واکنش دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند.

برای آغاز هر واکنش شیمیایی مقدار معینی از انرژی لازم است که به آن **انرژی فعالساز** واکنش می‌گویند و با E_a نمایش داده می‌شود و با یکای **کیلوژول** گزارش می‌شود.

توجه: واکنش‌های شیمیایی صرف نظر از این که گرماده یا گرماگیر باشند، برای شروع به انرژی نیاز دارند. برای نمونه، سوختن متان (گاز شهری) واکنشی گرماده است اما برای آغاز شدن به جرقه یا شعله نیاز دارد.



نمودار ۲- نمودار انرژی- پیشرفت واکنش سوختن متان

نکته: انرژی فعالساز نمی‌تواند عددی منفی باشد.

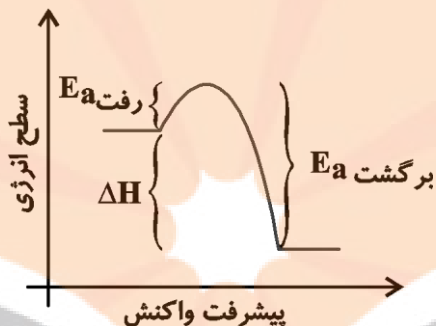
یکی از روش‌های تامین انرژی فعالساز، **گرما دادن** به واکنش دهنده‌ها است. به عنوان مثال، هنگامی که نوک کبریت روی سطح زبر قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعالساز واکنش شیمیایی انجام شده را تأمین می‌کند.

هر چه انرژی فعالساز واکنش‌های شیمیایی بیشتر باشد، سرعت انجام واکنش‌های شیمیایی **کم‌تر** است و واکنش در شرایط دشوارتر و دمای بالاتری انجام می‌شود. زیرا بزرگ بودن E_a نشان می‌دهد که واکنش دهنده‌ها برای عبور از این سد به انرژی بیشتری نیاز دارند.

توجه: سرعت واکنش‌های شیمیایی با کاهش مقدار انرژی فعالساز آن‌ها افزایش می‌یابد. رابطه میان سرعت واکنش و E_a **غیرخطی** است و به عنوان مثال، با نصف شدن مقدار E_a ، سرعت واکنش ۲ برابر نمی‌شود.

انرژی فعال سازی هر واکنش در جهت رفت، اختلاف سطح انرژی واکنش دهنده ها و قله ی مسیر (ناپایدارترین حالت در طول انجام واکنش) را نشان می دهد. اگر در نظر بگیریم که واکنشی در جهت برگشت نیز بتواند انجام شود، انرژی فعال سازی هر واکنش در جهت برگشت، اختلاف سطح انرژی فراورده ها و قله ی مسیر (ناپایدارترین حالت در طول انجام واکنش) را نشان می دهد. بنابراین با توجه به شکل زیر نتیجه گرفت که:

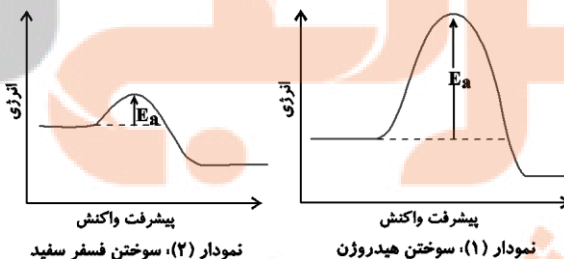
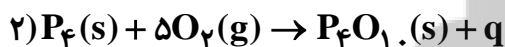
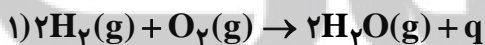
$$\Delta H = E_a \text{ رفت} - E_a \text{ برگشت}$$



در واکنش های گرماده با $\Delta H < 0$ ، مقدار انرژی فعال سازی واکنش در جهت رفت از انرژی فعال سازی واکنش در جهت برگشت کم تر است. پس، در این واکنش ها، سرعت واکنش در جهت رفت بیش تر است.

در واکنش های گرماگیر با $\Delta H > 0$ ، انرژی فعال سازی واکنش در جهت رفت، از انرژی فعال سازی واکنش در جهت برگشت بیش تر است. بدین ترتیب، در این نوع واکنش ها، سرعت واکنش برگشت بیش تر است.

واکنش فسفر سفید و گاز هیدروژن با اکسیژن، هر دو گرماده هستند و آنتالپی تقریباً مشابهی دارند اما فسفر سفید برخلاف هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می سوزد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که واکنش سوختن هیدروژن در مقایسه با فسفر سفید انرژی فعال سازی بیش تری دارد.



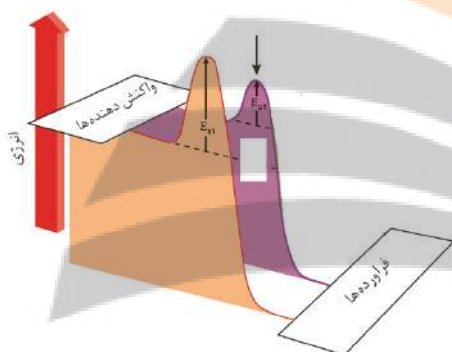
برخی واکنش ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می شوند و تولید فرآورده ها در آن ها صرفه اقتصادی ندارد. از این رو شیمی دان ها در پی یافتن شرایط بهینه (دما و فشار پایین تر) برای انجام چنین واکنش هایی هستند. یکی از راه های انجام واکنش در فشار و دمای پایین و با سرعت مناسب، کاهش انرژی فعال سازی آن است که با استفاده از کاتالیزگر مناسب امکان پذیر است.

