

مولکول‌ها در خدمت تندرستی

هر انسانی برای ادامه حیات و زندگی به یکسری نیازهای اولیه مثل تغذیه، بهداشت و... احتیاج دارد. که در این فصل بهداشت مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. بررسی بهداشت شامل تشریح شوینده‌ها مانند صابون و پاک‌کننده‌های اسیدی و بازی می‌باشد.

حفاری‌ها در بابل نشان‌دهنده این است که انسان‌ها هزاران سال پیش، از آب و موادی مانند صابون برای نظافت استفاده می‌کردند و نسل‌های قبل از ما هم به‌وسیله خاکستر شست‌وشوی ظروف چرب را انجام می‌دادند.

نبود بهداشت و اصول بهداشتی در گذشته، جان انسان‌ها را به خطر می‌انداخت به‌طوری‌که با شایع شدن یک بیماری مانند وبا که عامل انتقال آن آب آلوده است، به یک‌باره میلیون‌ها انسان جان خود را از دست می‌دادند. در حالی‌که امروزه با بالا رفتن سطح بهداشت فردی میزان مرگ‌ومیر در کل جهان بسیار کاهش داشته و امید به زندگانی افزایش یافته است.

نمودار صفحه ۲ کتاب درسی نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر درصد افراد بیش‌تری به سن‌های بالا می‌رسند و درصد افراد کم‌تری در سن‌های پایین‌تر فوت کرده و جان خود را از دست می‌دهند.

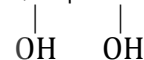
طبیعتاً امید به زندگی در نقاط مختلف جهان و حتی شهرهای یک کشور متفاوت است، مسلماً مناطقی که در رفاه و آسایش بیش‌تری باشند و امکانات بالاتری داشته باشند به سن‌های بالاتری می‌رسند و در مناطقی که محرومیت و فقر وجود دارد به دلیل نداشتن امکانات پزشکی، دارو، درمان، تغذیه مناسب و... متوسط سن مرگ‌ومیر پایین‌تر است.

پاکیزگی محیط با مولکول

برای بررسی این موضوع ابتدا باید ساختار آلاینده‌ها گلوکز و پاک‌کننده‌ها (شوینده‌ها) و نیروی بین مولکولی آن‌ها را بهتر بشناسیم. به‌عنوان نمونه عسل که دارای مولکول‌های زیاد قندی (گلوکز) است در آب حل شده و با آب پاک می‌شوند چون در مولکول‌های قندی تعداد زیادی عامل هیدروکسیل (OH) وجود دارد که می‌تواند با آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهد.

به چند نمونه انحلال‌پذیری مواد مختلف در آب و هگزان که در زیر بررسی شده است دقت کنید:

اتیلن‌گلیکول ($\text{CH}_2 - \text{CH}_2$) چون ۲ گروه عاملی (OH) دارد قطبی به‌شمار می‌آید و می‌دانیم که مواد قطبی در حلال‌های



قطبی نظیر آب به‌خوبی حل می‌شوند.

نمک خوراکی (NaCl) که یک ترکیب یونی است به‌خوبی در آب حل می‌شود.

بنزین (اوکتان، C_8H_{18}) که یک مولکول ناقطبی است در آب حل نمی‌شود ولی در هگزان که ناقطبی است به‌خوبی حل می‌شود.

اوره ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) و یا فرمول گسترده‌ی خطی ($\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2$) به دلیل داشتن گروه‌های آمینی و کربونیل که هر دو قطبی هستند به‌خوبی در آب حل می‌شود. به همین دلیل در ادار به مقدار زیادی وجود دارد (تشکیل پیوند هیدروژنی).

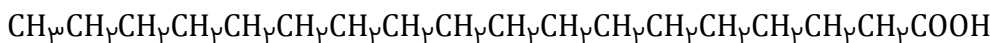
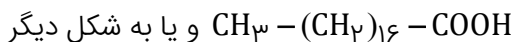
روغن زیتون ($\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_2$) ترکیبی است که تعداد زیادی کربن دارد و چون تعداد اکسیژن کمی دارد عامل ناقطبی بر قطبی غلبه کرده و یک مولکول ناقطبی حساب می‌آید که در آب حل نمی‌شود و در هگزان که ناقطبی است به‌خوبی حل می‌شود.

وازلین ($\text{C}_{25}\text{H}_{52}$) که یک مولکول ناقطبی است (هیدروکربنی) در هگزان به‌خوبی حل می‌شود.

نکته: به‌طور کلی مواد قطبی و یونی در حلال‌های قطبی مانند آب و مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی مانند هگزان به‌خوبی حل می‌شوند.

اسیدهای چرب

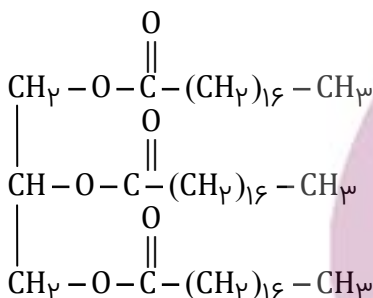
همان‌طور که از نامشان پیداست دارای گروه عاملی اسیدی کربوکسیل (COOH) هستند که تعداد اتم‌های کربن در آن‌ها تا ۴۰ کربنی می‌تواند باشد. (زنجیره‌ی هیدروکربنی بلند دارند) و دارای دو بخش قطبی (COOH) و بخش ناقطبی زنجیره‌ی هیدروکربنی هستند. مانند:



استرهای بلندزنجیر

ترکیباتی که دارای گروه عاملی استری ($\text{C}(=\text{O})-\text{O}-$) هستند و با توجه به شرط بلندزنجیر بودن دارای جرم مولی زیادی می‌باشند:

همان‌طور که در فرمول زیر مشاهده می‌کنید عامل استری ($-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-$) بخش قطبی و زنجیره‌ی هیدروکربنی بخش ناقطبی مولکول را تشکیل می‌دهند.



چربی:

به مخلوطی از اسیدهای چرب و استرهای بلند زنجیر (با جرم مولی زیاد)، چربی می‌گویند.

صابون

به نمک‌های فلزی اسیدهای چرب، صابون گفته می‌شود که از گرم کردن استرهای طبیعی (هر نوع چربی یا روغن) با سدیم هیدروکسید تولید می‌شود. صابون جامد با فرمول عمومی RCOONa نمایش داده می‌شود که در آن R هیدروکربنی با ۱۴ تا ۱۸ اتم کربن است.

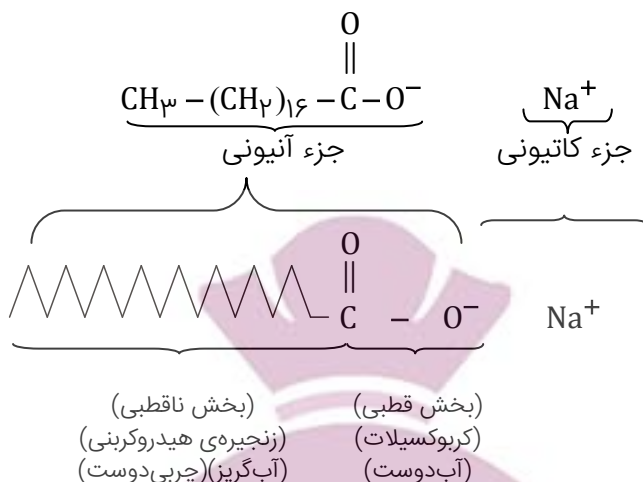
نکته: اگر صابون نمک سدیم (Na^+) اسید چرب باشد صابون جامد و اگر نمک پتاسیم (K^+) یا آمونیوم (NH_4^+) اسید چرب باشد صابون مایع است.

چگونگی پاک‌کنندگی صابون و پاک‌کننده‌ها

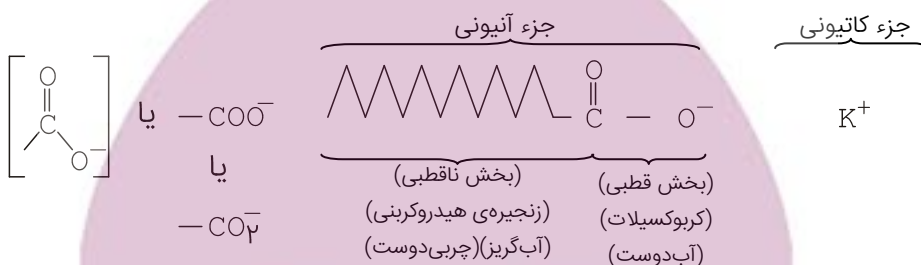
ی‌ا‌ک‌ک‌ن‌ن‌د‌ه‌ه‌ا از ج‌م‌ل‌ه ص‌اب‌ون دار‌ای س‌ا‌خ‌ت‌اری آن‌ی‌ون‌ی با دو ق‌س‌م‌ت (دو س‌ر) م‌ت‌ف‌ا‌وت م‌ی‌باش‌ند.

(الف) **سر ناقطبی:** یک زنجر هیدروکربنی آب‌گریز است که چرک و چربی را در خود حل می‌کند.

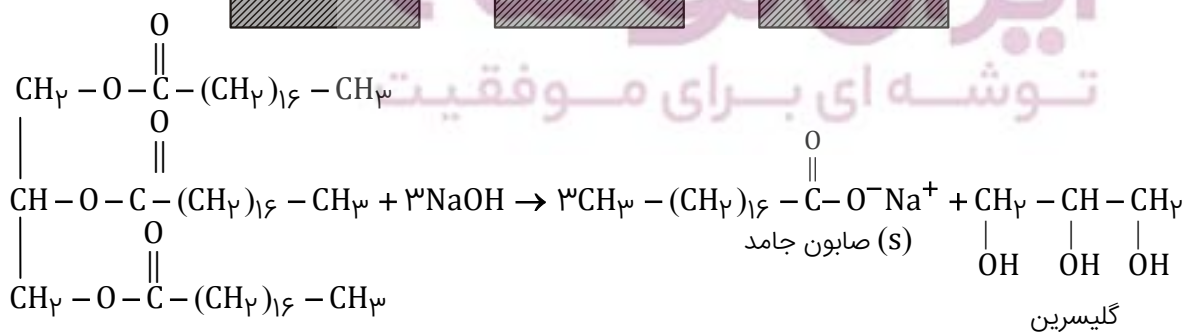
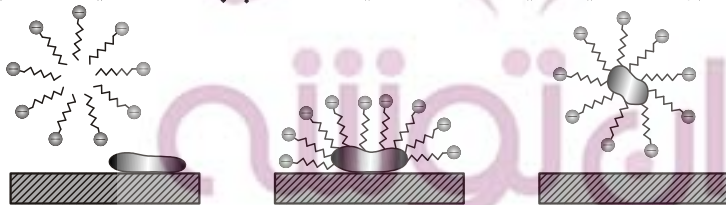
(ب) **سر قطبی و آب دوست:** این قسمت در حلال‌های قطبی مانند آب، به خوبی حل می‌شود و باعث جدا شدن ذرات چرب



شکل صابون پتاسیم اسید چرب



نکته ۳: همان‌طور که گفته شد آنیون صابون از دو بخش قطبی و ناقطبی تشکیل شده است که بخش قطبی (یون کربوکسیلات $-\text{COO}^-$) به دلیل انحلال در آب، آب دوست و بخش ناقطبی (زنجیره هیدروکربنی) که در چربی به خوبی حل می‌شود. آب گریز یا چربی دوست نامیده می‌شود. پس صابون مانند یک میله است که از یک سر در چربی و از سر دیگر در آب حل می‌شود و به همین دلیل خاصیت پاک‌کنندگی دارد.



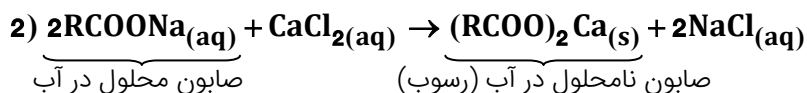
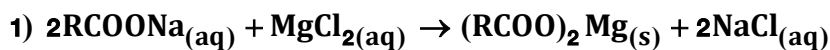
معادله تولید صابون

(۳و۲و۱ پروپان تری آل)

نکته ۱: سر قطبی در همه صابون‌ها گروه کربوکسیلات ($-\text{COO}^-$) می‌باشد.

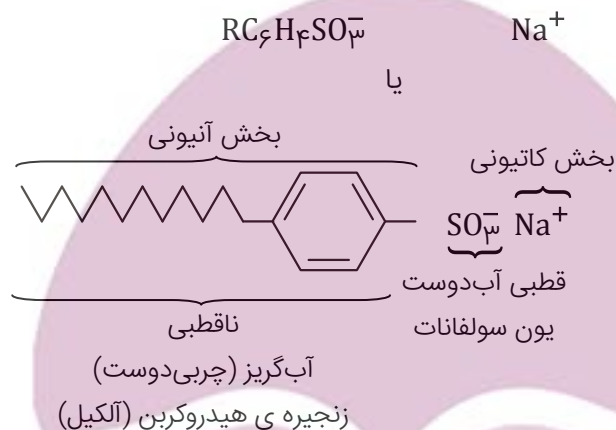
نکته ۲: جزء کاتیونی هیچ تأثیری بر پاک‌کنندگی صابون ندارد و فقط اگر Na^+ باشد صابون جامد و اگر K^+ یا NH_4^+ باشد صابون مایع خواهد بود.

نکته ۴: اشکال صابون‌ها یا پاک‌کننده‌های صابونی این است که در آب‌های سخت (آب‌هایی که حاوی یون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} می‌باشند) به خوبی کف نمی‌کنند و به صورت صابون نامحلول رسوب می‌کنند پس خاصیت پاک‌کنندگی خوبی ندارد.



پاک‌کننده‌های غیرصابونی

همان‌طور که گفته شد صابون با کاتیون‌های Mg^{2+} و Ca^{2+} جاذبه‌ی قوی برقرار کرده و در آب سخت رسوب می‌کند. اشکال اساسی صابون در گروه قطبی COO^- آن است که با این کاتیون‌ها رسوب می‌دهد. برای رفع این اشکال گروه کربوکسیلات را با گروه سولفانات (SO_3^-) تعویض کرده‌اند. به چنین پاک‌کننده‌هایی پاک‌کننده‌های غیرصابونی می‌گویند. سدیم دو دسیل بنزن سولفانات که یکی از معروف‌ترین پاک‌کننده‌های غیرصابونی است دارای ساختار مولکولی زیر می‌باشد.



مزیت پاک‌کننده‌های غیرصابونی

ترکیب آن‌ها با کاتیون‌هایی مانند Ca^{2+} و Mg^{2+} در آب محلول است. بنابراین در آب سخت نیز به خوبی کف می‌کند و خاصیت پاک‌کنندگی دارند.

- صابونی
- (۱) سر قطبی: گروه کربوکسیلات ($-\text{COO}^-$)
 - (۲) سر ناقطبی: زنجیره‌های هیدروکربنی
 - (۳) اشکال: ایجاد صابون‌های نامحلول در آب‌های سخت

خلاصه پاک‌کننده‌ها

- غیرصابونی
- (۱) سر قطبی: گروه سولفانات ($-\text{SO}_3^-$)
 - (۲) سر غیرقطبی: زنجیره‌های هیدروکربنی متصل به حلقه بنزنی
 - (۳) مزیت: در آب‌های سخت نیز به خوبی کف می‌کنند.

پیوند با صنعت

صابون طبیعی و سنتی ایران با سابقه ۱۵۰ ساله، صابون مراغه است که از جوشاندن چندین ساعته پیه گوسفند و سود سوزآور (NaOH) به دست می‌آید، و با توجه به خاصیت بازی که دارد برای موهای چرب بسیار مناسب است. البته در شهرهای دیگر نظیر آشتیان و رودبار صابون‌های سنتی و طبیعی نیز تولید می‌شود.

امروزه با اضافه کردن مواد مختلفی به صابون خاصیت ویژه‌ای می‌دهند، مثلاً اضافه کردن گوگرد باعث از بین رفتن جوش و قارچ‌های پوستی و اضافه کردن کلر باعث ضد عفونی و میکروب‌کشی می‌شود و یا با اضافه کردن فسفات‌ها قدرت پاک‌کنندگی افزایش می‌یابد، چون این نمک‌ها با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب سخت واکنش داده و از تشکیل رسوب و ایجاد لکه جلوگیری می‌کنند.

نکته قابل ذکر این است که هر چه شوینده‌ای مواد اضافی بیش‌تری داشته باشد عوارض جانبی و مخرب آن بر روی محیط زیست بیش‌تر است و می‌تواند عوارض پوستی - تنفسی ایجاد کند پس بهتر است میزان عاقلانه و از شوینده‌های طبیعی استفاده شود و از شوینده‌های صنعتی که مواد افزودنی دارند کم‌تر استفاده کنیم.

از نوعی صابون سنتی در تنور نان سنگک برای چرب کردن سطح سنگ استفاده می‌شود. این ماده از چسبیدن سنگ‌ریزه‌ها به خمیر نان جلوگیری می‌کند.

عوامل موثر بر قدرت پاک‌کنندگی صابون‌ها

قدرت پاک‌کنندگی صابون‌ها به عوامل گوناگونی بستگی دارد. هر اندازه صابون بتواند مقدار بیش‌تری از آلاینده‌ها و چربی‌ها را بزداید، قدرت پاک‌کنندگی بیش‌تری دارد. در واقع صابون همه لکه‌ها را به یک اندازه از بین نمی‌برد. زیرا نوع پارچه، دما، نوع آب، مقدار صابون و نوع صابون از نظر آنزیم‌دار یا بدون آنزیم بودن نیز بر روی قدرت پاک‌کنندگی آن تأثیر دارد. آیا می‌توانید تاثیر هر یک را بررسی کنید؟

در مورد نوع پارچه مسلماً میزان پاک‌کنندگی پارچه نخی خیلی بیش‌تر از پارچه پلی‌استر است و در مورد دما باید بگوییم، هر چه دما بالاتر باشد قدرت پاک‌کنندگی بیش‌تر است و چون صابون در آب‌های سخت خوب کف نمی‌کند هر چه سختی آب کم‌تر باشد، میزان پاک‌کنندگی بالاتر می‌رود و طبیعتاً صابون آنزیم‌دار پاک‌کنندگی بیش‌تری نسبت به صابون بدون آنزیم دارد.

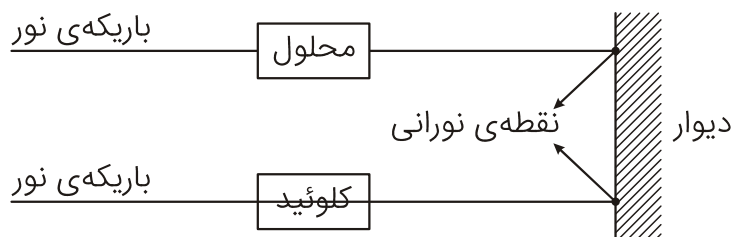


محلول

هرگاه ذرات حل‌شونده در حلال به‌طور یکسان پراکنده شوند و این ذرات بسیار بسیار کوچک باشند که دیده نشوند و یا در هنگام تابیده شدن نور مسیر آن را مشخص نکند به مخلوط همگن مورد نظر محلول می‌گویند. مانند آب دریا، هوا، مخلوط کات کبود در آب که آبی‌رنگ است.

کلوئید

به مخلوط ناهمگنی گفته می‌شود که ذرات حل‌شونده آن بسیار بزرگ‌تر از حالت قبل هستند. در نتیجه در هنگام عبور نور از این نوع مخلوط‌ها مسیر نور به‌خوبی مشخص می‌شود. برخلاف محلول‌ها که شفاف هستند، ظاهری کدر یا مات دارد (کلوئید از واژه یونانی Kolla به معنای چسب گرفته شده است).



نکته ۱: مقدار پخش نور به اندازه‌ی ذره‌ها بستگی دارد، این دو با یک‌دیگر رابطه‌ی مستقیم دارند. پخش نور توسط ذره‌های بزرگ‌تر شدیدتر است.

نوع مخلوط	مسیر نور	عبور نور	اندازه‌ی ذرات حل‌شده	عبور ذرات از کاغذ صافی	ته‌نشینی	تعداد فازها
محلول	مشخص نیست	دارد	بسیار کوچک کوچک‌تر از 10^{-9} متر	دارد	ندارد	۱
کلوئید	مشخص است	دارد	بزرگ و درشت بین 10^{-7} - 10^{-9} متر	دارد	ندارد	≥ 2
سوسپانسیون	مشخص است	ندارد	بسیار بسیار بزرگ، بزرگ‌تر از 10^{-7} متر	ندارد	دارد	≥ 2

چند مثال معروف از کلوئید

شیر، ژله، سس مایونز، رنگ‌های پوششی، چسب، کف صابون (مخلوط آب و صابون)

نکته ۲: ویژگی‌های ظاهری کلوئید سبب شده است که بتوان کلوئید را پلی میان محلول و سوسپانسیون در نظر گرفت.

نکته ۳: ذره‌های سازنده‌ی یک کلوئید پس از مدتی ته‌نشین نمی‌شوند، حتی از کاغذ صافی عبور کرده و نمی‌توان آن‌ها را جدا کرد.

سوسپانسیون

به مخلوط معلق جامد در مایع سوسپانسیون گفته می‌شود.

مانند شربت معده، آب گل‌آلود و خاک شیر

لازم به ذکر است این مخلوط پس از مدتی ته‌نشین می‌شود. به همین دلیل است که باید قبل از مصرف شربت معده را خوب تکان دهیم.

پاک‌کننده‌های خورنده

پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی براساس واکنش میان ذرات عمل می‌کنند و با آلاینده‌ها واکنش شیمیایی نمی‌دهند، در حالی‌که برخی از پاک‌کننده‌ها هستند که با آلاینده‌ها واکنش شیمیایی داده و آن‌ها را به مواد محلول در آب تبدیل می‌کنند، این پاک‌کننده‌ها فعالیت شیمیایی بسیار بالا داشته و خاصیت خوردگی دارند، به همین علت نباید با پوست و اعضاء و

جوارح تماس داشته باشند. مانند جوهر نمک (هیدروکلریک اسید) و سرکه (اتانویک اسید) که همان طور که از نامشان پیداست خاصیت اسیدی دارند و کاغذ pH را به رنگ قرمز درمی آورند و سودسوزآور (سدیم هیدروکسید) و سفیدکننده که خاصیت بازی دارند و کاغذ pH را به رنگ آبی درمی آورند.

این مواد می توانند جرم (رسوب) تشکیل شده در کتری، سماور، لوله ها، آب راه ها و دیگ های بخار را که به سختی به سطح مورد نظر می چسبند با خود واکنش شیمیایی دهند و در آب محلول کنند. برای باز کردن لوله ها و مجاری مسدود شده در برخی وسایل دستگاه های صنعتی از مخلوط پودر آلومینیوم و سدیم هیدروکسید استفاده می شود، این مخلوط خاصیت بازی دارد، در واکنش با چربی ها و روغن ها موادی همانند صابون تولید می کند که علاوه بر لیزی، مواد حاصل را در آب حل کرده و با خود پاک می کند. لازم به ذکر است این واکنش گرماده بوده و با افزایش دما قدرت پاک کنندگی زیاد می شود، همچنین دما سبب نرم و ذوب شناور شدن چربی ها می شود.

در این واکنش گاز هیدروژن نیز تولید می شود، که باعث ایجاد فشار در لوله ها و با رفتار مکانیکی، باز کردن مجاری را تسهیل می کند، به عبارت دیگر هنگام عبور از لوله ای مواد، آن ها را سست تر می کند.

اسیدها و بازها

روزانه در جای جای زندگی از موادی استفاده می کنیم که اسید و باز در آن ها وجود دارند حتی این مواد در عملکرد بدن نیز تأثیر بسزایی دارند. ویژگی اسیدها و بازها:

۱- اسیدها ترش هستند و بازها علاوه بر تلخ مزه بودن، احساس لیزی به پوست می دهند.

۲- اسیدها با اغلب فلزها واکنش می دهند.

۳- اسیدها و بازها هر دو خورنده می باشند و به پوست آسیب می رسانند.

۴- اسیدها در تماس با پوست باعث سوزش آن می شوند به همین دلیل در پدیده برگشت اسید معده به مری، سوزش معده را احساس می کنیم. در معده با ورود مواد غذایی هیدروکلریک اسید ترشح می شود که علاوه بر تجزیه مواد غذایی و هضم آن موجودات ذره بینی موجود در غذا را نیز از بین می برد.

نمونه هایی از کاربردهای مواد اسیدی و بازی در زندگی:

۱- در کشاورزی برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک (CaO) می افزایند.

۲- اغلب داروها، ترکیبات شیمیایی با خاصیت اسیدی یا بازی هستند مانند شیر منیزی که یک داروی معده است و برای خنثی کردن اسید معده به کار می رود.

۳- تنظیم میزان اسیدی بودن شوینده ها ضروری است، عموماً شوینده ها خاصیت بازی (قلیایی) دارند.

۴- زندگی بسیاری از آبزیان به میزان pH (خاصیت اسیدی و بازی) آب وابسته است.

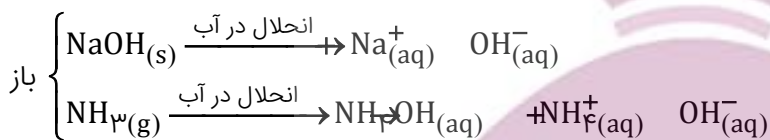
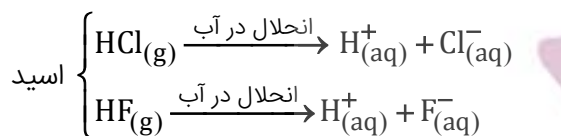
۵- اکثر میوه ها دارای اسید هستند و pH آن کمتر از ۷ است. مانند آسکوربیک اسید (ویتامین C) در پرتقال و مرکبات، بنزوئیک اسید در تمشک و اگزالیک اسید در اسفناج.

۶- ورود فاضلاب های صنعتی به محیط زیست باعث تغییر pH می شود و اکثراً pH آب را کاهش می دهند.

شیمی دان ها مدت ها قبل از آن که ساختار اسیدها و بازها شناخته شوند، با ویژگی ها و واکنش های آن ها آشنا بودند. اما توجیه رفتار اسیدها و بازها به ارائه یک نظریه نیاز داشت. اولین دانشمندی که اسیدها و بازها را به یک پایه علمی توصیف کرد سوانت آرنوس بود، این شیمی دان سوئدی، بر روی رسانایی الکتریکی ترکیبات محلول در آب مطالعه و کار کرد و به این نتیجه رسید که محلول اسیدها و بازها رسانای جریان الکتریسیته هستند که صد البته میزان رسانای الکتریکی در همه آن ها یکسان نیست.

در طبق نظریه آرنیوس، هرگاه ماده‌ای با انحلال در آب یون هیدروژن $H^+_{(aq)}$ آزاد یا تولید کند، اسید است و یا به عبارت دیگر غلظت یون هیدرونیوم را افزایش دهد. از نگاه او گاز هیدروژن کلرید $HCl(g)$ چنین ماده‌ای است، زیرا به هنگام حل شدن در آب، یون‌های هیدروژن $H^+_{(aq)}$ و $Cl^-_{(aq)}$ تولید می‌کند و محلول آبی حاصل که این یون‌ها را دارد، هیدروکلریک‌اسید نامیده می‌شود. و باز، ماده‌ای است که به هنگام حل شدن در آب یون هیدروکسید $OH^-_{(aq)}$ پدید آورد و یا به عبارت دیگر غلظت یون هیدروکسید $OH^-_{(aq)}$ را افزایش دهد. برای مثال، از دید آرنیوس $NaOH$ یک باز است؛ زیرا بر اثر حل شدن این ترکیب یونی در آب، یون‌های سازنده‌ی آن از هم جدا شده و یون‌های هیدروکسید $OH^-_{(aq)}$ را در آب آزاد می‌کند.

به چند نمونه از واکنش‌های اسیدی و بازی توجه کنید.

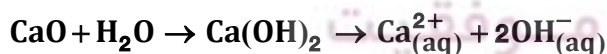
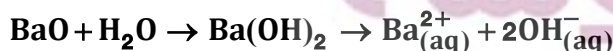


تذکر: یون $H^+_{(aq)}$ در آب به دلیل کوچکی بیش از حد و تراکم بار مثبت بسیار زیاد بر روی آن به صورت $H_3O^+_{(aq)}$ (یون هیدرونیوم) وجود دارد. که هر دو یک معنی دارند یعنی: $H^+_{(aq)} = H_3O^+_{(aq)}$ است.

نکته ۱: هر چه میزان غلظت $[H^+_{(aq)}]$ در محلول بیش‌تر باشد، اسیدی‌تر و هر چه غلظت $[OH^-_{(aq)}]$ در محلولی بیش‌تر باشد آن محلول خاصیت بازی بیش‌تری دارد.

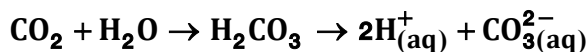
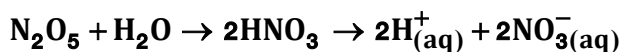
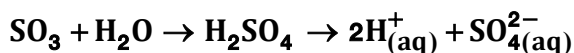
نکته ۲: اگر در محلولی غلظت $[H^+_{(aq)}] = [OH^-_{(aq)}]$ باشد، آن محلول خنثی است. طبق نظریه آرنیوس برخی از اکسید عناصر در آب خاصیت اسیدی و برخی دیگر خاصیت بازی ایجاد می‌کنند.

باز (هیدروکسید فلز) $\rightarrow$ آب + اکسید فلز (اکسید بازی)



ترکیبات بالا رنگ کاغذ pH را آبی می‌کنند.

اسید اکسیژن‌دار $\rightarrow$ آب + (اکسید نافلزی) اکسید اسیدی

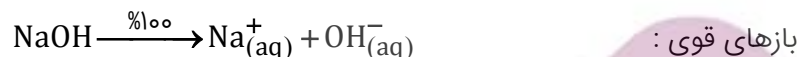


ترکیبات بالا رنگ کاغذ pH را قرمز خواهند کرد.

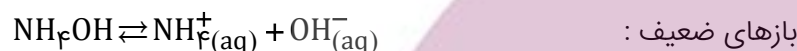
رسانای الکتریکی محلول‌ها و قدرت اسیدی

عامل رسانای الکتریکی در محلول‌ها وجود یون‌های مثبت و منفی است که بتوانند آزادانه حرکت کنند و در این حالت یون‌های مثبت و منفی به سمت قطب‌های مخالف خود حرکت کرده و باعث رسانایی الکتریکی می‌شوند.

الف) الکترولیت قوی : هرگاه از انحلال برخی از مواد در آب، یون‌های زیادی تولید شود، محلول مورد نظر رسانایی خوبی دارد. مانند:



ب) الکترولیت ضعیف : هرگاه از انحلال برخی از مواد در آب، یون‌های زیادی تولید نشود، محلول مورد نظر رسانایی خوبی نداشته به عبارت دیگر، رسانایی الکتریکی کمی دارد. مانند:



همان‌طور که در مثال‌های بالا می‌بینید، یون‌های تولیدشده در سمت راست واکنش تمایل دارند تا با یک‌دیگر ترکیب شده و مولکول‌های خنثی سمت چپ را پدید آورند که رسانای الکتریکی ندارند.

محلول‌هایی که رسانایی الکتریکی ندارند و علت این است که با حل شدن در آب هیچ یونی تولید نمی‌کنند و به صورت مولکولی حل می‌شوند. مانند انواع الکل‌ها، قندها و شکر.

۱- محلول‌های الکترولیت:
محلول‌هایی که رسانای الکتریکی دارند.

بررسی محلول‌ها از نظر رسانایی الکتریکی

۲- محلول‌های غیرالکترولیت

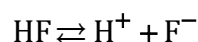
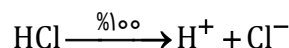
تذکر :موارد مقایسه شده در بالا باید در شرایط یکسانی از نظر غلظت و دما باشد و فقط نوع ماده مورد نظر تفاوت داشته باشد، تا مقایسه به دست آمده صحیح باشد.

یونش

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

اسیدهای تک‌پروتونه و چندپروتونه

به اسیدهایی که در اثر انحلال در آب یک H^+ اسیدی می‌توانند تولید کنند، اسید تک‌پروتونه (پروتون‌دار) می‌گویند. مانند: $\text{HNO}_2, \text{HNO}_3, \text{HI}, \text{HBr}, \text{HCl}, \text{HF}$ و ...

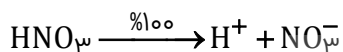
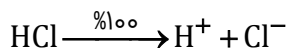


و به اسیدهایی که در اثر انحلال در آب دو H^+ اسیدی بتوانند تولید کنند، اسید دو پروتون‌دار گویند. مانند $\text{H}_2\text{S}, \text{H}_2\text{SO}_3$ و H_2CO_3 و ...

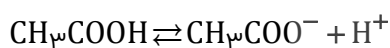
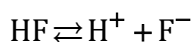
مرحله اول : $H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$

مرحله دوم : $HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$

همان طور که در معادلات بالا مشاهده می کنید فلش برخی واکنش ها به صورت یک طرفه ($\rightarrow$) و برخی دیگر به صورت تعادلی ($\rightleftharpoons$) است. هرگاه فلش یک طرفه (کامل) ($\rightarrow$) باشد، اسید مورد نظر قوی است، به صورت کامل و ۱۰۰٪ به یون های اولیه اش تفکیک می شود، پس چون یون زیادی تولید می کند، رسانایی الکتریکی بالای دارد. مانند:



و در برخی معادلات از فلش تعادلی ($\rightleftharpoons$) استفاده می شود که نشان دهنده این است که مواد اولیه می توانند یون های سمت راست واکنش را تولید کنند و یون های سمت راست تمایل به برگشت و تشکیل مولکول خنثی را دارند پس تعدادی از مواد به صورت مولکولی و خنثی باقی مانده و یون های تولید شده در سمت راست واکنش زیاد نیستند و محلول مورد نظر به دلیل تشکیل تعداد یون کم، الکترولیت ضعیف بوده و رسانایی الکتریکی خوبی ندارند. مانند:



درجه یونش

نسبت تعداد مولکول (مول) (غلظت) یون های تولید شده به کل مولکول های (مول های) (غلظت های) اولیه حل شده را درجه یونش می گویند که با (α) نمایش داده می شود.

$$\text{درجه یونش } (\alpha) = \frac{\text{تعداد مولکول های یونیزه شده}}{\text{تعداد کل مولکول های اولیه}}$$

نکته ۱: مقدار درجه یونش ضرب در ۱۰۰ را درصد تفکیک یونی می گویند. ($\alpha\% = \alpha \times 100$)

نکته ۲: لازم به ذکر است که در رابطه بالا واحد صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد. مثلاً هر دو یا تعداد مولکول، یا تعداد مول و یا غلظت باید باشد. و کل کسر واحد ندارد.

نکته ۳: دامنه تغییرات درجه یونش $0 \leq \alpha \leq 1$ و میزان تغییرات درصد تفکیک یونی $0 \leq \alpha\% \leq 100$ است.

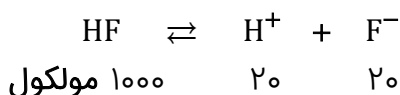
نکته ۴: درجه یونش اسیدها و بازهای قوی که به طور کامل تفکیک می شوند برابر یک است.

نکته ۵: درجه یونش اسیدها و بازهای ضعیف بین صفر و یک بیش تر نزدیک به صفر است.

نکته ۶: درجه یونش ترکیبات آلی که به صورت مولکولی در آب حل می شوند و هیچ یونی تولید نمی کنند مانند الکل ها، قندها و شکر، صفر است، به همین دلیل محلول آن ها در آب غیر الکترولیت بوده و هیچ رسانای الکتریکی ندارند.

مثال ۱: اگر از حل کردن ۱۰۰۰ مولکول هیدروفلوریک اسید (HF) در آب، تعداد ۲۰ مولکول آن یونیزه شود. درجه و درصد یونش محلول (HF) را حساب کنید.

پاسخ:

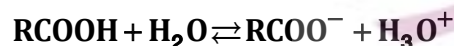


مثال ۲: غلظت یونهای H^+ و CN^- را در محلولی از HCN (هیدروسیانیک اسید) با غلظت ۰/۱۵ مولار و درصد تفکیک یونی ۳/۸٪ محاسبه کنید.

مثال ۳: اگر بدانیم که نیتریک اسید، یک اسید قوی است. در محلول ۰/۲ مولار این اسید، غلظت یونهای هیدرونیوم و نیترات را با دلیل پیش بینی کنید.

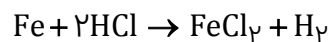
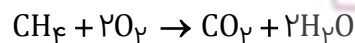
مثال ۴: اگر در محلول ۰/۱ مولار استیک اسید (CH_3COOH)، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $\frac{1}{35} \times 10^{-3} \frac{mol}{lit}$ باشد، درصد یونش آن را حساب کنید.

نکته: اسیدهای موجود در مواد خوراکی مانند سرکه سیب، انگور، ریواس و مرکبات از جمله اسیدهای خوراکی بوده که معروف به کریوکسیلیک اسیدها هستند و طی واکنش تعادلی زیر در آب حل می شوند. (اسیدهای ضعیف)



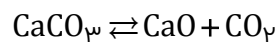
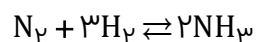
انواع واکنش ها از لحاظ جهت انجام شدن

۱- واکنش های برگشت ناپذیر (یک طرفه) (کامل)
واکنش هایی که واکنش دهنده ها می توانند به فرآورده ها تبدیل شوند ولی فرآورده ها نمی توانند واکنش دهنده ها را تولید کنند.
مانند انواع واکنش های سوختن و واکنش فلزات با اسیدها، که نماد آن $(\rightarrow)$ است. مانند:



۲- واکنش های برگشت پذیر (دوطرفه)

واکنش هایی که در دو جهت رفت و برگشت حرکت می کنند و مواد واکنش دهنده و فرآورده می توانند به یکدیگر تبدیل شوند. که نماد آن $(\rightleftharpoons)$ است. مانند:

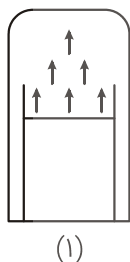


۳- واکنش های تعادلی

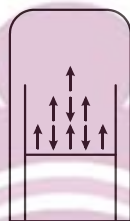
این نوع واکنش‌ها مانند واکنش‌های برگشت‌پذیر هستند با این تفاوت که باید سرعت رفت و برگشت در آن‌ها برابر باشد. و با نماد ($\rightleftharpoons$) نمایش داده می‌شوند.

برای بهتر متوجه شدن مطالب بالا به شکل‌های زیر دقت کنید.

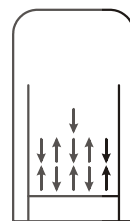
در این شکل‌ها مقداری آب را در یک ظرف ریخته و توسط درپوشی روی ظرف آب را می‌پوشانیم، در حقیقت یک ظرف آب با مقدار مشخصی آب داریم که در زمان‌های مختلف از آن عکس گرفته‌ایم. شکل (۱) اولین لحظه‌ای است که درپوش را روی ظرف قرار دادیم و فقط عمل تبخیر در آن صورت می‌گیرد. پس از مدتی خواهیم دید که مقدار آب درون ظرف کاهش یافته است و قطرات آب بر روی درپوش تشکیل شده است که دوباره به ظرف آب برمی‌گردد. شکل (۲) و زمانی فرا می‌رسد که مقدار آب از حالت دوم کمتر شده و دیگر مقدار آن هیچ تغییر نمی‌کند. شکل (۳)



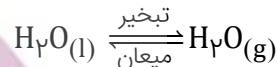
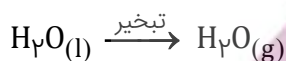
(۱)



(۲)



(۳)



در شکل یک (شروع واکنش): فقط عمل تبخیر آب را داریم و هیچ واکنش برگشتی صورت نمی‌گیرد و فلش‌های بالای آب نشان‌دهنده عمل تبخیر است، پس این واکنش یک‌طرفه می‌باشد.

در شکل دو: پس از مدتی شروع واکنش مقدار آب کاهش یافته است. یعنی هنوز واکنش تبخیر روی می‌دهد و لیکن از طرفی اگر به فلش‌های بالای آب دقت کنیم ۳ فلش در جهت میعان حرکت می‌کند یعنی واکنش دوطرفه یا برگشت‌پذیر است ولی سرعت واکنش رفت و برگشت برابر نیست.

در شکل سه: واکنش به تعادل رسیده است تعداد فلش‌های تبخیر و میعان برابر شده است به عبارت دیگر سرعت رفت و برگشت واکنش برابر شده است یعنی واکنش به تعادل رسیده در این حالت مقدار آب مایع دیگر نه کم می‌شود و نه زیاد در حقیقت اگر دما تغییر نکند مقدار آب ثابت خواهند ماند.

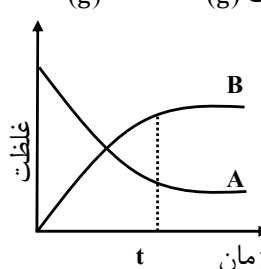
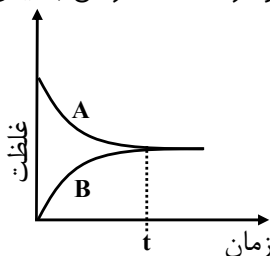
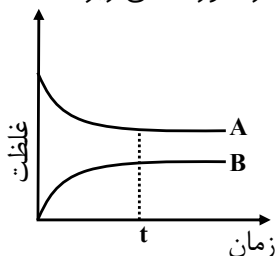
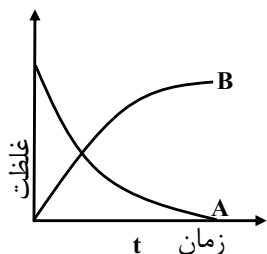
نکته: در لحظه تعادل غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها ثابت می‌ماند.

نمودارهای غلظت - زمان

نمودار غلظت زمان در یک واکنش یک‌طرفه $\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{B}(\text{g})$ به قرار روبرو است.

همان‌طور که نمودار نشان می‌دهد با گذشت زمان از غلظت واکنش‌دهنده‌ها (A) کاسته شده و بر غلظت فرآورده‌ها (B) افزوده می‌شود تا واکنش کامل انجام شود و ماده A به اتمام برسد. در حالی‌که

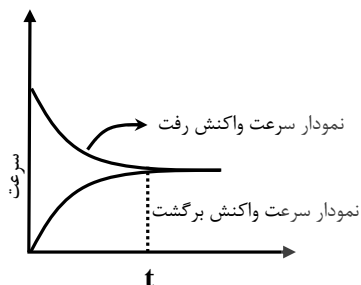
در واکنش تعادلی $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g})$. نمودار غلظت - زمان به یکی از صورت‌های زیر است.



در این نمودارها هرگاه منحنی‌های واکنش‌دهنده یا فرآورده به حالت افقی درآیند به حالت تعادل رسیده‌اند و همان‌طور که قبلاً گفته شد در این لحظه غلظت هر کدام ثابت باقی می‌ماند. در نمودارهای بالا (t) نشان‌دهنده زمان برقراری تعادل می‌باشد.

نمودار سرعت - زمان

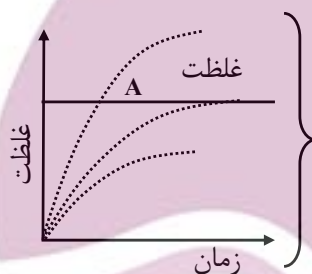
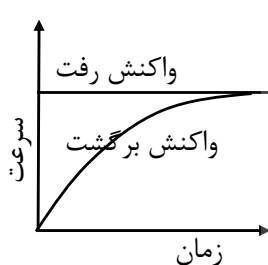
در واکنش تعادلی با گذشت زمان از ابتدای واکنش غلظت واکنش‌دهنده‌ها کم و غلظت فرآورده‌ها افزایش می‌یابد در نتیجه با گذشت زمان از سرعت واکنش رفت کاسته شده و بر سرعت واکنش برگشت افزوده می‌شود تا لحظه‌ای که این دو سرعت (رفت و برگشت) برابر شوند، در این لحظه تعادل برقرار شده است.



(t) زمان برقراری تعادل است.

نکته: در واکنش‌های تعادلی اگر یکی از اجزای واکنش در فاز جامد (s) و یا مایع (l) باشد، نمودار غلظت یا سرعت واکنش آن یک خط راست افقی است. چون مواد جامد و مایع خالص غلظت ندارند. به عنوان نمونه در واکنش: $A(s) \rightleftharpoons B(g)$ نقطه چین نشان‌دهنده غلظت [B] است.

در حالت‌های مختلف.



نقطه چین نشان‌دهنده غلظت [B] است در حالت‌های مختلف.

ثابت تعادل

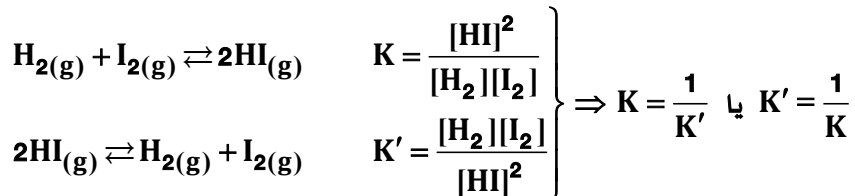
هرگاه واکنش فرضی $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ داشته باشیم، رابطه ثابت تعادل آن عبارت است حاصل ضرب غلظت فرآورده‌ها به توان ضرایبشان تقسیم بر حاصل ضرب غلظت واکنش‌دهنده‌ها به توان ضرایبشان، که عددی ثابت برای هر واکنش است و فقط و فقط تابع دما است و با نماد K نمایش داده می‌شود.

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

نکته ۱: واحد ثابت تعادل به صورت $\left(\frac{\text{mol}}{\text{lit}}\right)^{(c+d)-(a+b)}$ می‌باشد.