درباره کاتالیزورها باید بدانید که:

• کاتالیزورها در واکنش شرکت می‌کنند اما در پایان واکنش، به صورت **مصرف نشده** باقی می‌مانند، از این رو، می‌توان آن‌ها را بارها و بارها به کار برد. همچنین استفاده از کاتالیزورها در صنایع گوناگون، سبب **کاهش آلودگی محیط زیست** می‌شود.

• کاتالیزورها با **تغییر مسیر** انجام واکنش، E_a را کاهش داده و مسیر انجام واکنش را هموار می‌کنند، بنابراین، با استفاده از کاتالیزورها، سرعت واکنش در هر دو جهت افزایش می‌یابد.

نکته: مقدار آنتالپی واکنش‌ها از کم کردن E_a واکنش در جهت برگشت از E_a واکنش در جهت رفت به دست می‌آید. با به کار بردن کاتالیزگر مناسب، مقدار E_a رفت و E_a برگشت به یک اندازه (نه نسبت) کاهش می‌یابد. بنابراین، **کاتالیزورها بر روی ΔH واکنش تأثیری ندارند.**



ویژگی‌های کاتالیزگر مناسب:

• کاتالیزگر اغلب **اختصاصی و انتخابی** عمل می‌کند.

• در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود.

• هر کاتالیزگر، **شمار معدودی** واکنش را سرعت می‌بخشد. پس، یک کاتالیزگر نمی‌تواند همه‌ی واکنش‌ها را سرعت ببخشد.

• کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید **پایداری شیمیایی و گرمایی** مناسب داشته باشد.

• واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود (سرعت ناچیزی دارد). انرژی

فعال‌سازی این واکنش بالا است. برای تامین E_a ، می‌توان از **جرقه** کمک گرفت و یا با به کار بردن کاتالیزگرهایی مثل **پودر روی** و یا **توری پلاتینی** مقدار E_a واکنش را کاهش داد تا واکنش به طور **سریع** یا **انفجاری** انجام شود.

شرایط آزمایش	دما ($^{\circ}\text{C}$)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	-۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	-۵۷۲
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	-۵۷۲

✍ برای حذف آلاینده‌های موجود در آگزوز خودروها (نزدیک به موتور) قطعه‌ای را در مسیر خروج گازها قرار می‌دهند که می‌تواند باعث حذف یا کاهش آلاینده‌ها شود. **مبدل کاتالیستی** نامی است که به آن نسبت می‌دهند.

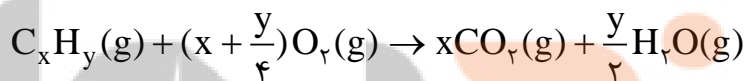
✍ مبدل‌های کاتالیستی قطعه‌هایی از جنس **سرامیک** و به شکل توری هستند که بر روی سطح آن‌ها فلزهای **رودیم (Rh)**، **پالادیم (Pd)** و **پلاتین (Pt)** نشانده شده است که نقش کاتالیزگر را ایفا می‌کنند. در سطح سرامیک‌ها درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند.

✍ برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را شکل **مش (دانه) های ریز** در می‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند. هدف از این کار، افزایش **سطح تماس** آلاینده‌ها و کاتالیزگرهاست که باعث افزایش سرعت واکنش حذف آلاینده‌ها می‌شود.

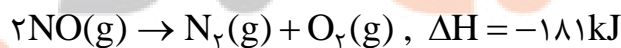
✍ اغلب کاتالیزگرهای جامد در گذشت زمان، با برخی مواد شیمیایی (مثل سرب) مسموم می‌شوند و کارایی خود را از دست می‌دهند. به همین جهت گفته می‌شود سوخت مناسب برای خودروهای مجهز به مبدل کاتالیستی، **بنزین بدون سرب** است.

✍ مبدل‌های کاتالیستی در خودروهای بنزینی برای حذف آلاینده‌های موجود در آگزوز خودروها، واکنش‌های زیر را کاتالیز می‌کنند:

• هیدروکربن‌ها: در مبدل سوزانده می‌شوند و در نهایت تبدیل به بخار آب و گاز کربن دی‌اکسید می‌شوند.



• **NO**: واکنش تولید NO از گازهای نیتروژن و اکسیژن در دماهای پایین، در هر دو جهت رفت و برگشت انجام نمی‌شود یا بسیار کند است. دمای بالای موتور، باعث تولید گاز NO می‌شود. مبدل کاتالیستی با این واکنش را در جهت برگشت یعنی مصرف NO سرعت می‌بخشد و انجام آن را در دما و فشار پایین ممکن می‌سازد.



• **CO**: گاز کربن مونوکسید در دمای پایین با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. مبدل کاتالیستی، با کاهش E_a زیاد این واکنش، شرایطی را مهیا می‌سازد که این واکنش در دما و فشار پایین به شکل مطلوبی انجام شود.



نکته: واکنش‌های مربوط به حذف تمامی آلاینده‌هایی که ذکر شد، **گرما**ده هستند.

نکته: واکنش حذف گاز نیتروژن مونوکسید بر خلاف سایر آلاینده‌ها از نوع سوختن نیست.

مبدل‌های کاتالیستی می‌توانند آلاینده‌ها را کاهش دهند یا حذف کنند. کارایی مبدل کاتالیستی به نوع کاتالیزگرهای آن بستگی دارد. همانطور که در جدول زیر می‌بینید، در حضور مبدل هم‌چنان مقدار کمی آلاینده وارد هواکره می‌شود و مقدار هیچ کدام به صفر نمی‌رسد.

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

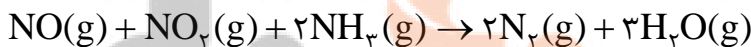
نکته:

NO < C_xH_y < CO : مقایسه مقدار کاهش آلاینده‌ها در حضور مبدل کاتالیستی

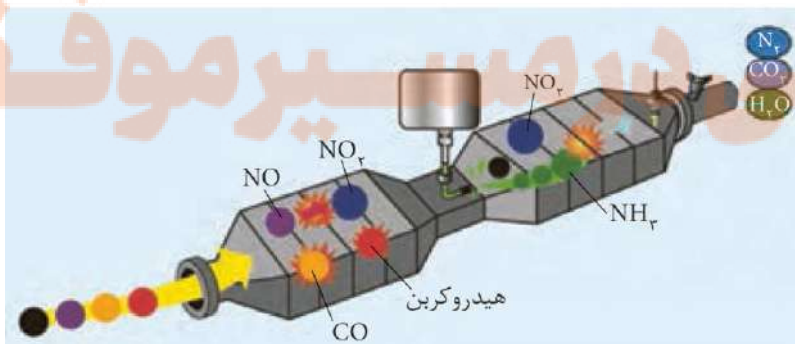
CO < C_xH_y < NO : مقایسه درصد کاهش آلاینده‌ها در حضور مبدل کاتالیستی (کارایی مبدل)

با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از اگزوز خودروها به هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای C_xH_y، NO و CO بیش‌تری مشاهده می‌شود. این امر به این دلیل است که کارایی مبدل‌های کاتالیستی در دماهای پایین کاهش می‌یابد و هر کاتالیزگر در دمای خاصی فعالیت بهینه دارد.

با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی موجود در خودروهای بنزینی، نمی‌توان گازهای NO و NO_۲ خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. در مبدل‌های کاتالیستی در خودروهای دیزلی، با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای NO و NO_۲ به گاز N_۲ تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود این آلاینده‌ها به هواکره جلوگیری می‌شود.



واکنش حذف سایر آلاینده‌ها همان واکنش‌های انجام شده در مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی است.



✍ غذا به عنوان محور رشد و سلامتی، یکی از ضرورت‌های زندگی برای ادامه آن به شمار می‌رود.

✍ دلایل تبدیل تامین غذا به یکی از چالش‌های زندگی:

۱) محدودیت منابع

✍ بهترین راه حل برای مساله تأمين غذا، **افزایش بهره‌وری** در تولید فرآورده‌های کشاورزی است. در این راستا شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک راهگشا خواهد بود.

✍ گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این رو نیتروژن را باید به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله **آمونیاک** و **اوره** به خاک افزود. در برخی از کشورها برای افزایش بازده فرآورده‌های کشاورزی، **آمونیاک مایع** را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

✍ گیاهان برای رشد افزون بر دی‌اکسید کربن و آب به عناصری مانند K, P, N, S و ... نیاز دارند.

✍ انرژی فعالسازی مورد نیاز در واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ از انرژی فعالسازی واکنش

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ بیشتر است؛ به همین دلیل، در مخلوط گازهای نیتروژن و هیدروژن برخلاف

مخلوط گازهای هیدروژن و اکسیژن در دمای اتاق، در حضور کاتالیزگر یا جرقه هیچ واکنشی رخ نمی‌دهد.

✍ نکات مهم درباره واکنش گازهای نیتروژن و هیدروژن (+یادآوری شیمی ۱)

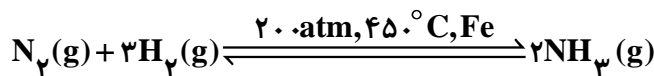
• نیتروژن با وجود واکنش‌پذیری ناچیز، در صنعت کاربردهای گسترده‌ای دارد و ترکیب‌های گوناگونی از آن ساخته می‌شود که آمونیاک یکی از مهم‌ترین آن‌ها است. فرایند **هابر**، فرایند تولید آمونیاک از گازهای N_2 و H_2 در شرایط بهینه از نظر دما، فشار و کاتالیزگر است.

• در فرایند تولید آمونیاک، فریتس هابر با کمک عوامل مؤثر بر تعادل توانست شرایط بهینه را برای تعادل پیدا کند. او به جای افزایش بیش از حد دما از کاتالیزگر استفاده کرد و در دماهای به نسبت کمتری واکنش را با سرعت مناسب انجام داد. در ضمن وی از افزایش فشار بر سامانه نیز استفاده کرد و به این ترتیب توانست **۲۸ درصد مولی آمونیاک** را در مخلوط نهایی به دست آورد.

• شرایط بهینه در فرایند هابر:

۱) دمای $450^\circ C$ درجه سلسیوس (۲) فشار 200 atm (۳) استفاده از ورقه‌ی آهنی به عنوان کاتالیزگر

• واکنش تولید آمونیاک برگشت پذیر است و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد.

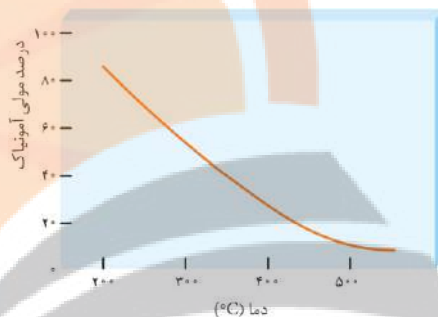
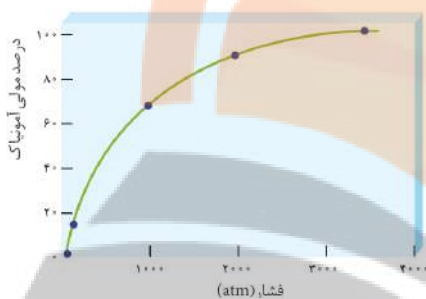


• واکنش تولید آمونیاک، گرماده بوده و شمار مول‌های گازی واکنش‌دهنده‌ها از فرآورده‌ها بیشتر است.