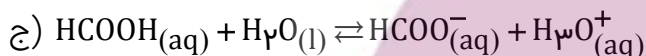
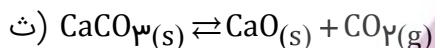
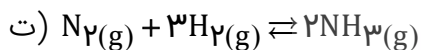
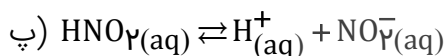
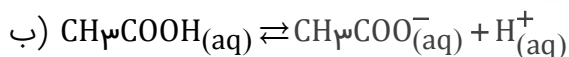
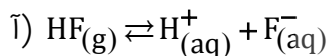
نکته ۲: غلظت مواد جامد و مایع خالص، حاصل تقسیم چگالی بر جرم مولی آن‌هاست و این نسبت همیشه برای یک جامد یا مایع خالص مقدار ثابتی است، پس در رابطه ثابت تعادل به جای غلظت این مواد عدد ثابت 1 را قرار می‌دهیم.

نکته ۳: هرگاه واکنشی را عکس کنیم، ثابت تعادل آن نیز عکس خواهد شد.



نکته ۴: هرگاه ضرایب مواد شرکت کننده در واکنشی را در عددی ضرب کنیم، ثابت تعادل واکنش جدید برابر است با ثابت تعادل واکنش اولیه به توان همان عدد.

تمرین: برای هر یک از تعادل‌های زیر رابطه ثابت تعادل و یکای آن را بنویسید.



با توجه به رابطه ثابت تعادل هر چه مقدار عددی این عبارت بزرگتر باشد، نشان‌دهنده این است که صورت کسر از مخرج بزرگتر بوده و پیشرفت این واکنش در جهت رفت بهتر است و برعکس.

ثابت یونش

به مقدار عددی ثابت تعادل در واکنش‌های اسیدی، ثابت یونش نیز می‌گویند.

به عنوان نمونه به بررسی ۲ مثال از اسیدها می‌پردازیم:



نیترواسید



هیدروسیانیک‌اسید

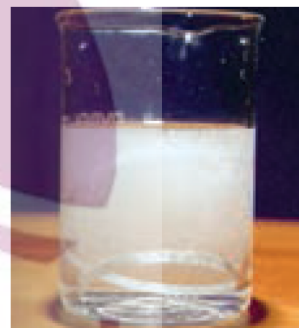
از مقایسه مقدار عددی دو اسید بالا متوجه می‌شویم که ثابت یونش اسیدی (K_a) نیترواسید (HNO_2) بزرگ‌تر از هیدروسیانیک‌اسید (HCN) است پس خواهیم دریافت که نیترواسید قوی‌تر از هیدروسیانیک‌اسید است، چون صورت بزرگ‌تری نسبت به مخرج دارد و H^+ بیش‌تری تولید می‌کند.

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

یک راه دیگر تشخیص اسید قوی از ضعیف واکنش اسیدها با فلزات است، در واکنش هیدروکلریک اسید با منیزیم و مقایسه آن با واکنش استیک اسید با منیزیم خواهیم دید که گاز هیدروژن تولید شده در ظرف هیدروکلریک اسید بسیار سریع تر و بیش تر خواهد بود پس نتیجه آن است که هیدروکلریک اسید قوی تر از استیک اسید است.



ظرف حاوی استیک اسید و منیزیم



ظرف حاوی هیدروکلریک اسید

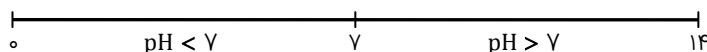
pH

pH : اصطلاح یا واژه‌ای برای بیان خاصیت محلول از نظر اسیدی، بازی و خنثی بودن است.

توشه ای برای موفقیت

محیط خنثی

$$\text{pH} \simeq 7$$



محیط اسیدی

محیط بازی

رنگ کاغذ pH : قرمز

رنگ کاغذ pH : آبی

به عنوان مثال: پرتقال با $\text{pH} = 3/2$ و اسید معده با $\text{pH} = 1/6 \sim 1/8$ اسیدی بوده و محیط دهان، بزاق $\text{pH} = 7/1 \sim 7/2$ تقریباً خنثی است، روده انسان $\text{pH} = 8/5$ و خون $\text{pH} = 7/4$ محیط بازی دارند. برای این که مفهوم pH را بفهمیم در ابتدا باید مبحث لگاریتم را یادآوری کنیم.

در درس ریاضی با لگاریتم آشنا شدید.

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

$$\log ab = \log a + \log b$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log a^n = n \log a$$

لگاریتم‌هایی که باید حفظ شود.

$$\log 2 = 0.3$$

$$\log 3 = 0.47$$

$$\log 5 \simeq 0.7$$

$$\log 7 = 0.85$$

حال با استفاده از روابط بالا لگاریتم‌های زیر را حل کنید.

$$\log 21 = ?$$

$$\log 0.8 = ?$$

$$\log 24 = ?$$

$$\log 0.4 = ?$$

$$\log ? = 1.85$$

رابطه اصلی برای حل مسائل $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ است که با استفاده از روابط ریاضی می‌توان به روابط زیر دست یافت که در حل مسائل بسیار کمک می‌کنند.

روابط مربوط به بازها	روابط مربوط به اسیدها
$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$	$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$
$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$	$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$
$[\text{OH}^-] = M \times n \times \alpha$	$[\text{H}^+] = M \times n \times \alpha$
$\text{pH} + \text{pOH} = 14$	
$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$	

لازم به ذکر است که در روابط بالا (M) نمایش غلظت اسید یا باز و (α) درجه یونش و (n) ظرفیت اسید یا باز است که در اسیدها تعداد (H^+) اسیدی و در بازها تعداد (OH^-) است.

توشه ای برای موفقیت

نکات pH :

۱- در محلول اسیدی $\text{pH} < 7$: $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$

۲- در محلول بازی $\text{pH} > 7$: $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$

۳- در محلول خنثی $\text{pH} \simeq 7$: $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$

۴- pH خصلت اسیدی را نشان می‌دهد و قدرت اسیدی به K_a بستگی دارد.

مثال ۱: در محلولی $[H^+] = 3 \times 10^{-9}$ است، pH و خاصیت محلول را مشخص کنید.

مثال ۲: در محلولی $pH = 4$ ، غلظت $[H^+]$ و خاصیت محلول را مشخص کنید.

مثال ۳: هرگاه یک محلول اسیدی مانند شیر ترش شده با $pH = 2/7$ داشته باشیم، غلظت یون هیدرونیوم موجود در محلول را محاسبه کنید.

مثال ۴: جدول زیر را کامل کنید.

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

مثال ۵:

pH محلول HCl، ۰/۰۰۱ مولار کدام است؟

۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

pH، محلول HF ۰/۱ مولار برابر ۴ است، درصد یونش این اسید کدام است؟

۱۰ (۴)

۱ (۳)

۰/۱ (۲)

۰/۰۱ (۱)

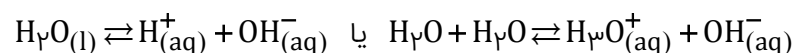
مثال ۷: ۳۶۵/۰ گرم HCl را در آب حل کرده و حجم محلول را به ۵۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم، pH محلول مورد نظر را حساب کنید.

مثال ۸: اگر در محلول اسید ضعیف HA غلظت یون هیدرونیوم 10^{-4} برابر یون هیدروکسید باشد pH محلول اسیدی را حساب کنید.

مثال ۹: pH محلولی برابر ۳ و محلول دیگری برابر ۵ است غلظت مولی H^+ اولی چند برابر دومی است؟

تفکیک خودبه‌خودی آب (خودیونش آب)

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که آب خالص دارای رسانایی الکتریکی بسیار کمی می‌باشد. این پدیده نشان می‌دهد که آب خالص نیز به‌طور خودبه‌خود مطابق معادله تعادلی زیر یونش یافته و دارای مقادیر بسیار کمی از یون‌های $H^+_{(aq)}$ و $OH^-_{(aq)}$ می‌باشد.



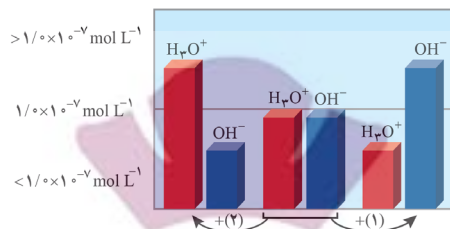
آزمایش تجربی نشان می‌دهد که در دمای $25^\circ C$ غلظت یون H_3O^+ و OH^- با هم برابر و مساوی 10^{-7} مول بر لیتر است. پس برای ثابت تعادل آب داریم:

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} \xrightarrow[\text{مایع خالص برابر یک است}]{\text{همان‌طور که قبلاً گفته شده غلظت}} K_w = \frac{(10^{-7})(10^{-7})}{1} = 10^{-14}$$

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14} \left(\frac{\text{mol}}{\text{lit}}\right)^2$$

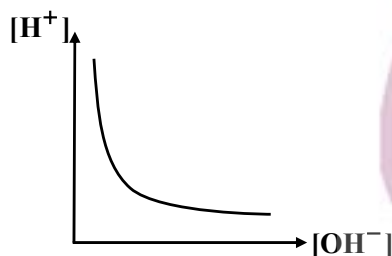
نکته ۱: ثابت تعادل آب مانند هر ثابت تعادل دیگر، فقط تحت تأثیر دما قابل تغییر است و تغییر غلظت اجزای تعادل بر مقدار ثابت تعادل بی تأثیر است.

نکته ۲: اگر به آب اسید اضافه کنیم $[H^+]$ افزایش یافته و $[OH^-]$ کاهش و برعکس با اضافه کردن باز به آب $[H^+]$ کاهش و $[OH^-]$ افزایش می یابد. ولی در هر صورت در دمای 25°C حاصل ضرب غلظت عددی ثابت و برابر با 10^{-14} می باشد.

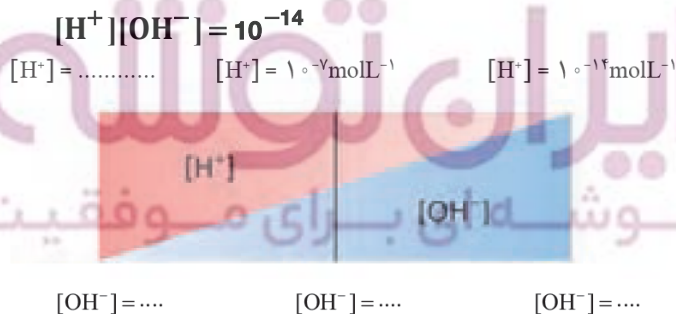


نکته ۳: هیچ گاه نباید تصور کنیم که در محلول اسیدی OH^- نداریم و یا در محلول بازی H^+ نداریم، چون به علت یونش آب همیشه هر دوی این یون ها در محلول آبی وجود دارند.

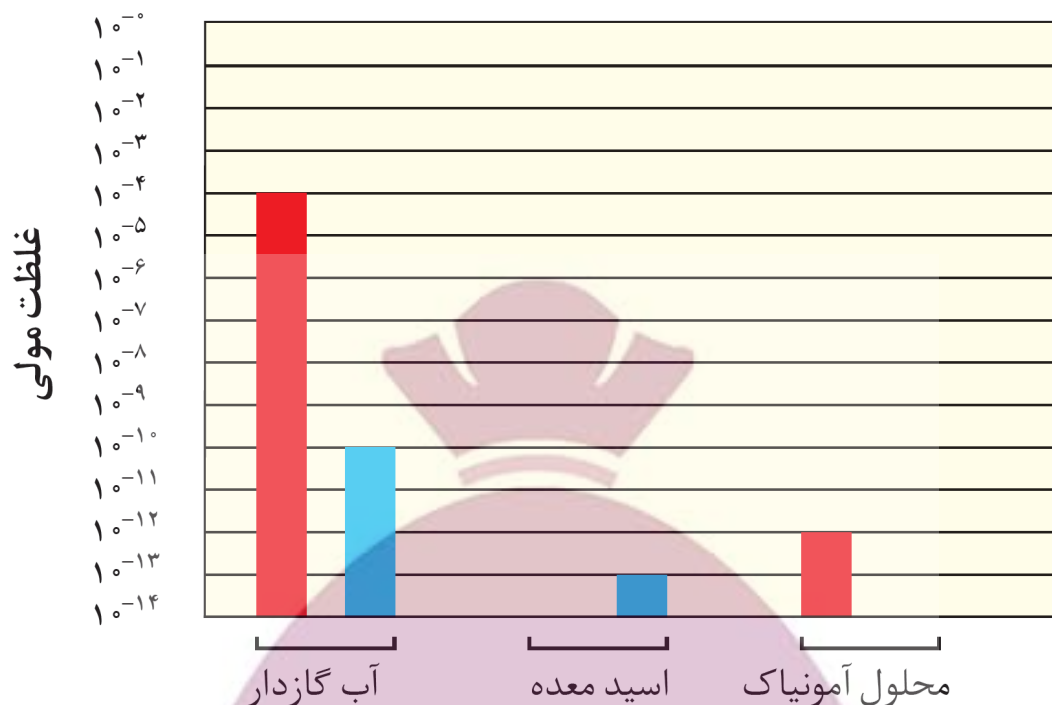
نکته ۴: در معادله خودیونش آب چون ضرایب H^+ و OH^- برابر است و هر دو به یک میزان تولید می شوند، پس می توان نتیجه گرفت که عامل اسیدی و عامل بازی همیشه برابرند و آب در هر دمایی خنثی است.



نکته ۵: $[H^+]$ و $[OH^-]$ با هم نسبت عکس دارند چون حاصل ضرب آنها عددی ثابت است.



مثال ۱: در نمودار زیر، به برای محلول آمونیاک، ستون نشان دهنده غلظت یون هیدروکسید و برای اسید معده، ستون نشان دهنده غلظت یون هیدرونیوم را رسم کنید.



مثال ۲: جدول زیر را کامل کنید.

خاصیت محلول	pH	$[OH^-]$	$[H_3O^+]$
خنثی		10^{-11}	
	$pH = 12$		
			10^{-14}

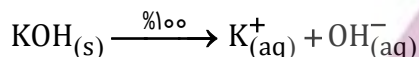
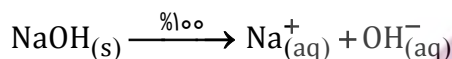
مثال ۳: جدول زیر را کامل کنید.

نام محلول	غلظت محلول	[H ⁺]	[OH ⁻]	pH	درصد یونش
هیدروکلریک اسید	۰/۰۰۴				
هیدروفلوئوریک اسید	۰/۰۰۴				۲/۵
نیتریک اسید				۳/۷	
نمونه‌ای از آب یک دریاچه				۱۰/۵۲	

مثال ۴: در محلول با pH = 12، غلظت یون هیدروکسید را حساب کنید.

بازها

بازها همانند اسیدها در آب به یون‌های سازنده‌شان تفکیک می‌شوند. حال اگر مقدار یون‌های تولیدشده زیاد باشد، باز مورد نظر قوی است مانند سودسوزآور (سدیم‌هیدروکسید، NaOH) و پتاس‌سوزآور (پتاسیم‌هیدروکسید، KOH) و کلیه هیدروکسید فلزات گروه اول جدول تناوبی. به‌همین دلیل است که فلزات گروه اول جدول تناوبی فلزات قلیایی گفته می‌شود، چون به بازهای محلول در آب قلیاء می‌گویند.

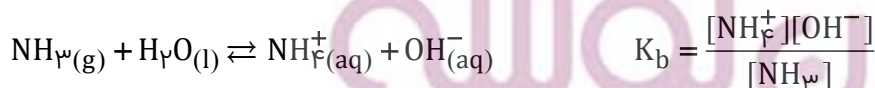


حال اگر بازی بر اثر حل شدن در آب، به میزان کمی به یون تفکیک شود، به باز مورد نظر، باز ضعیف می‌گویند. در این حالت علاوه بر مقدار کم یون‌های تولیدشده، از ماده اولیه به‌صورت مولکول در ظرف مورد نظر وجود دارد. مانند:



آمونیاک

همان‌طور که در معادله بالا مشاهده می‌کنید واکنش تعادلی است و مقداری از واکنش‌دهنده‌های آمونیوم‌هیدروکسید (NH₄OH) به‌صورت مولکولی در ظرف واکنش وجود دارد که به یون‌های سازنده‌اش تفکیک نشده است. برای بازها درست مانند اسیدها ثابت یونش وجود دارد که با K_b نمایش داده می‌شود. به‌عنوان نمونه:



نکته ۱: بازهای قوی شامل هیدروکسید فلزات گروه اول و گروه دوم جدول تناوبی به‌جز Be و Mg می‌باشند.

نکته ۲: آمونیاک و بازهای آلی مانند آمین‌ها همگی ضعیف هستند.

نکته ۳: در شرایط یکسان از نظر غلظت و دما هر چه ثابت یونش بازی بزرگ‌تر باشد، آن باز قوی‌تر است و برعکس.

نکته ۴: هر چه ثابت یونش بزرگ‌تر باشد، محلول مورد نظر محلول الکترولیت قوی‌تری است. یعنی رسانایی الکتریکی بیش‌تری دارد، چون یون‌های بیش‌تری تولید کرده است.

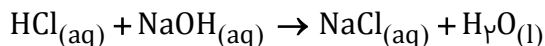
نکته ۵: هر چه محلول باز قوی‌تر باشد pH آن به 14 نزدیک‌تر و [H⁺] > [OH⁻] است.

نکته ۶: بازهای قوی نظیر NaOH برای باز کردن لوله‌ها و بازهای ضعیف نظیر آمونیاک در شیشه‌پاک‌کن‌ها کاربرد دارند.

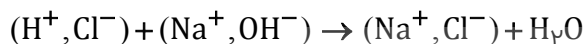
نکته ۷: آمونیاک و برخی از آمین‌ها به‌دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی با آب، به‌طور عمده مولکولی حل‌شده و یون‌های کمی را تولید می‌کنند و رسانایی الکتریکی کمی دارند.

طرز عملکرد شوینده‌های خورنده

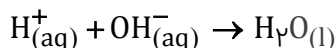
اسیدها و بازها با یکدیگر واکنش می‌دهند و نمک و آب تولید می‌کنند که به واکنش مورد نظر، واکنش خنثی شدن می‌گویند. به عنوان نمونه:



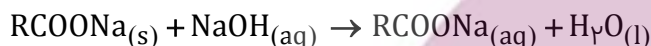
همان‌طور که در این معادله مشاهده می‌کنید عامل اسیدی در هیدروکلریک‌اسید (H^+) و عامل بازی در سدیم‌هیدروکسید (OH^-) می‌باشند که با یکدیگر واکنش داده و خنثی می‌شوند و آب (H_2O) را تولید می‌کنند.



به یون‌های Na^+ و Cl^- که در این واکنش نقش اساسی به عهده ندارند و هیچ تغییر نمی‌کنند یون‌های ناظر یا تماشاچی یا تماشاگر می‌گویند. در حقیقت واکنش اصلی عبارت است از:



از این روش برای باز کردن لوله‌ها و مجاری دستگاه‌های صنعتی و خانگی استفاده می‌شود. به این ترتیب که فرض کنیم بر اثر جمع شدن اسیدهای چرب در لوله‌ها، راه بسته شده است و حال از یک باز قوی مانند NaOH استفاده می‌کنیم، خواهیم داشت:



همان‌طور که از معادله بالا برمی‌آید چربی که به‌صورت جامد در سمت چپ واکنش قرار دارد و باعث مسدود شدن لوله‌ها می‌شود به ماده محلول در آب در سمت راست که همان صابون است تبدیل شده و از لوله خارج می‌شود. در ضمن خود خاصیت پاک‌کنندگی نیز دارد و چربی‌ها را در خود حل کرده و با خود از لوله‌ها خارج می‌کند. یکی از موادی که باعث بسته شدن لوله‌ها می‌شود جرم حاصل از نمک‌های کلسیم است که در سماور و کتری نیز وجود دارد. مانند کلسیم‌کربنات (CaCO_3). برای باز کردن لوله‌ها در این مورد از اسیدها استفاده می‌کنیم.



نکته ۱: در معادله بالا گاز تولید شده با اعمال فشار فیزیکی باعث تسریع شدن در عمل جرم‌گیری می‌شود.
نکته ۲: به‌طور کلی، شوینده‌های خورنده با واکنش‌های شیمیایی با آلاینده‌ها آن‌ها را به‌صورت محلول درآورده و از محیط عمل خارج می‌کنند.

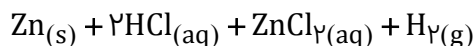
پیوند با زندگی (هضم غذا)

برای هضم غذا، غده‌های داخلی دیواره معده هیدروکلریک‌اسید (HCl) ترشح می‌کنند. در بدن یک انسان بالغ روزانه بین ۲ تا ۳ لیتر شیر معده (هیدروکلریک‌اسید) ترشح می‌شود که غلظت یون هیدرونیوم آن حدود 0.03 M است که محیط بسیار اسیدی ایجاد می‌کند.

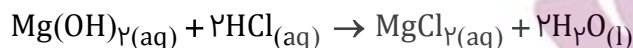
$$[\text{H}^+] = 0.03 = 3 \times 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \quad \text{pH} = -\log[\text{H}^+] \quad \text{pH} = -\log 3 \times 10^{-2}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{pH} &= 2 - \log 3 \\ \log 3 &\simeq 0.5 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{pH} \simeq 2 - 0.5 \Rightarrow \boxed{\text{pH} \simeq 1.5}$$

از مشاهده pH محیط درون معده می‌توان چنین نتیجه گرفت که می‌تواند برخی فلزات مانند روی را طبق واکنش زیر در خود حل کند.

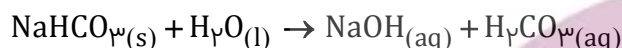


البته لازم به ذکر است که تعداد کمی از همین یون‌های هیدرونیوم جذب دیواره داخلی معده شده و باعث نابودی سلول‌های سازنده‌ی آن می‌شوند، حال اگر به هر دلیلی مقدار اسید معده بیش از اندازه معمول باشد، تعداد یون‌های H^+ جذب‌شده توسط دیواره معده افزایش یافته و باعث درد، التهاب و گاهی خون‌ریزی معده می‌شود. در این حالت اشخاص مبتلا به این مشکل باید داروهای ضداسید (بازی) استفاده کنند تا اسید معده خنثی شود. یکی از معروف‌ترین آن‌ها شیر منیزی (منیزیم‌هیدروکسید، Mg(OH)_2) است که طبق واکنش خنثی شدن زیر با اسید معده واکنش می‌دهد و اثر آن را از بین می‌برد.



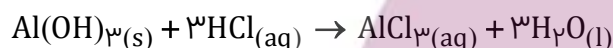
چند نمونه ضد اسید معروف دیگر:

الف) جوش شیرین (سدیم‌هیدروژن‌کربنات، NaHCO_3):



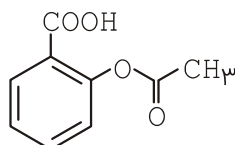
همان‌طور که در معادله بالا می‌بینید یک باز قوی (NaOH) و یک اسید ضعیف (H_2CO_3) تولید شده است که از نظر قدرت، باز قوی بر اسید ضعیف غلبه کرده و محیط اسیدی معده را خنثی می‌کند.

ب) آلومینیوم‌هیدروکسید (Al(OH)_3):



بعضی از افرادی که مشکل ترش کردن و یا پدیده رفلاکس معده دارند از ترشحات، غذاها و داروهای اسیدی نباید استفاده کنند و این افراد باید تعداد وعده‌های غذایی را افزایش و حجم غذای مصرف‌شده در هر مرتبه را کاهش دهند و از طرفی از داروهایی نظیر آسپرین که خاصیت اسیدی دارد استفاده نکرده و داروهای جایگزین پیدا کنند.

فرمول ساختاری (گسترده) و فرمول مولکولی آسپرین به‌قرار زیر است:



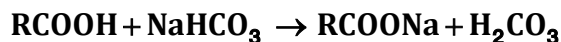
فرمول ساختاری آسپرین

نکته ۱: داروها و غذاهای اسیدی، محیط معده را اسیدی‌تر و pH را کاهش می‌دهند.

نکته ۲: در زمان استراحت، pH معده افزایش یافته و به حدود 3/7 می‌رسد، غلظت $[\text{H}^+]$ را در این حالت محاسبه کنید.

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3/7} \quad [\text{H}^+] = 10^{-4} \times 10^{0/3} \xrightarrow[10^{0/3}=2]{\log 2=0/3} [\text{H}^+] = 2 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$$

نکته ۳: با توجه به این‌که محلول جوش شیرین (سدیم‌هیدروکسیدکربنات) خاصیت بازی دارد، پس اضافه کردن آن به شوینده‌ها باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی آن‌ها می‌شود چون می‌تواند با چربی‌ها واکنش داده و صابون تولید کند.



در پدیده‌های طبیعی مانند تندر و آذرخش، بخشی از انرژی به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه‌ی واکنش و محیط پیرامون آن جاری می‌شود که در حقیقت نوعی تخلیه الکتریکی است. مشاهده‌ی چنین پدیده‌هایی که به **ماهیت الکتریکی** ماده وابسته هستند، سبب شد دانشمندان برای شناسایی واکنش‌هایی شامل داد و ستد الکترون، تلاش کنند. این واکنش‌ها مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. تولید انرژی الکتریکی پاک و ارزان، نتیجه و دستاوردی از دانش الکتروشیمی است که در سایه‌ی فناوری‌های پیشرفته، افزایش سطح رفاه و آسایش را در جهان دنبال داشته است. الکتروشیمی علاوه بر تهیه مواد جدید و مناسب، به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند به ما در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز یاری رساند.

پس دو رکن اساسی در تحقق این فناوری وجود دارد که عبارتند از: الف) دستیابی به مواد مناسب ب) تأمین انرژی بطور کلی الکتروشیمی دنبال تبدیل دو نوع انرژی به یکدیگر است یعنی انرژی شیمیایی به الکتریکی مانند باتری و سلول‌های گالوانی و یا تبدیل انرژی الکتریکی به شیمیایی مانند آبکاری که جلوتر راجع به آنها صحبت می‌کنیم، می‌باشد. شاخه‌ای از علم شیمی که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد را الکتروشیمی گویند.

برخی از قلمروهای الکتروشیمیایی عبارتند از:

الف) باتری‌ها: یکی از تولیدات مهم صنایع بوده و در محل‌های مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. به عنوان مثال باتری، تلفن همراه، رایانه و لپ‌تاپ یا باتری در انواع خودروهای بنزینی و الکتریکی و یا در وسایلی که در بدن انسان کاربرد دارند مانند سمک، باتری تنظیم کننده ضربان قلب و اندام مصنوعی و ...

ب) کاربرد الکتروشیمی در صنایع فلزی مانع از زنگ زدگی و خوردگی فلزات می‌شود. به عنوان نمونه ساخت فلزات مربوط به بدنه کشتی و اسکله‌ها و یا لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی‌های کنسرو و مواد غذایی و لوازم آشپزخانه که باید در برابر خوردگی بسیار مقاوم باشند.

پ) اندازه‌گیری و کنترل کیفی فرآورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و به منظور اطمینان از کیفیت آنها، تمامی موارد گفته شده در بالا عامل افزایش سطح رفاه و آسایش در جامعه بشمار می‌آیند.

انجام واکنش با سفر الکترون



هرگاه دو فلز متفاوت در یک محیط مرطوب به یکدیگر متصل شوند، بین این دو فلز، جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. به عنوان نمونه طبق شکل روبرو که به باتری لیمویی معروف است. دو تیغه از فلزهای متفاوت مانند مس و روی را به درون یک لیمو فرو می‌بریم، در این حالت با انرژی تولید شده از این باتری می‌توان یک LED را روشن کرد.

باتری: مولدی است که در آن، واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی

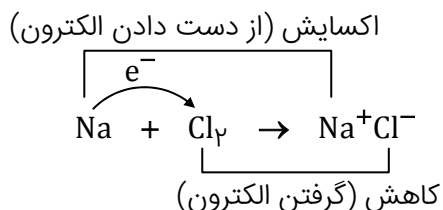
مواد به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود که از این انرژی الکتریکی می‌توان در وسایل مختلفی مانند موتورسیکلت برقی و ... استفاده کرد.

با توجه به مطالب گفته شده در بالا، باید واکنش‌های درون باتری‌ها را بطور کامل توصیف کرد و با شناخت آنها بتوان نیازهای جدید جامعه را در زمینه باتری‌ها برطرف نمود.

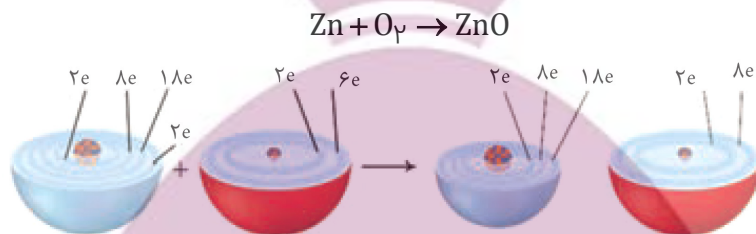
واکنش‌های اکسایش و کاهش:

هرگاه در یک واکنش انتقال یک یا چند الکترون از گونه‌ای به گونه‌ای دیگر اتفاق بیافتد، واکنش از نوع اکسایش و کاهش است. اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و کاهش به معنای گرفتن (جذب) الکترون است؛ پس گونه‌ی اکسایش یافته، الکترون از دست می‌دهد و گونه‌ی کاهش یافته، الکترون می‌گیرد.

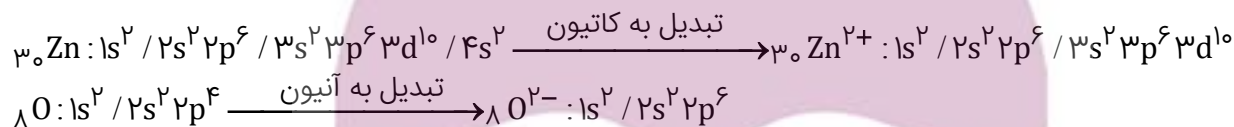
به واکنش اکسایش و کاهش زیر دقت کنید:



در این واکنش گونه Na اکسایش یافته و الکترون از دست داده است و گونه Cl_2 کاهش یافته و یا به عبارت دیگر الکترون گرفته است. همان‌طور که می‌بینید در این واکنش الکترون بین اتم سدیم و کلر جابه‌جا شده است. اکسیژن عنصر نافلزی بسیار فعالی است که با اغلب فلزها واکنش داده و باعث اکسید شدن آنها می‌شود، به جز فلزاتی نظیر طلا، پلاتین، مس و نقره. به واکنش موازنه نشده زیر دقت کنید.



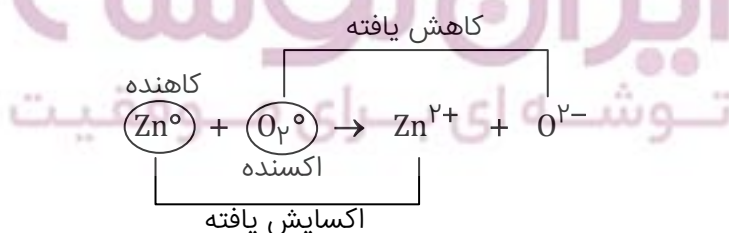
در این واکنش هر اتم روی (Zn) دو الکترون از دست داده و اکسایش می‌یابد و هر اتم اکسیژن (O) با گرفتن دو الکترون، کاهش می‌یابد.



حال به دو تعریف جدید دقت کنید:

اکسنده: ذره‌ای که با گرفتن الکترون از گونه‌های دیگر، آنها را اکسید می‌کند، اکسنده است. در واقع گونه اکسنده باعث اکسایش گونه‌های دیگر شده و خودش کاهش پیدا می‌کند.

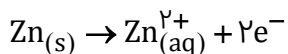
کاهنده: ذره‌ای که با از دست دادن الکترون به گونه‌های دیگر، آنها را کاهش می‌دهد (می‌کاهد) کاهنده است و خودش اکسایش پیدا می‌کند.



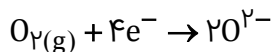
در معادله بالا: اتم روی الکترون از دست می‌دهد پس اکسایش یافته و کاهنده است و اتم اکسیژن با جذب الکترون، کاهش یافته و اکسنده است.

نکته: در واکنش‌های اکسایش و کاهش، هر دو گونه اکسنده و کاهنده باید در یک واکنش موجود باشند.

هر واکنش اکسایش و کاهش از دو نیم واکنش تشکیل شده که هر نیم واکنش باید از نظر بار الکتریکی و تعداد اتم موازنه باشد. به نیم واکنشی که با از دست دادن الکترون همراه است نیم واکنش اکسایش ($e^- \rightarrow$) و نیم واکنشی که با جذب الکترون همراه است نیم واکنش کاهش ($e^- \rightarrow$) می‌گویند. به نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش بالا دقت کنید. نیم واکنش اکسایش فلز روی که همراه با از دست دادن الکترون است:



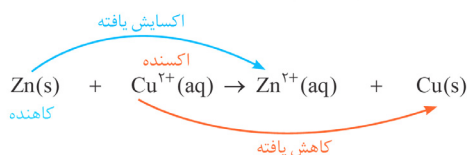
نیم واکنش کاهش اکسیژن که همراه با جذب الکترون است.



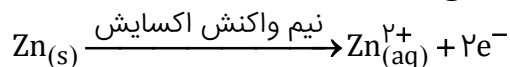
نکته: اغلب فلزها تمایل به از دست دادن الکترون و تشکیل یون مثبت (کاتیون) و نافلزها تمایل به جذب الکترون و تشکیل یون منفی (آنیون) دارند، بنابراین در واکنش بین فلزها و نافلزها، اغلب فلزها را کاهنده و نافلزها را اکسنده می‌دانیم.

نکته: نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش هم‌زمان و در کنار هم رخ می‌دهند، پس واکنش اکسایش تنها و یا کاهش تنها نداریم. به یک واکنش اکسایش و کاهش دیگر دقت کنید:

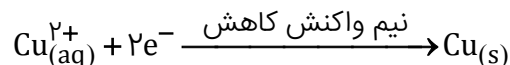
هر گاه یک تیغه از جنس روی را درون محلول مس (II) سولفات آبی‌رنگ (کات کبود) قرار دهیم پس از مدتی از رنگ آبی محلول کاسته شده و محلول به سمت بی‌رنگ شدن می‌رود که این تغییر رنگ نشان دهنده یک واکنش شیمیایی است.



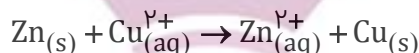
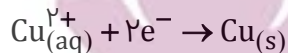
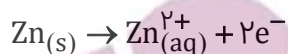
در معادله بالا تیغه روی الکترون از دست می‌دهد.



و یون‌های مس الکترون جذب می‌کند.



که هرگاه دو نیم واکنش اکسایش و کاهش بالا را با یکدیگر جمع کنیم و تعداد الکترون‌های برابر دو طرف را با یکدیگر ساده کنیم به واکنش کلی اصلی خواهیم رسید که فرآورده‌ها پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند.



نکته: هرگاه در هر واکنش شیمیایی بار الکتریکی هر ذره (اتم، مولکول یا یون) مثبت‌تر شود، آن ذره اکسایش یافته و هر ذره‌ای که منفی‌تر شود، کاهش می‌یابد.

خود را بیازمایید

۱- اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. با توجه به شکل روبه رو که نمایی از این واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

(آ) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ چرا؟

(ب) نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و موازنه کنید.

(پ) نیم واکنش‌ها را با هم جمع کنید تا با حذف الکترون‌ها، معادله واکنش به دست آید.

(ت) با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت داده شده را کامل کنید.

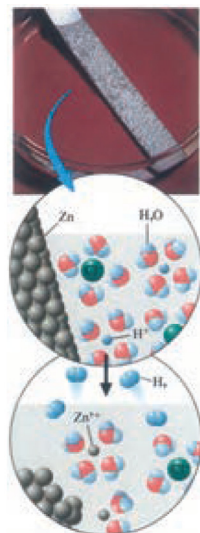
در این واکنش، اتم‌های روی الکترون (از دست داده / به دست آورده) و (کاهش / اکسایش)

یافته‌اند و سبب (کاهش / اکسایش) یون‌های هیدروژن شده‌اند، از این رو اتم‌های روی نقش

(اکسنده / کاهنده) دارند. در حالی که یون‌های هیدروژن، الکترون (از دست داده / به دست آورده)

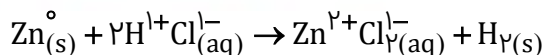
و (کاهش / اکسایش) یافته‌اند و سبب (کاهش / اکسایش) اتم‌های روی شده‌اند، از این رو

یون‌های هیدروژن نقش (اکسنده / کاهنده) دارند.

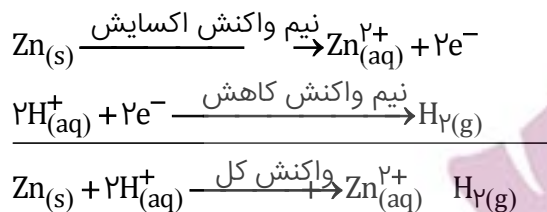


• واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید.

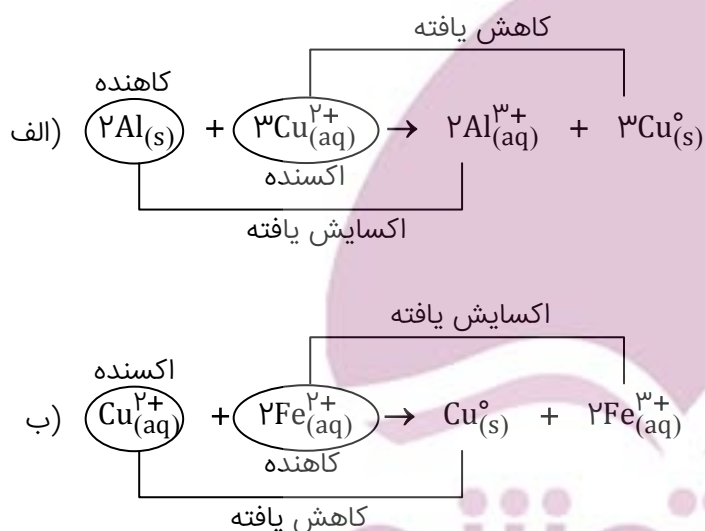
۱) واکنش فلز روی با هیدروکلریک اسید را نشان می‌دهد که معادله آن به قرار زیر است.



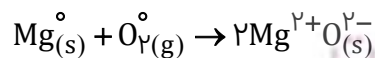
فلز روی که در سمت چپ معادله واکنش است بصورت تیغه‌ای وجود دارد که خنثی بوده و هیچ باری ندارد در حالیکه در سمت راست واکنش تبدیل به کاتیون Zn^{2+} شده است در حقیقت الکترون از دست داده یعنی اکسایش یافته و خود Zn کاهنده است. و از طرفی یون H^+ که در هیدروکلریک اسید بصورت کاتیون در سمت چپ معادله وجود دارد و در سمت راست معادله بصورت گاز هیدروژن درآمده که خنثی است و الکترون جذب کرده کاهش یافته و اکسند است. و نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش و واکنش کلی آن به قرار زیر است.



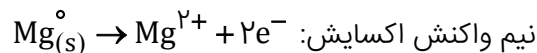
(۲) در هر یک از واکنش‌های زیر، گونه‌های اکسند و کاهنده را مشخص کنید.



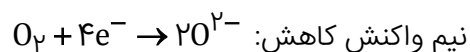
یکی از واکنش‌هایی که برای منبع نور عکاسی در گذشته استفاده می‌شده، واکنش سوختن منیزیم است که نور سفید و خیره‌کننده‌ای تولید می‌کند. به واکنش اکسایش و کاهش زیر دقت کنید.



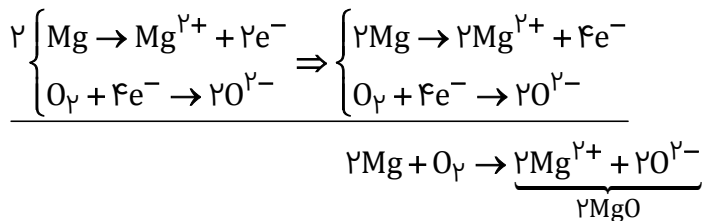
در این واکنش فلز منیزیم طبق نیم واکنش اکسایش زیر الکترون از دست داده و به یون Mg^{2+} تبدیل شده و اکسایش می‌یابد پس خود فلز منیزیم کاهنده است.



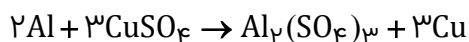
و گاز اکسیژن با جذب الکترون و تشکیل یون منفی (آنیون) کاهش یافته و اکسند است.



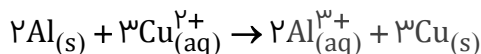
حالا از جمع دو نیم واکنش بالا و برابر کردن تعداد الکترون‌ها در دو نیم واکنش خواهیم داشت:



به عنوان نمونه دیگر به واکنش فلز آلومینیم و مس (II) سولفات که گرماده است دقت کنید.



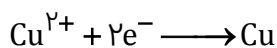
در این واکنش همانطور در انتهای فصل اول گفتیم یون سولفات (SO_4^{2-}) که نقش اساس در واکنش ندارد و یون ناظر یا تماشاچی یا تماشاگر خوانده می شود حذف می کنیم خواهیم داشت:



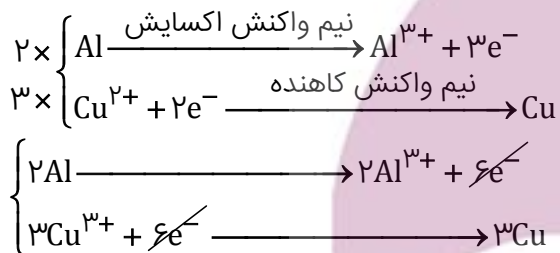
آلومینیم طی یک نیم واکنش اکسایش الکترون های خود را از دست می دهد و کاهنده است.



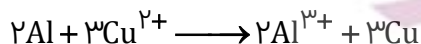
و یون های مس $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ طی یک نیم واکنش کاهش الکترون جذب کرده و اکسند می باشند.



حال از جمع نیم واکنش بالا و برابر کردن تعداد الکترون ها خواهیم داشت.



با ساده کردن تعداد الکترون های برابر و از جمع دو نیم واکنش بالا، واکنش کلی زیر حاصل می شود.



که روابط بالا نشان دهنده این است که میان اتم های آلومینیوم و یون های مس ۶ الکترون مبادله شده است

جدول زیر داده هایی را از قرار دادن برخی تیغه های فلزی درون محلول مس (II) سولفات در دمای 20°C نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.

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

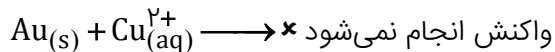
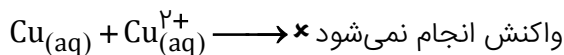
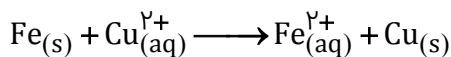
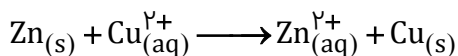


تیغه مسی درون محلول روی سولفات پس از مدت طولانی.

(آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان دهنده چیست؟

نشان دهنده میزان شدت فعالیت شیمیایی این فلزات با محلول مس (II) سولفات است به عبارت دیگر بر اثر قرار دادن تیغه های آهن و روی درون محلول دمای مخلوط واکنش تغییر کرده و می توان نتیجه گرفت واکنش اکسایش و کاهش در

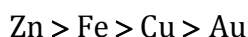
حال انجام شدن است. در حالیکه با قرار دادن تیغه‌های مس و طلا هیچ تغییر دمای نداریم یعنی هیچ واکنش اکسایش و کاهش صورت نگرفته است. به عبارت ساده‌تر داریم:



نکته: نکته جالب‌تر اینکه هر چه تغییر دمای محلول بیشتر باشد، فلز تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون داشته و کاهنده‌تر است با توجه به این قضیه می‌توانیم. قدرت کاهندگی دو فلز آهن و روی را با یکدیگر مقایسه کنید.

(Fe) آهن > (Zn) روی: قدرت کاهندگی

از طرفی فلز طلا (Au) با محلول مورد نظر هیچ واکنشی نمی‌دهد. پس با یک جمع‌بندی به این مقایسه قدرت کاهندگی می‌رسیم.



نکته ۱) تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون متفاوت است به عبارت دیگر فلزها قدرت کاهندگی متفاوت دارند.

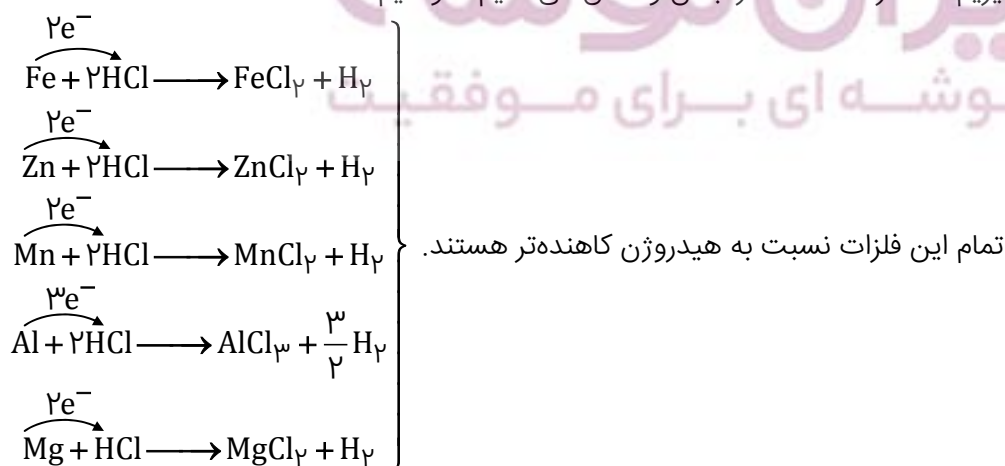
نکته ۲: فلزی که کاهنده قوی‌تر است می‌تواند با یون فلزی که کاهندگی ضعیف‌تر دارد واکنش داده و آن را اکسایش دهد و خود کاهش یابد.