• عبارت ثابت تعادل آن به صورت $\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ می‌باشد. (در عبارت ثابت تعادل حتما **غلظت تعادلی** گونه‌ها باید

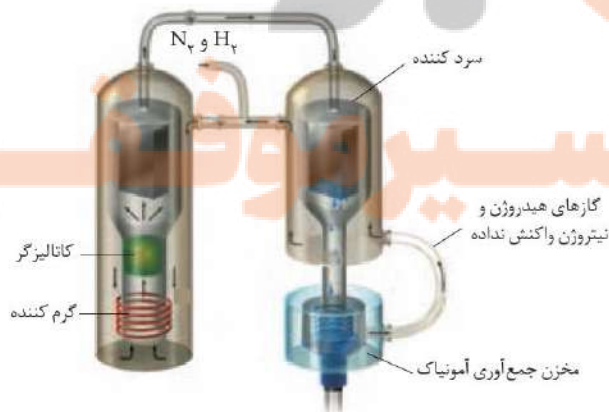
جایگذاری شود)

- افزایش دما باعث **کاهش** مقدار عددی ثابت تعادل و پیشروی واکنش به سمت تولید واکنش‌دهنده‌ها می‌شود و درصد مولی آمونیاک را در مخلوط کاهش می‌دهد. پس، در فرایند هابر، علت بالا بودن دما، فراهم نمودن شرایط سینتیکی (سرعت واکنش) است نه افزایش بازدهی و ثابت تعادل.
- با افزایش فشار، واکنش را در جهت رفت، یعنی تولید آمونیاک بیش‌تر جابه‌جا می‌شود و درصد مولی آمونیاک در مخلوط **گازها افزایش** می‌یابد.



• فرایند هابر نمونه تاریخی جالبی از تاثیر پیچیده شیمی بر زندگی ماست. هر چند تولید آمونیاک باعث طولانی‌تر شدن **جنگ جهانی اول** گردید اما به دنبال آن شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فرآورده‌های کشاورزی فراهم شد.

• آمونیاک برخلاف گازهای نیتروژن و هیدروژن، دارای مولکول‌های قطبی است و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. از این رو جاذبه‌های بین مولکولی و در نتیجه نقطه‌ی جوش آمونیاک از نیتروژن و هیدروژن بیش‌تر است (نقطه جوش NH_3 ، N_2 و H_2 ، به ترتیب -33 ، -196 و -253 درجه سلسیوس است.) برای جداسازی محصول از واکنش‌دهنده‌ها، مخلوط گازی تا مایع شدن آمونیاک سرد می‌شود. با توجه به نقطه‌ی جوش گازهای آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن، هابر از دمایی مثل -40 درجه سلسیوس برای مایع کردن آمونیاک و خارج کردن آن در دستگاه سرد کننده استفاده کرد.



تلاشی در مسیر یافت

تولید فراورده بیشتر در شرایط معین، به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به دیگر سخن هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش دهنده ها به فراورده ها تبدیل می شوند.

تولید فراورده بیشتر در شرایط معین، به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به دیگر سخن هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش دهنده ها به فراورده ها تبدیل می شوند.

اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند. این توصیف، بیانی از اصل لوشاتلیه است.

تأثیر تغییر غلظت مواد بر تعادل:

• **افزایش غلظت:** وقتی غلظت یکی از مواد شرکت کننده در تعادل افزایش یابد، تعادل در جهت مصرف آن ماده جابه‌جا می‌شود.

• **کاهش غلظت:** وقتی غلظت یکی از مواد شرکت کننده در تعادل کاهش یابد، تعادل در جهت تولید آن ماده جابه‌جا می‌شود.

نکته: در هر یک از این تغییرات، غلظت سایر گونه‌ها بسته به جهت پیشروی تعادل و متناسب با ضریب استوکیومتری آن‌ها تغییر می‌شود.

توجه: از لحظه اعمال تغییر تا برقراری تعادل جدید، غلظت مواد جامد و مایع خالص بدون تغییر باقی می‌ماند.

تأثیر تغییر فشار بر تعادل:

• **افزایش فشار:** چنانچه در یک تعادل گازی فشار سامانه افزایش یابد، تعادل در جهتی پیشروی می‌کند که مول گاز کم‌تر تولید کند تا این افزایش فشار را با کم کردن شمار گازهای داخل ظرف جبران کند.

• **کاهش فشار:** چنانچه در یک تعادل گازی فشار سامانه کاهش یابد، تعادل برای جبران آن، به سمت تولید مول گاز بیشتر پیشرفت می‌کند.

نکته: یکی از روش‌های تغییر فشار در سامانه‌های گازی، تغییر حجم آن‌ها است؛ به طوری که افزایش حجم باعث کاهش فشار و کاهش حجم باعث افزایش فشار سامانه‌های گازی می‌شود.

توجه: به‌طور کلی عامل فشار ناشی از تغییر حجم زمانی بر یک سامانه‌ی تعادلی مؤثر است که حداقل یکی از مواد موجود در تعادل گازی باشد و تعداد مول‌های گازی در دو طرف معادله واکنش برابر نباشند. مثلاً تعادل
$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$
 با تغییر فشار جابه‌جا نمی‌شود، زیرا تغییرات مول گازی دو طرف تعادل برابر صفر است.

در نتیجه افزایش فشار، غلظت همه گونه‌ها در تعادل جدید **بیش تر** از تعادل اولیه خواهد بود. زیرا حجم سامانه کاهش یافته است.

در نتیجه کاهش فشار، غلظت همه گونه‌ها در تعادل جدید **کم تر** از تعادل اولیه خواهد بود. زیرا حجم سامانه افزایش یافته است.

تأثیر دما بر تعادل و مقدار ثابت تعادل:

• **افزایش دما**، موجب جابه‌جایی تعادل در جهت **مصرف گرما** می‌شود.

• **کاهش دما**، موجب جابه‌جایی تعادل در جهت **تولید گرما** می‌شود.

هنگامی که دمای یک سامانه تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید افزون بر تغییر غلظت مواد، مقدار ثابت تعادل هم تغییر می‌کند و اینکه K زیاد یا کم شود به گرماگیر یا گرماده بودن واکنش بستگی دارد.

نکته: برای تشخیص گرماگیر یا گرماده بودن تعادل‌ها، به مجموع تعداد مول‌های گازی در هر طرف معادله واکنش توجه کنید. **علامت گرما (q) همواره در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار می‌گیرد.**

در تعادل‌های **گرماگیر** ($\Delta H > 0$) علامت گرما (q) در سمت چپ قرار دارد. افزایش دما تعادل را در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌کند، بنابراین تعادل در جهت **رفت پیشروی** می‌کند. (مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها) به این ترتیب در تعادل‌های گرماگیر با افزایش دما مقدار K **زیاد** می‌شود.

در تعادل‌های **گرماده** ($\Delta H < 0$) علامت گرما (q) در سمت راست قرار دارد. افزایش دما تعادل را در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌کند، بنابراین تعادل در جهت **برگشت پیشروی** می‌کند. به این ترتیب در تعادل‌های گرماده با افزایش دما مقدار K **کم** می‌شود.

در تعادل‌ها، هر چه مقدار ثابت تعادل بیشتر باشد، پیشرفت واکنش و بازده درصدی بیش تر است.

نکته: تنها عامل مؤثر در مقدار K ، دما است و کم و زیاد کردن غلظت و فشار، فقط جهت پیشروی تعادل را تعیین می‌کند.

کاتالیزگر زمان فرا رسیدن تعادل را کوتاه می‌کند. اما غلظت تعادلی گونه‌ها در حضور و عدم حضور کاتالیزگر یکسان خواهد بود.

در فشار و دمای ثابت، افزودن مولکول‌های گاز بی‌اثر به سامانه در حال تعادل گازی، باعث افزایش فشار کل سامانه می‌شود. در این وضعیت، واکنش در جهت مول گازی کمتر جابجا می‌شود تا تعادل مجدداً برقرار شود. (به شرطی که تغییر فشار روی جابجا شدن تعادل مؤثر باشد).

نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و معادن مس، طلا، آهن، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به همین دلیل برخی کشورها صادر کننده این منابع و برخی دیگر وارد کننده آن‌ها هستند.

بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فرآوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. فرایندی که به **خام فروشی منابع** معروف است. روش دیگر این است که به کمک فناوری‌های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فرآورده‌های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند. درباره نفت خام دو رویکرد وجود دارد:

- **خام فروشی** نفت خام که ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی به شمار می‌رود.
- **پالایش**، خالص‌سازی و تبدیل نفت خام به فرآورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و ...

خام فروشی علاوه بر منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس و روی، در مورد منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است.

درصد خلوص کمیتی است که بر روی قیمت تمام شده مواد شیمیایی نقش تعیین کننده‌ای دارد. به همین دلیل فناوری‌های جداسازی و خالص‌سازی مواد یکی از فناوری‌های پیشرفته، گران، پرکاربرد و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به شمار می‌رود.

نکته: هر چه درصد خلوص یک ماده بیشتر باشد، قیمت بالاتری نیز دارد.

با توجه به شکل، مقایسه‌ی قیمت تقریبی مقادیر برابر نفت خام و چند فرآورده نفتی به صورت زیر است:

اتیلن گلیکول < اتانول < پلی اتن < نفت خام < بنزین < متانول

فناوری را می‌توان به کار بردن دانش برای حل یک مساله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. به کارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فرآوری شده، سبب رشد و بهره‌وری اقتصاد یک کشور می‌شود.

مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فرآوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی به صورت زیر است:



سنتز یک فرآیند شیمیایی هدفمند است که در آن با استفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگر را تولید می‌کنند.

در واقع سنتز را می‌توان کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی دانست که منجر به طراحی و تولید مواد جدید می‌شود.

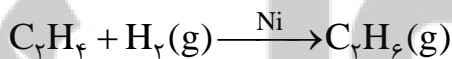
اغلب مواد آلی شامل گروه‌های عاملی گوناگون هستند. **گروه عاملی** آرایش مشخصی از اتم‌ها است که خواص و رفتار

مواد آلی را تعیین می‌کند. تولید یک ماده آلی جدید با کاربردی معین می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد.

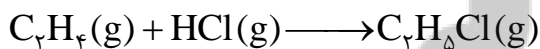
گاز اتن (C_2H_4) یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی است که می‌توان از آن مواد آلی گوناگون پرمصرف و ارزشمند تهیه کرد. اتن به دلیل پیوند دوگانه در مولکولش واکنش‌پذیری بالایی دارد.