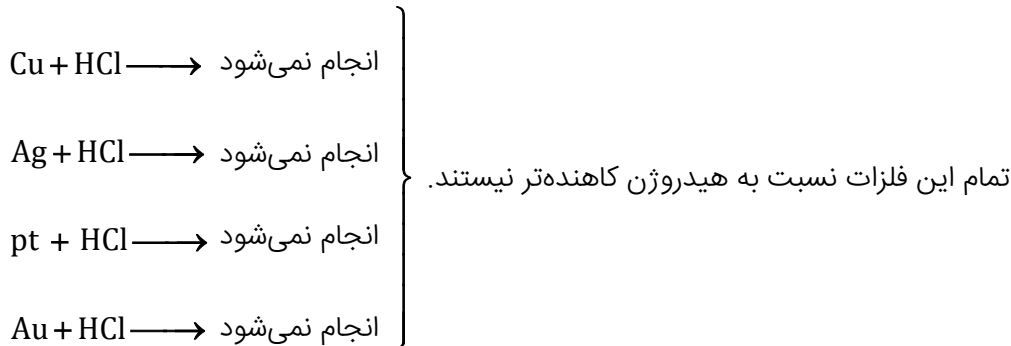


پس با توجه به واکنش‌های بالا هر گاه تیغه‌ی مس درون محلول روی سولفات قرار گیرد هیچ واکنشی انجام نمی‌شود. چون قدرت کاهندگی و از دست دادن الکترون روی بیشتر از مس است. در نتیجه روی می‌خواهد الکترون از دست بدهد نه اینکه جذب کند.

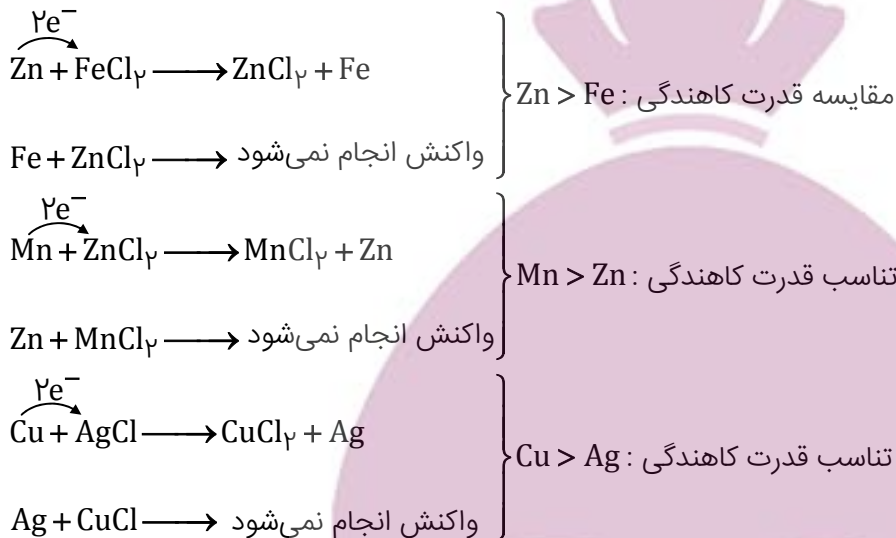
نکته ۳: در واکنش‌های اکسایش و کاهش، مخلوط واکنش گرم می‌شود، زیرا سامانه واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می‌دهد. هر چه گرمای آزاد شده بیشتر باشد، قدرت کاهندگی فلز بیشتر است.

با آزمایش‌های مشابه می‌توان عناصر جدول تناوبی را بر حسب مقایسه قدرت کاهندگی مرتب کرد برای این کار هیدروژن را به عنوان مبنای جدول در نظر می‌گیریم، که فلزات مختلف را با آن واکنش می‌دهیم. خواهیم داشت.





حال نوبت به این می‌رسد که خود فلزات را با یکدیگر مقایسه کنیم تا به یک جدول مرتب شده برسیم.



و الی آخر تا به یک جدول مشابه زیر می‌رسیم.

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ (\text{V})$
$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}(\text{s})$	$+1/50$
$\text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}(\text{s})$	$+1/20$
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	$+0/80$
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	$+0/34$
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	$0/00$
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	$-0/44$
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	$-0/76$
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{s})$	$-1/18$
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	$-1/66$
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	$-2/37$

پتانسیل الکترودی استاندارد (E°): به اختلاف پتانسیل الکتریکی میان تیغه و محلول الکترولیت، در یک الکترود استاندارد، پتانسیل الکترودی استاندارد (E°) می‌گویند که در دمای 25°C و فشار ۱ اتمسفر و غلظت محلول الکترولیت یک مولار اندازه‌گیری شده است.

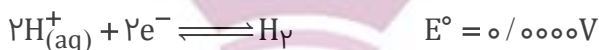
متأسفانه راه مستقیمی برای اندازه‌گیری پتانسیل الکترودی استاندارد (E°) یک الکترود در دسترس نیست اما خوشبختانه می‌توان پتانسیل یک الکترود را به خوبی با پتانسیل الکترود دیگر مقایسه کرد و اختلاف مایع آن دو را بطور نسبی اندازه گرفت.

برای تعیین پتانسیل نسبی هر الکترود، به یک الکترود مرجع نیاز است، بطوریکه پتانسیل مطلق آن بر حسب قرار داد مقدار مشخصی فرض شود، الکترود استاندارد هیدروژن (SHE)، عنوان الکترود مرجع انتخاب شده است و پتانسیل الکترودی آن را

صفر در نظر می‌گیرند. یعنی: $E^\circ_{(SHE)} = 0/000V$

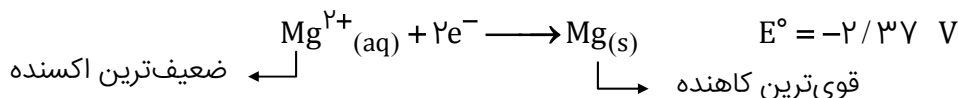
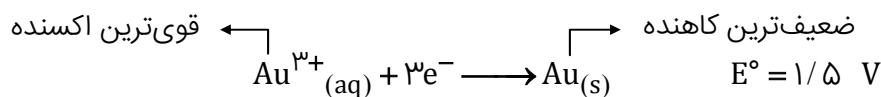
الکترود استاندارد هیدروژن (SHE):

این الکترود تشکیل شده از یک تیغه‌ی پلاتینی (Pt) در محلولی از یک اسیدفولیک با pH_7 که گاز هیدروژن با فشار یک اتمسفر از روی آن عبور می‌کند. و نیم واکنش آن به قرار زیر بوده و مبنای جدول پتانسیل کاهش است.



نکات جدول پتانسیل کاهش استاندارد:

- ۱) تمام واکنش‌ها در این جدول بر اساس کاهش مرتب شده‌اند. یعنی الکترون سمت چپ نیم واکنش قرار می‌گیرد.
- ۲) E° عناصر از بالا به پایین در حال کاهش تدریجی است. یعنی هر چه E° نیم‌واکنش بزرگتر (مثبت‌تر) باشد در مکان بالای در جدول قرار دارد و هر چه E° نیم‌واکنش کوچکتر (منفی‌تر) باشد، در مکان پایین‌تری از جدول قرار دارد.
- ۳) فلزات پایین هیدروژن قدرت کاهندگی بیشتری و فلزات بالای هیدروژن قدرت اکسندگی بیشتر دارند به عبارت دیگر از بالا به پایین قدرت کاهندگی افزایش و قدرت اکسندگی کاهش می‌یابد.
- ۴) هر چه مقدار پتانسیل الکترودی یک نیم‌واکنش بزرگتر (مثبت‌تر) باشند، در سری الکتروشیمیایی در مکان بالاتری قرار دارد و گونه‌ی سمت چپ آن، تمایل بیشتری برای گرفتن و جذب کردن الکترون دارد و اکسندگی قوی‌تری است. به عبارت دیگر از پایین به بالا قدرت اکسندگی افزایش می‌یابد.
- ۵) هر چه مقدار پتانسیل الکترودی یک نیم واکنش کوچکتر (منفی‌تر) باشد، در سری الکتروشیمی در مکان پایین‌تری قرار دارد و گونه‌ی سمت راست آن، تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون یا اکسایش یافتن دارد، در نتیجه کاهنده قوی‌تری است. به عبارت دیگر از بالا به پایین قدرت کاهندگی افزایش می‌یابد.
- ۶) هر قدر E° یک نیم‌واکنش بزرگتر (مثبت‌تر) باشد، گونه سمت چپ نیم‌واکنش تمایل بیشتری برای گرفتن الکترون دارد پس اکسندگی قوی‌تری است. در مقابل، گونه سمت راست نیم‌واکنش تمایل کمتری برای از دست دادن الکترون (اکسیدشدن) دارد مس کاهنده ضعیف‌تری است. به همین ترتیب هر چه E° نیم‌سلول کوچکتر (منفی‌تر) باشد، گونه سمت راست کاهنده قوی‌تری و گونه سمت چپ اکسندگی ضعیف‌تری است پس طبق جدول پتانسیل کاهش استاندارد.



سلول گالوانی (ولتایی): وسیله‌ای که انرژی شیمیایی مواد را به علت تفاوت در قدرت کاهندگی عناصر تبدیل به انرژی الکتریکی می‌نماید.

هر سلول گالوانی از دو نیم سلول آندی و کاتدی تشکیل شده است که شرح آن را در زیر می‌بینید:

آند (قطب منفی)

آند: فلزی است که در جدول صفحه‌ی قبل در مکان پایین‌تری قرار دارد و یا به عبارت دیگر E° کوچکتری دارد.

نیم واکنش اکسایش در آند

$$\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^-$$

(نیم سلول آندی)

کاتد (قطب مثبت)

کاتد: فلزی است که در جدول صفحه قبل در مکان بالاتری قرار دارد و یا به عبارت دیگر E° بزرگتری دارد.

نیم واکنش کاهش در کاتد

$$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu(s)}$$

(نیم سلول کاتدی)

نکات سلول گالوانی:

۱- هر نیم سلول تشکیل شده از یک تیغه فلزی در محلولی از کاتیون خودش به عنوان نمونه تیغه روی باید در محلول مانند روی سولفات، روی کربنات و روی کلرید و باشد.

۲- تیغه‌ی آندی بدلیل انجام نیم واکنش اکسایش لاغر شده و کاهش جرم خواهد داشت.



۳- تیغه‌ی کاتدی بدلیل انجام نیم واکنش کاهش ضخیم شده و افزایش جرم خواهد داشت.



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

۴- جهت جریان در مدار بیرونی (سیم) همیشه از آند (قطب منفی) به کاتد (قطب مثبت) است. چرا؟
پس به طور خلاصه

کاتد	آند
نیم واکنش کاهش (کاتد)	نیم واکنش اکسایش (آندی)
گرفتن الکترون	از دست دادن الکترون
قطب مثبت	قطب منفی

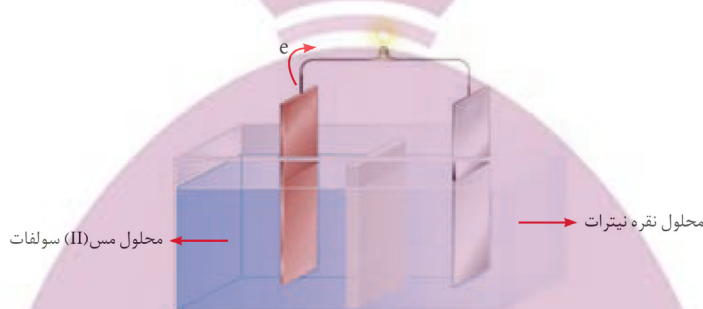
۵- ولتاژ کلی سلول گالوانی یا نیروی الکتروموتوری (emf):

قطب منفی $-E^\circ$ قطب (+) E° اکسایش $-E^\circ$ کاهش E° آند $-E^\circ$ کاتد E° = ولتاژ کلی سلول

به عنوان مثال در همین مثال: $E^\circ_{\text{کل}} = E^\circ_{\text{Cu}} - E^\circ_{\text{Zn}} = +0.34 - (-0.76) = +1.1\text{V}$

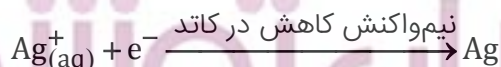
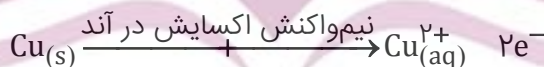
۶- هر چه دو فلز در جدول پتانسیل کاهش از هم دورتر باشند، ولتاژ کلی سلول یا نیروی الکتروموتوری بیشتر است و برعکس.

وظیفه‌ی پل نمکی: از آنجا که در آند نیم‌واکنش اکسایش انجام می‌شود $M(s) \rightarrow M^{n+}_{(aq)} + ne^-$ و لحظه به لحظه بر غلظت کاتیون $M^{n+}_{(aq)}$ افزوده می‌شود و از طرفی در کاتد نیم‌واکنش کاهش انجام می‌شود $N^{n+}_{(aq)} + ne^- \rightarrow N(s)$ و کاتیون درون محلول مصرف می‌شود و فقط آنیون‌ها باقی‌می‌ماند در جهت برقراری تعادل باراکتریکی بین یون‌های نیم سلول از دیواره متخلخل استفاده شود که وظیفه برقراری تعادل بار الکتریکی بین دو نیم سلول را دارد. به این ترتیب کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند در حرکت هستند تا این تعادل ایجاد شود. در خود را بیازمایید ص ۴۶ کتاب درسی به یک سلول گالوانی مس - نقره (Cu - Ag) اشاره شده است:

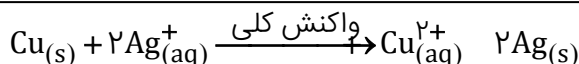
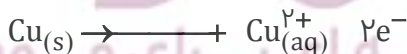


در این سلول: چون مس E° کوچکتری دارد و در مکان پایین‌تری نسبت به نقره قرار دارد، آند (قطب منفی) و نقره که E° بزرگی دارد و در مکان بالاتری نسبت به مس قرار دارد کاتد (قطب مثبت) است.

طبق گفته‌های قبل همیشه نیم‌واکنش اکسایش در آند و نیم‌واکنش کاهش در کاتد صورت می‌گیرد.



در این مرحله برای برابر کردن تعداد الکترون‌ها باید نیم‌واکنش دوم را در عدد ۲ ضرب کنیم



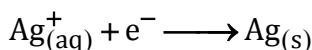
طبق نیم‌واکنش‌های بالا از جرم آند (مس) کاسته شده و بر جرم کاتد (نقره) افزوده می‌شود. و جهت جریان الکترون در مدار خارجی از آند (مس) به کاتد (نقره) بوده و جهت حرکت یون‌ها، کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند در حرکت هستند.

در خود را بیازمایید صفحه ۴۸ کتاب درسی سلول گالوانی نقره - منیزیم را داریم

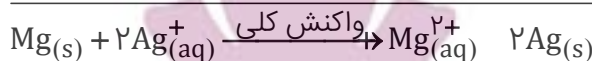
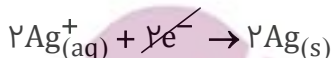
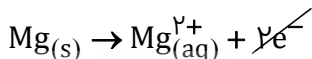
منیزیم که در جدول در مکان پایین‌تری قرار دارد و یا E° کوچکتری دارد نقش آند را برعهده دارد و نیم‌واکنش اکسایش انجام می‌دهد.



و نقره که در جدول در مکان بالاتری قرار دارد و یا E° بزرگتری دارد نقش کاتد را برعهده داشته و نیم‌واکنش کاهش را انجام می‌دهد.



برای برابر کردن تعداد الکترون‌ها باید نیم واکنش کاهش نقره را در عدد ۲ ضرب کنیم، که خواهیم داشت:



لیتیم فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی:

نکاتی چند پیرامون فلز لیتیم:

- ۱- شیمی‌دان‌ها به دنبال ساخت باتری‌های سبکتر، کوچکتر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی هستند که در این زمینه لیتیم نقش اساسی برعهده دارد. چون لیتیم در میان فلزها دارای کمترین چگالی و کمترین E° است.
- ۲- سالانه از میلیاردها باتری لیتیومی درون دستگاه‌های الکترونیک در سرتاسر جهان استفاده می‌شود.
- ۳- از لیتیم در ساخت باتری‌های دگمه‌ای، تلفن و رایانه همراه استفاده می‌شود که بارها قابل شارژ است.
- ۴- در هرتن از نمک دریاچه قم، بیش از ۲۰۰ گرم لیتیم وجود دارد.
- ۵- برخی مواد و فلزهای بکاررفته در باتری و قطعات الکترونیکی مانند لپ تاپ و تلفن همراه، ارزشمند و گران قیمت هستند و می‌توانند منبعی برای بازیافت این مواد بشمار آیند در حالیکه برخی دیگر حاوی فلزهای سنگین هستند که می‌توانند پس از دور ریختن، به محیط زیست آسیب برسانند.

سلول سوختی منبعی برای تولید انرژی سبز:

همانطور که می‌دانید و می‌بینید سوخت‌های فسیلی همچنان مناسبترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها می‌باشند که مصرف بی‌رویه این سوخت‌ها دو اشکال مهم دارد.

- ۱- استخراج و مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی باعث شده تا ذخایر آن به سرعت کاهش یابد
 - ۲- گسترش روزافزون آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، جهان را با چالش نگران‌کننده روبرو کرده است.
- بدین ترتیب باید جایگزینی مناسب برای آنها پیدا کرد تا بتوان به مشکلات بالا غلبه کنیم.

سلول سوختی:

نوعی سلول گالوانی است که امکان تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی را برای ما فراهم می‌کند و دو مشکل مطرح شده در بالا را مرتفع می‌نماید. و دارای برتری‌های زیر نسبت سوخت‌های فسیلی می‌باشد.

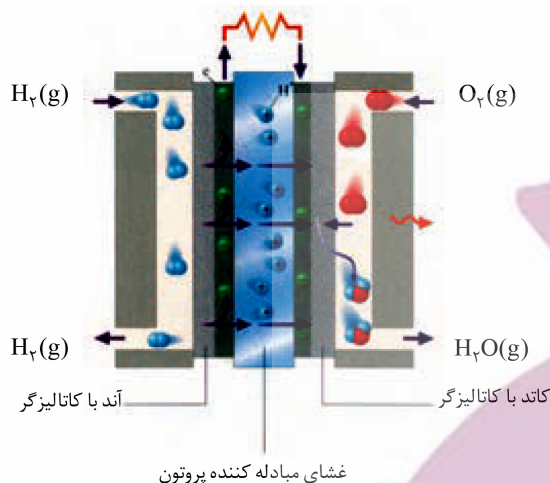
- ۱- کارایی بالا و اتلاف کمتر انرژی به شکل گرما ۲- کاهش ردپای کربن دی‌اکسید ۳- دوستدار محیط زیست ۴- منبع انرژی سبز

سلول سوختی هیدروژن – اکسیژن:

متداولترین سلول سوختی، سلول هیدروژن – اکسیژن است. وسیله‌ای که در آن گازهای هیدروژن و اکسیژن به طور کنترل شده واکنش داده و قسمت اعظم و قابل توجهی از انرژی شیمیایی (نه تمام آن) در حضور کاتالیزگر، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. بازدهی اکسایش گاز هیدروژن در سلول سوختی در حدود ۶۰٪ است به عبارت دیگر در سلول سوختی ۶۰٪ انرژی

شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و بقیه آن (حدود ۴۰٪) به شکل گرما تلف می‌شود. در حالی که سوزاندن مستقیم گاز هیدروژن در موتورهای درون‌سوز بازدهی حدود ۲۰٪ دارد پس کارایی سلول سوختی در این زمینه حدود ۳ برابر است.

در شکل زیر، سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن نمایش داده می‌شود. هر سلول سوختی سه جزء اساسی دارد که عبارتند از: غشاء، الکترود آند و الکترود کاتد، در این سلول آند و کاتد دارای کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش سرعت می‌بخشند.



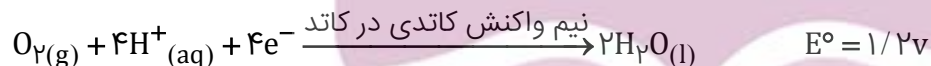
در این سلول، گاز هیدروژن به عنوان سوخت پیوسته وارد سلول می‌شود و در آند، بصورت زیر اکسایش می‌یابند:



همانطور که در شکل می‌بینید، گاز هیدروژن از سمت چپ سلول

وارد شده و در غشای مبادله کننده پروتون اکسایش یافته و یون H^+ را تحویل این غشاء می‌دهد و گاز هیدروژن مصرف نشده از سمت چپ و پایین شکل خارج می‌شود.

یون‌های $\text{H}^+(\text{aq})$ تولید شده در نیم واکنش آندی، از طریق غشای مبادله کننده پروتون به سمت الکترود کاتد (سمت راست) رفته و با گاز اکسیژن که از راست وارد سلول می‌شود، واکنش می‌دهند.



حال از جمع و برابر کردن تعداد الکترون‌ها از دو واکنش بالا داریم:



نکته ۱: در این نوع سلول هم مانند سلول گالوانی جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی (سیم) از آند (قطب منفی) به کاتد (قطب مثبت) است.

نکته ۲: همانطور که از معادله کلی سلول برمی‌آید، محصول سلول سوختی آب می‌باشد که در فضاپیماها و زیردریایی‌ها فرآورده‌ی حیاتی و مهمی است.

نکته ۳: ولتاژهای سلول سوختی:

$$E = E_{\text{آند}} - E_{\text{کاتد}} = 1/2 - 0 = 1/2\text{V}$$

نکته ۴: دو مزیت سلول‌های سوختی بر موتورهای درون‌سوز:

الف) آلودگی زیست محیطی کمتر: چون این نوع سلول‌ها فقط آب تولید می‌کنند در حالیکه در موتورهای درون‌سوز، آب (H_2O) و کربن دی‌اکسید (CO_2) که گازی گلخانه‌ای است تازه اگر خوب کار کنند و درست تنظیم شوند، چون اگر تنظیم نباشد گاز سمی و خطرناک کربن مونوکسید (CO) تولید می‌کنند.

ب) بازدهی و کارایی بالاتر: قبلاً گفتیم که بازدهی سوزاندن هیدروژن در موتور درون‌سوز 20% است در حالیکه اکسایش کنترل شده هیدروژن در سلول سوختی حدود 60% بازدهی دارد.

نکته ۵: تفاوت باتری‌ها با سلول‌های سوختی:

الف) باتری‌ها می‌توانند انرژی شیمیایی را ذخیره کنند در حالیکه در سلول سوختی هیچ ذخیره‌ی انرژی شیمیایی وجود ندارد.

ب) باتری‌ها مواد واکنش‌دهنده و اولیه را در خودشان دارند در حالیکه در سلول سوختی از بیرون وارد می‌شود.

پ) باتری‌ها فقط انرژی الکتریکی تولید می‌کنند در حالیکه در سلول سوختی علاوه بر انرژی الکتریکی، آب هم تولید می‌شود.

عدد اکسایش:

به بار الکتریکی که به طور واقعی یا ظاهری به یک اتم نسبت می‌دهند، عدد اکسایش می‌گویند.

تعیین عدد اکسایش به روش کتاب درسی:

۱) ابتدا ساختار الکترون - نقطه‌ای (لوئیس) مولکول یا یون مورد نظر را رسم می‌کنیم.

۲) اگر دو اتم متصل به هم یکسان باشند، با توجه به الکترون‌گاتیوی (تمایل به جذب الکترون) برابر آن‌ها، الکترون‌های پیوندی را بطور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌کنیم. (از هر جفت پیوندی، یک الکترون به هر اتم نسبت داده می‌شود).

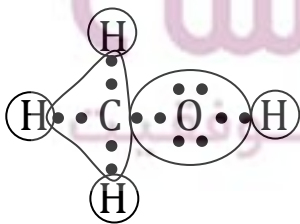
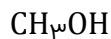
۳) الکترون‌های پیوندی موجود میان دو اتم متفاوت، همگی به اتم الکترون‌گاتیوتر (نافلزتر) تعلق می‌گیرد.

۴) کاملاً واضح که همه‌ی الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت می‌دهیم.

۵) همه‌ی الکترون‌های ظرفیتی نسبت داده شده به اتم مورد نظر (یعنی تمام الکترون‌هایی که تا این مرحله برای اتم حساب کردیم) را می‌شماریم.

۶) تعداد الکترون‌های ظرفیتی نسبت داده شده را از تعداد الکترون‌های ظرفیت اتم مورد نظر کم می‌کنیم تا عدد اکسایش اتم مورد نظر بدست آید. عبارت زیر را از چپ به راست بخوانید.

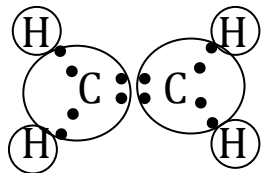
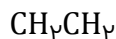
تعداد الکترون‌های نسبت داده شده - تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت = عدد اکسایش اتم



$$-2 = 4 - 6 : \text{عدد اکسایش C}$$

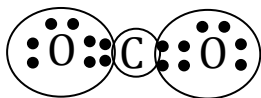
$$-2 = 6 - 8 : \text{عدد اکسایش O}$$

$$+1 = 1 - 0 : \text{عدد اکسایش H ها}$$



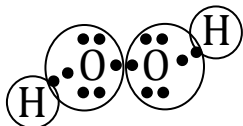
$$-2 = 4 - 6 : \text{عدد اکسایش C}$$

$$+1 = 1 - 0 : \text{عدد اکسایش H ها}$$



$$C : 4 - 0 = +4$$

$$O : 6 - 8 = -2$$



$$H : 1 - 0 = +1$$

$$O : 6 - 7 = -1$$



$$O : 6 - 8 = -2$$

$$Br : 7 - 6 = +1$$

قواعد تعیین عدد اکسایش (روش دوم)

میان‌برهای رسیدن به عدد اکسایش

برای تعیین سریع‌تر عدد اکسایش می‌توان از قواعد زیر استفاده کرد:

(۱) عدد اکسایش هر عنصر در حالت آزاد (نه در ترکیب) برابر صفر است.

به‌طور مثال عدد اکسایش اکسیژن در مولکول‌های O_۲ و O_۳، فسفر در مولکول P_۴، Na در فلز سدیم برابر صفر است.

(۲) عدد اکسایش یون‌های تک‌اتمی برابر بار یون است.

به‌طور مثال عدد اکسایش در یون Fe^{۳+} برابر با «+۳» و کلر Cl⁻ برابر با «-۱» است.

(۳) عدد اکسایش فلئور در ترکیب با بقیه‌ی عناصر همیشه منفی و برابر با «-۱» است.

زیرا فلئور الکترونگاتیوترین عنصر موجود در جدول تناوبی است، مانند عدد اکسایش فلئور در HF، CaF_۲ و OF_۲.

(۴) عدد اکسایش اکسیژن معمولاً در ترکیب با بقیه‌ی عناصر برابر «-۲» است.

به‌طور مثال عدد اکسایش اکسیژن در H_۲O و H_۲SO_۴ برابر «-۲» است.

عدد اکسایش اکسیژن در اکسیدها (O^{۲-}) مانند Na_۲O و CaO همواره برابر با «-۲» است و اما موارد استثنا:

الف) عدد اکسایش اکسیژن در پراکسیدها (O_۲⁻) مانند H_۲O_۲، K_۲O_۲ و CaO_۲ برابر با «-۱» است.

ب) عدد اکسایش اکسیژن در سوپراکسیدها (O_۲⁻) مانند KO_۲ برابر با «-۱/۲» است.

ج) عدد اکسایش اکسیژن در HOF برابر با صفر است.

د) عدد اکسایش اکسیژن در OF_۲ برابر با «+۲» و در O_۲F_۲ برابر با «+۱» است؛ زیرا الکترونگاتیوی فلئور بیشتر از اکسیژن است.

ه) عدد اکسایش هیدروژن در ترکیب‌ها برابر با «+۱» است به جزء هیدریدهای فلزی که برابر با «-۱» می‌باشد.

به طور مثال عدد اکسایش هیدروژن در HCl و H_2O برابر با «+۱» است در حالی که در NaH و CaH_2 برابر با «-۱» می باشد.

۶) عدد اکسایش فلزها در ترکیب های مختلف همیشه مثبت و برابر با ظرفیت آنها است.

به طور مثال عدد اکسایش K در K_2CO_3 برابر «+۱» و عدد اکسایش Fe در $FeCl_3$ برابر با «+۳» است.

عدد اکسایش فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی در ترکیب ها، به ترتیب با «+۱» و «+۲» می باشد.

۷) هرگاه یک نافلز با عنصرهای دیگر (فلز یا نافلز) که الکترونگاتیوی کمتر دارند ترکیب شود، عدد اکسایش عنصر الکترونگاتیوتر- که معمولاً آن را در سمت راست فرمول می نویسند- عددی منفی و برابر با تعداد الکترون هایی است که آن عنصر تمایل دارد بگیرد تا به آرایش گاز نجیب پس از خود برسد.

به طور مثال در ترکیب PBr_3 برم (Br) که در سمت راست فرمول نوشته شده، الکترونگاتیوی بیشتری نسبت به P دارد و با گرفتن یک الکترون به آرایش گاز نجیب می رسد (Br^-) بنابراین عدد اکسایش آن برابر «-۱» است (یادآوری: Br در گروه ۱۷ جدول تناوبی قرار دارد.) دو مثال دیگر: $CS_2 \rightarrow S = -2$ عدد اکسایش $CH_2Cl_2 \rightarrow Cl = -1$ عدد اکسایش به طور کلی عدد اکسایش هالوژن ها در ترکیب با فلزها (مانند $NaCl$ و CaF_2) و هنگامی که به طور مستقیم به اتم متصل شوند (مانند CH_3Br و $COCl_2$) برابر با «-۱» خواهد بود.

۸) جمع جبری عددهای اکسایش در یک ترکیب خنثی (بدون بار) برابر با صفر و در یک یون چند اتمی (مانند NO_3^- و SO_4^{2-}) برابر با بار یون است.

با توجه به این نکته اگر در یک ترکیب خنثی یا باردار، عدد اکسایش یک عنصر مجهول بود، می توان یک معادله تشکیل داد و عدد اکسایش آن ماده را به دست آورد؛ به طور مثال در H_2SO_4 می دانیم که عدد اکسایش اتم های هیدروژن و اکسیژن با توجه به نکات قبل به ترتیب برابر «+۱» و «-۲» است. برای تعیین عدد اکسایش گوگرد می توان معادله ی زیر را حل کرد:

$$H_2SO_4 \rightarrow 2(+1) + x + 4(-2) = 0 \Rightarrow x = +6$$

$$NaClO_4 \rightarrow +1 + x + 4(-2) = 0 \Rightarrow x = +7$$

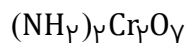
$$CH_2Cl_2 \rightarrow x + 2(+1) + 2(-1) = 0 \Rightarrow x = 0$$

$$PO_4^{3-} \rightarrow x + 4(-2) = -3 \Rightarrow x = +5$$

$$CrO_4^{2-} \rightarrow x + 4(-2) = -2 \Rightarrow x = +6$$

برای تعیین عدد اکسایش در ترکیب های یونی چند اتمی می توان ترکیب را به یون های سازنده اش تفکیک کرد تا راحت تر عدد اکسایش عنصر مورد نظر را به دست آورد.

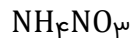
$$NH_4^+ \rightarrow x + 4(+1) = +1 \Rightarrow x = -3$$



$$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2x + 4(-2) = -2 \Rightarrow 2x = 23 \Rightarrow x = +6$$

در ترکیب NH_4NO_3 عدد اکسایش دو اتم نیتروژن با هم متفاوت است، برای تعیین آن باید NH_4NO_3 را به صورت یون های سازنده ی آن یعنی NH_4^+ و NO_3^- نشوته و در دو معادله ی مستقل، عدد اکسایش هر یک را محاسبه کنیم:

$$NH_4^+ \rightarrow x + 4(+1) = +1 \Rightarrow x = -3$$



$$NO_3^- \rightarrow x + 3(-2) = -1 \Rightarrow x = +5$$

نکته ۱: هرگاه در یک واکنش، عدد اکسایش عنصری تغییر کند، واکنش از نوع اکسایش - کاهش است.

نکته ۲: واکنش هایی که در یک سمت معادله، عنصری به حالت آزاد وجود داشته باشد، حتماً از نوع اکسایش - کاهش است.

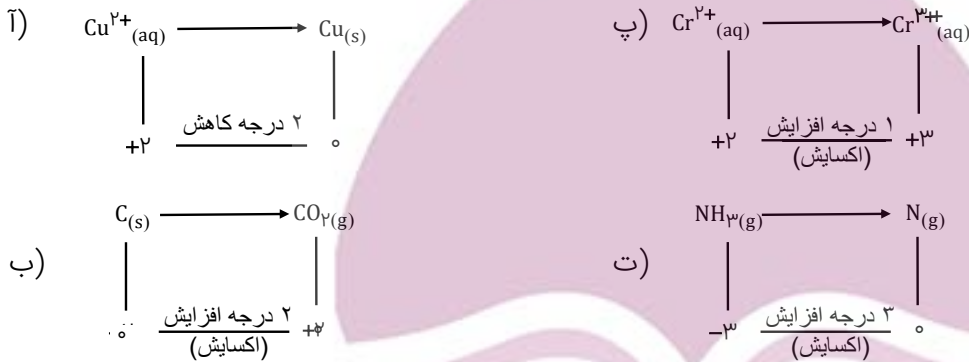
شناسایی گونه‌های اکسده و کاهنده در یک واکنش:

با محاسبه تغییر عدد اکسایش اتم‌ها در یک واکنش، می‌توان گونه‌های اکسده و کاهنده را تعیین کرد. گونه‌ای که در واکنش‌های اکسایش - کاهش الکترون بگیرد (گونه اکسده)، کاهش یافته و عدد اکسایش آن کاهش پیدا می‌کند. از طرفی گونه‌ای که در این واکنش‌ها الکترون از دست بدهد (گونه کاهنده)، اکسایش یافته و عدد اکسایش آن افزایش می‌یابد.

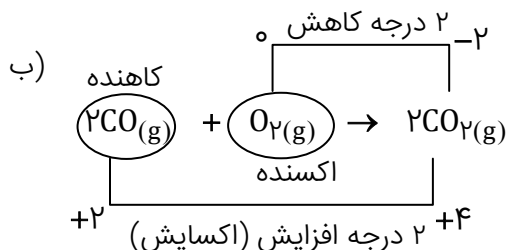
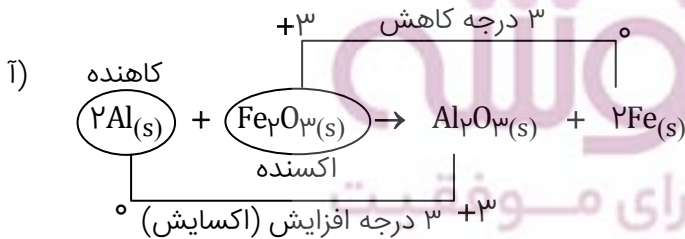
در حقیقت و به طور خلاصه:

گونه اکسده $\xleftarrow{\text{همان}}$ گونه کاهش یافته $\leftarrow$ عدد اکسایش آن کاهش می‌یابد.
 گونه کاهنده $\xleftarrow{\text{همان}}$ گونه اکسایش یافته $\leftarrow$ عدد اکسایش آن افزایش می‌یابد.

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

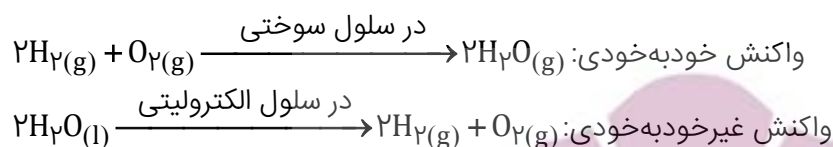


(۲) در هریک از واکنش‌های زیر با محاسبه تغییر عدد اکسایش، گونه کاهنده و اکسده را تعیین کنید.



سلول الکترولیتی:

تا این جا با سلول های گالوانی و سوختی آشنا شدید. سلول هایی که در آن ها با انجام واکنش های اکسایش و کاهش انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. حال به نوعی سلول می رسیم که با اعمال ولتاژ بیرونی انرژی الکتریکی را به انرژی شیمیایی تبدیل می کند که به سلول الکترولیتی معروف است. پس سلول گالوانی و سوختی واکنش خودبخودی داشتند در حالیکه سلول الکترولیتی واکنش غیر خودبخودی دارد یعنی به طور خودبخود انجام نمی شود. برای روشن شدن موضوع به معادلات زیر دقت کنید.



نکته ۱: اعمال ولتاژ بیرونی باید توسط منبع جریان مستقیم مانند باتری باشد نه جریان متناوب مانند برق شهر.

نکته ۲: در سلول های الکترولیتی دو الکترود آند و کاتد درون یک محلول قرار دارند.

نکته ۳: در این سلول معمولاً از الکترودهای بی اثر با رسانایی خوب استفاده می شود مانند زغال - گرافیت و پلاتین

نکته ۴: محلول الکترولیت در این نوع سلول ها باید از یک ترکیب یونی مذاب یا محلول یونی در آب باشد.

نکته ۵: الکترودی که به قطب منفی باتری وصل می شود، کاتد و الکترودی که به قطب مثبت باتری وصل می شود، آند است.

نکته ۶: در محلول الکترولیت این نوع سلول کاتیون ها به سمت کاتد برای کاهش و آنیون ها به سمت آند برای اکسایش حرکت می کنند.

نکته ۷: واکنش سلولی الکترولیتی خود به خودی نیست.

تشابه و تفاوت های سلول های الکترولیتی با سلول های گالوانی:

تشابه:

الف) در هر دو سلول اکسایش در آند و کاهش در کاتد انجام می شود.

ب) حرکت آنیون ها به سمت آند و کاتیون ها به سمت کاتد می باشد.

پ) در هر دو، جهت جریان الکترون ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است.

تفاوت ها:

سلول گالوانی	سلول الکترولیتی
۱) واکنش خودبخودی	۱) واکنش غیرخودبخودی
۲) واکنش گرمازا	۲) واکنش گرماگیر
۳) تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی	۳) تبدیل انرژی الکتریکی به شیمیایی
۴) الکترود: یک تیغه فلزی در محلولی از نمک های خودش	۴) الکترود: پلاتین - گرافیت - زغال
۵) آند (-) کاتد (+)	۵) آند (+) کاتد (-)
۶) در دو نیم سلول انجام می گیرد	۶) در یک نیم سلول انجام می گیرد

برقکافت: تجزیه یک ماده به وسیلهی جریان الکتریسیته را برقکافت یا الکترولیز می‌گویند.

نکات:

- (۱) ظرف برقکافت نوعی سلول الکترولیتی است، بنابراین انرژی الکتریکی را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کند.
- (۲) محلول الکترولیت در برقکافت باید یون‌هایی داشته باشد که بتوانند آزادانه در محلول حرکت کنند و رسانای یونی باشند، بنابراین الکترولیت موجود در این سلول، می‌تواند یک ترکیب یونی مذاب یا محلول یک ماده یونی باشد.
- (۳) منبع جریان الکتریسیته باید، یک منبع جریان مستقیم (DC) مانند باتری باشد و نباید جریان برق متناوب (AC) به الکترودهای سلول برقکافت متصل شود.

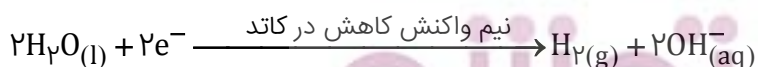
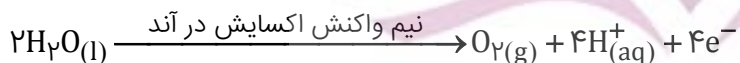
برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن:

همانطور که در بالا گفته شده نوعی از سلول‌ها هستند که با اعمال ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریسیته از درون محلول الکترولیت می‌توانند یک واکنش شیمیایی را خلاف جهت طبیعی به حرکت درآورند. شکل روبه‌رو برقکافت آب را نشان می‌دهد که طی آن به عنصرهای سازنده‌اش یعنی هیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌شود.

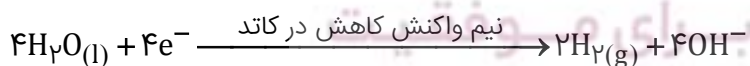
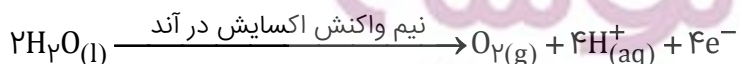


تجزیه آب به عنصرهای سازنده آن با مصرف انرژی الکتریکی

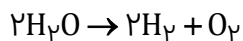
نیم واکنش‌های انجام شده در این سلول الکترولیتی (برقکافت آب) به قرار زیر است.



برای برابر کردن مقدار الکترون در دو نیم واکنش بالا باید نیم واکنش کاهش را در عدد ۲ ضرب کنیم، یعنی خواهیم داشت:



حال با ساده کردن دو معادله بالا خواهیم داشت:



همان‌طور که در نیم واکنش اکسایش مشاهده می‌کنید اطراف الکترود آند، به دلیل تولید یون $(H^+_{(aq)})$ محلول اسیدی است و کاغذ pH به رنگ قرمز درمی‌آید. در اطراف الکترود کاتد، به دلیل تولید یون $(OH^-_{(aq)})$ محلول بازی است و کاغذ pH به رنگ آبی در می‌آید.

در ضمن حجم گاز هیدروژن تولید شده در کاتد دو برابر حجم گاز اکسیژن تولید شده در آند است.

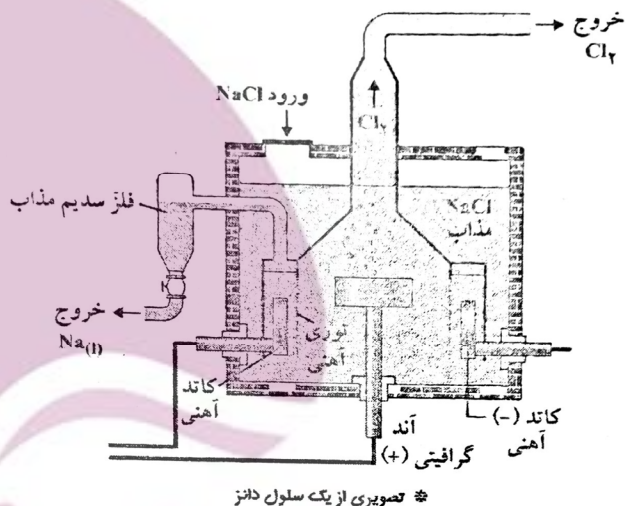
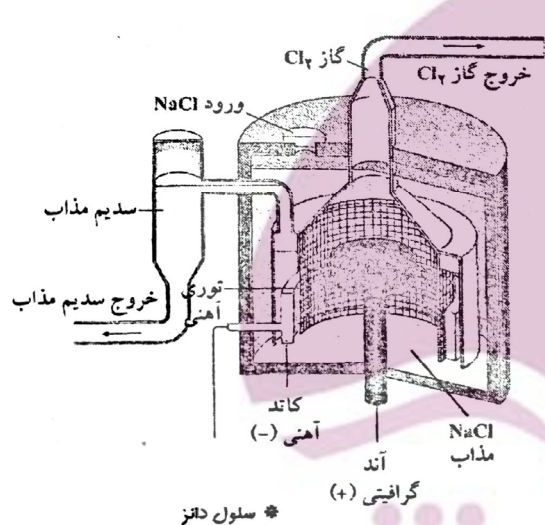
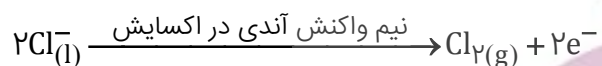
برقکافت سدیم کلرید مذاب (NaCl(l)) و تهیه فلز سدیم:

فلز سدیم به حالت آزاد در طبیعت وجود ندارد چون یک کاهنده قوی با فعالیت شیمیایی بسیار زیاد است. اما ترکیب‌های شیمیایی زیادی از آن بصورت یون سدیم وجود دارد.

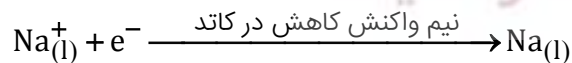
سلول دانز: یک سلول الکترولیتی است که هدف اصلی آن تولید فلز سدیم (Na) از برقکافت سدیم کلرید (NaCl) مذاب است. در مورد سلول دانز باید به موارد زیر توجه نمود.

(۱) سدیم کلرید خالص در دمای 801°C ذوب می‌شود، در سلول دانز با افزودن مقداری CaCl_2 به NaCl ، دمای ذوب NaCl تا 587°C پایین می‌آید. این عمل باعث می‌شود که طی فرآیند برقکافت انرژی کمتری مصرف شود و در نتیجه تولید سدیم، از نظر اقتصادی ارزان‌تر تمام می‌شود.

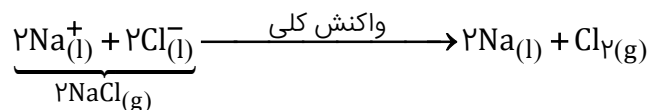
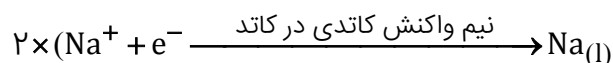
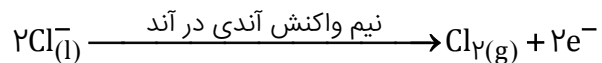
(۲) در سلول دانز آنیون‌های Cl^- به طرف آند مهاجرت می‌کنند و در آنجا اکسایش یافته و تبدیل به گاز کلر می‌شوند، که این گاز از قسمت فوقانی سلول دانز خارج می‌شود. به شکل مقابل دقت کنید.