انواع واکنش‌های اتن در صنعت:

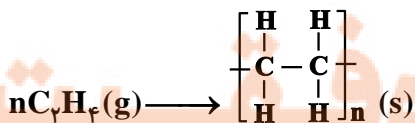
• واکنش با گاز هیدروژن: در این واکنش، **گاز اتان** تولید می‌شود. اتان به عنوان **سوخت** کاربرد دارد.



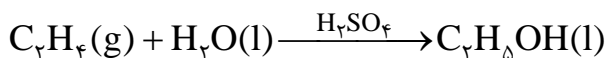
• واکنش با گاز هیدروژن کلرید: فراورده **کلرواتان** نام دارد که یک **افشانه بی‌حس‌کننده موضعی** است.



• واکنش پلیمر شدن: **پلی اتن** سازنده اصلی برخی **پلاستیک‌هاست**.

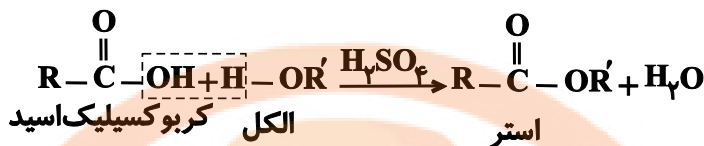


• واکنش با آب: **اتانول** یک حلال آلی قطبی است که در تولید مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی به کار می‌رود و نقش



ضد عفونی‌کنندگی دارد.

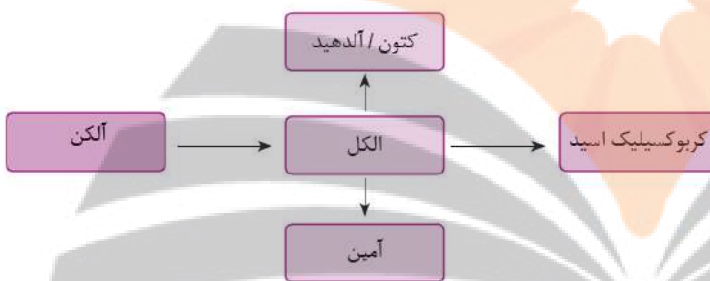
نکته: یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها، واکنش میان آن‌هاست. این مواد در شرایط مناسب (pH اسیدی) واکنش می‌دهند و با از دست دادن آب، به **استر** تبدیل می‌شوند.



به این ترتیب اتانول و اتانویک اسید (CH_3COOH) با هم واکنش می‌دهند و علاوه بر آب، **اتیل استات** ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) تولید می‌کنند. اتیل استات به عنوان **حلال چسب** مورد استفاده قرار می‌گیرد.



نمودار زیر تبدیل مواد آلی به یکدیگر را نشان می‌دهد:



برای مطالعه:

- الکل‌ها بسته به محل قرارگیری گروه هیدروکسیل ($-\text{OH}$) قادرند اکسید شوند. الکل نوع ۱ (الکلی که گروه عاملی آن متصل به اتم کربنی است که در سر زنجیره قرار دارد) به **آلدهید** و در صورت ادامه، به **کربوکسیلیک اسید** اکسایش می‌یابد. الکل نوع ۲ (الکلی که گروه عاملی آن به اتم کربنی متصل است که خود به ۲ اتم کربن دیگر اتصال دارد) به **کتون** تبدیل شوند. الکل نوع ۳ (الکلی که گروه عاملی آن روی کربنی قرار دارد که فقط به اتم‌های کربن متصل است و به هیچ هیدروژنی متصل نیست) قابلیت اکسایش ندارد.
- در اثر حذف گروه هیدروکسیل الکل‌ها و قرار دادن گروه آمینی ($-\text{NH}_2$) به جای آن‌ها، می‌توان الکل را به **آمین** تبدیل کرد.

هر چه نوع و شمار گروه‌های عاملی در مولکول هدف بیشتر باشد، ساخت آن دشوارتر بوده و به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد.

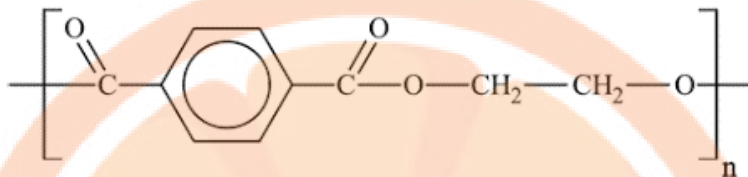
بازده واکنش، هزینه مواد و انرژی مصرف شده برای تولید ماده هدف به نوع واکنش و فناوری به کار رفته بستگی دارد.

شیمی‌دان‌ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان و دوستدار محیط زیست و واکنش‌های شیمیایی آسان و پر بازده هستند

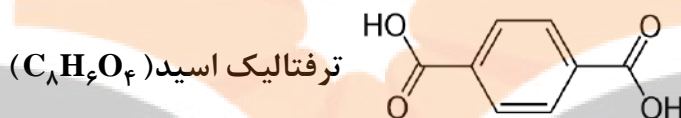
تا هزینه تمام شده تولید یا سنتز را کاهش دهند و در گام بعد دانش مهندسی برای تولید صنعتی آن ماده به دنبال

طراحی و اجرای فناوری لازم هستند.