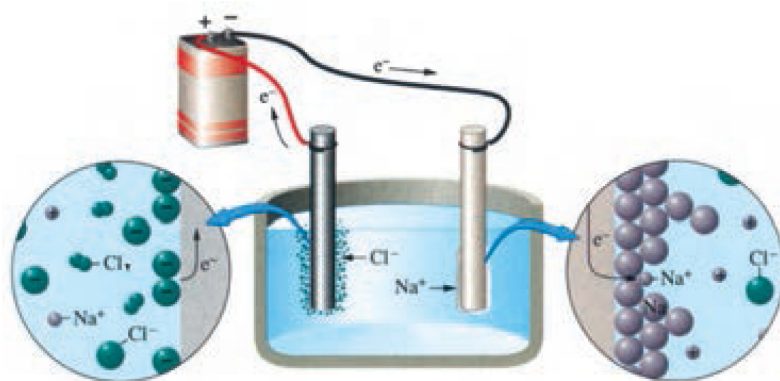


(۳) در سلول دانز، کاتیون‌های Na^+ به طرف کاتد مهاجرت کرده و در آنجا با گرفتن الکترون کاهش می‌یابند و تبدیل به فلز سدیم می‌شوند. البته به دلیل حرارت بالای دستگاه، فلز سدیم حاصل بصورت مذاب است که چون چگالی کمتری نسبت به NaCl دارد روی آن قرار گرفته و از خروجی‌هایی که در جداری دستگاه تعبیه شده است خارج می‌شود.



از نیم واکنش‌های آندی و کاتدی در سلول دانز داریم:

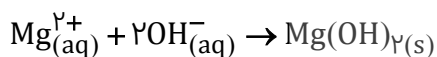




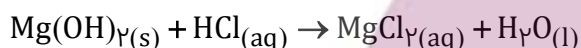
شکل ۱۲- برقکافت سدیم کلرید مذاب

تهیه فلز منیزیم از آب دریا:

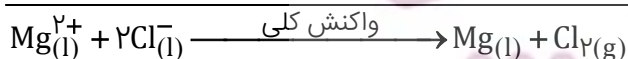
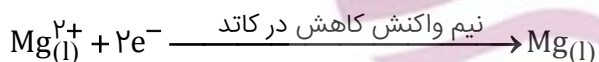
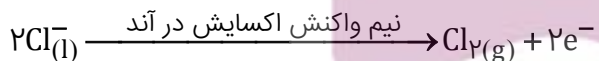
در شیمی سال دهم آموختید که یکی از یون‌های موجود در آب دریا، یون منیزیم $Mg^{2+}_{(aq)}$ است، یون منیزیم موجود در آب دریا با اضافه کردن یون هیدروکسید (OH^-) بصورت رسوب $Mg(OH)_2(s)$ درمی‌آید.



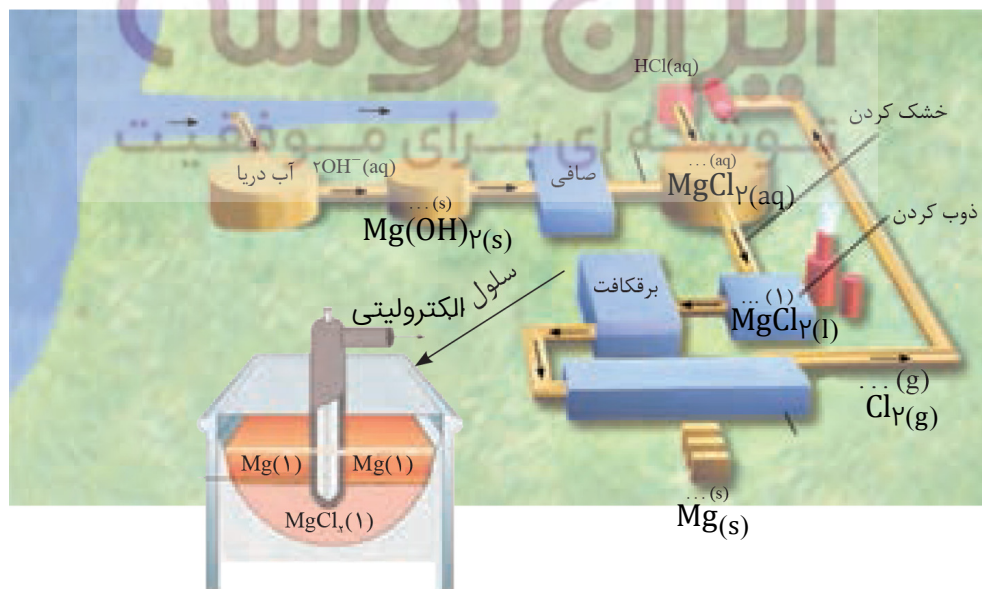
رسوب تشکیل شده در این مرحله را به کمک صافی جداسازی می‌کنند و در مرحله بعد، منیزیم هیدروکسید جامد $Mg(OH)_2(s)$ را با محلول هیدروکلریک اسید $HCl(aq)$ واکنش داده و محلول منیزیم کلرید تشکیل می‌شود.



حال منیزیم کلرید محلول در آب $MgCl_{2(aq)}$ را خشک کرده و آن را به منیزیم کلرید جامد $MgCl_{2(s)}$ تبدیل می‌کنند. سپس منیزیم کلرید جامد را ذوب کرده و در سلول الکترولیتی بر اثر برقکافت به گاز $Cl_2(g)$ و منیزیم مذاب تبدیل می‌کنند.



حال منیزیم تولید شده در این مرحله که به صورت مایع است با سرد کردن به منیزیم جامد تبدیل می‌کنند.



خوردگی فلزات، یک واکنش اکسایش و کاهش ناخواسته:

به فرآیند ترد و خرد شدن و فرو ریختن فلزها بر اثر اکسایش و کاهش، خوردگی گفته می‌شود. خوردگی یک واژه‌ی عام است که در مورد آهن، اغلب زنگ زدن نامیده می‌شود. سیاه شدن نقره و زنگار سبز فلز مس نمونه‌هایی دیگر از خوردگی فلزات هستند.

اکسیژن عنصر بسیار واکنش‌پذیری است، بطوری که می‌تواند اغلب فلزات (به جز فلزهای نجیب یعنی طلا، پلاتین و پالادیم) را به طور خودبه‌خودی اکسید کند.

عوامل دیگری به جز اکسیژن نیز خوردگی فلزها را در پی دارند. برخی فلزها بر اثر مجاورت با آب دریا یا یک محلول اسیدی دچار خوردگی می‌شوند.

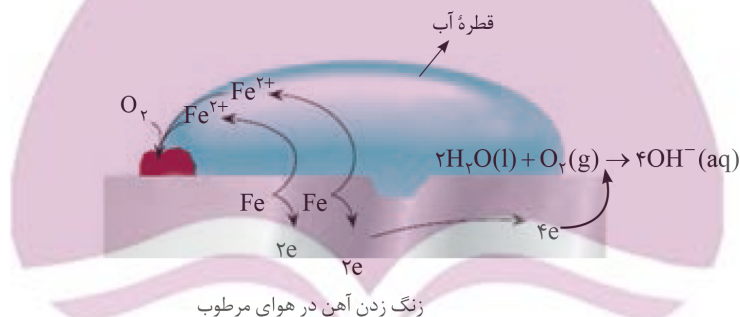
خوردگی فلزات علی‌الخصوص آهن، سالانه خسارات بسیار زیادی به اقتصاد کشورها وارد می‌کند، بطوریکه در کشورهای صنعتی حدود ۲۰٪ از آهن و فولاد تولیدی برای جایگزین کردن قطعات خورده شده مصرف می‌شود.

نکته ۱: از آنجا که پتانسیل کاهش اکسیژن مثبت است هر فلزی که پتانسیل کاهشی منفی داشته باشد، در مقابل اکسیژن و رطوبت هوا، اکسایش انجام داده (خورده می‌شود) و اکسیژن نقش اکسندگی دارد و خود کاهش می‌یابد.

نکته ۲: هر چه E^0 فلزی منفی‌تر باشد سریع‌تر و راحت‌تر اکسایش می‌یابد و خورده می‌شود.

خوردگی آهن:

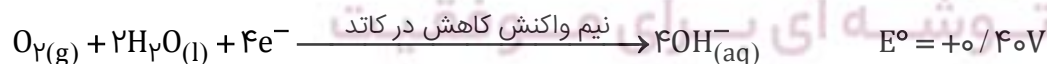
خوردگی آهن یک فرآیند اکسایش و کاهش است و چگونگی انجام آن تا حدودی شبیه سلول‌های گالوانی است.



هنگامی که آهن در معرض رطوبت هوا قرار می‌گیرد؛ دو نیم واکنش اکسایش و کاهش روی می‌دهد که به قرار زیر است:

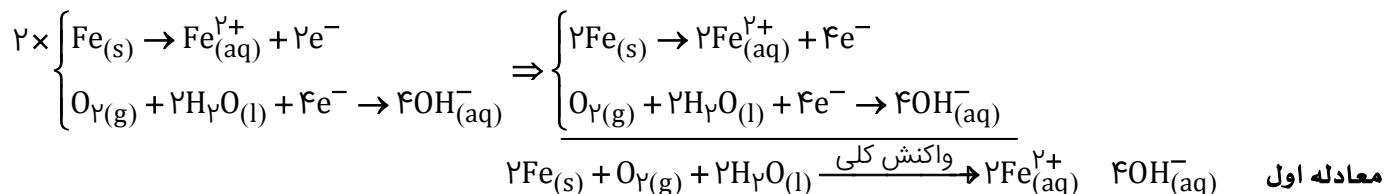


الکترده‌های تولید شده در این نیم واکنش از طریق آهن جابه‌جا شده و به سمت کاتد می‌روند و یون‌های $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ در قطره آب شروع به حرکت می‌کنند.



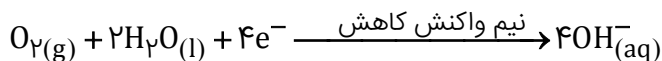
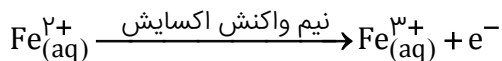
تذکر: فلز آهن به دلیل انتقال الکترون‌ها به رسانای الکترونی یا مدار درونی (یعنی درون آهن) معروف است و یون‌ها برای کامل کردن مدار الکتریکی در قطره‌ی آب جریان می‌یابند.

حال طرفین دو نیم واکنش اکسایش و کاهش را در عددی ضرب می‌کنیم تا تعداد الکترون‌ها برابر شود و با ساده کردن تعداد الکترون‌های برابر به واکنش کلی می‌رسیم.

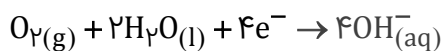
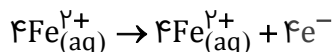


در واکنش بالا اکسیژن نقش اکسنده و آهن نقش کاهنده را برعهده دارند.

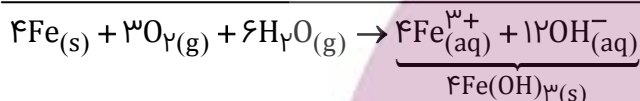
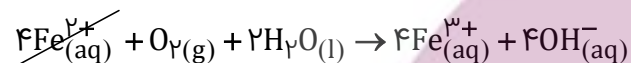
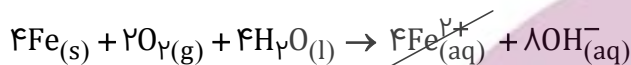
در ادامه کار کاتیونهای Fe^{2+} که در آند تولید شده‌اند می‌توانند در مجاورت گاز اکسیژن، اکسید شده و به یونهای Fe^{3+} تبدیل شوند:



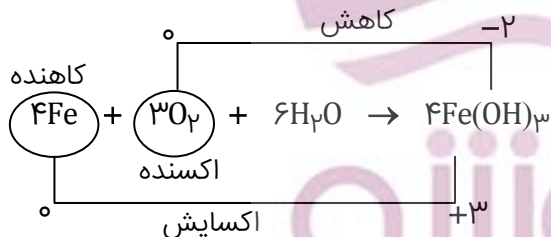
حال طرفین نیم واکنش در اکسایش بالا را در عدد ۴ ضرب کرده و تعداد الکترونهای برابر را ساده می‌کنیم.



حال اگر معادله اول را در عدد ۲ ضرب کنیم و با معادله دوم جمع کنیم، معادله واکنش کلی زنگ زدن آهن بصورت زیر بدست می‌آید.



نکته: طبق کتاب شیمی (۲) یازدهم در صفحه ۱۹ کتاب درسی داشتیم که یونهای Fe^{3+} و OH^{-} با یکدیگر واکنش داده و رسوب $Fe(OH)_3$ قرمز رنگ می‌دهند. که همان فرآورده نهایی خوردگی آهن یا زنگ آهن است.



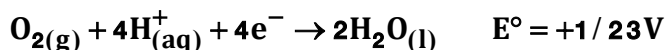
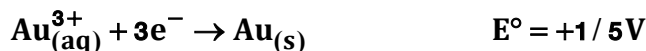
نکته ۱: در واکنش کلی زنگ زدن آهن، آهن نقش کاهنده و اکسیژن نقش اکسنده دارد.

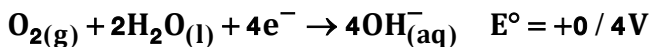
نکته ۲: با توجه به دو نیم واکنش زیر:



خواهیم دید که پتانسیل الکترودی استاندارد اکسیژن (O_2) در محیط اسیدی بزرگتر است، پس قدرت اکسندگی گاز اکسیژن در محیط اسیدی بیشتر است؛ در نتیجه می‌تواند آهن را اکسید کند؛ به عبارت دیگر خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد.

نکته ۳: با توجه به نیم واکنش های :





خواهیم دریافت که فلزهای نجیب مانند طلا و پلاتین و پالادیم که E° بزرگتری نسبت به پتانسیل کاهش استاندارد اکسیژن (O_2)، حتی در محیط اسیدی دارند، بنابراین در محیط مرطوب و حتی در محیط اسیدی اکسید نمی‌شوند و الکترون از دست نمی‌دهند. به همین علت فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان درخشان باقی مانده و زنگ نمی‌زند.

رامهای جلوگیری از زنگ زدن آهن:

برای جلوگیری از زنگ زدن آهن دو روش کلی وجود دارد.

(۱) حفاظت فیزیکی: هر راهی که مانع رسیدن رطوبت به سطح فلز آهن شود مانند زنگ زدن، قیر اندود کردن، روکش دادن، روغن کاری و لعاب دادن و ...

نکته: متأسفانه در روش اول (حفاظت فیزیکی) نمی‌شود به طور کامل از خوردگی پیشگیری کرد، زیرا به تدریج رطوبت و اکسیژن از روزه‌های این پوشش به درون نفوذ کرده و به سطح آن می‌رسد.

(۲) حفاظت کاتدی: در این روش فلزی که دارای E° کوچکتری باشد در تماس با آهن قرار می‌دهند، با حضور رطوبت سلولی تشکیل می‌شود، فلزی که E° کمتر دارد نقش آند را پیدا کرده و خورده می‌شود، در حقیقت فدای کاتد (آهن) شده و از زنگ زدن آهن جلوگیری می‌کند.

نکته ۱: فلزی که E° کوچکتری نسبت به آهن دارد یعنی همان فلز فعال‌تر یا فلز الکترون دهنده‌تر یا همان فلز کاهنده‌تر و در جایگاه پایین‌تری در جدول پتانسیل نسبت به آهن قرار دارد. مانند Mg یا Zn

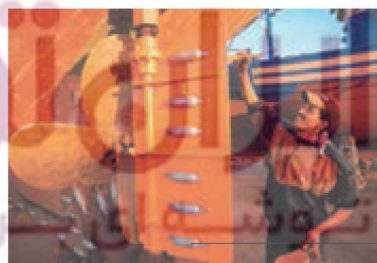
نکته ۲: هر چه فلز در مکان پایین‌تری قرار گیرد حفاظت کاتدی (جلوگیری از زنگ زدن آهن) بهتر انجام می‌شود. به عنوان نمونه در بین دو فلز منیزیم و روی، منیزیم حفاظت بهتری را از آهن انجام می‌دهد.



نکته ۳: برای حفاظت آهن در بدنه کشتی‌ها و لوله‌های نفتی از منیزیم استفاده می‌شود و لازم به ذکر است با گذشت زمان فلز منیزیم اکسایش یافته و مصرف می‌شود و باید هر از گاهی آن‌ها را بررسی کرد و در صورت لزوم تعویض نمود.



(ب)

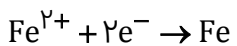


(آ)

حفاظت از آهن با منیزیم، (آ) بدنه کشتی (ب) لوله‌های نفتی

آهن سفید (آهن گالوانیزه):

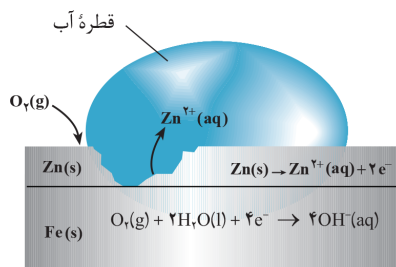
هرگاه یک ورقه‌ای آهنی بوسیله‌ای لایه‌ای نازکی از فلز روی (Zn) پوشیده شود به فلز موردنظر آهن سفید (گالوانیزه) می‌گویند. در آهن سفید فلز روی نه تنها قبل از ایجاد خراش از آهن محافظت می‌کند و روی آن را می‌پوشاند تا رطوبت به سطح آن نرسد، بلکه هنگامی که در سطح آن سفید خراش ایجاد شود نیز همچنان در نقش یک محافظ با وفا! از آهن محافظت می‌کند. برای بررسی دقیق‌تر، فرض می‌کنیم خراش در سطح آهن گالوانیزه ایجاد شده است. در این صورت فلز آهن و فلز روی در مجاورت اکسیژن و رطوبت یک سلول الکتروشیمیایی تشکیل می‌دهند که در آن، فلز آهن نقش کاتد و فلز روی نقش آند را خواهد داشت، زیرا فلز آهن در جدول E° بزرگتری نسبت به روی دارد.



$$E^\circ = -0.44$$

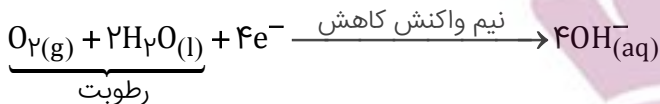
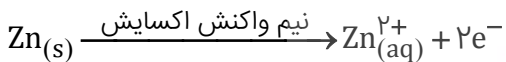


$$E^\circ = -0.76$$

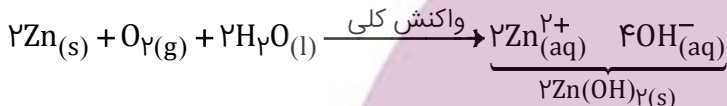
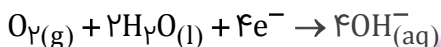
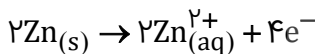


شکل ۱۵- رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

حال به نحوه‌ی مقاومت آهن گالوانیزه در برابر زنگ زدن و مراحل آن دقت کنید.



حال اگر نیم واکنش اکسایش را در عدد ۲ ضرب کنیم و تعداد الکترون‌های برابر را ساده کنیم خواهیم داشت.

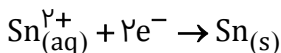


همانطور که از واکنش کلی بالا برمی‌آید، آهن اصلاً در واکنش اکسایش و کاهش شرکت نمی‌کند پس زنگ هم نمی‌زند در حقیقت فلز آهن در نقش کاتد فقط رسانای الکترونی است، سالم و دست نخورده باقی می‌ماند.

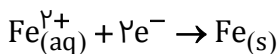
نکته: از آهن گالوانیزه (آهن سفید) در ساخت تانکر آب، کانال کولر، ورق کابینت‌های فلزی و ... استفاده می‌شود.

حلی:

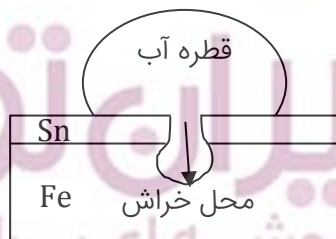
هرگاه آهن را به وسیله یک لایه نازک از فلز قلع (Sn) بپوشانند به فلز حاصل حلی می‌گویند. شکل زیر یک حلی را نشان می‌دهد.



$$E^\circ = -0.14\text{V}$$

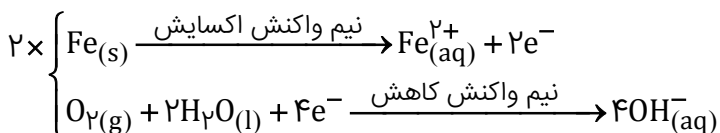


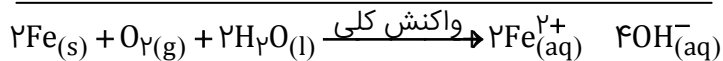
$$E^\circ = -0.44\text{V}$$



قبل از ایجاد خراش، فلز قلع در نقش پوشش محافظ از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند و هیچ‌یک از دو فلز Sn و Fe خورده و پوسیده نمی‌شوند (حفاظت فیزیکی).

نباید تصور نمود که قلع در حلی نقش حفاظت کاتدی آهن را دارد، بلکه حلی با پیدایش یک خراش روی آن برخلاف آهن سفید با سرعت قابل ملاحظه‌ای زنگ می‌زند. زیرا موقعیت آهن در جدول پتانسیل کاهش پائین‌تر از قلع است و با پیدایش خراش، اتم‌های آهن نقش آند را ایفا کرده و الکترون از دست می‌دهند و خورده می‌شوند و در عوض قلع به عنوان کاتد محافظت می‌شود.





نکته ۱: از ورقه های حلبی برای ساختن قوطی های کنسرو و روغن نباتی و بطور کلی ظروف بسته بندی مواد غذایی استفاده می شود.
نکته ۲: چرا با وجود اینکه در حضور خراش، قلع باعث سرعت زنگ زدگی و خوردگی آهن می شود، از فلز قلع استفاده می کنند؟
چون تنها فلزی که در مقابل اسیدهای خوراکی مقاوم بوده و سمی نیست و مواد غذایی در مجاورت این فلز مدت بیشتری محفوظ می ماند، فلز قلع است.

نکته ۳: برخلاف حلبی از آهن گالوانیزه نمی توان برای ساختن ظروف بسته بندی مواد غذایی استفاده کرد، زیرا مواد غذایی در مجاورت فلز روی (Zn) فاسد شده و بوی بد می گیرند چون فلز روی با سرعت با اسیدهای خوراکی واکنش داده و به $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$ تبدیل می شود.



آبکاری:

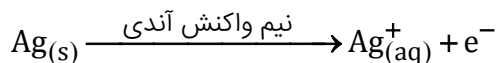
پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی که به کمک سلول الکترولیتی انجام می شود را آبکاری گویند.
در فرآیند آبکاری دانستن موارد زیر بر شما واجب است.

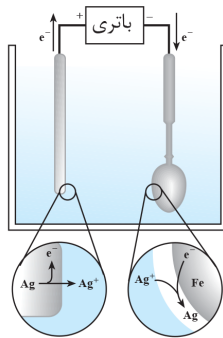
۱) جسمی را که روکش فلزی روی آن ایجاد می شود به عنوان کاتد (قطب منفی) سلول الکترولیتی قرار می دهند؛ یعنی آن را به قطب منفی باتری وصل می کنند و در ضمن این جسم باید حتماً رسانای جریان برق باشد.

۲) فلزی را که قرار است روی جسم مورد نظر بنشیند (فلز پوشاننده) به عنوان آنود (قطب مثبت) سلول الکترولیتی قرار می دهند؛ یعنی آن را به قطب مثبت باتری وصل می کنند.

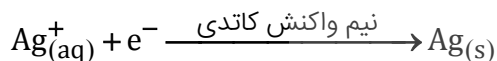
۳) الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای یون های فلزی باشد که قرار است بر روی جسم مورد نظر ما قرار گیرد؛ به عبارت دیگر باید دارای کاتیون فلز آنود (فلز پوشاننده) باشد.

به عنوان نمونه، برای آبکاری یک قاشق آهنی با نقره از یک سلول الکترولیتی مانند شکل روبه رو استفاده می کنیم: در آنود، ابتدا اتم های نقره طی فرآیند اکسایش به یون های نقره تبدیل می شوند (با پیشرفت واکنش، تیغه ی آنود لاغر می شود)



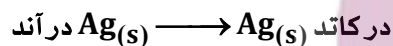
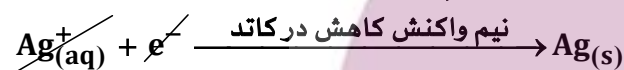


در کاتد نیز یون‌های نقره‌ی موجود در محلول الکترولیت کاهش یافته و به صورت یک لایه‌ی نازک فلز نقره بر روی قاشق قرار می‌گیرند (با پیشرفت واکنش، تیغه‌ی کاتد چاق‌تر و ضخیم‌تر می‌شود)



همان‌طور که دیدید در فرآیند آبکاری، نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی هر دو مربوط به فلز پوشاننده (در این جا نقره) می‌باشند.

نکته: غلظت یون $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$ در محلول الکترولیت ثابت است چون هر چه قدر درآند تولید شود به همان میزان در کاتد مصرف می‌شود.



پیش از آبکاری پس از آبکاری

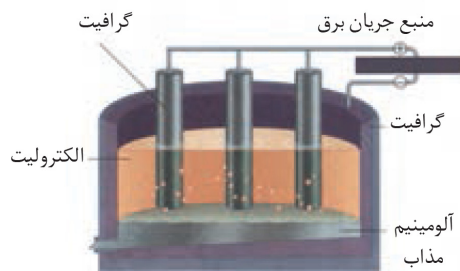


فرآیند هال:

آلومینیم یکی از فلزهایی است که به علت داشتن E° کوچک و قدرت کاهندگی بالا $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$ $E^\circ = -1/66\text{V}$ به سرعت اکسایش می‌یابد، اما مانند آهن خورده نمی‌شود و علت این است که با تشکیل لایه چسبنده و متراکم (Al_2O_3) از ادامه اکسایش محافظت می‌شود و لایه‌های زیرین برای مدت طولانی دست نخورده باقی می‌مانند و استحکام خود را حفظ می‌کنند. به همین دلیل فعالیت شیمیایی و کاهندگی بالا در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود. از این رو تنها می‌توان آن را از برق‌کافت نمک‌های مذاب آن بدست آورد. همین ویژگی آلومینیم باعث شده که از آن در ساخت لوازم خانگی، هواپیما، کشتی و ... استفاده شود.

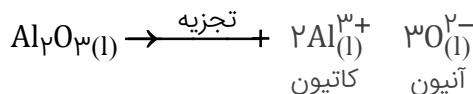
برای تولید آلومینیم در صنعت از فرآیند هال استفاده می‌شود به این ترتیب که سنگ معدن طبیعی آلومینیم که بوکسیت (Al_2O_3) نام دارد مذاب کرده و آن را برق‌کافت می‌کنند.

سلول الکترولیتی که در آن این عمل انجام می‌شود با توجه به شکل دارای دو قطب آند (+) و کاتد (-)، گرافیتی می‌باشد. با دقت در شکل خواهیم دید که بدنه (دیواره و کف سلول) نقش قطب کاتد (-) و تیغه‌های آندی (+) در بالای سلول قرار گرفته‌اند و الکترولیت نیز حاوی Al_2O_3 مذاب است.

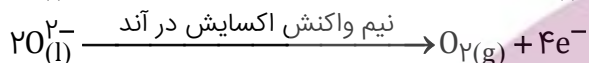
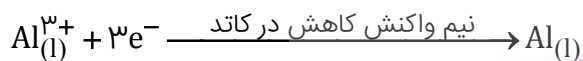


فرایند هال برای تولید آلومینیم از Al_2O_3

ابتدا به واکنش تجزیه Al_2O_3 مذاب و سپس به نیم واکنش‌های انجام شده در آند و کاتد دقت کنید:

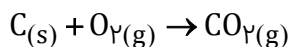


همان‌طور که قبلاً گفتیم کاتیون به سمت کاتد رفته و در آنجا کاهش می‌یابد و آنیون نیز به سمت آند رفته و در آنجا اکسایش می‌یابد.

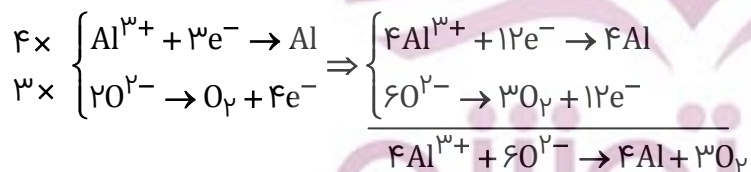


از آنجا که چگالی آلومینیوم مذاب بدست آمده از الکترولیت موجود در سلول بیشتر است، آلومینیوم در ته ظرف برکافت جمع می‌شود و از طریق لوله‌ی تعبیه شده در سمت چپ سلول خارج می‌گردد.

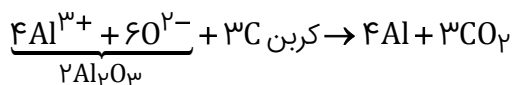
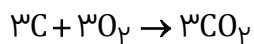
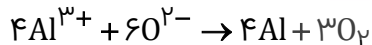
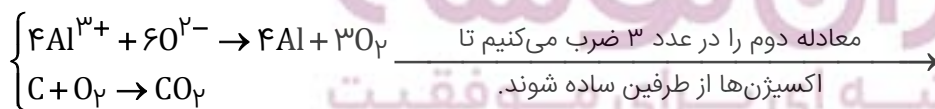
با توجه به نیم واکنش اکسایش (آندی)، گاز اکسیژن تولید شده در آند در دمای بالا با تیغه‌های گرافیتی (C) واکنش داده و کربن دی‌اکسید (CO_2) تولید می‌کند.



حال برای اینکه به معادله کلی واکنش برسیم به مراحل زیر دقت کنید، ابتدا باید تعداد الکترون‌ها را در دو نیم واکنش اکسایش و کاهش برابر و ساده کنیم.



با توجه به تولید گاز CO_2 طبق توضیحات بالا در آند خواهیم داشت:



که به معادله کلی $2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$ خواهیم رسید.

نکته: فرایند هال برای مذاب کردن Al_2O_3 ، به مقدار بسیار زیادی انرژی الکتریکی که هزینه بالایی دارد، نیاز دارد، بنابراین بازیافت فلز آلومینیوم به صرفه‌ترین راه برای تولید آن است. در ضمن با بازیافت این فلز می‌توان عمر منابع تجزیه‌ناپذیر این فلز را طولانی کرد. به عنوان نمونه، تولید قوطی‌های آلومینیومی از قوطی‌های کهنه، فقط به ۷٪ از انرژی لازم برای تهیه همان مقدار قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

جامدها: موادی که بصورت بلوری بوده و ذرات تشکیل دهنده‌ی آن (اتم‌ها، مولکول یا یون‌ها) به شکل منظم و در مکان‌های مشخصی نسبت به هم قرار گرفته‌اند، را جامد می‌گویند که به چهار دسته تقسیم می‌شوند.

(۱) جامدهای مولکولی (۲) جامدهای کووالانسی (۳) جامدهای یونی (۴) جامدهای فلزی

(۱) جامدهای مولکولی: در این نوع ترکیبات، اتم‌ها با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به هم متصل شده و مولکول‌های مستقل را می‌سازند. (مولکول‌های مجزا از هم) پس به طور کلی مولکول‌های سازنده‌ی آن‌ها مجزا و قابل تشخیص از یکدیگرند و دارای نیروی بین مولکولی از نوع واندروالسی یا پیوند هیدروژنی هستند به همین علت نقطه ذوب و جوش پایینی دارند.

نمونه‌هایی از مواد مولکولی که در دماهای مختلف حالت‌ها و فازهای متفاوتی دارند.

H_2 و N_2 و O_2 و F_2 و Cl_2 و CO_2 و از جامدات مولکولی هستند که در دما و فشار اتاق به حالت گاز وجود دارند، Br_2 به حالت مایع و I_2 ، فسفر، گوگرد و شکر در دمای اتاق به حالت جامد وجود دارند.

نکته: ترکیبات مولکولی الزاماً همگی در دما و فشار اتاق جامد نیستند.

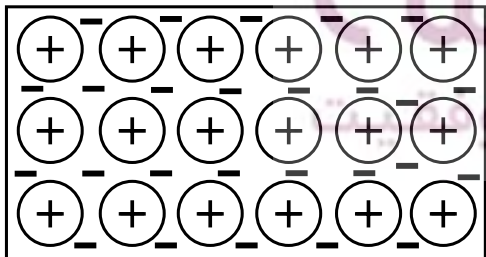
(۲) جامدهای کووالانسی: جامدهایی هستند که در آن همه‌ی اتم‌ها بوسیله‌ی پیوندهای کووالانسی به یکدیگر متصل شده‌اند و شبکه‌های غول‌آسای و دو بعدی و سه بعدی را ایجاد می‌کنند. پیوندهای کووالانسی بسیار قوی بوده و این نوع جامدات دیرگداز و از سوی دیگر شکننده‌اند و عنصرهای اصلی سازنده‌ی آن در طبیعت کربن (C) و سیلیسیم (Si) است.

(۳) جامدهای یونی: ترکیباتی که شامل نمک‌ها، سولفیدها، هیدروکسیدها، اکسیدها و بطور کلی ترکیبات فلزات و نافلزات هستند که بر اثر تشکیل پیوند یونی ایجاد می‌شوند.

در این نوع ترکیبات چون فلزات تمایل به از دست دادن الکترون و نافلزات تمایل به جذب الکترون دارند، انتقال الکترون از فلز به نافلز را شاهد هستیم. در جریان این انتقال الکترون، یون‌های مثبت (کاتیون) و یون‌های منفی (آنیون) تشکیل می‌شوند که نسبت به هم جاذبه داشته و با یک آرایش منظم کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. این ترکیبات در حالت جامد نارسا و در حالت مذاب و محلول رسانای جریان الکتریسیته هستند. که معروف‌ترین این نوع جامدات (NaCl) است. این پیوند بسیار قوی بوده به همین دلیل جامدات یونی دیرگداز بوده و نقطه ذوب و جوش بالایی دارند. البته خاصیت چکش‌خواری نداشته و در اثر ضربه چکش خرد می‌شوند.

(۴) جامدهای فلزی: در این نوع جامدات که شامل فلزها می‌باشد، یون‌های مثبت در دریایی از الکترون آزاد، قرار گرفته‌اند و به همین علت است که بر اثر ضربه خرد نمی‌شوند و با وجود ضربه یون‌های مثبت به هر شکلی حرکت کنند، الکترون‌های آزاد دور تا دور آن را دو باره می‌گیرند و به همین ترتیب بر اثر ضربه تغییر شکل می‌دهند و باز هم به همین علت وجود الکترون‌های آزاد است که فلزات رسانای جریان برق می‌باشند.

پیوند فلزی نیز از نوع پیوندهای قوی است.



مثال	رسانایی الکتریکی	نقطه ذوب و جوش	نوع پیوند	اجزای سازنده	نوع جامد	
$H_2O - HCl - CO_2$	ندارد	کم	کووالانسی	مولکول‌های مستقل و جدا از هم	جامد مولکولی	۱
الماس - SiO_2 - گرافیت	ندارد (به جز گرافیت)	زیاد	کووالانسی	اتم‌ها در شبکه‌ی دو بعدی یا سه بعدی	جامد کووالانسی	۲
$CaO - KCl - NaCl$	در حالت جامد نارسا - در حالت مذاب و محلول رسا	زیاد	یونی	کاتیون‌ها و آنیون‌ها	جامد یونی	۳
$Au - Cu - Fe$ $Mg - Na$	دارد	متفاوت (برخی نقطه ذوب و جوش بالا و برخی پایین)	فلزی	یون‌های مثبت در دریایی از الکترون‌های نامستقر	جامد فلزی	۴

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

(۱) محیط و شیوه‌ی زندگی
 (۲) آیین‌ها و آداب و رسوم
 (۳) 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 بشمار می‌روند.

مواد اولیه برای ساخت آثار باستانی باید ویژگی‌های زیر را داشته باشند.

(۱) فراوانی و در دسترس بودن (۲) استحکام زیاد (۳) واکنش‌پذیری کم (۴) پایداری مناسب

نکته: با توجه به مطالب گفته شده در بالا، هرچه طول عمر آثار باستانی برجای مانده بیشتر باشد، مواد اولیه آن‌ها استحکام و پایداری بیشتری داشته است.

با رشد و پیشرفت علوم به ویژه شیمی، پرده از اسرار ماندگاری این آثار برداشته شده تا پایداری برای ساخت سازه‌ها و بناهای امروزی فراهم گردد. برای این منظور، شیمی‌دان‌ها در گام نخست، نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازنده‌ی آثار به‌جا مانده را بررسی کردند و در گام بعدی با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری دست یابند که خواص ویژه با کاربردهای معین داشتند. به نظر برخی از دانشمندان و متخصصین، چنین موادی را می‌توان مبنای کار و کلید موفقیت طراحان، هنرمندان و مهندسان برای خلق سازه‌های زیبا و ماندگار امروزی دانست.

درصد جرمی: مقدار گرم ماده‌ی موردنظر درصد گرم از کل نمونه را درصد جرمی می‌گویند که در کلاس دهم با آن آشنا شدید.

$$\text{درصد جرمی ماده } x = \frac{\text{جرم ماده } x}{\text{جرم کل نمونه}} \times 100$$

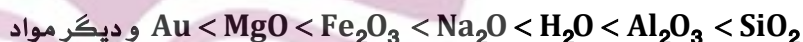
خاک رُس: خاک رس از اولین موادی است که بشر برای نیازهای روزمره از آن استفاده می‌کرده و دامنه‌ای بسیار بزرگ از آجر تا ظروف چینی را در برمی‌گیرد.

خاک رس مخلوطی از اکسیدهای عمدتاً فلزی تشکیل شده است به جز طلا (Au) که به شکل عنصری و کمتر از ۱/۰ درصد جرمی می‌باشد.

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

همانطور که از جدول بالا برمی‌آید. مواد اصلی تشکیل دهنده‌ی خاک رس عمدتاً سیلیس یا سیلیسیم دی‌اکسید (SiO_۲)، بوکسیت یا آلومینیوم اکسید (Al_۲O_۳) و آب (H_۲O) است. از سدیم اکسید (Na_۲O)، آهن (III) اکسید (Fe_۲O_۳)، منیزیم اکسید (MgO) به مقدار کمتری در مخلوط خاک رس وجود دارند و لازم به ذکر است که مقادیر بسیار ناچیزی از طلا و دیگر مواد هم در آن وجود دارد.

نکته: مقایسه درصد جرمی ترکیبات سازنده خاک رس:



اگر قرار باشد مواد بالا را در سه شکل زیر دسته بندی کنیم:

(شکل آ) جامدات یونی، شامل Fe_۲O_۳ – MgO – Na_۲O و Al_۲O_۳ است.

(شکل ب) جامد مولکولی، که شامل آب (H_۲O) است.

(شکل پ) جامد فلزی که همان طلا (Au) است.

سیلیسیم (Si):

۱- به شکل آزاد در طبیعت وجود ندارد.

۲- دومین عنصر فراوان در پوسته‌ی جامد زمین بعد از اکسیژن است.

۳- بطور عمده به شکل سیلیس (SiO_۲) یافت می‌شود. (فراوان‌ترین اکسید در لایه زمین)

۴- بر اثر ضربه خرد می‌شود و رسانایی الکتریکی کمی دارد و درخشان است.

۵- شبه فلز است و در دوره ۳ و گروه ۱۴ جدول تناوبی قرار دارد.

نکته: ترکیب‌هایی از سیلیسیم (Si) و اکسیژن (O) بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند.

سیلیس یا سیلیسیم دی اکسید (SiO_۲):

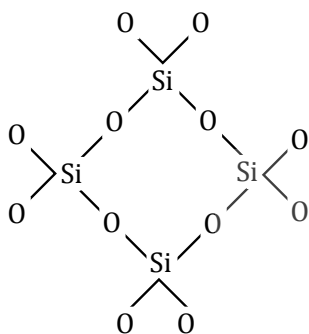
۱- جامد کووالانسی است.

۲- ساختار منظم از اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن در سه بعد دارد و به همین دلیل دیرگداز و سخت است.

۳- کوارتز از جمله نمونه‌های خالص و ماسه از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است.

۴- افزودن بر خاک رس، یکی از اجزای سازنده‌ی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و نیز شن و ماسه است، وجود این ماده باعث استحکام و ماندگاری سازه‌های سنگی و نقشکنده‌ای بر روی آن‌هاست.

۵- در هر واحد از (SiO_2) یک اتم سیلیسیم به چهار اتم اکسیژن متصل است و هر اتم اکسیژن با ۲ اتم سیلیسیم (شکل زیر)



۶- شبکه‌ای غول‌آسا از اتم‌ها با پیوند اشتراکی در سرتاسر بلور است.

۷- هر واحد از این ساختار با پل $Si-O-Si$ به دیگر واحدها متصل است.

نکته: ساختار CO_2 و SiO_2 تفاوت دارد. شکل ساختاری CO_2 به صورت $O=C=O$ است. شکل ساختاری SiO_2 بصورت بالا

می‌باشد. به همین علت SiO_2 شبکه‌ای غول‌آسا دارد و مولکول CO_2 جامد مولکولی و جدا از هم هستند.

با توجه به نکات گفته شده در بالا می‌توان گفت SiO_2 سخت، محکم و دیرگداز با نقطه ذوب و جوش بالا است درحالی‌که CO_2 نقطه ذوب و جوش پایین دارد زیرا در ساختار خود از مولکول‌های مجزا تشکیل شده است.

گرافیت و الماس:

گرافیت و الماس هر دو از عنصر سازنده‌ی کربن (C) تشکیل شده‌اند، که تفاوت‌های آن‌ها را می‌توان بصورت دسته‌بندی شده در جدول زیر توضیح داد.

دگرشکل: به شکل‌های مختلف یک عنصر دگرشکل می‌گویند. مانند کربن که به شکل‌های الماس و گرافیت وجود دارد.

نوع دگرشکل	الماس	گرافیت
ساختار	چینش سه بعدی	ساختار لایه‌لایه با چینش دو بعدی اتم‌ها در هر لایه
هر اتم کربن با چند اتم مجاور پیوند می‌دهد؟	۴	۳
چگالی	بیشتر	کمتر
سختی / نرمی	سختی بالا (فشردگی بالا)	نرم (فشردگی کم)
کاربرد	ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه	ساخت مغز مداد

نکته: به دو دلیل در ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه از الماس استفاده می‌شود که این دو دلیل عبارتند از:

۱- سختی و استحکام بالا ۲- گرمای زیاد بر اثر اصطحلاک تولید شده، باعث ذوب نمی‌شود چون الماس دیرگداز است.

ساختار لایه‌ای گرافیت سبب می‌شود که با حرکت مداد بر روی کاغذ لایه، لایه از گرافیت جدا شده و به روی کاغذ بچسبد.

با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

Si-Si	C-C	پیوند
۲۲۶	۳۴۸	میانگین آنتالپی (kJmol^{-1})

(آ) اگر سیلیسیم خالص ساختاری همانند الماس داشته باشد، پیش‌بینی کنید نقطه ذوب الماس بالاتر است یا سیلیسیم؟ چرا؟
الماس چون آنتالپی پیوند بیشتری دارد پس استحکام آن بالاتر است و برای ذوب آن باید انرژی بیشتری صرف شود.

(ب) اگر آنتالپی پیوند Si-O بیشتر از پیوند Si-Si و ساختار Si(s) با $\text{SiO}_2(\text{s})$ مشابه باشد، توضیح دهید چرا سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به طور عمده به شکل سیلیس یافت می‌شود؟

زیرا پیوندهای Si-Si در در سیلیسیم زودتر از پیوندهای Si-O در سیلیس می‌شکند در نتیجه واکنش پذیری سیلیسیم از سیلیس بیشتر است پس سیلیسیم با تبدیل شدن به سیلیس، محتوای انرژی خود را کاهش داده و پایدارتر می‌شود.

گرافن: همانطور که قبلاً گفته شد، گرافیت ساختار لایه‌ای دارد و در هر لایه اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی، حلقه‌های شش ضلعی (مانند کندوی زنبور عسل) تشکیل داده‌اند، به هر لایه بسیار نازک از گرافیت، گرافن می‌گویند. که دارای ویژگی‌های زیر است.

(۱) تک لایه‌ای از گرافیت است.

(۲) در آن اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش گوشه تشکیل داده اند. (مانند کندوی زنبور عسل)

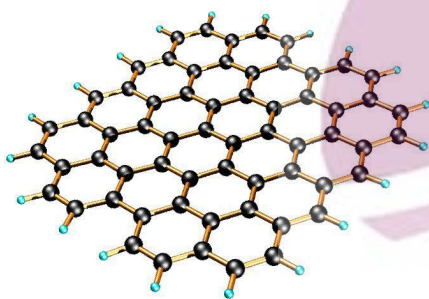
(۳) استحکام ویژه‌ای دارد و مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است.

(۴) ضخامت گرافن به اندازه یک اتم کربن است پس یک گونه شیمیایی دو بعدی است

(۵) جامد کووالانسی است.

(۶) شفاف و انعطاف‌پذیر است.

(۷) و رسانای جریان الکتریسیته باشد.



روش تهیه گرافن:

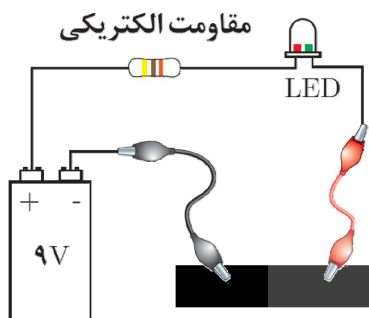
در این روش، نخست، مقداری گرد گرافیت را بین دو تکه نوار چسب فشار می‌دهند. سپس یکی از نوارچسب‌ها را جدا می‌کنند.