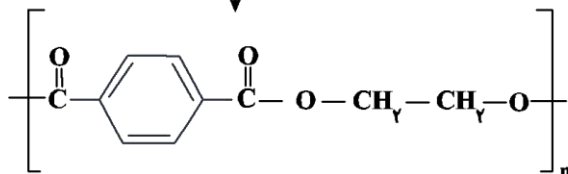
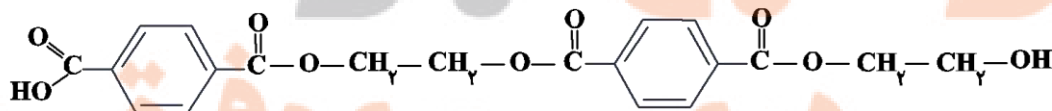
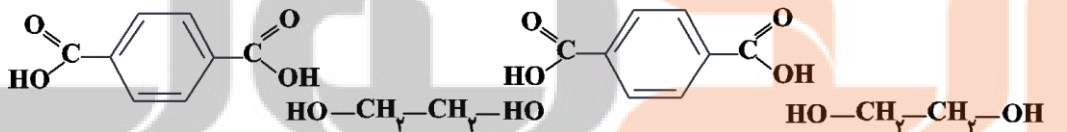
بطری آب از پلیمری به نام **پلی اتیلن ترفتالات (PET)** ساخته می شود. برای ساخت این بطری، نخست پلیمر آن را تهیه می کنند. سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی ها در قالب های ویژه ای می ریزند تا به شکل بطری مورد نظر در آید. پلیمر سازنده بطری آب (PET) یک **پلی استر** با ساختار زیر است:



مواد سازنده پلی استرها، **الکل ها و اسیدهای دو عاملی** هستند. مونومرهای سازنده PET نیز یک الکل دو عاملی و یک اسید دو عاملی هستند؛ اسید سازنده، **ترفتالیک اسید** و الکل سازنده پلی اتیلن ترفتالات، **اتیلن گلیکول** نام دارد.



از واکنش هر مولکول دی اسید با دی الکل بالا، یک استر با فرمول $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$ به وجود می آید. این استر در یک انتهای خود، گروه کربوکسیل و در انتهای دیگر، گروه الکی دارد که به صورت آزاد هستند. از کنار هم قرار گرفتن متوالی مولکول های این استر کنار هم (واکنش میان گروه کربوکسیل استر با گروه الکی استر کناری) پلی استری به نام پلی اتیلن ترفتالات (PET) ساخته می شود.



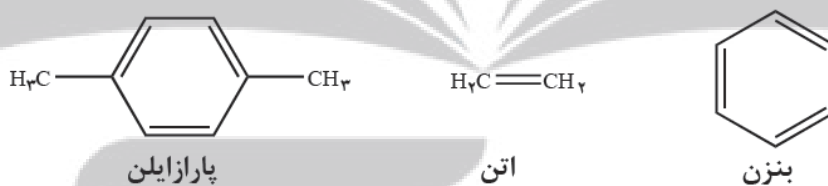
نکته: در اثر واکنش n مولکول دی اسید با n مولکول دی الکل، n مولکول استر به وجود می آید و ضمن تولید هر مولکول استر، یک مولکول آب نیز تولید می شود. برای تولید پلی استر، هر استر نیز در واکنش با استر کناری اش یک مولکول آب آزاد می کند. در نتیجه، برای تولید پلی استر، مجموعاً $2n$ مولکول آب آزاد می شود.

✍ **اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند.** یعنی نمی توان به صورت مستقیم آن ها را از نفت خام به دست آورد. پس باید در ابتدا ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول را با استفاده از مواد مناسب (موجود در نفت خام) سنتز کرد.

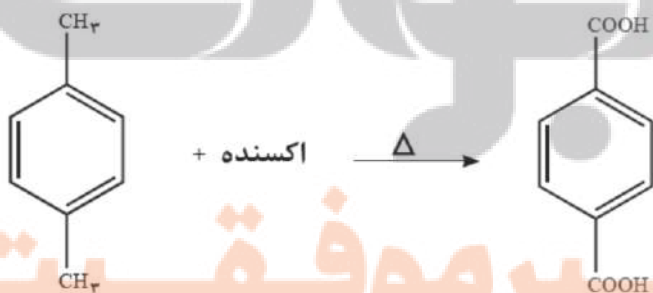
✍ فرایند کلی سنتز PET از فراورده های نفت خام به صورت زیر است:



✍ برخی فراورده های حاصل از تقطیر نفت خام عبارت است از:



✍ ساختار شیمیایی پارازایلن و ترفتالیک اسید شباهت زیادی به یکدیگر دارد؛ به طوری که با جایگزینی گروه های متیل پارازایلن با گروه های کربوکسیل، ترفتالیک اسید تولید می شود.



نکته: در این واکنش اکسایش-کاهش، عدد اکسایش هر یک از اتم های کربن گروه متیل ۳- و عدد اکسایش هر یک از اتم های کربن گروه کربوکسیل ۳+ است.

بنابراین برای انجام این واکنش به یک اکسنده نیاز است تا بتواند کربن های گروه متیل در پارازایلن را اکسید کند.

توجه: علامت $\xrightarrow{\Delta}$ نشان می دهد واکنش دهنده ها بر اثر گرم شدن با یکدیگر واکنش می دهند (برای تأمین انرژی فعال سازی) و انرژی فعال سازی این واکنش بالا است.

پنتاسیم پرمنگنات (KMnO_۴) اکسندهای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب با بازدهی به نسبت خوب منجر به تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن می‌شود.



در این واکنش یون پرمنگنات (MnO_۴⁻) به **مگنز (IV) اکسید (MnO_۲)** تبدیل می‌شود. بنابراین عدد اکسایش

هر اتم مگنز ۳ واحد کم می‌شود. (عدد اکسایش اتم مگنز در یون پرمنگنات برابر ۷ است)

یون پرمنگنات گونه‌ای اکسنده است و سبب اکسایش گونه‌های دیگر می‌شود. با وجود غلظت بالای آن، باز هم شرایط

تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود، مگر با بالا بردن دمای مخلوط، البته حتی با بالا بردن دما نیز بازده

واکنش مطلوب نیست. همه‌ی این‌ها نشان می‌دهد که اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید دشوار است.