در این مرحله لایه‌ای نازک از گرافیت روی سطح چسبنده نوارچسب قرار می‌گیرد. سپس این نوارچسب را به سطح چسبنده نوارچسب سوم چسبانده، فشار می‌دهند و از هم جدا می‌کنند تا لایه نازک‌تری از گرافیت روی نوارچسب سوم باقی بماند.

با ادامه این کار لایه‌ای به ضخامت نانومتر [هر نانومتر (nm) یک میلیارد متر یا 10^{-9} m است] در برخی قسمت‌های نوارچسب باقی می‌ماند که همان گرافن است.

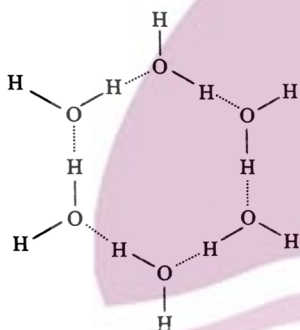


همانطور که بارها گفته شد و می‌دانیم گرافیت، رسانای جریان الکتریسیته است، اگر بر روی یک کاغذ با یک مداد یک شکل مستطیل رسم نمود و داخل مستطیل را با همان مداد پررنگ کنیم و نوک فلزی دو سیم رابط را با مستطیل گرافیتی رسم شده تماس دهیم، خواهیم دید که لامپ LED روشن می‌شود. حال اگر دو سیم رابط را به هم نزدیک کنیم، بدلیل کم شدن مقاومت گرافیت و افزایش جریان برق، شدت روشنایی لامپ افزایش میابد و برعکس.

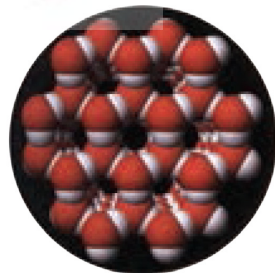


سازه‌های یخی، زیبا و سخت اما زودگذر:

یخ و سیلیس از نظر ظاهری بسیار شبیه به هم هستند و البته از نظر ساختاری تفاوت‌هایی دارند که بررسی خواهیم کرد. مولکول آب دارای ساختاری خمیده به شکل $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ است که در حالت یخ می‌تواند از چهار جهت تشکیل پیوند هیدروژنی بدهد. (نقطه‌چین‌ها نشان‌دهنده پیوند هیدروژنی هستند)

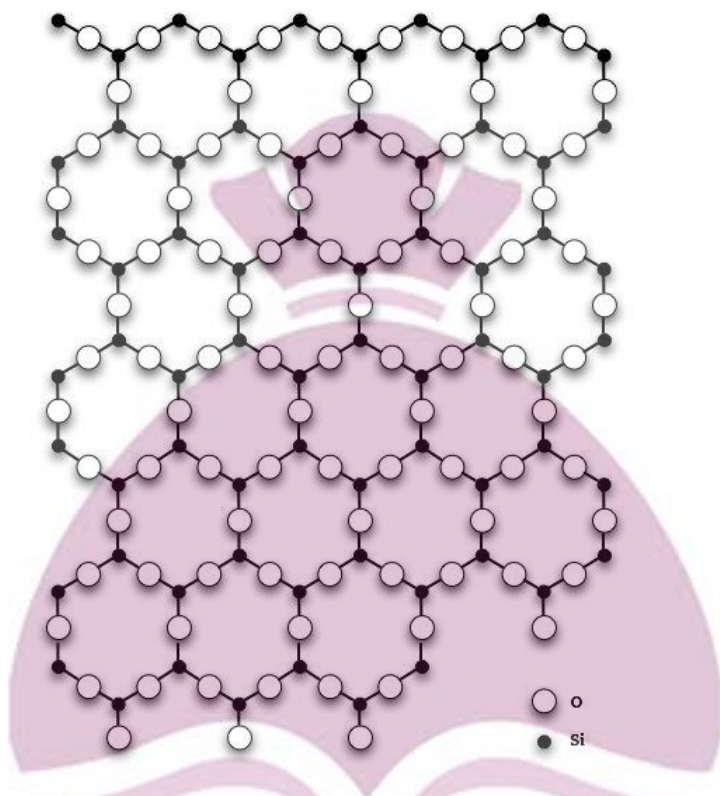


همانطور که مشاهده می‌کنید هر اتم اکسیژن در این ساختار از دو طرف با تشکیل پیوند کووالانسی با دو اتم هیدروژن و با تشکیل پیوند هیدروژن با دو اتم هیدروژن از یک مولکول دیگر می‌تواند نیروی جاذبه برقرار کند. در این حالت یک آرایش منظم و سه بعدی با تشکیل حلقه‌های شش گوشه، شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل به وجود می‌آید. با توجه به شکل زیر هر دانه برف یک سازه یخی است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های شش گوش است و در هر ضلع آن یک پیوند اشتراکی (کووالانسی) و یک پیوند هیدروژنی وجود دارد. پس مجموعاً در هر حلقه ۱۲ پیوند دارد.



از بررسی دوباره شکل سیلیس SiO_2 در می‌یابیم که اتم‌های سیلیسیم در رأس حلقه‌های شش ضلعی قرار دارند و هر ضلع شامل دو پیوند اشتراکی Si-O است. در سیلیس برخلاف یخ همه‌ی اتم‌ها با پیوند کووالانسی (اشتراکی) یکدیگر متصل شده‌اند.

نکته: در هر یک از حلقه‌های شش ضلعی SiO_2 ۱۲ پیوند اشتراکی (کووالانسی) وجود دارد. در حالیکه در هر حلقه شش ضلعی یخ ۶ پیوند کووالانسی و ۶ پیوند هیدروژنی وجود دارد.



با توجه به مطالب گفته شده در بالا به یک جمع‌بندی در مورد یخ $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ با سیلیس $\text{SiO}_2(\text{s})$ می‌رسیم:

شباهت‌ها:

- ۱) هر دو در حالت خاص، شفاف و زیبا هستند.
- ۲) هر دو از حلقه‌های شش ضلعی تشکیل شده‌اند و ساختار منظم، سه بعدی و بلوری دارند درست به مانند کندوی زنبور عسل.

تفاوت‌ها:

- ۱) یخ $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ جامد مولکولی ولی سیلیس $\text{SiO}_2(\text{s})$ جامد کووالانسی است.
- ۲) سیلیس چون یک جامد کووالانسی است، میان همه اتم‌ها دارای پیوند اشتراکی بوده، به همین علت دمای ذوب بالایی دارد و دیگر گذر است. در حالی که یخ یک جامد مولکولی است و از مولکول‌های مجزا از هم تشکیل شده که با پیوند هیدروژنی به یکدیگر متصل شده‌اند، به همین دلیل چنین موادی دمای ذوب پایینی دارند و زودگداز هستند.
- ۳) تمام پیوندهای تشکیل‌دهنده سیلیس از نوع اشتراکی یا کووالانسی است در حالی که در یخ علاوه بر تعدادی پیوند اشتراکی (کووالانسی) که درون مولکولی است تعدادی پیوندهای هیدروژنی (میان مولکولی) هم وجود دارد.

۴) در سیلیس هر ضلع از دو پیوند Si-O تشکیل شده، در حالی که در یخ هر ضلع از یک پیوند اشتراکی و یک پیوند هیدروژنی اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده است.

یادآوری:

۱) پیوند هیدروژنی قوی‌ترین نیروی بین‌مولکولی در مواردی است که در مولکول آن‌ها، اتم هیدروژن به یکی از اتم‌های فلوئور، اکسیژن یا نیتروژن با پیوند اشتراکی متصل است.

۲) مولکول‌های آب در حالت:

الف) بخار: مولکول‌ها جدا از هم هستند و حرکت آزادانه، نامنظم و انتقالی دارند. در حقیقت گویی هیچ پیوند هیدروژنی بین آنها وجود ندارد.

ب) مایع: پیوندهای هیدروژنی قوی‌تر از حالت بخار است اما مولکول‌های آب می‌توانند آزادانه روی هم بلغزند و حرکت کنند.

پ) یخ: ساختار یخ منظم است و مولکول‌ها در جاهای ثابتی به شکل ۶ ضلعی مانند کندوی زنبور عسل قرار گرفته‌اند.

نکته: در مواد مولکولی فرمول شیمیایی به فرمول مولکولی، و برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های آن‌ها به نیروهای بین‌مولکولی معروف است و در جامدات کووالانسی، چون مولکول‌های مجزا وجود ندارد؛ بنابراین استفاده از واژه‌هایی مانند فرمول مولکولی و نیروهای بین‌مولکولی جایز نیست پس بهتر است به جای فرمول مولکولی از واژه فرمول شیمیایی استفاده کنیم.

هگزان: $C_6H_{14}(L)$: ماده مولکولی است و مولکول‌های مجزای هگزان مایع با نیروهای بین‌مولکولی به هم متصل شده‌اند.

سیلیس: $SiO_2(s)$: جامد کووالانسی است و اتم‌ها به وسیله پیوندهای کووالانسی به یکدیگر متصل می‌شوند.

سدیم کلرید: $NaCl(s)$: جامد یونی است و مولکول‌های مجزا از هم ندارند بلکه بصورت شبکه غول‌آسا و منظم و سه بعدی کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند.

هیدروژن فلوئورید: $HF(g)$: ماده مولکولی است و فرمول مولکولی مخصوص به خود دارد.

گرافیت: $C(s)$: جامد کووالانسی است و فرمول مولکولی ندارد.

گاز کلر: $Cl_2(g)$: ماده مولکولی است و از مولکول‌های مجزا تشکیل شده است.

رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها:

نحوه توزیع الکترون‌های (پیوندی و ناپیوندی) نقش مهمی در تعیین رفتار مولکول‌ها در میدان الکتریکی دارد. برای بهتر فهمیدن این موضوع ابتدا باید رسم ساختار لوئیس را بطور کامل شرح می‌دهیم:

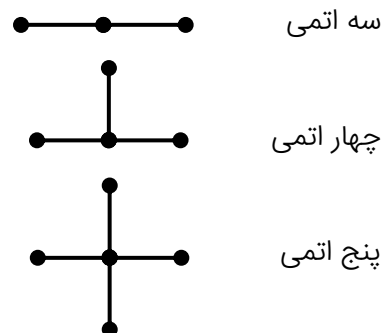
نحوه توزیع الکترون‌های (پیوندی و ناپیوندی) نقش مهمی در تعیین رفتار مولکول‌ها در میدان الکتریکی دارد.

ساختار لوئیس:

برای رسم ساختار لوئیس به ترتیب مراحل زیر را عمل می‌کنیم.

۱) ابتدا مجموع تعداد الکترون‌های لایه آخر گونه مورد نظر را حساب می‌کنیم. به عبارت دیگر کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده (در صورتی که ترکیب مورد نظر یونی باشد، تعداد کل الکترون‌ها را منهای بار می‌کنیم).

۲) سپس ساختار کلی گونه‌ی مورد نظر را رسم می‌کنیم، به عنوان نمونه:



البته لازم به ذکر است اتمی که تعداد الکترون و یا ظرفیت بیشتری دارد، اتم مرکزی است و یا به روش دیگر در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می‌شود (به جزء اتم هیدروژن) اتم مرکزی است.

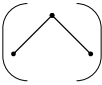
۳) ابتدا اتم‌های اطراف را اکتد (هشتایی) نموده، البته به جز هیدروژن و سپس تعداد الکترون‌های موجود در شکل را محاسبه می‌کنیم.

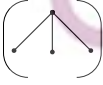
۴) در این مرحله تعداد الکترون بدست آمده در مرحله سوم را از تعداد الکترون مرحله اول کم می‌کنیم. اگر جواب این تفاضل صفر شد حق نداریم به اتم مرکزی جفت ناپیوندی بدهیم و اگر هر جواب دیگری بدست آمده به همان تعداد الکترون ناپیوندی به اتم مرکزی می‌دهیم.

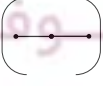
۵) در این مرحله تمام اتم‌ها باید اکتد (هشتایی) شوند و اگر اتمی اکتد (هشتایی) نبود باید با دوگانه کردن پیوندها آن را نیز اکتد کرد. (با کم کردن هر یک از جفت الکترون ناپیوندی از اتم‌های اطراف می‌توان یک جفت پیوندی اتم مرکزی تشکیل داد.

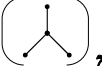
۶) در این مرحله باید تعیین بار را انجام دهیم. به این ترتیب که تعداد الکترون‌های منفرد اطراف هر اتم را شمرده، اگر تعدادش بیشتر از شماره گروه آن عنصر باشد به همان تعداد بار منفی و اگر تعدادش کمتر از شماره گروه آن عنصر باشد به همان تعداد بار مثبت پیدا می‌کند.

به ازای ساده شدن هر مثبت با هر منفی یک پیوند داتیو خواهیم داشت.

نکته: هرگاه اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی داشته باشد و مولکول ۳ اتمی باشد. شکل مولکول به حالت خمیده  و

اگر مولکول ۴ اتمی باشد و اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی داشته باشد به شکل هرمی  شکل و در حالتی که اتم مرکزی

جفت الکترون ناپیوندی نداشته باشد، اگر مولکول سه اتمی باشد شکل خطی  و اگر مولکول چهار اتمی باشد شکل مثلث

مسطح  دارد.

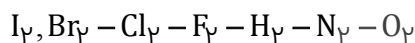
برای نمونه به مثال‌های زیر دقت کنید:

گونه مورد نظر	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴	مرحله ۵	مرحله ۶
H_2O	$1e^-$	$H-O-H$	$4e^-$	$1e^- - 4e^- = 4e^-$	$H-\ddot{O}-H$	خمیده $H-\ddot{O}-H$
SO_2	$11e^-$	$:\ddot{O}-S-\ddot{O}:$	$16e^-$	$11e^- - 16e^- = 5e^-$	$:\ddot{O}-\ddot{S}=\ddot{O}:$	خمیده $:\ddot{O} \leftarrow \ddot{S} = \ddot{O}:$
CO_3^{2-}	$24e^-$	$:\ddot{O}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{\ddot{C}}-\ddot{O}:$	$24e^-$	$24e^- - 24e^- = 0$	$:\ddot{O}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{\ddot{C}}-\ddot{O}:$	$\ominus \ddot{O}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{\ddot{C}}-\ddot{O} \ominus$
NO_2^-	$11e^-$	$:\ddot{O}-N-\ddot{O}:$	$16e^-$	$11e^- - 16e^- = 5e^-$	$:\ddot{O}-\overset{\oplus}{N}=\ddot{O}$	خمیده $:\ddot{O} \leftarrow N = \ddot{O}$
CO_2	$16e^-$	$:\ddot{O}-C-\ddot{O}:$	$16e^-$	$16e^- - 16e^- = 0e^-$	$\ddot{O}=C=\ddot{O}$	$\ddot{O}=C=\ddot{O}$
SO_3	$24e^-$	$:\ddot{O}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{\ddot{S}}-\ddot{O}:$	$24e^-$	$24e^- - 24e^- = 0e^-$	$\ominus \ddot{O}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{\overset{\oplus}{S}}-\ddot{O} \ominus$	$:\ddot{O} \leftarrow \ddot{S} \rightarrow \ddot{O}:$
NH_3	$1e^-$	$H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{N}-H$	$6e^-$	$1e^- - 6e^- = 5e^-$	$H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{N}-H$	هرمی شکل $H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{N}-H$
NH_4^+	$1e^-$	$H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{N}-H$	$1e^-$	$1e^- - 1e^- = 0e^-$	$H-\overset{\oplus}{N}-H$	$H-\overset{\oplus}{N}-H$
OF_2	$20e^-$	$:\ddot{F}-O-\ddot{F}:$	$16e^-$	$20e^- - 16e^- = 4e^-$	$:\ddot{F}-\ddot{O}-\ddot{F}:$	خمیده $:\ddot{F}-\ddot{O}-\ddot{F}:$
CH_4	$1e^-$	$H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{C}-H$	$1e^-$	$1e^- - 1e^- = 0e^-$	$H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{C}-H$	$H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{C}-H$
H_3O^+	$1e^-$	$H-O-H$	$6e^-$	$1e^- - 6e^- = 5e^-$	$H-\overset{\oplus}{O}-H$	هرمی $H-\overset{\oplus}{O}-H$
SO_3^{2-}	$26e^-$	$:\ddot{O}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{\ddot{S}}-\ddot{O}:$	$24e^-$	$26e^- - 24e^- = 2e^-$	$\ominus \ddot{O}-\overset{\oplus}{S}-\ddot{O} \ominus$	هرمی $\ominus \ddot{O}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{ }}{\ddot{S}}-\ddot{O} \ominus$

مثال مسطح

با توجه به مطالب گفته شده در ساختار لوئیس می‌توان قطبیت مولکول‌ها را به راحتی تشخیص داد و برای تشخیص سریع مولکول‌های قطبی و ناقطبی از مطالب زیر استفاده کرد.

الف) مولکول‌های ناقطبی: مولکول‌هایی که از دو اتم یکسان تشکیل شده باشند، جور هسته نامیده می‌شوند و در نتیجه در مسابقه جذب و کشش الکترون بین دو اتم یکسان، الکترون‌های پیوندی در وسط دو اتم قرار گرفتند و مولکول دو سر مثبت و منفی پیدا نمی‌کند به عبارت دیگر توزیع الکترون‌ها بین دو اتم یکسان است. به این مولکول‌ها، مولکول‌های دو اتمی ناقطبی می‌گویند که در میدان الکتریکی هیچ عکس‌العملی از خود نشان نمی‌دهند. مانند:

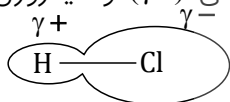


۱- مولکول‌های
۲ اتمی

ب) مولکول‌های قطبی: مولکول‌هایی که از دو اتم متفاوت تشکیل شده‌اند، ناجور هسته نامیده می‌شوند و در نتیجه توزیع الکترون‌های پیوندی در آن یکسان نیست. مسلماً آنکه خاصیت نافلزی بیشتری دارد، الکترون‌ها را بیشتر به سمت خود می‌کشد، در این حالت مولکول قطبی به شمار آمده و در میدان الکتریکی از مسیر اصلی خود منحرف شده و عکس‌العمل نشان می‌دهد.

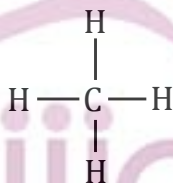
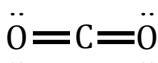


همانطور که در شکل روبرو می‌بینید Cl دارای میزان جزئی بار منفی (γ^-) و هیدروژن دارای میزان جزئی بار مثبت (γ^+) شده است.



قطبیت
در
مولکول

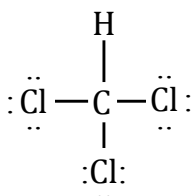
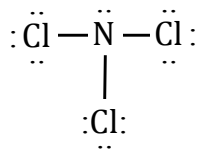
هرگاه اتم مرکزی جنس الکترون ناپیوندی نداشته باشد و تمام اتم‌های اطراف از یک جنس باشد مولکول ناقطبی‌ای هستند.



الف) مولکول ناقطبی

۲- مولکول‌های
چند اتمی

هرگاه اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی داشته باشد مانند $SOCl_2 - NCl_3 - H_2O$ و $NH_3 - SO_2$ و یا تمام اطراف از یک جنس نباشد مانند: CH_3Cl و $CHCl_3$ و CH_2Cl_2 و HCN مولکول قطبی بشمار می‌آید.



ب) مولکول قطبی

خلاصه‌ای از مولکول‌های دو اتمی:

ردیف	مولکول‌های دو اتمی جور هسته	مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته
۱	از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند ($\text{Br}_2 - \text{Cl}_2 - \text{H}_2$)	از دو اتم متفاوت تشکیل شده‌اند (مانند $\text{CO}, \text{NO}, \text{HCl}$)
۲	احتمال حضور الکترون‌های پیوندی در فضای پیوند دو هسته بیشتر است.	تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های تشکیل‌دهنده مولکول یکسان نیست.
۳	توزیع الکترون بین دو اتم یکسان و متقارن است.	احتمال حضور الکترون در اطراف هسته اتم به خاصیت نافلزی بیشتری دارد.
۴	گشتاور دو قطبی صفر دارند و ناقطبی بشمار می‌آیند.	گشتاور دو قطبی آنها بزرگتر از صفر است و قطبی هستند.
۵	در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.	در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

پادآوری:

طبق مطالب گفته شده در کتاب دهم و یازدهم، بطور کلی هیدروکربن‌ها ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند در حالی که گروه‌های عاملی مانند هیدروکسیل ($-OH$)، کربوکسیل ($-COOH$) و اتری ($C-O-C$) و آمینی ($-N-$) و ... قطبی هستند و نیز باید دقت کرد که با بزرگتر شدن بخش هیدروکربنی بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه کرده و مولکول در مجموع ناقطبی بشمار می‌آید.

نکته: نیروی بین مولکولی در یک ماده قطبی، از نیروی بین مولکولی در یک ماده ناقطبی قوی‌تر است، از این رو اگر یک ماده قطبی و یک ماده ناقطبی با جرم‌های مولی نزدیک به هم داشته باشیم، نقطه جوش ماده قطبی بیشتر است.

هنرنمایی شماره (سیال) های مولکولی و یونی برای تولید برق:

بزرگترین منبع انرژی زمین، خورشید است. که انرژی خود را بصورت پرتوهای الکترومغناطیسی به سمت ما می‌فرستد. انرژی خورشیدی از جمله منابع انرژی تجدیدپذیر است که استفاده‌ی بیشتر از این انرژی پاک باعث کاهش گرمای جهانی و ردپای زیست‌محیطی می‌شود. امروزه در بعضی از کشورهای پیشرفته بخشی از انرژی خورشیدی را ذخیره کرده و به شکل انرژی الکتریکی استفاده می‌کنند.

شکل زیر نمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می‌دهد:

این نیروگاه از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

(۱) آینده‌ها

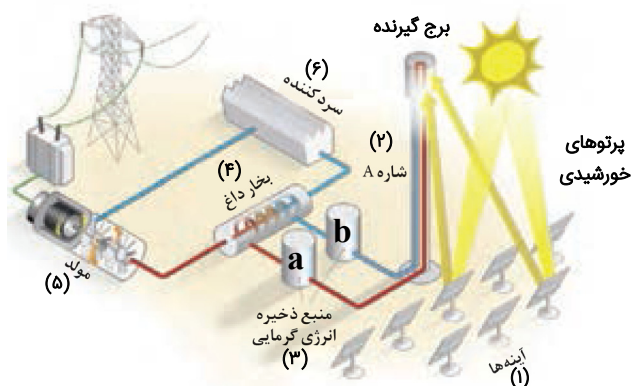
(۲) برج گیرنده

(۳) منبع ذخیره انرژی گرمایی (منبع a)

(۴) بخش تولیدکننده بخار داغ

(۵) مولد تبدیل‌کننده انرژی گرمایی به انرژی الکتریکی

(۶) سردکننده



در طول روزهای آفتابی با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی به وسیلهی آینه‌ها بر روی گیرنده‌ی برج، دمای شارهی A افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که شاره (سیال) یعنی ماده‌ای که قابلیت جاری شدن دارد. که در این مرحله سدیم کلرید مذاب بسیار داغ است که در تماس با آب مایع باعث تولید بخار آب می‌شود.

این شارهی بسیار داغ به منبع ذخیره انرژی گرمایی سرازیر شده و حتی در روزهای ابری و شب هنگام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم می‌کند و با عبور از بخش ۴ و در تماس با آب آن را به جوش آورده و بخار آب داغ تولید می‌کند. در نتیجه دمای خودش کاهش یافته و به منبع b می‌رود تا در موقع مناسب (هوای آفتابی)، دوباره به بالای برج پمپ شده و گرم شود. بخار آب تولید شده در بخش ۴، توربین را در بخش ۵ یا همان ژنراتور (مولد) برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت درمی‌آورد. به این ترتیب جریان الکتریکی تولید شده و وارد شبکه‌ی برق می‌شود. در ادامه‌ی بخار آب سرد شده و وارد بخش ۶ که سردکننده است، شده و دوباره تبدیل به آب مایع می‌شود و سپس دوباره به بخش ۴ پمپ می‌شود. لازم به ذکر است که شاره A سدیم کلرید مذاب و بخار آب، هر کدام در مداری جداگانه به چرخش درمی‌آیند و به این ترتیب انرژی الکتریکی تولید می‌شود.

نکته: در این فناوری از هر دو شاره، مولکولی و یونی برای تولید برق استفاده می‌شود که شاره مولکولی همان آب است که برای به حرکت درآوردن توربین مولد الکتریکی و شاره یونی همان سدیم کلرید مذاب است که به عنوان منبع ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

با بررسی جدول زیر به نکات مهمی خواهیم رسید که عبارتند از:

ماده	نقطه ذوب (°C)	نقطه جوش (°C)
N ₂	-۲۰۷	-۱۹۶
HF	-۸۳	۱۹
NaCl	۸۰۱	۱۴۱۳

ابتدا نقاط ذوب و جوش این سه ترکیب را بصورت یک محور نشان می‌دهیم:

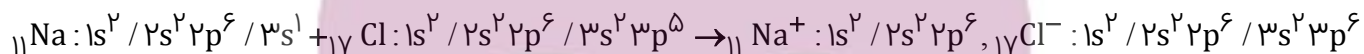
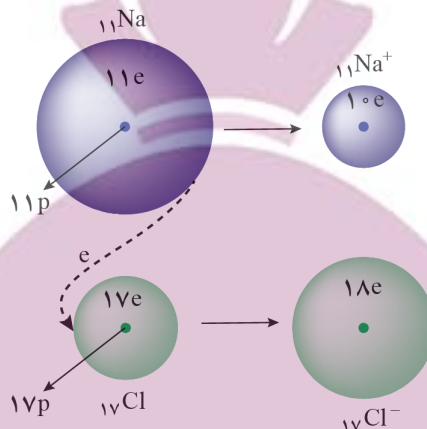


طبق اعداد نشان داده شده در محور بالا، اگر گستره‌ی مایع بودن شارهای که در فناوری تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی استفاده می‌شود، کم باشد، گرمایی که از پرتوهای خورشیدی به شاره می‌رسد خیلی سریع، صرف تبخیر آن شده و ما نمی‌توانیم انرژی خورشیدی را ذخیره کرده و برای بخارکردن آب از آن استفاده کنیم. سدیم کلرید بهتر می‌تواند انرژی پرتوهای خورشیدی را در خود حفظ کند.

HF و N₂ با جذب پرتوهای خورشیدی، خیلی سریع فاصله نقطه ذوب و جوش خود را طی کرده و به حالت گاز در می‌آیند. پس به طور خلاصه، هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک ماده خالص بیشتر باشد، آن ماده در گستره دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازنده مایع قوی‌تر است.

چینش زیبا، منظم و سه بعدی یون‌ها در جامد یونی:

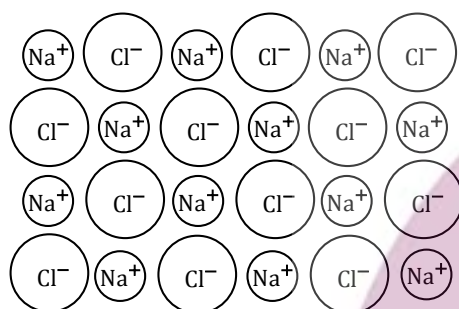
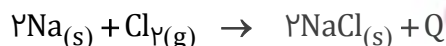
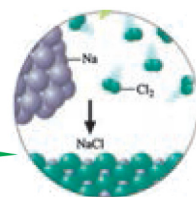
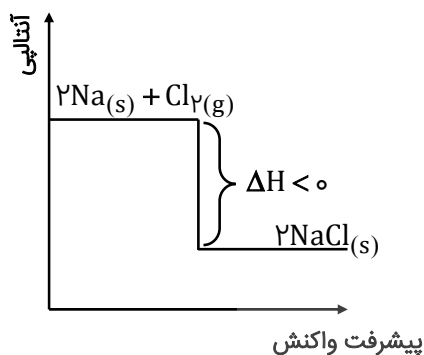
در کلاس دهم خواندیم که فلزات تمایل به از دست دادن الکترون دارند و تعداد الکترون‌های لایه آخر خود را از دست داده و به یون مثبت (کاتیون) تبدیل می‌شوند در این حالت اغلب به آرایش گاز نجیب قبل از خود درآمده و پایدار می‌گردند و نافلزات تمایل به جذب الکترون دارند و آنقدر الکترون جذب می‌کنند تا لایه آخرشان ۸ تایی شده و به آرایش گاز نجیب بعد از خود تبدیل شوند. در این حالت فلزات به تعداد الکترون از دست داده بار مثبت و نافلزات به تعداد الکترون جذب کرده بار منفی پیدا می‌کنند. بین یون‌های ناهمنام حاصل شده از مراحل بالا جاذبه قوی بوجود می‌آید به همین علت به این ترکیبات، ترکیبات یونی و به نیروی جاذبه بین ذره‌ای آنها، پیوند یونی گفته می‌شود که بسیار قوی است. پس به طور خلاصه هرگاه یک فلز و یک نافلز کنار یکدیگر قرار گیرند با انتقال الکترون‌های لایه آخر فلز به نافلز ترکیبی تشکیل می‌شود که دارای نیروی جاذبه بین ذره‌ای بسیار قوی بنام پیوند یونی است. به تشکیل پیوند یونی و مبادله الکترون در اتم‌های سدیم و کلر دقت کنید:



همانطور که در شکل بالا مشاهده می‌کنید سدیم با از دست دادن یک الکترون از لایه آخر خود شعاع یونی کوچکتری پیدا می‌کند و کلر با گرفتن الکترون شعاع یونی را افزایش داده و از قبل می‌دانیم که هر دو در دوره ۳ جدول بوده و از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می‌یابد پس برای مقایسه شعاع چنین خواهیم داشت:

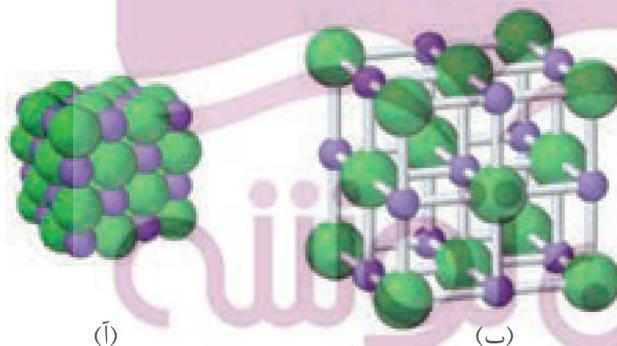


نکته: فلز نقره‌ای رنگ سدیم با گاز زرد رنگ کلر واکنش بسیار شدیدی می‌دهد که محصول عمل یک جامد یونی سفید رنگ است که آن نمک طعام (NaCl) بوده و در این واکنش بدلیل پایداری محصول نسبت به واکنش دهنده‌ها گرما و نور زیادی تولید می‌شود. یعنی:



حال به آرایش منظم، سه بعدی و بلوری نمک طعام می‌رسیم از آنجا که بین یون‌های مثبت و منفی نیروی جاذبه و بین یون‌های هم‌نام دافعه وجود دارد، پس یون‌ها طوری قرار می‌گیرند که هر یون توسط یک یون با بار مخالف احاطه شود دقیقاً مانند شکل زیر البته در یک سطح دو بعدی و روی صفحه کاغذ کاملاً واضح است که هر یون مثبت سدیم از ۶ طرف جلو، عقب، بالا و پایین، چپ و راست توسط یون کلرید احاطه شده و هر یون منفی کلرید هم از ۶ جهت توسط یون‌های سدیم احاطه شده است. به همین علت این شبکه کاملاً سه بعدی، منظم و بلوری است.

حال به شکل سه بعدی آن دقت کنید:



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

عدد کئوردینانسیون: به تعداد یونی که یون با بار مخالف را احاطه می‌کند. عدد کئوردینانسیون می‌گویند که در ترکیبات یونی مختلف، تفاوت دارد و در نمک طعام برای یون‌های سدیم و کلر عدد ۶ است.

به عبارت دیگر در اطراف هر یون سدیم، شش یون کلرید و در اطراف هر یون کلرید، شش یون سدیم قرار دارد.

نکته ۱) جامدات یونی در حالت جامد دارای شکل منظم و سه بعدی هستند و در حالت مذاب و محلول این شبکه به هم می‌ریزد. به همین دلیل جامدات یونی نارسانای جریان برق و محلول و مذاب این ترکیبات رسانای جریان برق می‌باشد.

نکته ۲) برای جامدات یونی و ترکیبات یونی چون شبکه‌ای غول آسا دارند نمی‌توان فرمول شیمیایی یا مولکولی مطرح کرد به همین علت ساده‌ترین نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در این ترکیبات، نشان‌دهنده فرمول شیمیایی است. در حقیقت همان فرمول تجربی است.

پس به طور خلاصه جامدات یونی فقط شامل یک یون مثبت و منفی نیست، بلکه شامل مجموعه‌ای از میلیاردها یون مثبت و منفی است و یک ترکیب یونی از نظر بار الکتریکی خنثی است چون تعداد کل بارهای مثبت و منفی برابرند.

روند تغییرات شعاع اتمی و یونی:

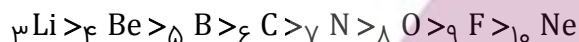
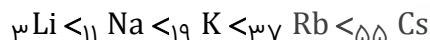
بطور کلی برای یک عنصر همیشه رابطه‌های زیر برقرار است:

شعاع کاتیون (یون مثبت) > شعاع اتمی

شعاع آنیون (یون منفی) < شعاع اتمی

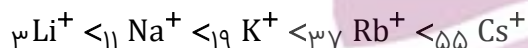
در کتاب شیمی یازدهم خواندیم که در طول یک گروه از بالا به پایین با زیاد شدن عدد اتمی، تعداد لایه‌ها افزایش یافته و شعاع اتمی نیز افزایش می‌یابد و در طول دوره از چپ به راست با ثابت ماندن تعداد لایه‌ها و زیاد شدن عدد اتمی، تعداد پروتون و الکترون افزایش یافته، سپس جاذبه هسته به الکترون لایه آخر زیاد شده و کاهش شعاع اتمی را شاهد خواهیم بود.

به عنوان نمونه به دو مثال روبرو در اتم‌های خنثی در طول یک گروه و دوره دقت کنید:

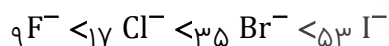


حال می‌خواهیم شعاع یونی را در طول یک گروه بررسی کنیم، که در طول یک گروه (چه فلزات و چه نافلزات) از بالا به پایین، تعداد لایه‌های الکترونی یون‌ها، زیاد می‌شود به همین علت تغییرات شعاع یونی دقیقاً مانند تغییرات شعاع اتمی افزایشی است.

مقایسه شعاع یونی فلزات گروه اول (فلزات قلیایی):



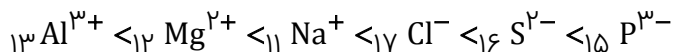
مقایسه شعاع یونی نافلزات گروه هفدهم (هالوژن‌ها):



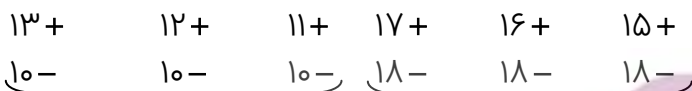
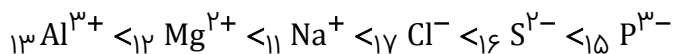
گروه دوره	۱	۲	۱۶	۱۷
دوم	Li  ۱۳۴، ۶۸		O  ۷۳، ۱۴۰	F  ۷۱، ۱۳۳
سوم	Na  ۱۵۴، ۹۷	Mg  ۱۳۰، ۶۶	S  ۱۰۲، ۱۸۴	Cl  ۹۹، ۱۸۱

در یون‌های یک دوره از جدول تناوبی هر چه بار مثبت بیشتر باشد، شعاع کوچکتر و هر چه بار منفی بیشتر باشد، شعاع بزرگتر است به عنوان نمونه به روند تغییرات شعاع یون‌ها در دوره سوم جدول تناوبی دقت کنید.

مقایسه شعاع یونی در طول دوره سوم جدول:

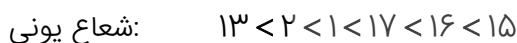


برای توضیح دلیل این مورد باید تعداد پروتون و الکترون هر یون را محاسبه کنیم:

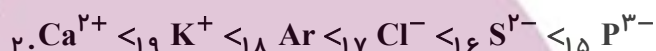


برای مقایسه یون‌هایی که تعداد الکترون برابر دارند را در نظر می‌گیریم حال هر چه تعداد پروتون بیشتر باشد، جاذبه هسته قوی‌تر بوده و شعاع بیشتر کاهش می‌یابد. برعکس.

به عبارت ساده‌تر، شعاع یون در یک تناوب براساس شماره گروه‌های اصلی به صورت مقابل مقایسه می‌شود:



نکته ۱: در مقایسه‌ی شعاع گونه‌هایی که همگی تعداد الکترون برابری دارند، شعاع آنیون‌ها از اتم‌ها و شعاع اتم‌ها از کاتیون‌ها بیشتر است و هر چه مقدار بار منفی بیشتر باشد، شعاع یون آن بیش‌تر و هر چه مقدار بار مثبت کاتیون بیش‌تر باشد، شعاع یونی آن کمتر است.



مقایسه شعاع:

چگالی بار یون‌ها:

چگالی یون، کمیتی است که می‌توان از آن برای مقایسه میزان برهم کنش میان یون‌ها استفاده کرد. چگالی بار یون از رابطه دقیق زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{چگالی بار یون} = \frac{\text{بار یون}}{\text{حجم یون}} = \frac{\text{بار یون}}{\frac{4}{3}\pi \times (\text{شعاع یون})^3}$$

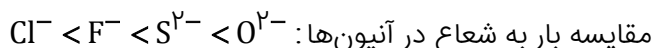
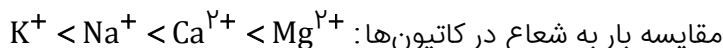
ولی برای راحتی محاسبه، نسبت ساده‌تری نیز وجود دارد که می‌توان از آن استفاده کرد.

این نسبت، مقدار بار یون به شعاع آن است. $\text{نسبت بار به شعاع} = \frac{\text{بار یون}}{\text{شعاع یون}}$

در جدول زیر نسبت بار به شعاع برخی از یون‌ها آورده شده است:

کاتیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع	آنیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع
Na^{+}	۹۷	$1/0.3 \times 10^{-2}$	F^{-}	۱۳۳	$7/5 \times 10^{-3}$
K^{+}	۱۳۳	$7/5 \times 10^{-3}$	Cl^{-}	۱۸۱	$5/52 \times 10^{-3}$
Mg^{2+}	۶۶	$3/0.3 \times 10^{-2}$	O^{2-}	۱۴۰	$1/42 \times 10^{-2}$
Ca^{2+}	۹۹	$2/02 \times 10^{-2}$	S^{2-}	۱۸۴	$1/09 \times 10^{-2}$

با دقت در جدول به یک مقایسه نسبت بار به شعاع خواهیم رسید:



نکته ۱) برای یک یون هر چه مقدار بار یون کمتر و شعاع یون بیشتر باشد، نسبت بار به شعاع آن کمتر است. و در این مقایسه بار یون نقش مهمی دارد.

نکته ۲) در گروه‌های جدول تناوبی، از بالا به پایین، چگالی بار یون ها کاهش پیدا می‌کند، زیرا در هر گروه بار یون ثابت است در حالیکه از بالا به پایین شعاع یون افزایش پیدا کرده و منجر کسر (بار یون / شعاع یون) افزایش پیدا کرده و در نتیجه کل کسر کوچک می‌شود.

نکته ۳) چگالی با بار رابطه مستقیم و با شعاع رابطه عکس دارد. با این حساب در کاتیون‌های یک دوره هر چه بار کاتیون بیشتر باشد، چگالی بار آن بیشتر است و در آنیون‌های یک دوره هر چه مقدار بار آنیون بیشتر باشد، چگالی بار آن بیشتر است.

نکته ۴) هر اندازه چگالی بار یک کاتیون و یک آنیون بیشتر باشد، نیروی جاذبه میان آنها قوی‌تر است و برعکس.

آنتالپی فروپاشی شبکه (فروپاشی ΔH):

تعریف: به گرمای مصرف شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک مول از شبکه یونی و تبدیل آن به یون‌ها گازی سازنده، آنتالپی فروپاشی می‌گویند. که همواره بدلیل گرماگیر بودن عددی مثبت است و یکای آن، کیلوژول بر مول ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$) می‌باشد.

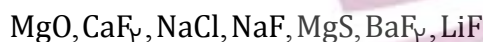
نکته: هر چه چگالی بار یون‌های سازنده یک جامد یونی بیشتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه آن بزرگ‌تر بوده و در نتیجه شبکه در آن دشوارتر پاشیده می‌شود. در نتیجه نقطه ذوب و جوش آن نیز بیشتر است. برای نمونه واکنش زیر دقت کنید:



کاملاً واضح است که انرژی لازم برای فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید بیشتر از پتاسیم برمید است و علتش را باید در چگالی بار یون‌های سازنده شبکه این دو ترکیب یونی جستجو کرد.

یادآوری: آنتالپی فروپاشی با بار یون نسبت مستقیم و با شعاع یون نسبت عکس دارد و اولویت با بار یون می‌باشد.

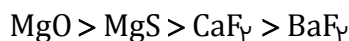
تمرین: آنتالپی فروپاشی و نقطه ذوب و جوش ترکیبات یونی زیر را با یکدیگر مقایسه کنید:



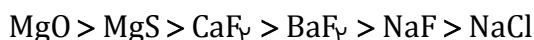
ابتدا بالاترین بارها O^{2-} و Mg^{2+} و MgO را مدنظر قرار می‌دهیم و در مرحله دوم باید به شعاع توجه کنیم پس در حالت بار برابر آنکه شعاع کوچکتری دارد. انرژی بیشتری خواهد داشت. در این دو ترکیب Mg یکسان و O و S اتم اکسیژن شعاع

کوچکتری دارد پس داریم: $\text{MgO} > \text{MgS}$ حال باید بریم سراغ بارهای پایین‌تر که داریم: BaF_2 و CaF_2 در این دو

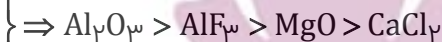
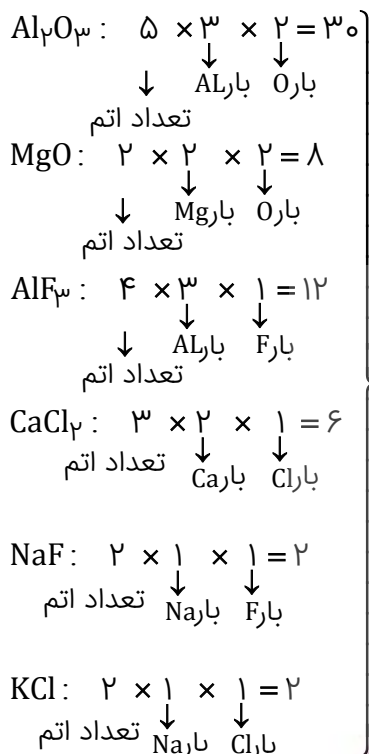
ترکیب F یکسان و شعاع کلسیم و باریم را مقایسه می‌کنیم که چون شعاع کلسیم کوچکتر است داریم: $\text{CaF}_2 > \text{BaF}_2$ تا حالا شد:



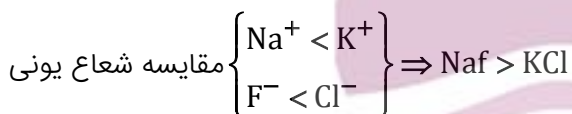
در مرحله بعد به سراغ بار پایین‌تر بین Na^+ و F^- و Na^+ و Cl^- می‌رویم و چون بارها یکسان است باید سراغ شعاع برویم که Na مشترک و شعاع F کوچکتر از شعاع Cl است پس $\text{NaF} > \text{NaCl}$ و نهایتاً خواهیم داشت.



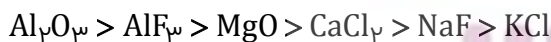
یک راه میانبر برای تشخیص و مقایسه آنتالپی فروپاشی، نقطه ذوب و نقطه جوش این است که مجموع تعداد اتم‌ها را در بارهای اجزای تشکیل دهنده ترکیب ضرب کنیم. عدد بزرگتر نشان دهنده انرژی فروپاشی بزرگتر است. مانند:



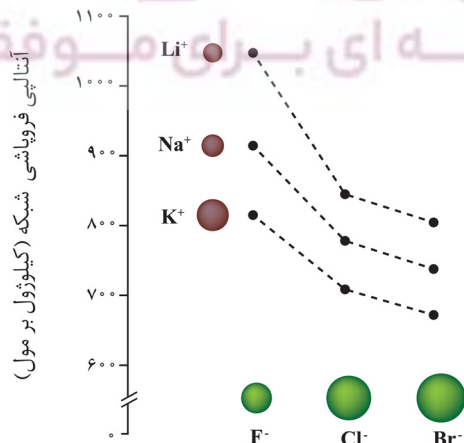
و در بین NaF و KCl که هر دو جواب یکسان و برابر ۲ دارند باید بدنبال شعاع برویم آنکه شعاع کوچکتری دارد پس انرژی فروپاشی بزرگتری خواهد داشت.



سپس در کل خواهیم داشت.



نمودار زیر به بررسی میزان آنتالپی فروپاشی شبکه بر حسب شعاع یونی می‌پردازد.



در این نمودار کلیه مطالب گفته شده در تست‌های قبل را تأکید کرده و به دو جمله کلی اکتفا می‌کنیم.

الف) با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکه بلور کاهش می‌یابد و برعکس

ب) با افزایش شعاع آنیون هالید، آنتالپی فروپاشی شبکه بلور کاهش می‌یابد و برعکس.

نکته جمع‌بندی: بدلیل نیروی جاذبه قوی بین یون‌های مثبت و منفی ترکیبات یونی عمدتاً دارای نقطه ذوب و جوش بالایی هستند. در حالت جامد نارسانا و در حالت مذاب و محلول رسانایی الکتریکی خوبی دارند و کلاً ترکیبات سخت و محکمی دارند اما شکننده.

فلزها، عناصرهای شکل‌پذیر با جلایی زیبا:

یکی از مواد مهم که در رشد و ادامه زندگی انسان نقش بسزایی داشته، فلزها هستند بطوریکه تمدن‌های آغازین بشری هم بر اساس مواد نام‌گذاری شده‌اند اولین دوره، دوره‌ی سنگی بود که ابزارها و وسایل زندگی انسان‌های اولیه بر آن بنیان شده بوده و بعد از آن نوبت به دوره برنزی رسید که یک آلیاژ بود و از دو فلز مس و قلع ساخته شده بود و آن دوران را که فلز جایگزین سنگ شده، دوره برنزی نام نهادند. سپس با شناخت آهن و ویژگی‌های آن به دوره‌ی آهن رسیدیم خلاصه معلوم شد که فلز و شناخت آن جایگاه ویژه‌ای در تمدن‌ها و دوران‌های بشری داشته است. با توجه به اینکه در مورد فلز مطالبی را از قبل آموختیم و نیاز به یادآوری دارند به چند نکته زیر دقت کنید.

۱) بیشترین تعداد عناصر جدول را فلزات تشکیل می‌دهند که عمدتاً در سمت چپ و مرکز جدول قرار دارند.

۲) فلزها در تمام دسته‌های s و p و d و f جدول تناوبی قرار دارند که رفتار فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند بطوریکه فلزهای دسته s همان فلزات گروه اول (فلزات قلیایی) و فلزات گروه دوم (فلزات قلیایی خاکی) می‌باشند. که همگی فلز بوده به جز (${}_{2}\text{He}, {}_{1}\text{H}$).

فلزهای دسته p که معروفترین آنها عبارتند آلومینیوم (${}_{13}\text{Al}$)، قلع (${}_{82}\text{Pb}$) و سرب (${}_{82}\text{Pb}$). فلزهای دسته d همگی فلزات واسطه خارجی می‌باشند. مانند آهن (${}_{26}\text{Fe}$) و مس (${}_{29}\text{Cu}$) که در زندگی روزمره کاربرد فراوانی دارند و فلزات دسته f: همگی فلزند. که معروفترین آنها اورانیوم (${}_{92}\text{U}$) است.

۳) رفتارهای شیمیایی فلزها عبارتند از واکنش‌پذیری و تنوع در اعداد اکسایش و از رفتارهای فیزیکی فلزها می‌توان به داشتن جلا، رسانایی الکتریکی به رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری، قابلیت مفتول و ورقه‌شدن آنها اشاره کرد.

۴) همانطور که در بالا نیز گفته شد، هر فلز رفتار منحصر به فردی برای خود دارد به عنوان مثال تنها فلز مایع جدول تناوبی، عنصر جیوه (${}_{80}\text{Hg}$) که در دمای اتاق مایع بوده و یا در مقایسه فلزات واسطه با فلزات گروه‌های اصلی، می‌دانیم که از فلزات واسطه بدلیل سختی و نقطه ذوب بالاتر در زندگی روزمره استفاده‌های فراوانی داریم در حالیکه عمدتاً از فلزات اصلی مانند فلزات قلیایی در زندگی روزمره نمی‌توان هیچ استفاده‌ای برد چون فعالیت شیمیایی بسیار بالای دارند. بطور معمول و عنصری باید زیر نفت نگهداری شوند و بر عکس برخی فلزات مانند طلا در طبیعت به شکل آزاد وجود دارند. از نظر اعداد اکسایش اغلب فلزی گروه‌های اصلی فقط یک نوع عدد اکسایش در ترکیب خود دارند. مثلاً:

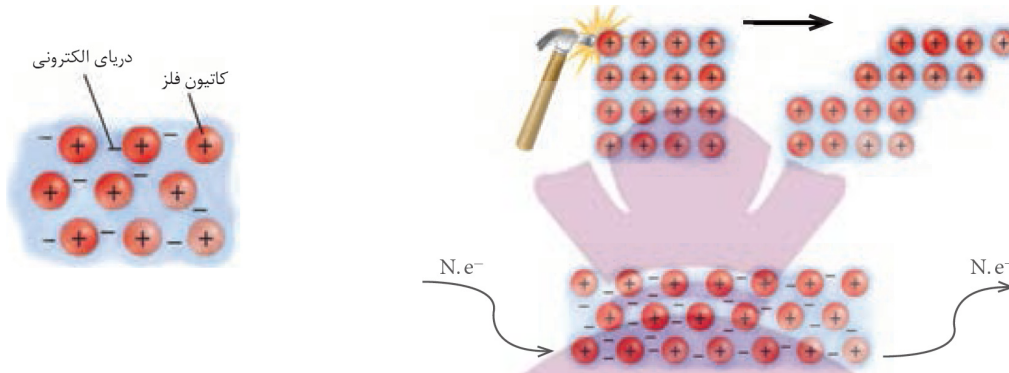
فلزات قلیایی دارای عدد اکسایش (+۱) و فلزات قلیایی خاکی فقط عدد اکسایش (+۲) و تعداد کمی هم مثل قلع و سرب چند نوع عدد اکسایش دارند.

در حالیکه اغلب فلزات واسطه دارای چندین نوع عدد اکسایش هستند مانند آهن Fe^{2+} و Fe^{3+} و Cu^{1+} و Cu^{2+} البته لازم به ذکر است که برخی از فلزات واسطه مانند روی (Zn^{2+}) و اسکائیم (Sc^{3+}) فقط یک نوع عدد اکسایش دارند.

یادآوری: هر چه اتم فلزی راحت‌تر الکترون از دست بدهد، خاصیت فلزی و فعالیت شیمیایی بیشتری دارد. بر همین اساس خصلت فلزی در یک گروه از عناصر جدول تناوبی از بالا به پایین افزایش و در یک دوره از چپ به راست کاهش می‌یابد.

شبکه بلوری فلزها:

شبکه بلوری جامدهای فلزی آرایش منظمی از یونهای مثبت فلزی در سه بعد است و دریایی از الکترونهای ظرفیت (سستترین الکترونهای موجود در اتمها) بین این یونها در حرکت و جریان است و باعث ایجاد جاذبه قوی بنام پیوند فلزی می‌شوند. پیوندهای فلزی محکم و قوی است به همین دلیلی نقطه ذوب و جوش بالایی دارند. همین نوع پیوند باعث ویژگی‌های خاص فلزات مانند شکل‌پذیری (ورقه‌شدن و مفتول شدن) و رسانایی الکتریکی در حالت‌های جامد و مایع و گرمای فلزات است.



در شکل‌های بالا، چکش‌خواری و رسانایی الکتریکی جامدهای فلزی دیده می‌شوند که دلیل هر دو خاصیت وجود دریایی الکترونهای شناوری است که به راحتی بعد از ضربه دوباره یونهای مثبت را در بر می‌گیرند و یا موجب عبور الکترونهای وارد شده به فلز می‌شوند.

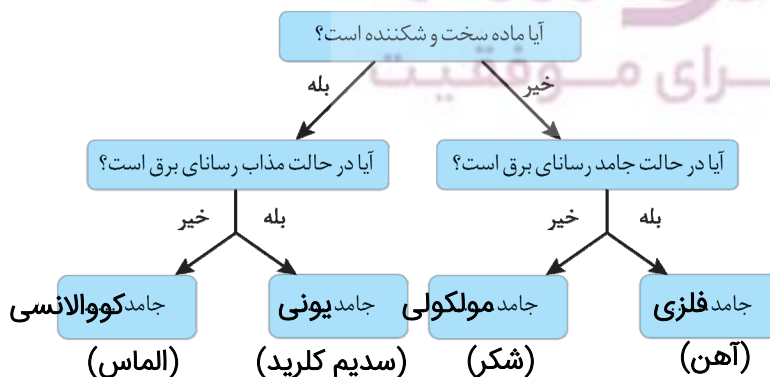
نکته ۱: هر الکترون موجود در دریای الکترون را نمی‌توان تنها متعلق به یکی از اتمها دانست.

نکته ۲: حضور دریای الکترون در شبکه بلوری فلز باعث استحکام آن شده است چون اگر شبکه بلوری فقط از یونهای مثبت تشکیل شده بود بدلیل وجود نیروی دافعه دچار از هم گسیختگی می‌شد.

نکته ۳: عامل رسانایی الکتریکی چکش‌خواری و شکل‌پذیری فلزها به علت وجود الکترون‌ها در دریای الکترون است که می‌توانند آزادانه حرکت کنند.

دسته‌بندی مواد جامد خالص بر اساس رفتارهای فیزیکی و شیمیایی آنها:

با استفاده از نمودار روبرو می‌توان نوع یک جامد را از نظر جامد (مولکولی، کووالانسی، یونی یا فلزی) مشخص کرد.



نکته ۱: جامدات یونی در حالت مذاب و محلول رسانای جریان برق هستند و در حالت جامد نارسانا بوده در حالیکه فلزها و گرافیت در حالت جامد هم رسانا هستند.

نکته ۲: جامدات کووالانسی در همه حالت‌ها رسانای جریان برق نیستند و یک مورد استثناء وجود دارد که گرافیت است.

نوع جامد / خواص	جامد مولکولی	جامد کووالانسی	جامد یونی	جامد فلزی
ذره‌های سازنده بلور	مولکول‌های مجزا	اتم‌ها	کاتیون‌ها و آنیون‌ها	یون‌های مثبت شناور در دریای الکترون
رسانای الکتریکی در حالت جامد	نارسانا	نارسانا (البته گرافیت استثناء است)	نارسانا	رسانا
رسانای الکتریکی در حالت مذاب	نارسانا	نارسانا	رسانا	رسانا
درجه سختی	نرم	بسیار سخت	سخت و شکننده	اغلب سخت ولی برخی نرم مانند فلزات گروه ۱ و جیوه
دمای ذوب	پایین	خیلی بالا	بالا	بالا و متوسط
مثال	یخ خشک (CO_2) و I_2 و یخ و نفتالن	Si و SiO_2 و الماس گرافیت	NaCl و MgO	Hg, Na و Cu, Fe

رنگ نماد زیبایی:

احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط اطراف به چشم ما می‌رسد، این نورها در واقع همان پرتوهای الکترومغناطیس هستند که طول موج آن‌ها در گستره ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است و چشم ما آن‌ها را می‌بیند. بنابراین اگر محیط نور مرئی نباشد، انسان نمی‌تواند محیط پیرامون خود را ببیند. با این حساب 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. و نکته دیگر اینکه چشم مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آن‌ها می‌بیند و یا به عبارت ساده‌تر مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌مانده آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند.



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

فرمول شیمیایی	نام شیمیایی	رنگ
TiO_2	تیتانیوم (IV) اکسید	سفید
Fe_2O_3	آهن (III) اکسید	قرمز
C	دوده	سیاه

دوده: یکی از شکل‌های کربن است که به عنوان ماده اولیه در ساخت واکنش، لاستیک ماشین و مرکب (جوهر) استفاده می‌شود و از سوختن خیلی ناقص سوخت‌های فسیلی حاصل می‌شود. امروزه پیشرفت علم و گسترش تولید فرآورده‌های صنعتی به حدی سریع است که باید به تمام جوانب کار دقت شود. به عنوان نمونه، قیمت تمام شده (اقتصادی) جنبه‌های کمی و کیفی و از دیدگاه زیبا شناختی باید رنگ و رنگ آمیزی مناسب و جذاب باشد. به همین دلیل، امروزه رنگ‌ها به شکل تخصصی برای هر کار تولید می‌شوند به عنوان نمونه در صنایع غذایی از رنگ‌های خوراکی و در صنایع نساجی، ساختمانی و ... استفاده می‌شود.

نکته: قابل ملاحظه این است که رنگ‌ها با لایه نازکی که روی سطح ایجاد می‌کنند علاوه بر زیبایی، حفاظت فیزیکی و مقاومت در برابر خوردگی را در برابر اکسیژن و رطوبت و مواد شیمیایی دیگر ایجاد می‌کنند که این مطلب را در الکتروشیمیایی با هم بحث کردیم. و لازم به ذکر است که این نوع رنگ‌های پوششی نوعی کلونید بشمار می‌آیند.

در خود را بیازمائید صفحه ۸۴ کتاب درسی داریم:

افزودن گرد روی به عنوان یک کاهنده قوی، سبب کاهش یون وانادیم (V^{3+}) در محلول آن می‌شود.

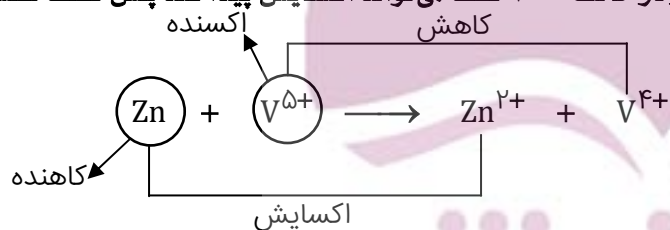
نکته: اغلب فلزات واسطه بدلیل داشتن ظرفیت‌های مختلف ترکیباتی با رنگ‌های متفاوت دارند. به عبارت دیگر رنگ یون‌های فلزات واسطه به آرایش الکترون‌های لایه ظرفیت آن‌ها بستگی دارد. به عنوان نمونه رنگ آهن (II)، سبزرنگ و آهن (III)، قرمز رنگ را در کلاس یازدهم خواندیم و در حال حاضر به رنگ نمک‌های مختلف وانادیم دقت کنید.



رنگ	آرایش الکترونی یون	نوع یون وانادیم
بنفش	$[{}_{18}Ar]3d^3$	V^{2+}
سبز	$[{}_{18}Ar]3d^2$	V^{3+}
آبی	$[{}_{18}Ar]3d^1$	V^{4+}
زرد	$[{}_{18}Ar]$	V^{5+}

نکته ۱: با این تفاسیل هرگاه یک فلز در لایه آخر آرایش الکترونی یون خود حالت‌های مختلف داشته باشد، محلول این یون‌ها، رنگ‌های متفاوتی را دارند.

نکته ۲: واندیم (V) (V^{5+}) چون بالاترین عدد اکسایش را دارد فقط می‌تواند کاهش پیدا کند و یا به عبارت دیگر فقط نقش اکسندگی دارد. و در حالت V^{4+} , V^{3+} که در جدول بالا وجود دارد هم نقش اکسندگی و هم نقش کاهندگی دارند، چون هم می‌توانند در واکنش‌های اکسایش و هم در کاهش شرکت کنند و در حالت V^{2+} فقط می‌تواند اکسایش پیدا کند پس فقط نقش کاهندگی دارد.



تیتانیوم، فلزی فراتر از انتظار:

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

به عنوان نمونه:

فلزهای دسته d:

(۱) از نظر رسانایی الکتریکی و گرمایی، شکل‌پذیری و جلا مشابه فلزات گروه‌های اصلی جدول هستند.

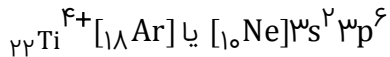
(۲) از نظر سختی، نقطه ذوب و تنوع عدد اکسایش با فلزات اصلی تفاوت دارند.

نکته: فلزات واسطه، سخت‌تر، چگال‌تر و دیر ذوب‌تر از فلزات گروه‌های اصلی هستند و واکنش‌پذیری آن‌ها به مراتب کم‌تر از فلزات گروه‌های اصلی هستند. به همین علت است که در زندگی روزمره کاربردهای خیلی بیشتری دارند.

ویژگی‌های عنصر تیتانیوم (۲۲Ti) :

(۱) دارای آرایش الکترونی ${}^{22}\text{Ti} : [{}_{18}\text{Ar}] 3d^2 4s^2$ پس در دوره چهارم و گروه ۴ جدول تناوبی قرار دارد.

(۲) یون ${}^{22}\text{Ti}^{4+}$ چون به آرایش گاز نجیب قبل از خود (${}_{18}\text{Ar}$) می‌رسد، تنهای یون پایدار تیتانیوم است.



(۳) ویژگی‌هایی باور نکردنی نظیر استحکام و ماندگاری بسیار بالایی دارد. به همین علت تیتانیوم را به عنوان فلزی فراتر از انتظار می‌شناسیم.

(۴) با توجه به جدول زیر خواهیم داشت:

ویژگی	ماده	تیتانیوم	فولاد
	نقطه ذوب (°C)	۱۶۶۷	۱۵۳۵
	چگالی (g mL ^{-۱})	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

مقایسه نقطه ذوب و مقاومت در برابر خوردگی : تیتانیوم < فولاد

مقایسه به چگالی و واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا : تیتانیوم > فولاد

مقایسه مقاومت در برابر سایش: تیتانیوم = فولاد

هنگامیکه موتور جت کار می‌کند، همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارد. از آنجایی که دمای ذوب تیتانیوم بالاست (حتی بالاتر از فولاد)، از آن در موتور استفاده می‌شود.

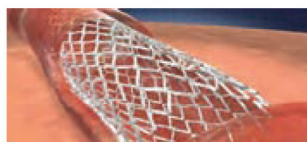
امروزه به جای فولاد، تیتانیوم در ساخت پروانه کشتی اقیانوس پیما استفاده می‌شود، زیرا واکنش تیتانیوم برخلاف فولاد با ذرات موجود در آب دریا ناچیز است و به این علت با خرابی و مشکلات کمتری مواجه خواهد شد.

چون این فلز استحکام، ماندگاری و مقاومت بالایی در برابر سایش و خوردگی دارد، در ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار مانند موزه گوگنهایم در اسپانیا به عنوان پوشش بیرون و نما استفاده شده است.

نکته: نیتینول آلیاژی از تیتانیوم و نیکل است که به آلیاژ هوشمند معروف می‌باشد. این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی استفاده می‌شود. مانند سازه‌های فلزی در ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک.



(۱)



موارد زیر الزامات رشد و پیشرفت هر جامعه بشمار می‌آید:

(الف) انگیزه و تکیه‌گاه برای آن، که همان دانش، توانایی، مهارت و زیر ساخت‌های لازم است.

(ب) تلاش و پشتکار که تداوم و خستگی ناپذیری داشته باشد.

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

برخی از دستاوردهای شیمی در جهان عبارت است از:

(۱) تصفیه آب: مانع گسترش بیماری‌ها مانند وبا در جهان.

(۲) تولید پلاستیک: دگرگون کردن صنعت پوشاک و صنعت بسته‌بندی (غذا - دارو و ...)

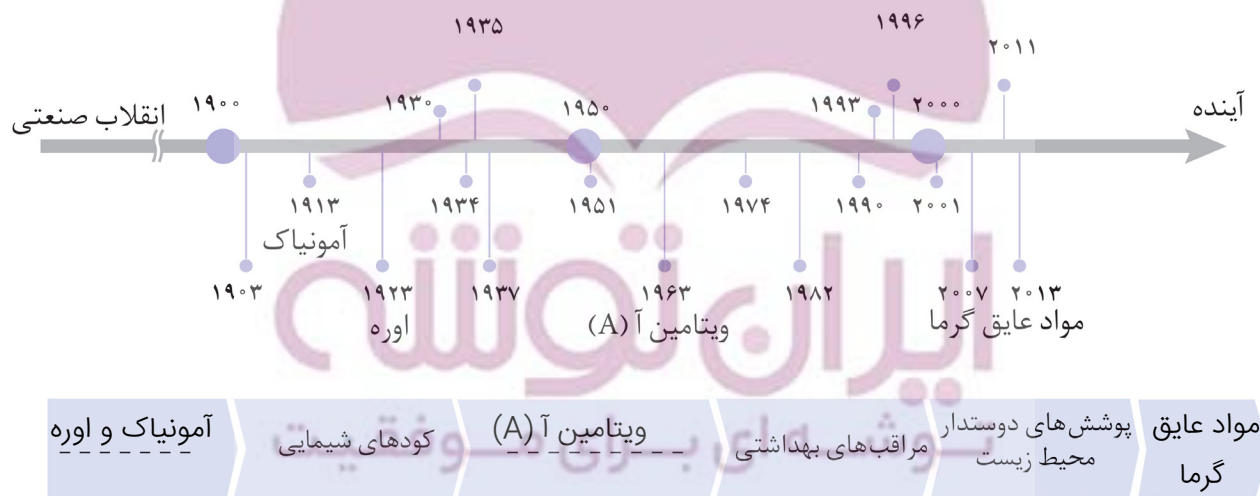
(۳) شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب: تأمین غذای جمعیت جهان.

(۴) شناسایی و تولید مواد بی‌حس کننده و آنتی‌بیوتیک‌ها: هموار کردن راه برای انجام جراحی‌های گوناگون.

(۵) تولید بنزین: افزایش سرعت حمل و نقل.

(۶) مبدل‌های کاتالیستی: کاهش آلودگی‌های ناشی از سوختن بنزین.

(۷) صفحه‌های نمایشگر در وسایل الکترونیک: که بطور کلی مدیون علم شیمی است.



چند نمونه فراورده حاصل از فناوری‌های شیمیایی در گذر زمان

چند مورد نشان داده شده بر روی محور بالا و موارد مشابه، استفاده بهینه و درست از دانش و فناوری را نشان می‌دهند و آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می‌کنند. اما تولید سلاح‌های شیمیایی، استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهد.

به دنبال هوای پاک:

در شیمی سال دهم خواندیم که هوای خشک و پاک، مخلوطی از گازهایی مانند: $\text{Xe} < \text{Kr} < \text{He} < \text{Ne} < \text{CO}_2 < \text{Ar} < \text{O}_2 < \text{N}_2$ است که بطور یکنواخت در هواکره پخش شده‌اند. در حالیکه در هوای آلوده گازهای آلاینده‌ای نظری SO_2 ، O_3 ، NO_2 (قهوه‌ای رنگ)، CO ، NO و C_xH_y (مواد آلی فرار) و ذرات معلق وجود دارد.

اثاثات ناشی از وجود آلاینده‌ها در هوای آلوده:

- (۱) هوای آلوده بوی بد دارد.
- (۲) چهره شهر را زشت می‌کند.
- (۳) باعث تسریع در فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها می‌شود.
- (۴) سبب ایجاد تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود.

نکته ۱: اوزون در لایه استراتوسفریک پالایند و در لایه تروپوسفریک آلاینده است.
نکته ۲: آلاینده‌های C_xH_y و NO ، SO_2 و CO در خروجی از اگزوز خودروها وجود دارند که ساختار آن بصورت زیر است.

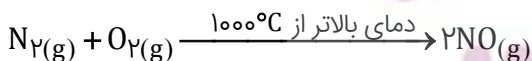
کربن مونوکسید (CO):

گازی بی‌رنگ، بی‌بو و سمی است که از سوختن ناقص هیدروکربن‌ها حاصل شده و ساختار آن به شکل: $\text{C} \equiv \text{O}$: و قطبی است.



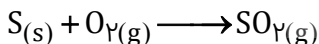
نیتروژن مونوکسید (NO):

این گاز در موتور خودرو در دمای بالای 1000°C از گازهای N_2 و O_2 موجود در هوا تولید می‌شود. که ساختار $\text{N} = \ddot{\text{O}}$: و قطبی دارد.



گوگرد دی‌اکسید (SO_2):

زغال سنگ، نفت خام، گازوئیل و بنزین‌های با کیفیت پایین، دارای گوگرد می‌باشند و در اثر سوزاندن این مواد، گوگرد موجود در آن‌ها سوخته و گاز SO_2 تولید می‌شود که دارای ساختار لوئیس: $\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{S}} - \ddot{\text{O}}$ بوده و قطبی می‌باشد.



هیدروکربن‌های سوخته (C_xH_y):

در موتور خودروها درصد ناچیزی از هیدروکربن‌ها بصورت نسوخته باقی‌مانده و از اگزوز خودروها خارج می‌شود و با توجه به آلی بودن این ترکیبیات، عمدتاً ناقطبی هستند. در ضمن گاهی اوقات هنگام بنزین زدن، بخارات بنزین خارج شده را با دقت کردن، می‌توان دید.

نکته: مقایسه آلاینده‌های تولید شده از سوختن، سوخت خودروها بر حسب گرم بصورت زیر است.

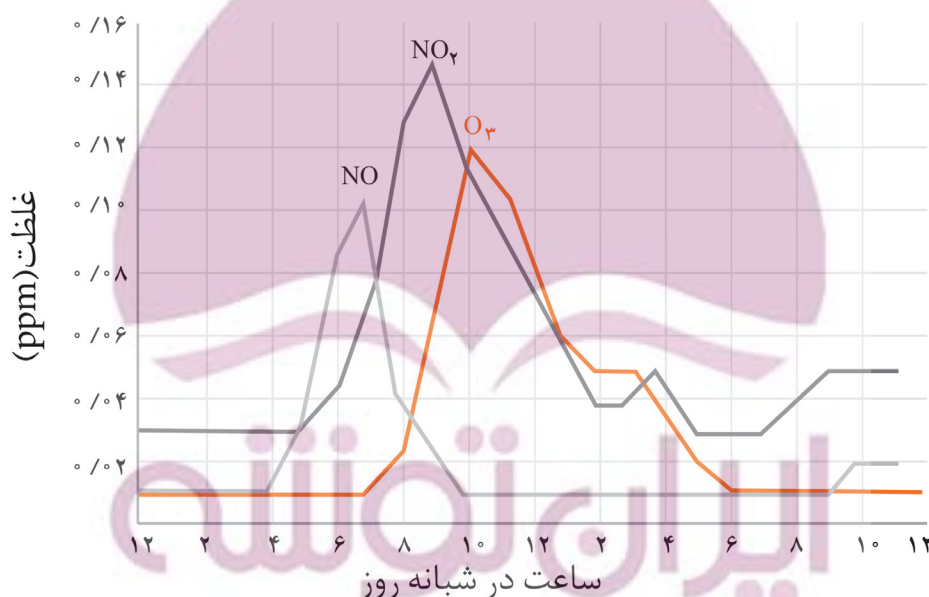
فرمول شیمیایی	$CO > C_xH_y > NO$
مقدار آلاینده بر حسب $(\frac{gr}{km})$	$5/99 > 1/67 > 1/54$

با توجه به جدول بالا محاسبه کنید روزانه چند تن آلاینده وارد هواکره می‌شود؟ با فرض اینکه روزانه صد میلیون خودرو در جهان بطور میانگین ۵۰ کیلومتر مسافت بپیمایند.

مقدار آلاینده تولید شده توسط یک خودرو در یک کیلومتر $= 5/99 + 1/67 + 1/54 = 8/7 gr$

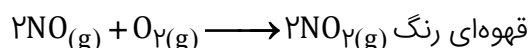
$$100 \times 10^6 \text{ خودرو} \times \frac{50 km}{1 \text{ خودرو}} \times \frac{8/7 gr \text{ آلاینده}}{1 km} \times \frac{1 kg \text{ آلاینده}}{1000 gr \text{ آلاینده}} \times \frac{1 ton \text{ آلاینده}}{1000 kg \text{ آلاینده}} = 43500 ton \text{ آلاینده}$$

بررسی نوار غلظت آلاینده‌های نیتروژن مونواکسید (NO) و نیتروژن دی‌اکسید (NO₂) و اوزون (O₃) در نمونه‌ای از هوای شهر:

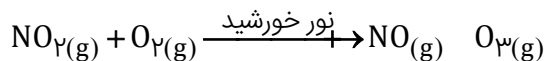


ابتدا ببینیم که این گازها چگونه تولید می‌شوند. قبلاً گفتیم که گاز NO در موتور خودرو و در دمای بالای ۱۰۰۰°C از گازهای N₂ و O₂ موجود در هواکره تولید شده و از طریق آگزوز خودروها به هواکره وارد می‌شود.

گاز NO با ساختار لوئیس ($\ddot{N} = \ddot{O}$) به علت وجود الکترون منفرد بر روی نیتروژن واکنش‌پذیری زیادی دارد و پس از خروج از آگزوز خودرو با اکسیژن موجود در هوا واکنش داده و گاز NO₂ قهوه‌ای رنگ را طی واکنش زیر تولید می‌کند.

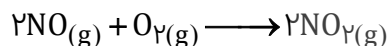


در هوای آلوده و در حضور نور خورشید واکنش زیر رخ داده و مقداری گاز اوزون تولید می‌شود. این اوزون همان اوزون تروپوسفری است که آلاینده و آسیب‌زا است.

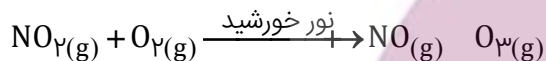


با بررسی نمودار خواهیم دید که از ساعت ۱۲ شب تا حدود ۵ صبح مقدار سه آلاینده در هوا ثابت است و $\text{O}_3 < \text{NO} < \text{NO}_2$.

در اوایل صبح و با روشن شدن ماشین‌ها و رفت و آمد شهری واکنش $\text{N}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}$ تولید شده از آگروز خارج می‌شود، که غلظت این گاز در ۷ صبح به حداکثر می‌رسد. با گذشت زمان NO با اکسیژن هوا ترکیب شده و غلظت گاز NO کاهش و غلظت گاز NO_2 افزایش می‌یابد و در ساعت ۹ صبح غلظت NO_2 به بیشترین مقدار خود می‌رسد. تقریباً همان زمان که NO مصرف شده و به حداقل مقدار خود رسیده است.



حال در این زمان خورشید کاملاً بالا آمده است و در حضور نور خورشید واکنش تولید اوزون (O_3) انجام می‌شود که طبق این واکنش غلظت گاز NO_2 کاهش و غلظت O_3 افزایش می‌یابد. و در ساعت ۱۰ صبح غلظت O_3 به حداکثر مقدار می‌رسد.



نکته: در طول یک شبانه‌روز: مقدار آلاینده‌ها $\text{NO} < \text{O}_3 < \text{NO}_2$

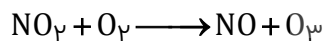
با توجه به نمودار بالا چون غلظت آلاینده‌ها برحسب ppm مطرح شده، پس، به یک یادآوری از این موضوع اکتفا می‌کنیم.

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم کل محلول}} \times 10^6 \xrightarrow{\text{در گازها}} \text{ppm} = \frac{\text{حجم گاز مورد نظر}}{\text{حجم کل هوا}} \times 10^6$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{تعداد مول‌های گاز مورد نظر}}{\text{تعداد کل مول‌های گاز در هوا}} \times 10^6$$

مثال: غلظت O_3 در ساعت ۱۰ صبح ۱۲ ppm است و برای تولید O_3 موجود در ۱۰۰ لیتر هوا به تقریب چند گرم

نیتروژن دی‌اکسید لازم است با فرض اینکه بازده درصدی واکنش ۸۰٪ باشد (چگالی گاز اوزون برابر $\frac{2}{14} \frac{\text{gr}}{\text{lit}}$ است). ($N = 14, O = 16$)



$$\text{ppm} = \frac{\text{حجم } \text{O}_3}{\text{حجم کل هوا}} \times 10^6 \Rightarrow \frac{12}{100} \times 10^6 \Rightarrow \text{حجم } \text{O}_3 = 12 \times 10^5$$

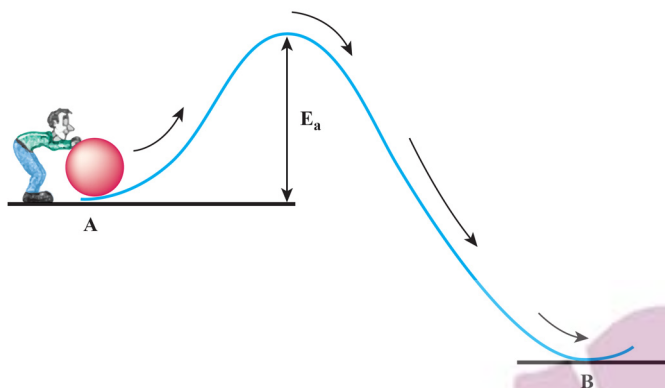
$$\text{لیتر میزان نظری} = \frac{12 \times 10^5}{100} \times \frac{16}{14} = 1.71 \times 10^5$$

$$1.71 \times 10^5 \text{ Lit } \text{O}_3 \times \frac{2}{14} \frac{\text{gr } \text{O}_3}{\text{Lit } \text{O}_3} \times \frac{1 \text{ mol } \text{O}_3}{48 \text{ gr } \text{O}_3} \times \frac{1 \text{ mol } \text{NO}_2}{1 \text{ mol } \text{O}_3} \times \frac{46 \text{ gr } \text{NO}_2}{1 \text{ mol } \text{NO}_2} \Rightarrow 3.07 \times 10^5$$

گرم NO_2 لازم دارد.

انرژی فعال سازی در واکنش های شیمیایی:

به حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی، انرژی فعال سازی گفته می شود که آن را با E_a نمایش داده و یکی آن کیلوژول می باشد.



عبور از سد انرژی برای جابه جایی گلوله

– واکنش های شیمیایی با سرعت های گوناگون انجام می شوند.

– واکنش زنگ زدن آهن کند و واکنش سوختن متان تند است.

– افزایش دما چه در واکنش های گرماده و چه در گرماگیر سبب افزایش سرعت واکنش ها می شود.

– گاز نیتروژن با گاز اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی دهد اما درون موتور خودرو اندکی از آن ها به نیتروژن مونوکسید (NO) تبدیل می شوند.

نکته: انرژی فعال سازی واکنش با سرعت واکنش نسبت عکس دارد، یعنی هرچه انرژی فعال سازی کوچک تر باشد مسیر رسیدن به قله کوتاه تر شده و سرعت انجام واکنش افزایش می یابد و برعکس.

نکته: انرژی فعال سازی نمی تواند عدد منفی باشد.

یکی از روش های تأمین این انرژی، گرما دادن به واکنش دهنده هاست. به عنوان مثال، هنگامیکه نوک کبریت روی سطح زیر قوطی کبریت کشیده می شود، گرما تولید می شود. این گرما انرژی فعال سازی واکنش شیمیایی انجام شده را تأمین می کند.

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.

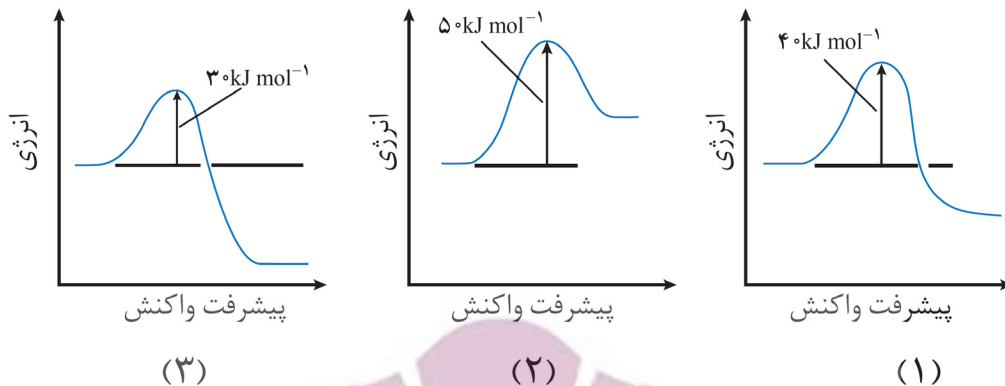
ایران تونش
توشه ای برای موفقیت

انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های گرماده و گرماگیر:

واکنش‌های گرماده	واکنش‌های گرماگیر
گرم + فرآورده‌ها $\longrightarrow$ واکنش‌دهنده‌ها $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + Q$	فرآورده‌ها $\longrightarrow$ گرم + واکنش‌دهنده‌ها $\text{N}_2\text{O}_4 + Q \longrightarrow 2\text{NO}_2$
مقایسه پایداری: فرآورده‌ها < واکنش‌دهنده‌ها مقایسه انرژی: واکنش‌دهنده‌ها < فرآورده‌ها سرعت واکنش در جهت رفت بیشتر از جهت برگشت است. مقایسه انرژی فعال‌سازی: برگشت $E'a < E_a$ رفت برگشت $-E'a$ رفت $E_a =$ آنتالپی واکنش ΔH در واکنش‌های گرماده $\Delta H < 0$ یا منفی است.	مقایسه پایداری: فرآورده‌ها > واکنش‌دهنده‌ها مقایسه انرژی: واکنش‌دهنده‌ها > فرآورده‌ها سرعت واکنش در جهت برگشت بیشتر از جهت رفت است. مقایسه انرژی فعال‌سازی: برگشت $E'a > E_a$ رفت برگشت $-E'a$ رفت $E_a =$ آنتالپی واکنش ΔH در واکنش‌های گرماگیر $\Delta H > 0$ یا مثبت است.

مثال ۱: به واکنش سوختن متان و نمودار آن در بالا دقت کنید؛ این واکنش ۸۰۲ کیلوژول بر مول گرما تولید کرده است و با این که گرماده است بازهم برای شروع واکنش نیاز به انرژی فعال‌سازی دارد که این انرژی می‌تواند یک جرقه یا شعله کبریت باشد و اگر این انرژی فعال‌سازی تأمین نشود، واکنش‌ها دست نخورده باقی می‌مانند و واکنش انجام نمی‌گیرد.

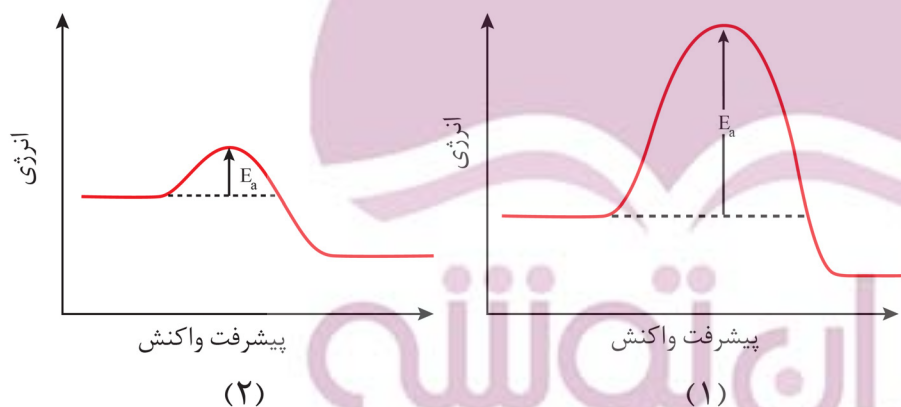
مثال ۲: به نمودارهای زیر دقت کنید:



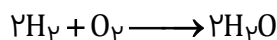
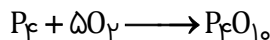
با توجه به مطالب گفته شده، نمودارهای (۱) و (۲) و (۳) به ترتیب نشان دهنده‌ی واکنش‌های گرماده، گرماگیر و گرماده می‌باشند و برای مقایسه سرعت این سه واکنش به انرژی فعال‌سازی دقت می‌کنیم، هرچه انرژی فعال‌سازی کمتر باشد سرعت آن بیشتر خواهد بود و برعکس پس داریم:

مقایسه سرعت: $۳ > ۱ > ۲$

مثال ۳: فسفر سفید ($P_۴$) در هوا و دمای اتاق می‌سوزد در حالیکه گاز هیدروژن این طور نیست، این واقعیت نشان می‌دهد که سرعت واکنش سوختن فسفر سفید ($P_۴$) از هیدروژن بیشتر است و انرژی فعال‌سازی کمتری دارد. که می‌توان نمودار (۲) را به سوختن فسفر سفید و نمودار (۱) را به سوختن هیدروژن نسبت داد.



به معادلات سوختن این دو ماده دقت کنید: (هر دو گرماده هستند).



شماره واکنش	۱	۲	۳	۴
$E_a(kJ)$	۵	۷	۴۰	۶۵
$E'_a(kJ)$	۶۳	۸۲	۱۳	۲۲

تمرین: با توجه به جدول به سؤالات زیر پاسخ دهید:

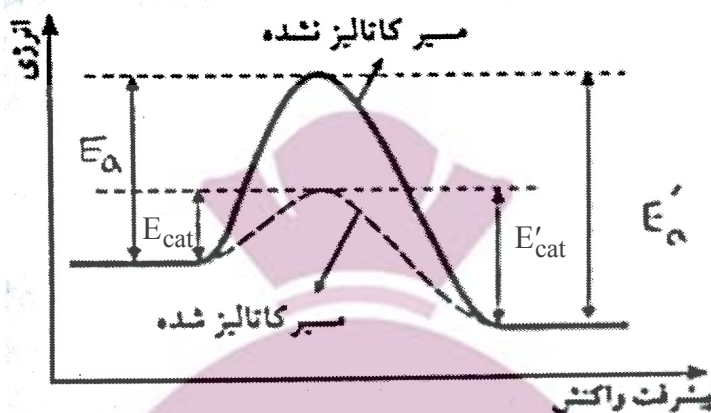
الف) کدام واکنش گرماده و کدام واکنش گرماگیر است؟

ب) کدام واکنش در جهت رفت سریع‌تر انجام می‌گیرد؟

پ) کدام واکنش گرمای بیشتری تولید می‌کند و کدام واکنش گرمای بیشتری برای انجام واکنش لازم دارد؟

کاتالیزگر:

ماده‌ای است که سرعت واکنش را افزایش می‌دهد ولی خودش در پایان واکنش دست نخورده باقی می‌ماند. از این رو می‌توان آن‌ها را بارها و بارها به کار برد. کاتالیزگرها در واقع مسیر انجام واکنش را تغییر می‌دهند و آن را از مسیری پیش می‌برند که انرژی فعال‌سازی (E_a) کمتری داشته باشد تا طی کردن آن توسط واکنش‌دهنده‌ها راحت‌تر و سریع‌تر باشد (درست مانند تونلی که در یک جاده کوهستانی باعث کوتاه شدن مسیر حرکت می‌شود).



نکات کاتالیزگر:

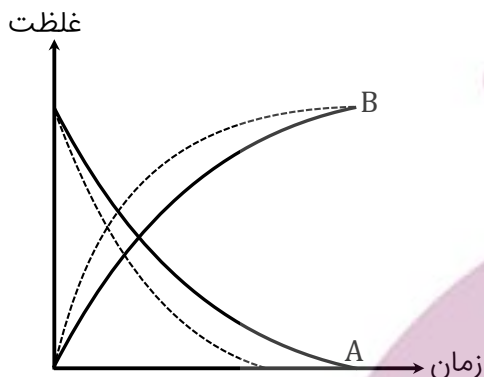
- ۱) کاتالیزگر زمان انجام واکنش را کوتاه می‌کند به عبارت دیگر سرعت انجام واکنش را افزایش می‌دهد.
- ۲) کاتالیزگر هیچ اثری بر ΔH و نوع و مقدار نهایی (غلظت) فرآورده ندارد.
- ۳) کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به یک اندازه نه به یک نسبت کاهش می‌دهد.
- ۴) کاتالیزگر بر روی واکنش‌های که اصلاً انجام نمی‌شوند و یا غیر خود بخودی هستند، هیچ اثری ندارد.
- ۵) واکنش‌هایی وجود دارند که در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و برای تأمین این دما و فشار، هزینه‌های بسیار سنگینی به صنعت وارد می‌شود، از این رو استفاده از کاتالیزگر کمک شایان توجهی به این نوع واکنش‌ها در صنعت دارد. (شرایط بهینه)
- ۶) کاتالیزگر سطح انرژی واکنش دهنده و فرآورده را تغییر نمی‌دهد.
- ۷) هر واکنش یک کاتالیزگر مخصوص به خود دارد.
- ۸) یک کاتالیزگر نمی‌تواند همه واکنش‌ها را سرعت ببخشد.
- ۹) تنها عاملی که مسیر واکنش را کوتاه می‌کند فقط کاتالیزگر است (افزایش دما، افزایش فشار، افزایش غلظت تأثیری روی مسیر واکنش ندارد).

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

۱۱) در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود.

۱۲) استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود چون با استفاده از کاتالیزگر می‌توان واکنش‌ها را در دمای پایین انجام داد و دمای پایین‌تر به معنای تقاضای کم برای سوخت‌های فسیلی است. این موضوع سبب می‌شود که آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش یابد و همچنین امروزه صنایع گوناگون از کاتالیزگرهایی استفاده می‌کنند که باعث تبدیل گازهای مضر به گازهای کم ضررتر می‌شوند.

افزایش دما: جنبش ذره‌ها بیشتر ← انرژی فعال‌سازی بدون تغییر ← سرعت بیشتر
افزایش غلظت: احتمال برخورد بین ذرات بیشتر ← انرژی فعال‌سازی بدون تغییر ← سرعت بیشتر
استفاده از کاتالیزگر: مسیر کوتاه‌تر ← کاهش انرژی فعال‌سازی ← سرعت بیشتر



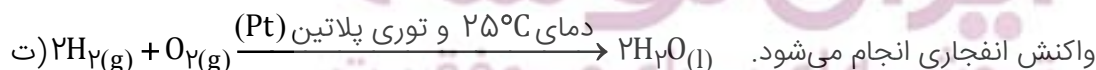
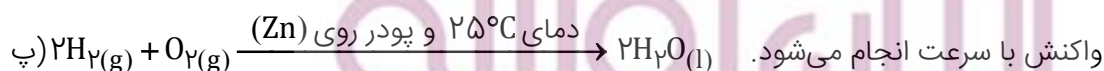
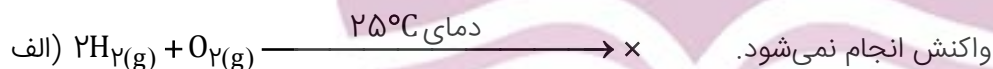
بررسی نمودار غلظت - زمان با استفاده از کاتالیزگر و بدون استفاده از

کاتالیزگر برای واکنش $A \rightarrow B$:

با بررسی نمودار در می‌یابیم که با استفاده از کاتالیزگر، زمان انجام واکنش کاهش یافته و شیب نمودار و سرعت انجام واکنش افزایش یافته است.