شرایط مورد نیاز برای اکسایش پارازایلن با بازدهی بالا و صرفه‌ی اقتصادی به صورت زیر می‌باشد:

• **دمای بالا** • استفاده از **اکسیژن هوا** • حضور **کاتالیزگر مناسب**

برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد. گاز اتن در اثر واکنش با

محلول آبی و رقیق پنتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



PET همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد. و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند

آن‌ها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به‌شمار می‌آید.

پلاستیک‌ها را می‌توان یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر دانست. این مواد به دلیل ویژگی‌هایی مانند **چگالی کم**،

نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، **ارزان بودن** و **مقاومت در برابر خوردگی**، کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا

کرده‌اند.

امروزه سالانه حدود **۴۰۰ میلیون تن** از این مواد در جهان تولید می‌شود.

روند تولید پلاستیک رو به افزایش است.

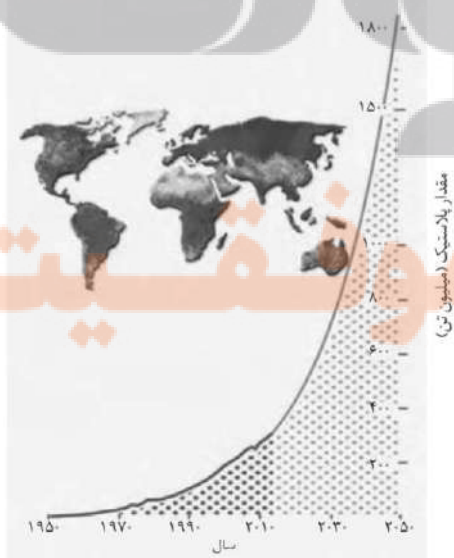
یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی اتیلن ترفتالات است.

مراحل کلی بازیافت به صورت زیر است:

(۱) جمع‌آوری

(۲) انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی

(۳) تبدیل ماده‌ی اولیه به مواد قابل استفاده



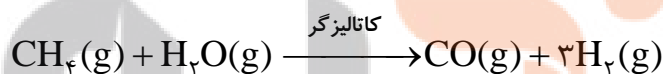
یکی از راه‌های بازیافت این است که آن‌ها را پس از شستشو و تمیز کردن، **ذوب** کرده و دوباره از آن‌ها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند. پس از شستشوی مواد پلاستیکی می‌توان آن‌ها را خرد کرده به تکه‌های کوچک به نام **پرک** تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد (**روش فیزیکی**) هم‌چنین می‌توان پسماندها را به **مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند** تبدیل می‌کنند. (**روش شیمیایی**)

سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد. همان طور که می‌دانید، پلی‌استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. PET نیز در شرایط مناسب با **متانول** واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود. موادی که می‌توان آن‌ها برای تولید پلیمرها استفاده کرد.

متانول (CH₃OH) مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از **چوب** تهیه کرد. برای تولید متانول در مقیاس صنعتی، گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند.



توجه: مواد واکنش‌دهنده برای این واکنش در دسترس نیستند. از این رو، نخست باید آن‌ها را از واکنش زیر تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. برای تهیه گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن می‌توان از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر بهره برد.

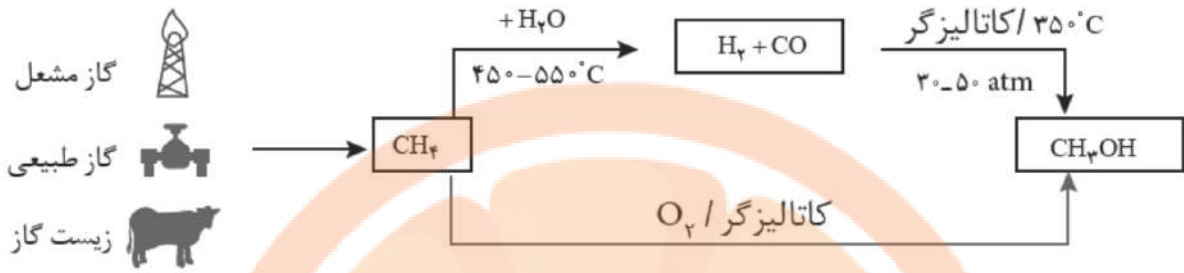


گاز متان (CH₄) **سازنده‌ی اصلی گاز طبیعی** است که در میدان‌های نفتی به وفور یافت می‌شود. در این میدان‌ها برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از آن را می‌سوزانند.

متان سرگروه خانواده‌ی آلکان‌ها است. آلکان‌ها، هیدروکربن‌های سیر شده هستند و **واکنش‌پذیری بسیار کمی** دارند. با توجه به واکنش‌پذیری پایین متان، تبدیل آن به متانول فرایندی دشوار است که انجام آن به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است.

به دلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون از یک سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد.

روش‌های تولید متانول (مستقیم و غیرمستقیم) را در شکل زیر مشاهده می‌کنید:



شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کمترین آسیب به محیط‌زیست و بیشترین بازده است. براساس شیمی سبز، فرایندهایی که محصولات آن مفیدتر و کاربردی‌تر هستند و پسماند و آلاینده‌گی کمتر دارند، مناسب‌تر و به‌صرفه‌تر هستند.

یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به‌صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فرآورده‌های سودمند تبدیل شود.

نشانچه بوک

تلاشی در مسیر موفقیت