خط‌های نقطه‌چین: با استفاده از کاتالیزگر
خط‌های ممتد: بدون استفاده از کاتالیزگر

واکنش گاز هیدروژن با گاز اکسیژن:



مخلوط گازهای H_2 و O_2 به شدت انفجاری و خطرناک است، اما می‌توان این مخلوط را در دمای $25^\circ C$ یا دمای اتاق برای مدتی طولانی نگه داشت بدون اینکه واکنشی انجام شود، علت این است که انرژی فعال‌سازی واکنش مورد نظر بسیار بالاست و واکنش انجام نمی‌شود.

برای تأمین انرژی فعال‌سازی می‌توانیم از موارد زیر کمک بگیریم:

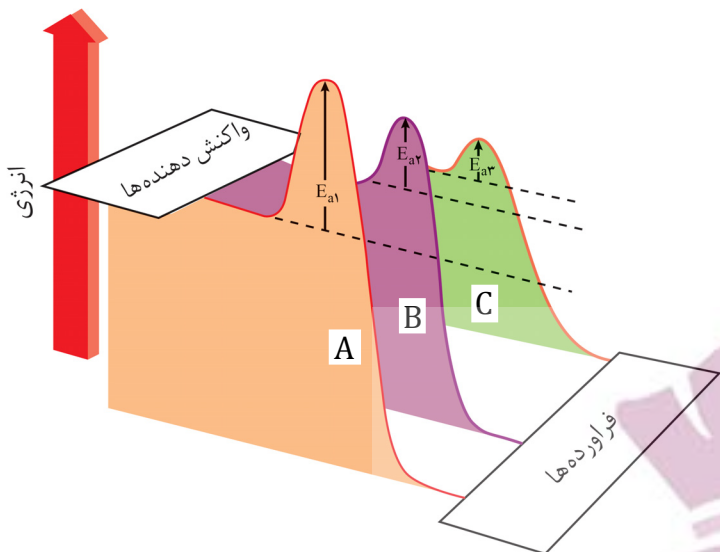
(۴) استفاده از توری پلاتینی (Pt)

(۲) استفاده از پودر روی (Zn)

(۱) ایجاد جرقه

با استفاده از این موارد واکنش مورد نظر خیلی سریع و به شکل انفجاری انجام می‌شود البته بین Zn و Pt، پلاتین انرژی فعال‌سازی را نسبت به Zn بیشتر کاهش می‌دهد بنابراین کاتالیزگر مناسب‌تری است.

نکته: آنتالپی (ΔH) واکنش در حضور کاتالیزگر و بدون حضور کاتالیزگر تغییر نمی‌کند و همان عدد $\Delta H = -572\text{kJ}$ ثابت می‌ماند.



شرایط آزمایش	دما ($^{\circ}\text{C}$)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش
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

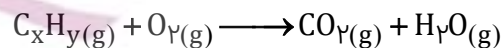
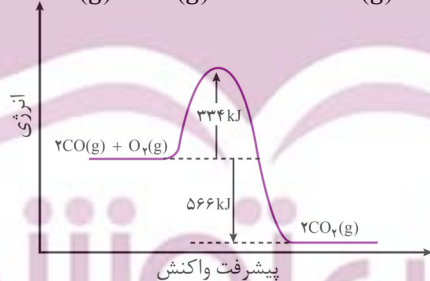
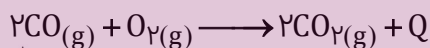
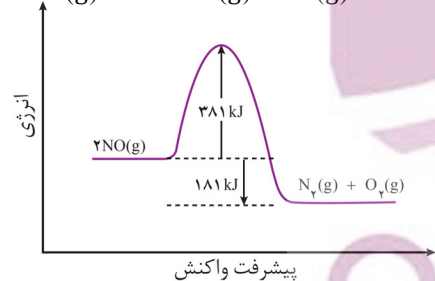
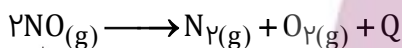
A: دمای اتاق و بدون حضور کاتالیزگر

B: استفاده از پودر روی (Zn) به عنوان کاتالیزگر

C: استفاده از جرقه یا توری پلاتینی (Pt) به عنوان کاتالیزگر برای هر سه حالت $\Delta H = -572\text{kJ}$ است.

مبدل کاتالیستی:

آلاینده‌های C_xH_y و NO و CO در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هوا کره می‌شوند و همچنین دمای آن‌ها در این زمان بسیار کوتاه به سرعت کاهش می‌یابد. به واکنش‌های زیر و نمودار آن‌ها دقت کنید.



همانطور که ملاحظه می‌کنید در واکنش‌های بالا هر یک از آلاینده‌ها به گازهای بی‌خطر تبدیل شده‌اند.

چون انرژی فعال‌سازی این واکنش‌ها بالاست در دمای پائین انجام نمی‌شود یا بسیار کند هستند. این واکنش‌ها می‌توانند در دمای بالا با سرعت مناسب انجام شوند و برای اینکه از دمای بالا استفاده نکنیم می‌توانیم از کاتالیزگر استفاده کنیم در واقع با استفاده از کاتالیزگر می‌توان واکنش را در دمای پایین‌تری انجام داد که البته کاتالیزگرها باید مناسب باشند. شیمی‌دان‌ها برای انتخاب کاتالیزگرهای مناسب موارد زیر را در نظر گرفته‌اند.

الف) هر کاتالیزگر فقط برای یک واکنش بخصوص مناسب است پس باید کاتالیزگر یا کاتالیزگرهایی را انتخاب کنیم که هر سه واکنش همزمان انجام شوند.

ب) در حضور کاتالیزگر نباید واکنش ناخواسته دیگری انجام شود.

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

در نهایت شیمی‌دان‌ها توانستند به سه کاتالیزگر رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) دست یابد و این کاتالیزگر را در مبدل کاتالیستی استفاده کردند.

مبدل کاتالیستی قطعه‌ای حاوی کاتالیزگرهای مناسب است که در مسیر خروج گازها از موتور خودرو قرار می‌گیرد و منجر به حذف یا کاهش قابل توجه آلاینده‌های CO ، C_xH_y و NO می‌شود.

این مبدل‌ها توری‌هایی از جنس سرامیک هستند که سطح آن‌ها با فلزهای پلاتین، پالادیم و رودیم پوشانده شده است و قطر توده‌های فلزی (Rh و Pd, Pt) در سطح سرامیک ۲ تا ۱۰ نانومتر است و برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی گاهی سرامیک را به شکل مش‌های (دانه‌های) ریز در می‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن‌ها می‌نشانند چون با اینکار سطح تماس کاتالیزگرها با آلاینده‌ها بیشتر می‌شود.

آلاینده‌ها به هنگام ورود به مبدل‌های کاتالیستی واکنش‌های زیر را انجام می‌دهند:

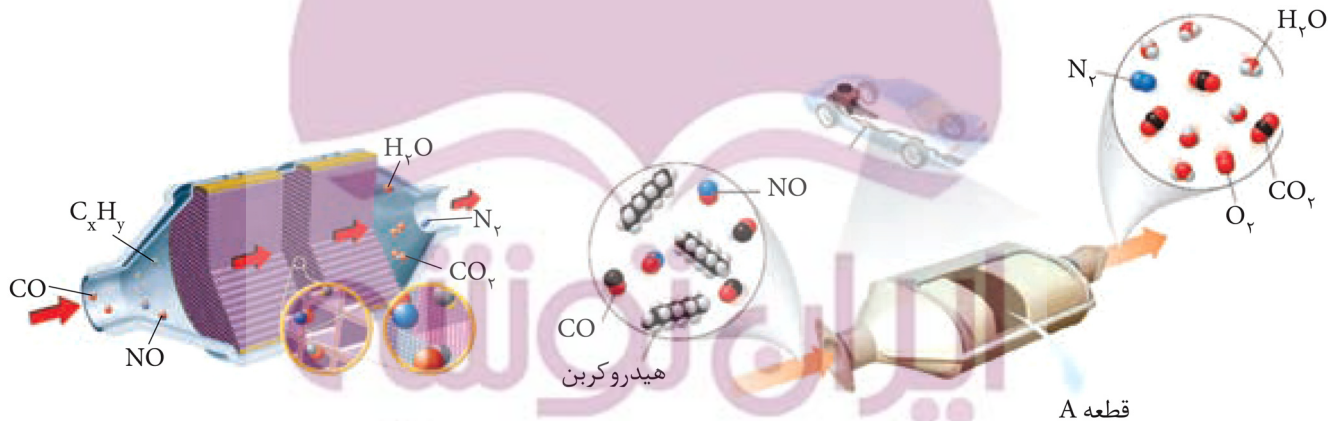
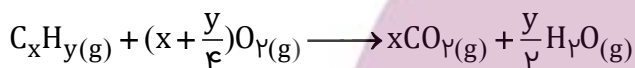
برای حذف کربن مونوکسید (CO) از واکنش سوختن استفاده می‌کنند:

$$2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g})$$

برای حذف نیتروژن مونوکسید (NO) از واکنش تجزیه استفاده می‌کنند:

$$2\text{NO}(\text{g}) \longrightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$$

و برای حذف هیدروکربن‌های نسوخته (C_xH_y) از واکنش سوختن استفاده کرده و آن را به گازهای بی‌خطر کربن‌دی‌اکسید و آب تبدیل می‌کنند.



با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از آگروز خودروها به هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای آلاینده CO ، NO و C_xH_y بیشتری مشاهده می‌شود دلیل این پدیده این است که مبدل‌های کاتالیستی برای اینکه به بالاترین کارایی خود برسند دست کم باید به دمای مطلوبی برسند، در هنگام روشن و گرم کردن خودرو و از آنجایی که مبدل کاتالیستی هنوز دمای پایینی دارد کارایی لازم را نداشته و این گازها از آگروز موتور خودرو خارج می‌شوند، یک راه مناسب برای غلبه بر این مشکل استفاده از گرم‌کن‌های الکتریکی و نزدیک کردن این مبدل‌ها به موتور است تا زودتر گرم شوند و به دمای مطلوب برسند و راه دیگر این است که دارای سیستم عایق‌بندی مخصوص باشند که دمای بالا را برای مدت نسبتاً طولانی در خود نگه دارند.

نکات مبدل کاتالیستی:

۱) عناصری که به عنوان کاتالیزگر در مبدل‌ها استفاده می‌شوند Pd, Pt و Rh هر سه جزو عنصرهای واسطه می‌باشند.

۲) بعد از مدتی مبدل‌های کاتالیستی کارایی خود را از دست می‌دهند که بصورت دوره‌ای باید تعویض شوند.

۳) هر سه واکنش انجام شده در مبدل کاتالیستی از نوع اکسایش - کاهش است چون در هر سه واکنش، عنصر به حالت آزاد وجود دارد.

۴) جدول زیر مقدار آلاینده‌های CO، C_xH_y و NO را در حضور و غیاب کاتالیزگر نشان می‌دهد که استفاده از مبدل می‌تواند مقدار آلاینده‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

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

$$\text{درصد کاهش آلاینده} = \frac{\text{مقدار آلاینده در حضور مبدل} - \text{مقدار آلاینده در غیاب مبدل}}{\text{مقدار آلاینده در غیاب مبدل}} \times 100$$

$$\text{درصد کاهش CO} = \frac{5/99 - 0/61}{5/99} \times 100 = 89/8\%$$

$$\text{درصد کاهش C}_x\text{H}_y = \frac{1/67 - 0/07}{1/67} \times 100 = 95/8\%$$

$$\text{درصد کاهش NO} = \frac{1/04 - 0/04}{1/04} \times 100 = 96/1\%$$

با توجه به اعداد موجود در این جدول و مقادیر محاسبه شده داریم:

مقدار آلاینده : $\text{CO} > \text{C}_x\text{H}_y > \text{NO}$

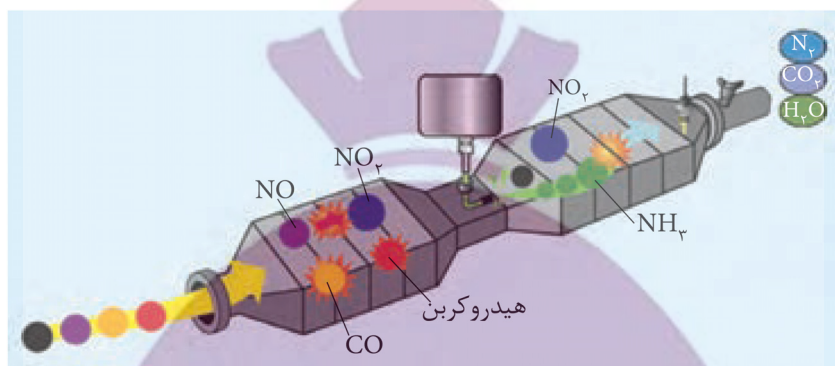
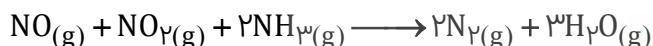
درصد کاهش آلاینده : $\text{NO} > \text{C}_x\text{H}_y > \text{CO}$

۵) هرکاتالیزگر به شمار معدودی واکنش سرعت می‌بخشد.

۶) از بین این سه آلاینده گازی، آلاینده NO با فرمول ساختاری ($\ddot{\text{N}} = \ddot{\text{O}}$) دارای الکترون جفت نشده و منفرد است، پس ناپایدار است.

مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی:

با استفاده از مبدل کاتالیستی می‌توان از ورود آلاینده‌های تولید شده در خودروهای بنزینی به هوا کره جلوگیری کرد اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از این مبدل‌ها نمی‌توان گازهای NO، NO_۲ خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. بنابراین ضروری بود که برای حل این مشکل مبدل نو و جدید باید طراحی میشد که پژوهشگران و مهندسان برای خودروهای دیزلی، مبدل دیگر طراحی کردند. در این مبدل با ورود گاز آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای NO، NO_۲ به گاز N_۲ تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود گازهای NO و NO_۲ به هوا کره جلوگیری می‌شود.



با محاسبه اعداد اکسایش اتم‌ها در معادله بالا در می‌یابیم که این واکنش از نوع اکسایش و کاهش است که در آن برخی از اتم‌های نیتروژن اکسایش و برخی دیگر کاهش یافته‌اند.

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی:

بهترین راه حل برای مسأله تأمین 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 بطور مستقیم از هوا جذب کنند.

نیتروژن را باید به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک (NH₃) و اوره (H₂N-C(=O)-NH₂) به خاک افزود. در برخی از کشورها برای افزایش بازده فرآورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی بطور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

گیاهان برای رشد افزون بر CO_۲ و H_۲O به عناصری مانند S و N و P و K و... نیاز دارند.

تعداد تولید آمونیاک و تأثیر غلظت مواد بر تعادل های گازی:

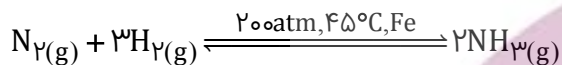
گاز نیتروژن فراوان ترین جزء سازنده هوا کره است (حدود ۷۸٪ حجم کل هوا) و در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیر فعال و واکنش ناپذیر است.

نیتروژن با هیدروژن طی فرایند تعادلی هابر شرایط بهینه از نظر دما و فشار و کاتالیزگر، آمونیاک را تولید می کند.

شرایط بهینه $\left\{ \begin{array}{l} \text{الف) دمای } 450^\circ\text{C} \text{ درجه سانتی گراد} \\ \text{ب) فشار } 200 \text{ اتمسفر} \\ \text{پ) کاتالیزگر آهن} \end{array} \right.$ در چنین شرایطی ۲۸٪ مولی مخلوط تعادلی را آمونیاک تشکیل

می دهد.

به واکنش تعادلی زیر دقت کنید.

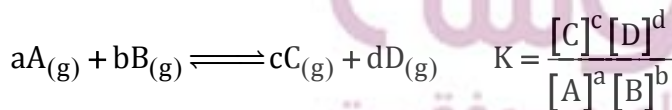


نقطه جوش آمونیاک از نیتروژن و هیدروژن بیشتر است؛ بنابراین برای جداسازی محصول از واکنش دهنده ها، مخلوط گازی تا مایع شدن آمونیاک سرد می شود. (نقطه جوش N_2 ، NH_3 و H_2 ، به ترتیب -33°C ، -196°C و -253°C درجه سانتی گراد است).

واکنش تولید آمونیاک، گرماده است و عبارت ثابت تعادل آن بصورت $K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ می باشد.

ثابت تعادل:

دانشمندان برای اینکه بتوانند در یک تعادل، رابطه ای بین غلظت واکنش دهنده ها و فرآورده ها را بیان کنند از رابطه ای بنام **ثابت تعادل K** استفاده می کنند که برای واکنش فرضی زیر خواهیم داشت:



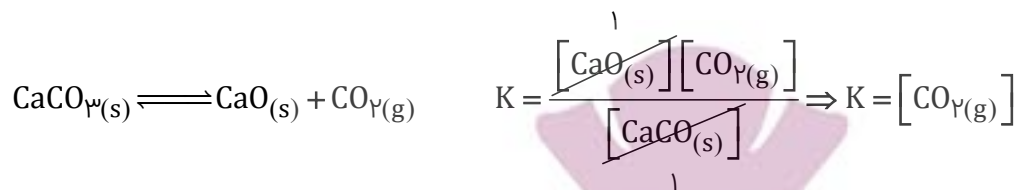
ثابت تعادل (k) بیانگر نسبت حاصلضرب غلظت فرآورده ها به توان ضرایبشان به حاصلضرب غلظت واکنش دهنده ها به توان ضرایبشان است، که هر واکنش تعادلی برای خودش یک ثابت تعادل مخصوص دارد که میزان پیشرفت واکنش را نشان می دهد. هرچه K بزرگ تر باشد نسبت صورت به مخرج بزرگ تر است یعنی پیشرفت بهتری به سمت فرآورده ها دارد و هرچه K کوچکتر باشد یعنی واکنش پیشرفت خوبی به سمت فرآورده ها ندارد.

نکات ثابت تعادل:

۱) برای بدست آوردن ثابت تعادل باید غلظت‌های تعادلی مواد شرکت کننده در واکنش را در رابطه قرار دهیم نه غلظت‌های اولیه و یا میزان تغییرات را.

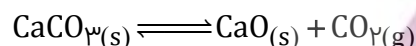
۲) از آنجا که برای مواد جامد و مایع خالص از واژه غلظت نمی‌توان استفاده کرد، بنابراین در رابطه ثابت تعادل از نوشتن غلظت مواد جامد یا مایع خالص صرف‌نظر می‌کنیم و در حقیقت آن‌ها را برابر یک فرض می‌کنیم.

مانند:



۳) با اینکه مواد جامد و مایع خالص در رابطه ثابت تعادل نوشته نمی‌شوند، اما حضور آن‌ها برای برقراری تعادل الزامی است.

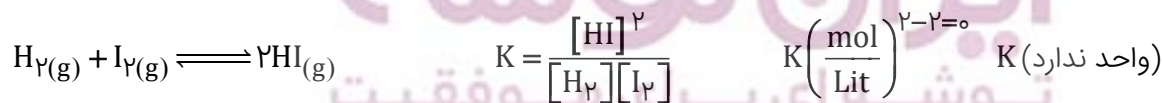
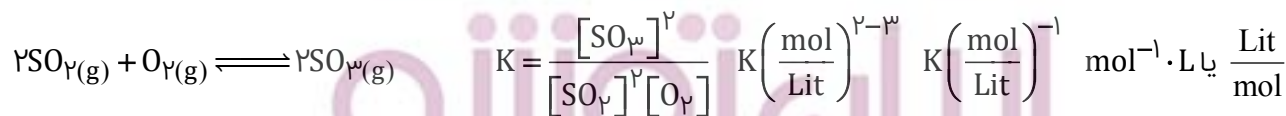
مانند:



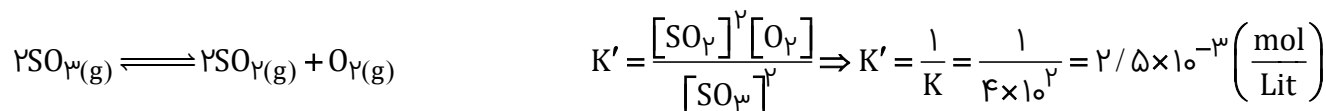
۴) ثابت تعادل هر یکایی می‌تواند داشته باشد و گاهی هم یکا ندارد. برای پیدا کردن یکای K از رابطه زیر کمک می‌گیریم.

$$K \text{ یکای } = \left(\frac{\text{mol}}{\text{Lit}} \right)^{n_2 - n_1}$$

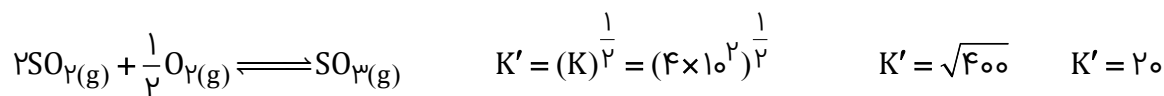
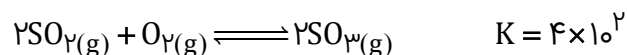
n_1 : مجموع تعداد مول‌های گازی و محلول در سمت چپ واکنش و n_2 مجموع تعداد مول‌های گازی و محلول سمت راست واکنش است. مانند:



۵) هرگاه یک واکنش تعادلی را معکوس کنیم، ثابت تعادل آن نیز عکس می‌شود.



۶) هرگاه یک واکنش تعادلی را در عددی ضرب کنیم ثابت تعادل واکنش حاصل برابر است با ثابت تعادل واکنش اولیه به توان عدد ضرب شده.

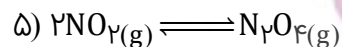
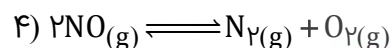
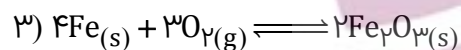
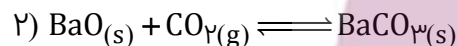
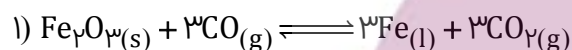


۷) هرگاه از جمع دو یا چند واکنش، واکنش جدیدی حاصل شود، ثابت تعادل واکنش جدید برابر است با حاصل ضرب ثابت تعادل‌های واکنش‌های اولیه.

۸) ثابت تعادل فقط و فقط تابع دماست و تغییر عواملی چون غلظت، فشار، حجم بر روی ثابت تعادل هیچ اثری ندارد.

۹) همان‌طور که قبلاً گفته شد ثابت نشان دهنده میزان پیشرفت واکنش است و به سرعت واکنش هیچ ارتباطی ندارد.

تمرین: رابطه ثابت تعادل را برای هر یک از واکنش‌های زیر نوشته و یکای آن را نیز مشخص کنید:



ایران توننه
توشه ای برای موفقیت

مسائل ثابت تعادل:

حالت اول: این حالت که ساده‌ترین روش ممکن است، همانطور که قبلاً هم نمونه‌اش رو دیدیم، غلظت با مقدار تعادلی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها داده می‌شود و ثابت تعادل مورد سؤال قرار می‌گیرد.

مثال ۱: اگر غلظت‌های تعادلی $[N_2]$ ، $[H_2]$ و $[NH_3]$ به ترتیب برابر $0/6$ ، $0/7$ و $0/5$ مول بر لیتر باشد ثابت تعادل واکنش هابر را بدست آورید:

از آن‌جا که می‌دانیم واکنش هابر همان واکنش تولید آمونیاک از گازهای نیتروژن و هیدروژن است پس داریم:

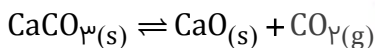
$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}, K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \Rightarrow K = \frac{(0/5)^2}{(0/6)(0/7)^3} \Rightarrow K = \frac{0/25}{(0/6)(0/343)}$$

$$K = 1/21 \left(\frac{\text{mol}}{\text{lit}}\right)^{-2} \text{ یا } \left(\frac{\text{lit}}{\text{mol}}\right)^2 \text{ یا } \text{mol}^{-2} \cdot \text{lit}^2$$

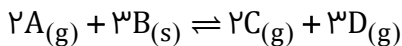
تمرین ۱: اگر در تعادل گازی $2A \rightleftharpoons B$ در یک ظرف ۲ لیتری مقدار A و B به ترتیب $0/4$ و $1/2$ مول باشد، ثابت تعادل این واکنش را محاسبه کنید.

تمرین ۲: ۱۰۰ گرم کلسیم کربنات خالص را در یک ظرف ۱۰ لیتری قرار می‌دهیم، تا طبق واکنش زیر تجزیه شود، اگر پس از برقراری تعادل $0/704$ گرم گاز کربن دی‌اکسید در ظرف وجود داشته باشد، ثابت تعادل این واکنش را محاسبه کنید.

$$(O = 16, C = 12, Ca = 40)$$

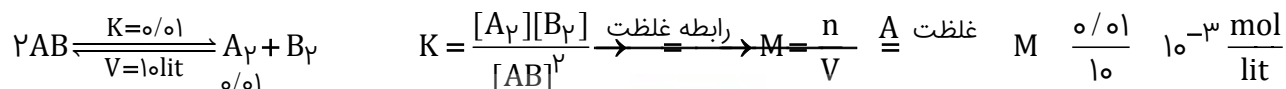


تمرین ۳: با وارد کردن مقداری A و B در ظرفی سر بسته تعادل زیر برقرار می‌شود. اگر در حالت تعادل غلظت‌های A و C به ترتیب $0/1$ و $0/4$ مولار باشد، ثابت تعادل این واکنش را محاسبه کنید.



حالت دوم: در برخی مسائل، برعکس حالت قبلی، ثابت تعادل واکنش را به ما می‌دهند و غلظت یا مقدار مول تعادلی یکی از مواد موجود در واکنش را از ما می‌خواهند. برای حل این نوع مسائل کافی است رابطه ثابت تعادل را نوشته و مقادیر معلوم را در رابطه قرار دهیم و مقدار مجهول را محاسبه کنیم.

مثال ۲: در دمای معین، ثابت تعادل واکنش زیر برابر با ۰/۰۱ است و اگر حجم ظرف ۱۰ لیتر باشد و مقدار A_2 در لحظه تعادل برابر ۰/۰۱ مول باشد، مقدار AB در این شرایط برابر چند مول است؟



از آنجا که ضرایب A_2 و B_2 با هم برابر است و هر دو جزو فرآورده‌ها می‌باشند (به عبارت دیگر هر دو به یک اندازه طبق ضرایب تولید می‌شوند) پس غلظت B_2 هم برابر است با 10^{-3} مولار، حالا داریم:

$$K = \frac{[A_2][B_2]}{[AB]^2} \quad 0.01 = \frac{(10^{-3})(10^{-3})}{[AB]^2} \quad 10^{-2}[AB]^2 = 10^{-6} \quad [AB]^2 = \frac{10^{-6}}{10^{-2}} = 10^{-4}$$

$$\sqrt{[AB]^2} = \sqrt{10^{-4}} \quad [AB] = 10^{-2} = 0.01 \text{ مولار} \quad M = \frac{n}{V} \Rightarrow 0.01 = \frac{n}{10} \quad \boxed{n = 0.1 \text{ مول}}$$

تمرین ۴: ثابت تعادل واکنش گازی $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ در شرایط معین، برابر $1/6 \times 10^{-3}$ است. اگر در ظرف سربسته ۲ لیتری در لحظه تعادل، چهار مول گاز O_2 و یک مول گاز N_2 وجود داشته باشد، غلظت گاز NO چند مول بر لیتر است؟

تمرین ۵: با توجه به واکنش تعادلی $K = 1000$ و $4HCl(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$ ، اگر غلظت Cl_2 و O_2 در حالت تعادل به ترتیب برابر با ۰/۲ و ۰/۱۶ مول بر لیتر باشد، غلظت HCl برابر چند مول بر لیتر است؟

تمرین ۶: اگر در تعادل گازی $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$ ، $K = 10$ در دمای معین در یک ظرف سربسته، مقدار ۰/۱ مول گاز CO ، ۰/۳ مول گاز متان و ۰/۰۱ مول بخار آب وجود داشته باشد، حجم ظرف واکنش چند لیتر است؟

حالت سوم: در این روش که بیشتر مورد سؤال قرار می‌گیرد، ما غلظت تعادلی همه‌ی گونه‌های شرکت کننده در واکنش تعادلی را نمی‌دانیم، با وجود این، اگر غلظت تعادلی حداقل یکی از این گونه‌ها معلوم باشد، با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش می‌توان غلظت سایر گونه‌ها را محاسبه کرد و از آن‌جا، ثابت تعادل واکنش را بدست آورد. برای انجام این کار بصورت زیر عمل می‌کنیم:

(۱) جدولی رسم کرده، غلظت‌های اولیه و تعادلی گونه‌هایی که مقادیر آنها معلوم است را در آن می‌نویسیم.

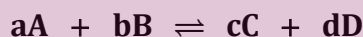
(۲) برای گونه‌هایی که غلظت‌های اولیه و تعادلی آن‌ها معلوم است، تغییر غلظتی را که به هنگام رسیدن به تعادل رخ می‌دهد، بدست می‌آوریم.

(۳) با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش، تغییر غلظت همه‌ی گونه‌های شرکت کننده در تعادل را محاسبه می‌کنیم.

(۴) با استفاده از غلظت‌های اولیه و تغییر غلظت‌ها، غلظت‌های تعادلی را بدست می‌آوریم. با قرار دادن غلظت‌های تعادلی در عبارت تعادل می‌توان ثابت تعادل را محاسبه کرد.

نکته: غلظت‌های اولیه فرآورده‌ها همیشه صفر است.

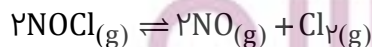
به جدول زیر دقت کنید.



غلظت اولیه	m	n	o	o
تغییر غلظت	-ax	-bx	+cx	+dx
غلظت تعادلی	m - ax	n - bx	cx	dx

همانطور که در جدول بالا می‌بینید در ردیف تغییر غلظت، از غلظت مواد اولیه مطابق ضرایب استوکیومتری کاسته شده و بر غلظت فرآورده‌ها افزوده می‌شود.

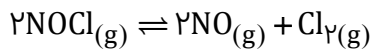
مثال ۳: ۱/۰۹ مول گاز NOCl را در ظرف سربسته یک لیتری گرما می‌دهیم، تا تعادل گازی زیر برقرار شود. اگر در حالت تعادل ۰/۰۹ مول NOCl(g) تجزیه شده باشد، ثابت تعادل را بدست آورید.



غلظت اولیه	۱/۰۹	?	?
تغییر غلظت	-۰/۰۹	?	?
غلظت تعادلی	?	?	?

با توجه به صورت مسئله غلظت اولیه NOCl و میزان تغییر آن را داریم چون سؤال گفته ۰/۰۹ مول NOCl تجزیه شده پس ۰/۰۹ مول از آن کاسته می‌شود و بقیه جدول را باید خودمان پر کنیم. (جدول بالا اطلاعات سؤال)

در لحظه اولیه هیچ فرآورده‌ای نداریم پس غلظت NO و Cl_۲ صفر است و با توجه به میزان تجزیه NOCl و طبق ضرایب استوکیومتری باید NO و Cl_۲ را تولید کنیم یعنی داریم.

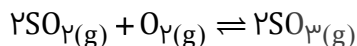


غلظت اولیه	۱/۰۹	۰	۰
تغییر غلظت	-۰/۰۹	+۰/۰۹	+۰/۰۴۵
غلظت تعادلی	۱	۰/۰۹	۰/۰۴۵

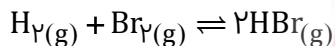
$$K = \frac{[\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]}$$

$$K = \frac{(0/09)^2 (0/045)}{1} \simeq 3/64 \times 10^{-4} \left(\frac{\text{mol}}{\text{lit}} \right)$$

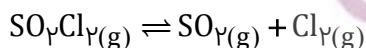
تمرین ۷: در محفظه‌ای به حجم یک لیتر و با دمای معین، ۰/۲۵ مول SO_2 و ۰/۲ مول O_2 با هم واکنش می‌دهند. پس از برقراری تعادل، ۰/۱۶ مول SO_3 در محفظه وجود دارد. در این دما، ثابت تعادل را حساب کنید. معادله انجام واکنش عبارت است از:



تمرین ۸: مخلوطی دارای ۱/۳۷ گرم H_2 و ۷۰/۳۱ گرم Br_2 در محفظه‌ای به حجم ۲ لیتر و با دمای معین با هم واکنش می‌دهند. پس از برقراری تعادل، ۰/۵۷ گرم H_2 در محفظه وجود دارد. در این دما، ثابت تعادل این واکنش را محاسبه کنید.



تمرین ۹: ۱/۶ مول گاز SO_2Cl_2 را در یک ظرف دو لیتری سربسته تا رسیدن به حالت تعادل زیر، گرما می‌دهیم. اگر در حالت تعادل، مجموع شمار مول‌های گازی در ظرف واکنش برابر ۲/۴ باشد، ثابت تعادل در شرایط آزمایش چند مولار است؟



تمرین ۱۰: مخلوطی از ۵ مول گاز HCl را با ۱/۱ مول گاز اکسیژن در ظرف سربسته دو لیتری تا رسیدن به حالت تعادل: $4\text{HCl}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{Cl}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ گرم می‌کنیم، اگر در حالت تعادل ۸۰٪ گاز HCl تجزیه شده باشد، ثابت تعادل را محاسبه کنید.

حالت چهارم:

این حالت درست برعکس حالت سوم است. به این ترتیب که مقدار ثابت تعادل را به ما می‌دهند و غلظت یا مقدار تعادلی و یا اولیه یکی از مواد شرکت کننده در تعادل و یا حجم ظرف واکنش را می‌خواهند.

مثال ۴: ۳ مول گاز I_2 با ۳ مول گاز H_2 در یک ظرف یک لیتری مخلوط شده‌اند. شمار مولکول‌های گاز HI پس از رسیدن به تعادل به تقریب کدام است؟

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI$			$K = 0.16$
۳	۳	۰	غلظت اولیه
-x	-x	+2x	تغییر غلظت
۳-x	۳-x	2x	تعادل

$$\Rightarrow K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \quad 0.16 = \frac{(2x)^2}{(3-x)(3-x)} \Rightarrow$$

از دو ظرف ریشه دوم می‌گیریم.

$$\sqrt{0.16} = \sqrt{\frac{(2x)^2}{(3-x)^2}} \quad 0.4 = \frac{2x}{3-x} \quad 2x = 1.2 - 0.4x \Rightarrow x = 0.5$$

چون حجم ظرف یک لیتر است.

$$[HI] = 2x = 2 \times 0.5 = 1 \text{ mol/lit} \quad M = \frac{n}{V} \quad 1 = \frac{n}{1} \quad n = 1 \text{ mol}$$

یک مول از هر ماده 6.02×10^{23} مولکول از آن ماده است.

تمرین ۱۱: ۶ مول SO_3 را در ظرفی به حجم مشخص قرار می‌دهیم تا تعادل $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$ برقرار شود. اگر در هنگام تعادل، تعداد مول‌های SO_3 و O_2 با هم برابر باشند، حجم ظرف بر حسب لیتر کدام است؟

تمرین ۱۲: اگر ۳ مول گاز NOCl را در یک ظرف سربسته تا برقرار شدن تعادل گازی $2NOCl \rightleftharpoons 2NO + Cl_2$ که ثابت تعادل آن 0.675 است گرم کنیم و در این حالت ۴۰٪ گاز NOCl تجزیه نشده باقی بماند، حجم ظرف واکنش، چند لیتر است؟

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تمرین ۱۳: تعادل گازی $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$ $K = 0.8 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{lit}^2$ در دمای معین در ظرفی سربسته برقرار است. اگر در حالت تعادل مقدار ۰/۱ مول گاز CO، ۰/۰۰۳ مول گاز CH_4 و ۰/۱ مول گاز هیدروژن در ظرف وجود داشته باشد، حجم ظرف واکنش چند لیتر است؟

حالت پنجم:

مسائل تعادلی که در آن بازده درصدی به کار رفته است. برای حل این نوع مسائل از دو رابطه زیر کمک می‌گیریم:

$$100 \times \frac{\text{مقدار مصرف شده‌ی واکنش دهنده}}{\text{مقدار آغازی واکنش دهنده}} = \text{درصد پیشرفت واکنش (بازده درصدی) بر مبنای واکنش دهنده‌ها}$$

$$100 \times \frac{\text{مقدار تولید شده‌ی فرآورده پس از برقراری تعادل}}{\text{مقدار تولید شده‌ی فرآورده در صورت کامل انجام شدن واکنش}} = \text{درصد پیشرفت واکنش (بازده درصدی) بر مبنای فرآورده‌ها}$$

نکته: لازم به ذکر است که درصد پیشرفت واکنش بر حسب واکنش دهنده‌ها و یا فرآورده‌ها یکسان است.

مثال ۵: اگر در واکنش تعادلی $2A_2(g) \rightleftharpoons D_2(g)$ مقدار K برابر یک لیتر بر مول باشد بازده درصدی این واکنش هنگامی که غلظت اولیه‌ی A_2 برابر یک مولار باشد، چقدر است؟

$2A_2$	$\rightleftharpoons$	D_2
۱		۰
-۲x		+۲x
۱-۲x		۲x

$$K = \frac{[D_2]}{[A_2]^2} \quad 1 = \frac{(2x)}{(1-2x)^2} \Rightarrow 4x^2 - 5x + 1 = 0 \Rightarrow$$

چون مقدار اولیه A_2 یک مولار است پس نمی‌توان از آن $2x$ $\Rightarrow$ غیر قابل قبول
یا به عبارت دیگر ۲ مولار کم کرد.
 $x \begin{cases} \nearrow 1 \\ \searrow 0.25 \end{cases}$
 قابل قبول ۰/۲۵

$$A \text{ غلظت } 2x = 2(0.25) = 0.5 \text{ بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار مصرفی واکنش دهنده}}{\text{مقدار آغازی واکنش دهنده}} \times 100 = \frac{0.5}{1} \times 100 = 50\%$$

تمرین ۱۴: از واکنش $K=2$ و $C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons C_2H_5OH(g)$ ، $K=2$ برای تهیه اتانول در صنعت استفاده می‌شود. اگر دو مول اتن و دو مول آب در دمای معین در یک ظرف دو لیتری در بسته به تعادل برسند، بازده درصدی این فرایند را محاسبه کنید.

ایران تونش

اصل لوشاتلیه (اصل لیبازی):

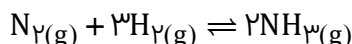
هرگاه به یک سامانه در حال تعادل تغییری (مانند غلظت، فشار، حجم، دما) تحمیل شود، سامانه در جهتی حرکت می‌کند که اثر تغییر تحمیل شده را تا حد امکان جبران (تعديل کند) از بین ببرد.

تذکر: تغییر ایجاد شده معمولاً به طور کامل از بین نمی‌رود.

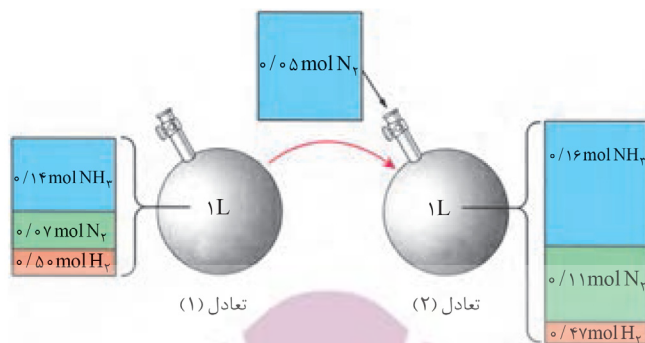
اثر تغییر غلظت:

طبق اصل لوشاتلیه (لیبازی)، هرگاه غلظت یکی از مواد شرکت کننده در تعادل را افزایش دهیم سامانه تعادلی در جهتی حرکت می‌کند که غلظت ماده مورد نظر را کاهش دهد و برعکس.

به عنوان نمونه به مثال زیر درقت کنید، در ظرف سربسته‌ای به حجم یک لیتر، تعادل زیر در دمای مشخصی برقرار است.



حال در این حالت و در همین دما مقدار ۵/۵۰ مول N_2 به سامانه اضافه می‌کنیم، شکل زیر، تعداد مول‌های موجود در ظرف را قبل و بعد از اضافه کردن N_2 نشان می‌دهد. به تغییرات مول دقت کنید.



با دقت در این اعداد مشخص می‌شود که در ظرف (۲) یا تعادل (۲) واکنش در جهت رفت حرکت کرده تا افزایش گاز نیتروژن را جبران (تعدیل) کند. حال با توجه به رابطه ثابت تعادل $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ در تعادل ۱ و ۲ مقدار ثابت تعادل را بدست می‌آوریم: از آنجا که حجم هر دو ظرف یک لیتر است پس تعداد مول مواد که در شکل نشان داده شده است با غلظت آن برابر است.

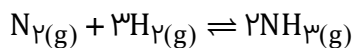
$$(۱) \text{ تعادل : } K_1 = \frac{(0.14)^2}{(0.07)(0.05)^3} = 2/24 \text{ mol}^{-2} \cdot L^2$$

$$(۲) \text{ تعادل : } K_2 = \frac{(0.16)^2}{(0.11)(0.07)^3} = 2/24 \text{ mol}^{-2} \cdot L^2$$

همان‌طور که قبلاً گفته بودیم ثابت تعادل فقط و فقط تابع دماست و تغییر غلظت اجزای شرکت کننده در واکنش بر روی مقدار عددی ثابت تعادل هیچ اثری ندارند. با کمی دقت در میزان تغییر غلظت اجزای شرکت کننده در واکنش متوجه می‌شوید که با اضافه کردن N_2 واکنش در جهت رفت حرکت کرده به عبارتی در لحظات اولیه اضافه کردن N_2 سرعت واکنش رفت افزایش یافته به مرور زمان دوباره تعادل جدید حاصل می‌شود که سرعت رفت و برگشت برابر است. پس به‌طور خلاصه هرگاه در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت کننده در واکنش تعادلی افزایش یابد، واکنش تا حد امکان در جهت مصرف آن ماده پیش می‌رود تا به تعادل جدید برسد و برعکس در هنگام کم کردن یک ماده واکنش در جهتی حرکت می‌کند تا میزان آن ماده افزایش یابد به همین دلیل نام لجبازی را برای آن انتخاب کردیم، ما هر کاری انجام بدهیم واکنش برعکس آن را انجام می‌دهد.

نکته: از آنجا که مواد جامد و مایع خالصی غلظت ندارند پس زیاد یا کم کردن آنها هیچ تأثیری بر جابجایی تعادل ندارد. البته لازم به ذکر است که حضور آنها برای برقراری تعادل الزامی است.

مثال ۶: واکنش تولید آمونیاک را در حجم و دمای ثابت را در نظر بگیرید و مشخص کنید با هر یک از تغییرهای زیر واکنش در چه جهتی حرکت می‌کند؟



الف) افزایش مقداری گاز آمونیاک:

ب) افزایش مقداری گاز هیدروژن:

پ) کاهش مقداری گاز نیتروژن:

ت) کاهش مقداری گاز آمونیاک:

ث) کاهش مقداری گاز هیدروژن:

ج) افزایش مقداری گاز نیتروژن:

اثر تغییر حجم و فشار:

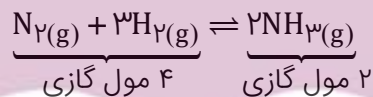
از آنجا که تغییرات حجم و فشار عکس هم عمل می‌کنند یعنی با زیاد کردن فشار، حجم گازها کاهش می‌یابد و با کم کردن فشار، حجم گازها افزایش می‌یابد، می‌توان افزایش دو عامل را در یک جا بررسی کرد.

برای بررسی این دو عامل در یک واکنش تعادلی ۲ شرط زیر باید برقرار باشند.

۱) واکنش تعادلی گازی باشد و یا به عبارت دیگر حداقل یک جزء گازی در واکنش وجود داشته باشد.

۲) تعداد مول گازهای دو طرف واکنش با هم برابر نباشند.

افزایش فشار: هرگاه یک واکنش تعادلی در سیلندری مجهز به پیستون روان در حال انجام شدن باشد و با افزایش فشار پیستون را به سمت داخل حرکت دهیم حجم ظرف واکنش کاهش می‌یابد و واکنش در جهتی حرکت می‌کند که تعداد مول کمتری داشته باشد به عبارت دیگر به سمتی می‌رود که جای کمتر بخواند و برعکس کاهش فشار یعنی افزایش حجم، واکنش در جهتی حرکت می‌کند که تعداد مول بیشتری دارد. به عنوان نمونه به واکنش تولید آمونیاک دقت کنید:

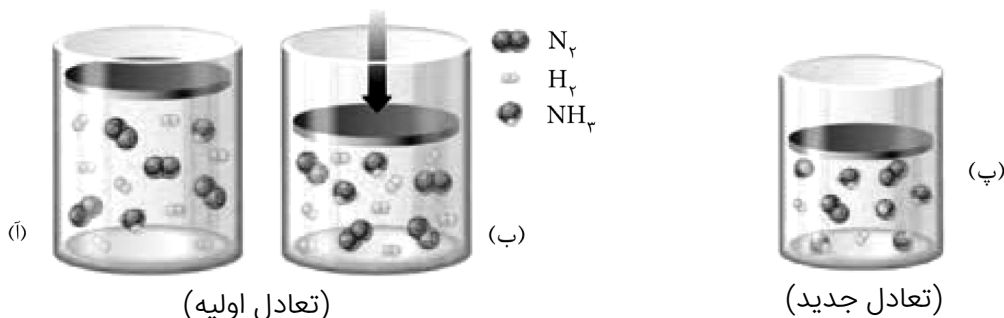


در این واکنش اگر فشار زیاد شود، حجم کاهش یافته و واکنش در جهت رفت حرکت می‌کند چون تعداد مول کمتری دارد و اگر فشار را کاهش دهیم، حجم افزایش یافته و واکنش در جهت تعداد مول بیشتر حرکت می‌کند (برگشت).

افزایش فشار: کاهش حجم $\Leftarrow$ افزایش غلظت تمام گازها $\Rightarrow \frac{n}{V} = M$ و نهایتاً افزایش سرعت واکنش در دو جهت.

کاهش فشار: افزایش حجم $\Leftarrow$ کاهش غلظت تمام گازها $\Rightarrow \frac{n}{V} = M$ و نهایتاً کاهش سرعت واکنش در دو جهت

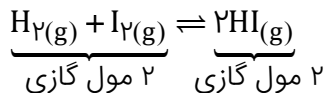
با توجه به مطالب گفته شده در بالا به شکل‌های زیر دقت کنید و تعداد ذرات N_2 و H_2 و NH_3 را در هر شکل شمرده و با یکدیگر مقایسه کنید.



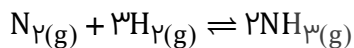
نکته ۱: تغییر حجم و فشار نیز درست مانند تغییر غلظت بر روی مقدار عددی ثابت تعادل بی اثر است.

نکته ۲: تغییر فشار و حجم بر روی تعادل هایی که اصلاً ماده گازی ندارند، اثری ندارد و تعادل را جابه جا نمی کند.

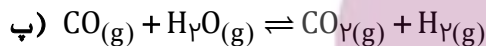
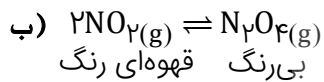
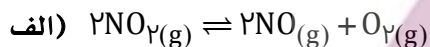
نکته ۳: تغییر فشار و حجم بر روی تعادل هایی که تعداد مول گازی دو طرف برابر است، هیچ اثری ندارد البته با افزایش فشار غلظت مواد افزایش یافته و سرعت واکنش رفت و برگشت نیز افزایش می یابد فقط در ثابت تعادل و جابه جایی واکنش اثری ندارد. مانند:



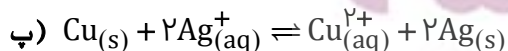
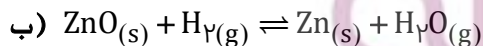
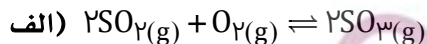
تمرین : در دمای ثابت حجم سامانه تعادلی زیر را از ۲ لیتر به ۱ لیتر می رسانیم، در این شرایط تعادل به چه سمتی جابجا می شود و مول ها و غلظت هر یک به تفکیک چه تغییری می کنند؟



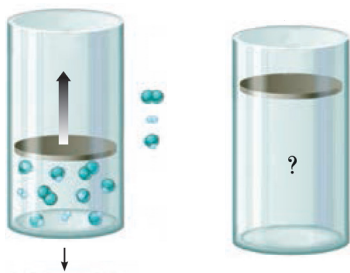
تمرین ۱۵: در کدام یک از واکنش های تعادلی زیر کاهش حجم در دمای ثابت، موجب جابه جایی تعادل به سمت فرآورده ها می شود؟ چرا؟



تمرین ۱۶: تغییرات فشار بر روی کدام واکنش ها تأثیری ندارد؟ چرا؟



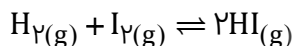
تمرین ۱۷: اگر در سامانه شکل زیر، پیستون بیرون کشیده شود تا در دمای ثابت حجم آن افزایش یابد:



آ) پیش‌بینی کنید تعادل در کدام جهت جابه‌جا می‌شود؟ چرا؟

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

تمرین ۱۸: پیش‌بینی در دمای ثابت با افزایش فشار بر سامانه تعادلی زیر:



آ) شمار مول‌های هر یک از مواد شرکت‌کننده چه تغییری می‌کند، چرا؟

ب) غلظت مولی هر یک از مواد شرکت‌کننده، چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

اثر تغییر دما:

طبق اصل لوشاتلیه هر گاه به یک واکنش در حال تعادل تغییرات دمایی تحمیل شود، واکنش در جهتی حرکت می‌کند که این تغییرات تحمیل شده را تا حد امکان تعدیل و خنثی کند به زبان ساده‌تر یعنی اگر یک مخلوط تعادلی را گرم کنیم واکنش در جهتی حرکت می‌کند که دما را کاهش دهد و برعکس.

دمای تنهای عاملی است که هم واکنش را جابه‌جا می‌کند و هم ثابت تعادل را تغییر می‌دهد.

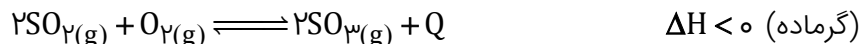
اثر تغییر دما در واکنش‌های تعادلی بطور خلاصه:

نوع تعادل	دما	جهت حرکت واکنش	تغییرات ثابت تعادل	سرعت رفت و برگشت
(۱) گرماده	افزایش:	برگشت رفت	کاهش می‌یابد	هر دو افزایش
	کاهش:		افزایش می‌یابد	هر دو کاهش
(۲) گرماگیر	افزایش:	رفت برگشت	افزایش می‌یابد	هر دو افزایش
	کاهش:		کاهش می‌یابد	هر دو کاهش

نکته ۱: در واکنش‌های گرماده ثابت تعادل با دما رابطه عکس و در واکنش‌های گرماگیر ثابت تعادل با دما رابطه مستقیم دارد.

نکته ۲: هر گاه واکنشی را گرم کنیم سرعت واکنش افزایش می‌یابد و برعکس با پائین آوردن دما، سرعت واکنش کاهش می‌یابد دقیقاً نکته‌های گفته شده در جدول بالا، اما نکته هائز اهمیت اینجاست که در واکنش‌های تعادلی در لحظه تغییر دما، سرعت واکنش رفت و برگشت به یک اندازه تغییر نمی‌کند. مثلاً در واکنش گرماده با افزایش دما در لحظه اول تغییر، سرعت واکنش برگشت بیشتر از رفت است تا به یک تعادل جدید برسد و در لحظه بوجود آمدن تعادل جدید سرعت رفت و برگشت نسبت به تعادل اولیه افزایش یافته است.

به واکنش‌های تعادلی زیر دقت کنید:

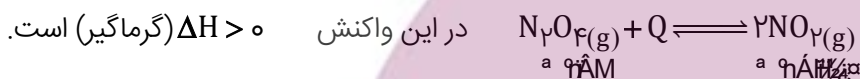


افزایش دما: طبق اصل لوشاتلیه واکنش را به چپ می‌راند و باعث می‌شود که از غلظت فرآورده‌ها کاسته شده و بر غلظت واکنش‌دهنده‌ها افزوده شود پس طبق رابطه ثابت تعادلی خواهیم داشت.

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2 \downarrow}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2] \uparrow} \Rightarrow \text{در این حالت ثابت تعادل کاهش می‌یابد}$$

و بر عکس.

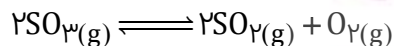
حال در یک واکنش گرماگیر مانند



هر گاه دما را افزایش دهیم سامانه تعادلی به سمت راست حرکت کرده و $K = \frac{[\text{NO}_2]^2 \uparrow}{[\text{N}_2\text{O}_4] \downarrow}$ و ثابت تعادل کاهش می‌یابد و بر عکس.

نکته ۳: در واکنش تعادلی گرماده و گرماگیر باید گرما (Q) را در سمتی قرار دهیم که دارای تعداد مول‌های گازی کمتری است.
نکته ۴: برای چندمین بار تذکر می‌دهیم که ثابت تعادل فقط و فقط تابع دما است.

تمرین ۱: جدول داده شده اثر دما را بر ثابت تعادل زیر نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید:



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

(آ) عبارت ثابت تعادل را برای آن بنویسید با ذکر یکای مربوطه:

$$K = \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} \quad k \left(\frac{\text{mol}}{\text{Lit}} \right) \text{ یا } \text{mol.L}^{-1}$$

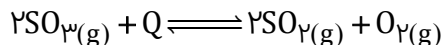
(ب) میزان پیشرفت واکنش در کدام دما بیشتر است؟ چرا؟

در دمای 435°C زیرا ثابت تعادل در این دما عدد بزرگتری است یعنی در این دما محصول (فرآورده‌ی) بیشتری تولید شده است.

(پ) با افزایش دما K چه تغییری کرده است؟ این تغییر، جابجا شدن تعادل را در چه جهتی نشان می‌دهد؟

با افزایش دما K افزایش یافته است. این نشان‌دهنده پیشرفت واکنش به سمت فرآورده‌هاست.

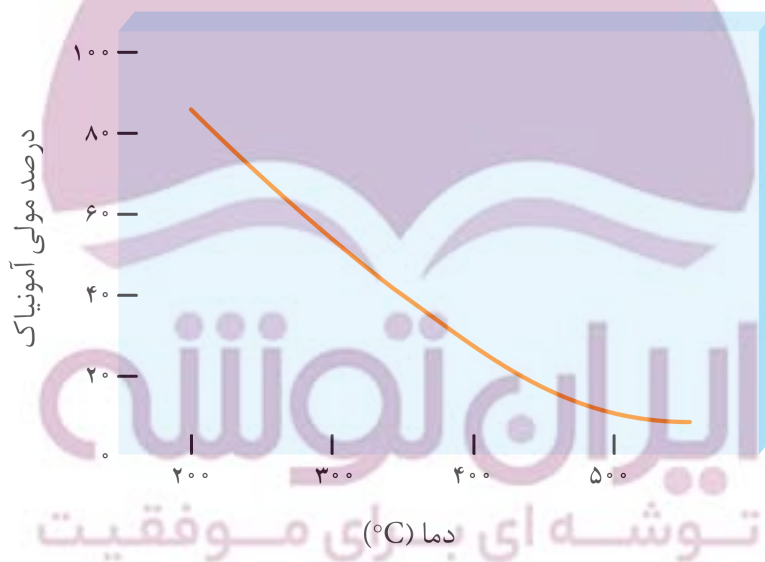
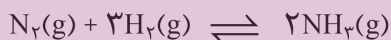
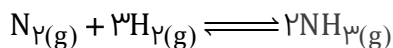
(ت) اگر برای این واکنش $\Delta H > 0$ باشد، جابجا شدن تعادل و افزایش K را به کمک اصل لوشاتلیه توجیه کنید.



از آنجا که تعادل گرماگیر است پس K و دما رابطه مستقیم دارند یعنی با افزایش دما، ثابت تعادل نیز افزایش یافته است.

به عبارت دیگر با بالا بردن دما و گرما دادن به واکنش تعادل در جهت مصرف گرما یعنی در جهت رفت پیش می‌رود تا با تغییر تحمل شده در حد امکان مقابله کنید. (پس در این نمونه سوال تعادل گرماگیر است.)

تمرین ۴: نمودار زیر درصد مولی آمونیاک را برای سامانه تعادلی زیر در فشار ثابت نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



(آ) با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در سامانه چه تغییری کرده است؟

طبق نمودار با افزایش دما، نمودار نزولی بوده و درصد مولی آمونیاک کاهش می‌یابد.

(ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

چون با افزایش دما درصد مولی آمونیاک کاهش یافته واکنش گرماده است، البته به روش دیگری هم می‌توان گفت که، چون دما با ثابت تعادلی نسبت عکس دارد واکنش گرماده می‌باشد و یا به طریق دیگر باید Q یا گرما را طرفی از واکنش قرار دهیم که تعداد مول فازی کمتری دارد یعنی سمت راست چون ۲ مول گازی دارد در حالیکه سمت چپ واکنش ۴ مول گازی دارد.

(پ) مقدار ثابت تعادلی آن در سه دمای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سیلیسیوس بصورت زیر است.

$$K_1 = 6 / 2 \times 10^{-4}$$

$$K_2 = 0 / 65$$

$$K_3 = 6 / 0 \times 10^5$$

کدامیک، ثابت تعادل را در دمای اتاق نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.
 از آنجا که واکنش گرماده است پس دما و ثابت تعادل نسبت عکس دارند یعنی هر چه دما کمتر باشد، ثابت تعادل بیشتر است.
 و بر عکس. پس داریم.

۴۰۰	۲۰۰	۲۵	۱۱ (C°)
$6/2 \times 10^{-4}$	۵/۶۵	$6/۰ \times 10^5$	K

اثر کاتالیزگر: همانطور که از قبل می‌دانیم کاتالیزگر باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود و خود در پایان، واکنش بدون تغییر باقی ماند.

بر اساس تجربه‌های گوناگون معلوم شده است که کاتالیزگر موقعیت تعادل را جابه‌جا نمی‌کند، بلکه مدت زمان لازم برای رسیدن به تعادل را کاهش می‌دهد.

نکته ۱: کاتالیزگر به وسیله کاهش انرژی فعال‌سازی موجب افزایش سرعت واکنش‌ها می‌شود.

نکته ۲: کاتالیزگر بر روی سرعت رفت و برگشت به یک میزان اثر دارد (نه به یک نسبت) و هر دو را به یک اندازه افزایش می‌دهد.

نکته ۳: کاتالیزگر بر ثابت تعادل هیچ تأثیری ندارد.

نکته ۴: کاتالیزگرها واکنش را در هیچ جهتی حرکت نمی‌دهند.

نکته ۵: کاتالیزگرها بر میزان غلظت هر یک از مواد شرکت کننده هیچ تأثیری ندارند.

پس به‌طور خلاصه:

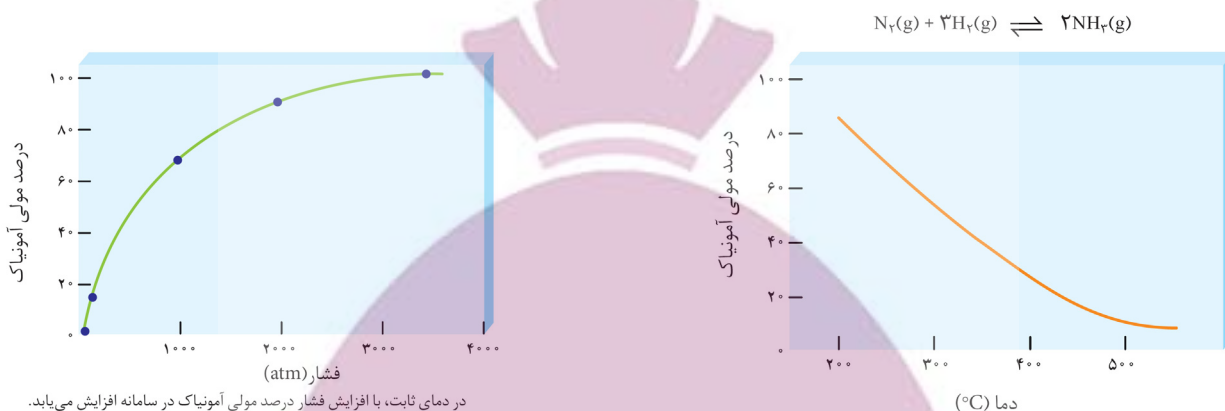
عوامل مؤثر بر تعادل	تأثیر به جابه‌جایی تعادل	تأثیر به ثابت تعادل K
دما	✓	✓
غلظت	✓	—
فشار	✓	—
حجم	✓	—
کاتالیزگر	—	—

فرآیندها بر: واکنش تهیه گاز آمونیاک از گازهای نیتروژن و اکسیژن که یک واکنش تعادلی است را واکنش هابر می‌گویند.

فریتس هابر با توجه به عوامل مؤثر بر تعادل سعی کرد با تغییراتی بر روی غلظت، فشار و دما و همچنین استفاده از کاتالیزگر کاری کند که آمونیاک بیشتری تولید کند. او با توجه به اینکه افزایش دما سرعت چشم‌گیری به واکنش می‌دهد بر روی دما آزمایش‌های متفاوتی را انجام داد و متوجه شده که افزایش دما باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود ولی با توجه به گرماده بودن واکنش و اصل لوشاتلیه درصد مولی آمونیاک را کاهش می‌دهد، چون افزایش دما واکنش را به سمت چپ

(واکنش دهنده‌ها) حرکت می‌دهد. در این مرحله نوبت به افزایش فشار می‌رسد که با افزایش فشار واکنش تعادلی به سمت تعداد مول کمتر حرکت می‌کند. یعنی جهت رفت و تولید آمونیاک خیلی خوب بود و سپس نوبت به کاتالیزگر رسید که از آهن به عنوان کاتالیزگر استفاده کرد و کاتالیزگر باعث شد که واکنش در دماهای پایین‌تر با سرعت مناسب‌تری انجام شود. بنابراین با ایجاد شرایط بهینه دمای 450°C ، فشار 200 atm و کاتالیزگر آهن توانست درصد مولی آمونیاک را به 28% مولی برساند. حال برای خارج کردن آمونیاک، از بحث عامل موثر غلظت بر واکنش‌های تعادلی کمک گرفت، بدین ترتیب که هرگاه غلظت یکی از اجزای واکنش در تعادل را کاهش دهیم واکنش در جهت تولید آن حرکت می‌کند. در این مرحله با مایع کردن گاز آمونیاک تعادل به سمت تولید آن پیش می‌رود.

شکل‌های زیر اثر عامل‌های دما و فشار بر تعادل تولید آمونیاک را نشان می‌دهد. به دقت آنها را بررسی کنیم.



شکل زیر شمایی از فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می‌دهد.

گازهای هیدروژن (H_2) و نیتروژن (N_2) از بالای دستگاه وارد شده و در مخزن سمت چپ و در حضور کاتالیزگر و دمای بالا که به کمک گرم‌کننده ایجاد شده است با هم واکنش می‌دهند در ادامه آمونیاک وارد مخزن سرد کننده شده و مایع می‌شود و در مخزن مخصوص سمت راست و پایین شکل جمع‌آوری می‌شود. و اما در مخزن سمت راست بالا گازهای N_2 و H_2 واکنش‌ن داده (72% مولی مخلوط تعادلی) دوباره به مخزن اولیه بازگردانی می‌شوند تا دوباره همین مراحل را طی کنند.

گاز آمونیاک بدلیل تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های خود دمای جوش بالاتری دارد و کافی است پس از انجام فرآیند هابر دما را تا -40°C سرد کنیم که آمونیاک مایع می‌شود و از مخلوط تعادلی گازی جداسازی می‌شود. به دمای جوش این چند ماده دقت کنید:

	NH_3	-33°C
$\times \frac{1}{4} \times 62^{\circ}$	H_2	-253°C
	N_2	-196°C

نکات فرآیند هابر:

(۱) شرایط متفاوت در تهیه آمونیاک:

- الف) در تئوری و طبق اصل لوشاتلیه:
- $\Delta G < 0$
 - $\Delta H < 0$

(۲) در فرآیند هابر دمای 450°C اثر نامطلوب ترمودینامیکی دارد چون تعادل را در جهت برگشت جابجا نموده و باعث کوچک شدن K می‌شود، اما اثر مطلوب سینتیکی دارد زیرا باعث افزایش سرعت واکنش و کوتاه شدن زمان برقراری تعادل می‌شود.

(۳) دما و فشار را تا حد مشخصی می‌توان افزایش داد، باید توجه کرد که دستگاه‌های مربوط تا مقدار مشخصی از افزایش دما و فشار را تحمل دارند.

(۴) در فرآیند هابر هر چه دما بیشتر باشد جابه‌جایی واکنش در جهت برگشت بیشتر است بنابراین مقدار ثابت تعادل کوچکتر خواهد بود.

400	200	25	10^4 (C°)
$6/2 \times 10^{-4}$	$0/65$	6×10^5	10^4 (K)

(۵) فریتس هابر شیمی‌دان مشهور آلمانی و همکارش کارل بوش برای تلاش در تهیه آمونیاک از واکنش گازهای (N_2) و (H_2) ، جایزه نوبل را دریافت کردند.

(۶) فرآیند هابر نمونه تاریخی جالبی از تأثیر پیچیده شیمی به 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 در تهیه مواد منفجره کاربرد وسیعی دارد).

ارزش فناوری‌های شیمیایی:

همانطور که در شیمی یازدهم خواندیم، منابع شیمیایی گوناگون بطور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. برخی از منابع شیمیایی ارزشمند عبارتند از: نفت خام، گاز طبیعی، زغال‌سنگ، معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه، قبلاً گفتیم که پراکندگی منابع شیمیایی می‌تواند دلیل پیدایش تجارت جهانی باشد، در واقع برخی از کشورها، صادرکننده منابع شیمیایی ارزشمند و برخی دیگر وارد کننده آنها هستند، اما نکته‌ای که جای تأمل دارد این است که بسیار از کشورها، منابع طبیعی ارزشمند خود را کم و بیش بدون فناوری و به همان صورتی که از طبیعت بدست می‌آید، به فروش می‌رسانند به این فرایند اصطلاحاً خام فروشی منابع گفته می‌شود. و اما روش دیگر این است که به کمک فناوری‌های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فرآورده‌های دیگری تبدیل کرد و با قیمت بالاتری به فروش رساند.

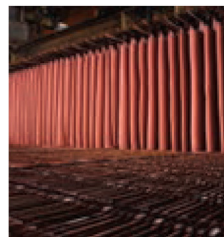
بعضی از انواع خام فروشی:

(۱) خام فروشی نفت:

فروش نفت خام یکی از راه‌های بهره‌برداری از این منبع طبیعی است و راه دیگر آن، پالایش نفت خام و تبدیل آن به فرآورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و است.

(۲) خام فروشی منابع معدنی:

خام فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مسی و روی نیز صادق است. اما نکته اینجاست که برای نمونه، قیمت یک تن مس خالص در بازارهای جهانی به هزاران برابر قیمت یک تن سنگ معدن مس می‌رسد. این تفاوت چشم‌گیر نشان می‌دهد که دانش و فناوری استخراج و خالص‌سازی، تا چه اندازه ارزشمند است. شکل‌های مقابل، مراحل استخراج سنگ معدن، ذوب آن در کارخانه و تبدیل آن به ورقه فلزی با خلوص بالا را نشان می‌دهد.



(۳) خام فروشی منابع کشاورزی:

پنبه را می‌توان هم بصورت خام فروخت و هم می‌توان آن را بصورت الیاف و یا لباس در آورد و فروخت و به سود بیشتری رسید.

نکته: بکارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فراوری شده، سبب رشد و بهره‌وری اقتصاد یک کشور می‌شود. با توجه به قیمت‌های واقعی نفت خام و مشتقات و موادی که از آن بدست می‌آیند خواهیم داشت:

159 لیتر بنزین < 159 لیتر اتانول = 159 کیلوگرم پلی‌اتن < 159 لیتر اتیلن گلیکول < 159 لیتر متانول < 159 لیتر نفت خام

افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی:

فناوری را می‌توان به کار بردن دانش، برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. برای مثال، از فناوری‌هایی که بشر امروز از آن‌ها برای حل مسائل خود بهره می‌برد می‌توان به فناوری‌های ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیک و آموزش اشاره کرد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. برای نمونه دانشمندان و مهندسان با استفاده از دانش مواد و دانش الکتریسیته و مغناطیس، وسایلی مانند تلفن همراه، لپ‌تاپ و بی‌سیم طراحی و تولید می‌کنند که می‌توانند شکل برقراری ارتباط را بر طرف سازند. سه مورد از موارد استفاده از فناوری شیمیایی عبارتند از:

(۱) ساخت مواد جدید

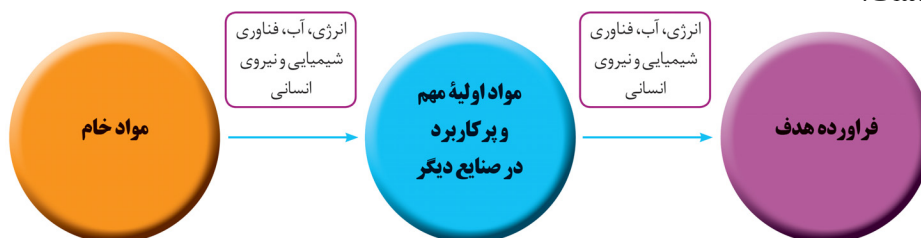
(۲) ارائه روش‌هایی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر مواد.

(۳) طراحی و ساخت دستگاهی برای شناسایی دقیق ساختار مواد.

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.

با استفاده از مواد خام، به همراه انرژی، آب و همچنین به کارگیری فناوری شیمیایی و نیروی انسانی می‌توانیم مواد اولیه مهم و پرکاربرد در صنایع را بسازیم و در نهایت با استفاده از این مواد اولیه و مصرف انرژی و آب و بکارگیری مجدد فناوری شیمیایی و نیروی انسانی می‌توانیم فرآورده نهایی (فرآورده هدف) را تولید کنیم.

این روند در نمودار روبرو نشان داده شده است:



روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی

نکته: استفاده از فناوری‌های شیمیایی سبب افزایش بهره‌وری تولید فرآورده هدف می‌گردد.

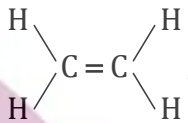
گروه عاملی، کلیه سنتز مولکول‌های آلی:

سنتز: یک فرایند شیمیایی هدفمند است که در آن با استفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگری را تولید می‌کنند. کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی، سنتز مواد نو و جدید است که از جمله می‌توان به سنتز رنگ‌دانه‌ها، خوشبوکننده‌ها، داروهای ضد سرطان، الیاف، سوخت‌های دوست‌دار محیط زیست و مواد هوشمند اشاره کرد. تولید یک ماده آلی جدید با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه است.

شیمی‌دان‌ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه‌های عاملی و با آگاهی و علم به شرایط و عوامل مؤثر بر واکنش‌های مواد خام یا اولیه در دسترس، ماده‌ای نو را برای کاربردی معین سنتز می‌کنند.

در این فرآیندها شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک ماده آلی را تغییر داده و آن‌ها را به گروه‌های عاملی دیگری تبدیل می‌کنند.

واکنش‌های گاز اتن (اتیلن) (C_2H_4):

اتن یا اتیلن با فرمول ساختاری  دارای یک پیوند دو گانه $C=C$ می‌باشد و در نتیجه سیر نشده بوده و می‌تواند در واکنش‌های افزایشی شرکت کند.

(۱) واکنش تولید سوخت اتان (C_2H_6):

$$C_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)} C_2H_6(g)$$

(۲) افشانه بی‌حس کننده‌ی موضعی (کلر و اتان):

$$C_2H_4(g) + HCl(g) \longrightarrow C_2H_5Cl(g)$$

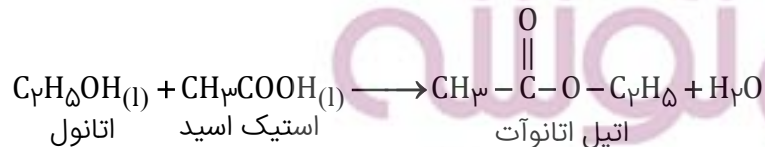
(۳) تولید پلی‌اتن (پلی‌اتیلن) سازنده اصلی برخی از پلاستیک‌ها:

$$C_2H_4(g) \longrightarrow -(CH_2-CH_2)_n$$

(۴) تولید اتانول برای ضد عفونی کردن:

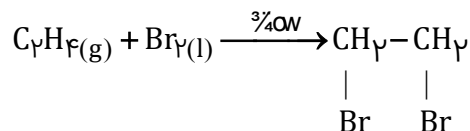
$$C_2H_4(g) + H_2O(l) \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5OH(l)$$

(۵) تولید اتیل اتانوات (حلال چسب):



(اتانوائیک اسید) (حلال چسب) (سرکه)

(۶) اضافه کردن برم: (۱ و ۲- دی برمواتان):



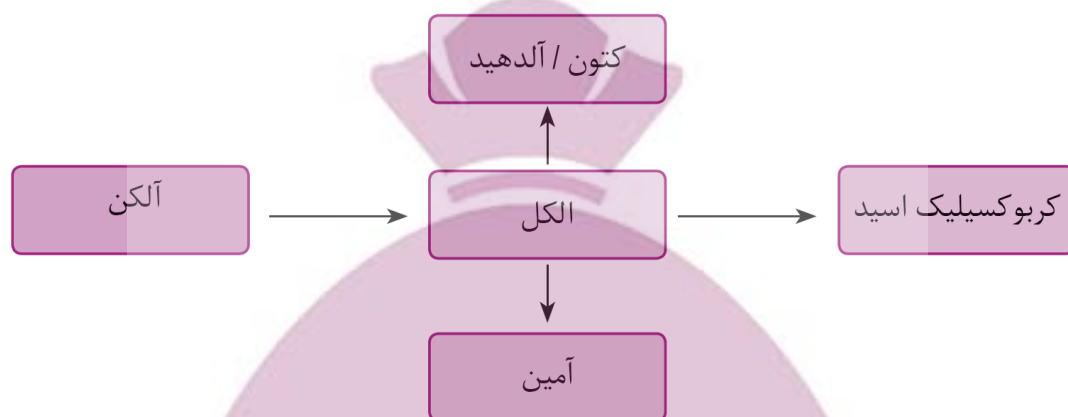
با توجه به واکنش‌های بالا می‌توان پذیرفت که از گاز اتن (اتیلن) مواد آلی گوناگون پر مصرف و ارزشمند تهیه کرد. به همین دلیل این گاز یکی از مهم‌ترین خوراک پتروشیمی‌هاست.

نکته ۱: در مورد واکنش شماره ۵ باید این توضیح را بدهیم که در کلاس یازدهم فصل سوم دیدیم که هرگاه یک کریوکسیلیک اسید و یک الکل واکنش دهند می‌توانند تولید استروآب را بنمایند.

نکته ۲: در واکنش‌های بالا، پیوند دوگانه کربن - کربن مورد تهاجم اتم‌ها قرار گرفته و در این حالت این پیوند دوگانه می‌شکند و تبدیل به پیوند یگانه می‌شود که اتم‌های جدید به این اتم‌های کربن اضافه می‌شوند.

نکته ۳: بازده واکنش، هزینه مواد و انرژی مصرف شده برای تولید یک ماده، بستگی به نوع واکنش و فناوری بکاربرده شده دارد. هر چه ماده جدیدی که قرار است، سنتز شود، گروه‌های عاملی بیشتری داشته باشد، سنتز آن دشوارتر بوده و به فناوری پیشرفته‌تری نیاز دارد.

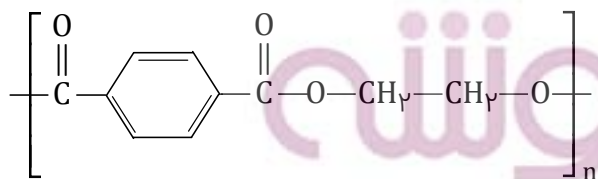
نمودار زیر نشان می‌دهد برای تهیه الکل‌ها باید از آلکن‌ها استفاده کرد و خود الکل‌ها به نوبه‌ی خود می‌توانند ماده اولیه برای تولید کتون‌ها، آلدهیدها، کربوکسیلیک اسیدها و آمین‌ها باشند که جلوتر مفصل راجع به این موارد صحبت می‌کنیم.



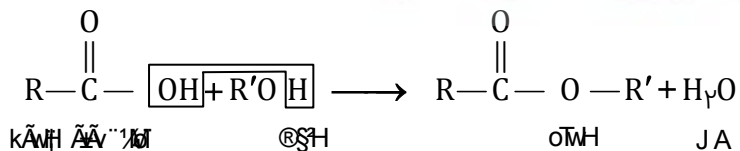
تبدیل برخی مواد آلی به یکدیگر

ساخت بطری آب:

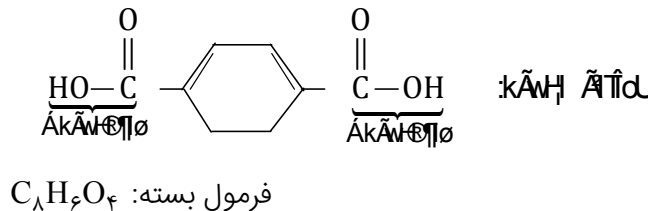
بطری آب از پلیمری بنام پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) ساخته می‌شود. برای ساخت این بطری، نخست پلیمر آن را تهیه می‌کنند، سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید. این نوع پلیمر یک پلی‌استر با ساختاری به شکل روبرو است.



در کلاس یازدهم یاد گرفتیم که از واکنش کربوکسیلیک اسیدها با الکل در مجاورت سولفوریک اسید، استر و آب تولید می‌شود.

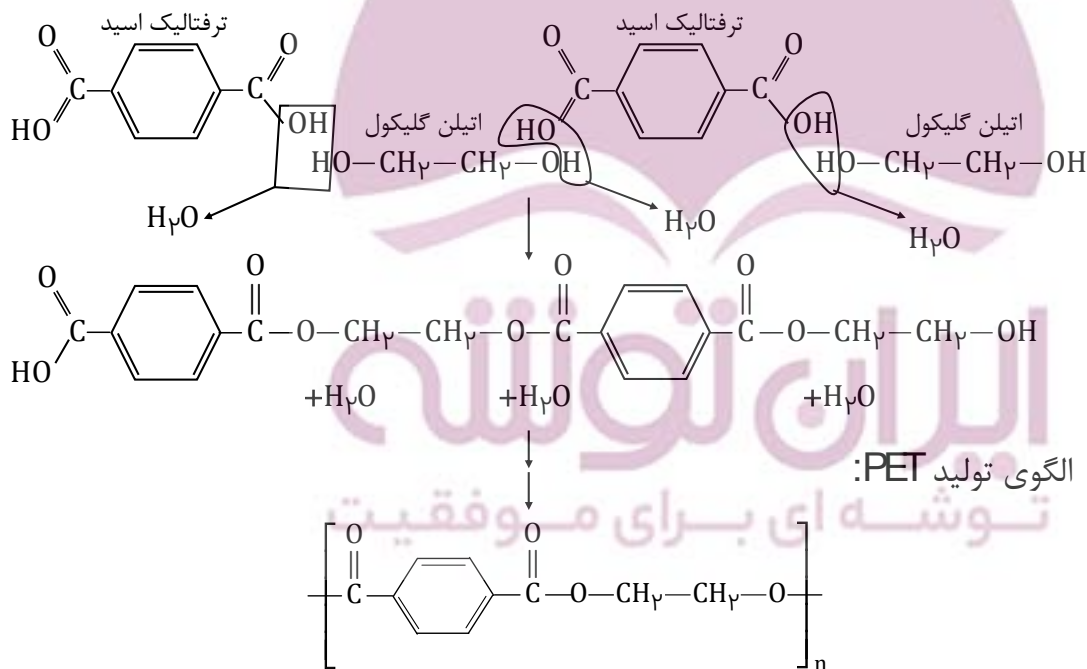


و از طرفی برای تهیه پلی‌استر از یک دی‌اسید (اسید دو عاملی و دی‌الکل (الکل دو عاملی)) استفاده می‌کردیم. برای تهیه پلی‌استر پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) از اتیلن گلیکول (ضد یخ یا ۱ و ۲ اتان دی‌ال) به عنوان الکل دو عاملی و ترفتالیک اسید به عنوان اسید دو عاملی استفاده می‌شود.


$$\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} + \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \rightarrow \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$$

ترفتالیک اسید مولکول آب جدا شده اتیلن گلیکول استر آب

همانطور که در استر بالا می‌بینید، هنوز یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد، بنابراین واکنش استری شدن می‌تواند ادامه پیدا کند، در حقیقت استر تولید شده بالا می‌تواند از سمت گروه کربوکسیل (سمت چپ -COOH) با یک الکل دو عامل دیگر و از سمت گروه هیدروکسیل (سمت راست یا -OH) با یک اسید دو عاملی دیگر واکنش دهد. که در این حالت پلی‌استر حاصل را PET می‌گویند.


$$\left[\begin{array}{c} R\tilde{T}\tilde{t}d\tilde{u}, \tilde{u}\tilde{a}\tilde{o} \\ (PET) \end{array} \right] \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \tilde{i}'\tilde{s}\tilde{e}, \tilde{u}\tilde{h} \\ k\tilde{a}\tilde{h}, \tilde{a}\tilde{t}d\tilde{u} \end{array} \right\} \leftarrow \left\{ \begin{array}{l} \tilde{u}\tilde{h} \\ \tilde{a}\tilde{h}\tilde{o} \end{array} \right\} \Leftrightarrow {}^3li\ s\tilde{y}$$

نکته ۳: البته از تقطیر نفت خام علاوه بر اتن و پارازایلین، محصولات دیگری نظیر بنزن، سیکلو هگزان، پروتئین، هگزان و ... نیز تولید می شود.

سنتز ترفتالیک اسید:

از بین ترکیباتی که از تقطیر نفت خام بدست می آیند، پارازایلین ساختاری شبیه به ترفتالیک اسید دارد.



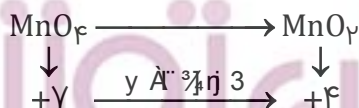
طبیعتاً برای ساختن ترفتالیک اسید باید از پارازایلین استفاده کرد ولی اگر در این دو ترکیب اعداد اکسایش کربن هایی که ستاره دار شده اند را بررسی کنیم خواهیم دید.

$$\text{عدد اکسایش کربن ستاره دار پارازایلین} = 4 - 7 = -3$$

$$\text{عدد اکسایش کربن ستاره دار ترفتالیک اسید} = 4 - 1 = +3$$

پس برای تبدیل پارازایلین که کربن آن عدد اکسایش -3 دارد به ترفتالیک اسید که عدد اکسایش آن $+3$ است باید پارازایلین را اکسید کنیم و از یک اکسنده قوی مانند پتاسیم پرمنگنات (KMnO_4) برای این موضوع استفاده می کنیم. KMnO_4 اکسنده ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب، پارازایلین را با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می کند.

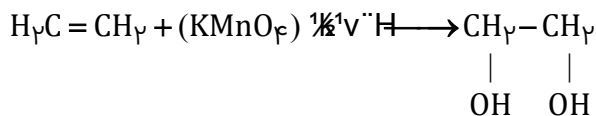
در واکنش موثر نظر یون پرمنگنات به منگنز (II) اکسید تبدیل می شود.



با وجود غلظت بالای پرمنگنات، باز هم شرایط تبدیل پارازایلین به ترفتالیک اسید تأمین نمی شود چون انرژی فعال سازی این واکنش زیاد است به همین دلیل باید دمای مخلوط واکنش را بالا ببریم که با افزایش دما اگر چه شرایط انجام واکنش تأمین شده است اما بازده همچنان مطلوب نیست. همه این ها نشان می دهد که اکسایش پارازایلین به ترفتالیک اسید دشوار است. از این رو شیمی دان ها در پی یافتن شرایطی آسان تر برای انجام این واکنش با بازده بالا هستند. آنها با پژوهش های فراوان دریافتند که استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می تواند راهگشا باشد. البته پژوهش ها برای یافتن واکنش پربازده و با صرفه اقتصادی همچنان ادامه دارد.

سنتز اتیلن گلیکول (ضدیخ) (۱ و ۲ اتان دی ال):

برای تولید اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و موثر واکنش داد. یکی از واکنش های مهم در بین ترکیبات آلی، اکسایش آلکن ها و تبدیل آنها به الکل هاست. همانطور که می دانید اتیلن گلیکول یک الکل دو عاملی است. گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می شود.



نکته ۱: در این واکنش، عدد اکسایش هریک از اتم‌های کربن از (۲-) به (۱-) افزایش می‌یابد. یعنی تعداد الکترون‌های مبادله شده در واکنش بالا ۲ مول است.

نکته ۲: پلیمر (PET) همانند پلیمرهای سنتزی دیگر که در کتاب یازدهم خواندید ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود به همین دلیل پسماند آنها تهدیدی جدی برای زندگی بشمار می‌آید پس بهتر است فکری برای بازیافت آنها داشته باشیم که هم از اتلاف مواد اولیه جلوگیری شود و هم جلوی ضربه به محیط زیست را بگیریم.

بازیافت PET:

یکی از نتایج نوآوری و خلاقیت بشر پلاستیک است، از ویژگی‌های بی‌نظیر پلاستیک‌ها می‌توان چگالی کم (سبک بودن)، نفوذناپذیری در برابر آب و هوا، قیمت مناسب و ارزان و مقاومت در برابر خوردگی را نام برد.

با بررسی نمودار زیر خواهیم دریافت که:



رشد تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ میلادی

الف) امروزه در جهان سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن پلاستیک تولید می‌شود.

ب) این روند با افزایش بسیار زیادی روبرو است.

پ) پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ بیش از ۱۸۰۰ میلیون تن پلاستیک تولید شود که حدود ۴/۵ برابر کنونی است.

ت) همانطور که از نمودار بر می‌آید با گذشت زمان شیب نمودار افزایش یافته و روند تولید پلاستیک شتاب می‌گیرد. بطوریکه شیب نمودار در سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰، خیلی کمتر از شیب نمودار در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ می‌باشد. در جای‌جای کره زمین پلاستیک‌ها یافت می‌شوند که این امر ۲ دلیل عمده دارد.

۱) استفاده بی‌رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون.

۲) زیست تخریب ناپذیر بودن آنها که مدت زمان زیادی برای تجزیه نیاز دارند.

با توجه با مطالب گفته شده در بالا، بازیافت پلاستیک امری اجتناب ناپذیر است.

مراحل کلی بازیافت بصورت زیر است:

(۱) جمع‌آوری

(۲) انجام فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی

(۳) تبدیل ماده‌ی اولیه به مواد قابل استفاده

حال می‌رسیم به سه روش کلی بازیافت پلاستیک‌ها:

روش اول: پس از جمع‌آوری پلاستیک آنها را شستشو داده و تمیز می‌کنند سپس ذوب کرده و دوباره از مواد مذاب آنها برای تولید و ساخت وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند (نه ظروف مواد خوراکی). (فرآیندهای فیزیکی)

روش دوم: پس از شستشوی مواد پلاستیکی، آنها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پِرک تبدیل می‌کنند و از آنها در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده می‌نمایند. (فرآیندهای فیزیکی)

روش سوم: تبدیل پسماندهای پلاستیکی به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند. (فرایندهای شیمیایی)

نکته: سطح فناوری هر کشور یا هر گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد.

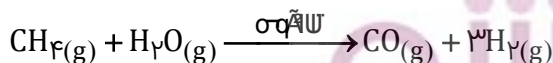
همانطور که از شیمی سال یازدهم می‌دانید، پلی‌استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود. موادی که می‌توان از آنها برای تولید پلیمرها استفاده کرد.

نکته: متانول (CH_3OH): مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد، به همین دلیل به الکل چوب نیز معروف است زیرا از اکسایش چوب در غیاب اکسیژن بدست می‌آید.

برای تولید متانول در مقیاس صنعتی، گاز کربن مونواکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند.



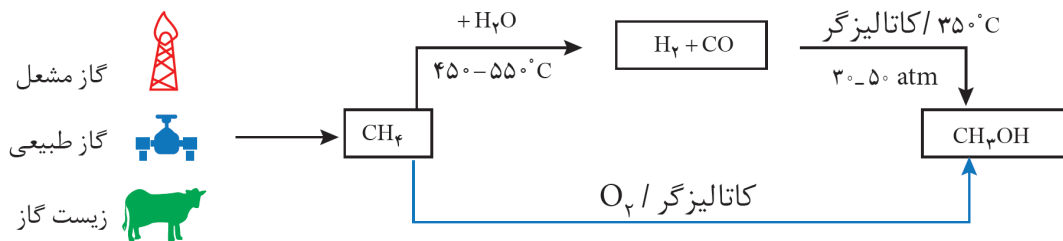
مواد اولیه‌ای که در واکنش بالا استفاده می‌شود، به میزان صنعتی در طبیعت وجود ندارند پس باید فکری برای تولید آنها کرد. برای حل این مشکل باید از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر استفاده کنیم.



گاز متان: گاز متان که به گاز مرداب نیز معروف است سازنده اصلی گاز طبیعی است و در میدان‌های نفتی و مرداب‌ها به وفور یافت می‌شود. و برای جلوگیری از خطر انفجار و افزایش ایمنی مقدار قابل توجهی از آن را می‌سوزانند گاز متان بدلیل آلمان و سیر شده بودن واکنش پذیری بسیار کمی دارد، پس تبدیل آن به متانول فرایندی بس دشوار است که انجام آن به دانش و فناوری پیشرفته نیاز دارد.

بدلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون و ارزان بودن گاز متان، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان با کمترین هزینه و سرعت بالا متان را به متانول تبدیل کرد.

در شکل زیر ۲ روش برای تولید متانول از متان نشان داده شده است.



نکات شکل:

(۱) گاز متان به دو روش تهیه می‌شود.

(الف) زیست گاز (گاز حاصل از فضولات و اجساد حیوانات)

(ب) گاز طبیعی موجود در میدان‌های نفتی که امروز عمدتاً در مشعل سوزانده می‌شود تا خطر آفرین نباشد.

(۲) در شکل بالا ۲ روش وجود دارد، یک روش روش مستقیم است که با اکسیژن و کاتالیزگر متانول تولید می‌شود و روش دوم، روش غیر مستقیم است که طی ۲ مرحله یکبار با آب و دادن گرما تولید گازهای H_2 و CO می‌کند و در ادامه با دما و کاتالیزگر تولید متانول می‌کند.

(۳) مزیت تولید متانول به روش مستقیم این است که اولاً تعداد مراحل کمتری دارد و ثانیاً انرژی گرمایی کمتری نیاز دارد. (برخلاف روش غیر مستقیم که واکنش‌ها در دمای‌های بالا انجام می‌گیرند).

نکته ۱: شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌های با کمترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است.

نکته ۲: هرگاه در یک واکنش شیمیایی تعداد بیشتری از اتم‌های واکنش دهنده به فرآورده‌های سودمند تبدیل شود، از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است.