

« چرخه کامل شیمی دوازدهم »

فصل اول : مولکولها در خدمت تندرستی

مباحث عمده فصل : صابون و سایر انواع پاک کننده ها ، اسیدها و بازها ، تعادل و ثابت تعادل ، مفاهیم و مسائل ثابت یونش اسیدها و بازها و pH

هوا ، آب ، پوشاک ، بدن و زمین از جمله موهبت های الهی هستند که پیوسته باید برای پاکیزه نگه داشتن آن ها بکوشیم. انسان ها با الهام از طبیعت و شناخت مولکولها و رفتار آن ها ، راهی برای زدودن آلودگی ها پیدا کردند. یکی از دلایل اسکان انسان در کنار رود و رودخانه این بود که با دسترسی به آب ، بدن خود را بشوید و ابزار ، ظروف و محیط زندگی خود را تمیز نگاه دارد. حفاری های باستانی از شهر بابل نشان می دهد که چند هزار سال پیش از میلاد ، انسان ها به همراه آب از موادی شبیه به صابون امروزی برای نظافت و پاکیزگی استفاده می کردند. نیاکان ما نیز به تجربه پی بردند که اگر ظرف های چرب را به خاکستر آغشته کنند و سپس با آب گرم شست و شو دهند ، آسان تر تمیز می شوند. خاکستر ؛ اولین شوینده ای است که انسان چند هزار سال پیش از میلاد از آن استفاده کرده است . در گذشته به دلیل عدم دسترسی ، کمبود یا استفاده نکردن از صابون ، سطح بهداشت فردی و همگانی بسیار پایین بود ، به طوری که بیماری های گوناگون به سادگی در جهان گسترش می یافت .

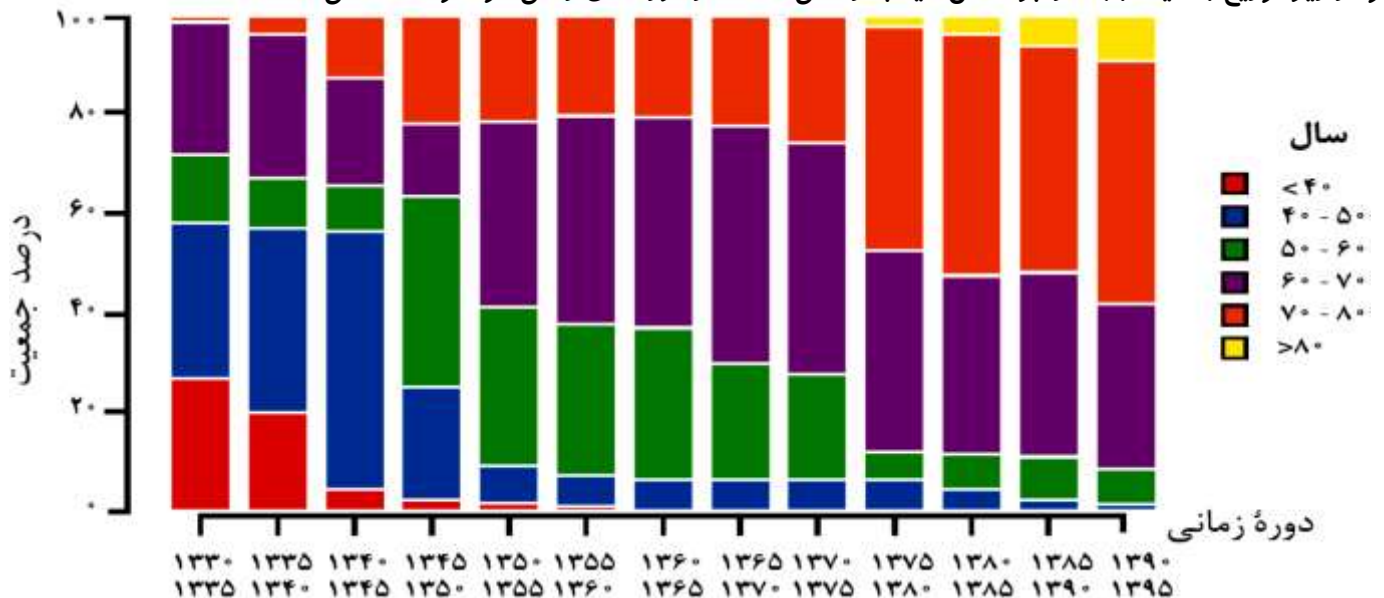
بیماری وبا

۱. وبا یک بیماری واگیردار است که به دلیل آلوده شدن آب و نبود بهداشت شایع می شود .
۲. این بیماری در طول تاریخ بارها در جهان همه گیر شد و جان میلیون ها انسان را گرفت
۳. وبا هنوز هم می تواند برای هر جامعه تهدید کننده باشد.
۴. ساده ترین و مؤثرترین راه پیشگیری این بیماری ، رعایت بهداشت فردی و همگانی است.

مزایای استفاده از صابون و شوینده ها :

۱. از بین رفتن میکروب ها ، آلودگی ها و عوامل بیماری زا
 ۲. افزایش سطح بهداشت جامعه
 ۳. افزایش سلامتی و تندرستی مردم
 ۴. افزایش امید به زندگی در سطح جهان
- نکته : با افزایش سطح تندرستی و بهداشت فردی و همگانی ، شاخص امید به زندگی نیز در جهان افزایش یافته است .
تعریف امید به زندگی : شاخصی است که نشان می دهد با توجه به خطراتی که انسان ها در طول زندگی با آن مواجه هستند ، به طور میانگین چند سال در این جهان زندگی می کنند.

نمودار زیر توزیع جمعیت جهان را بر اساس امید به زندگی آن ها در دوره های زمانی گوناگون نشان می دهد.



بر اساس این نمودار :

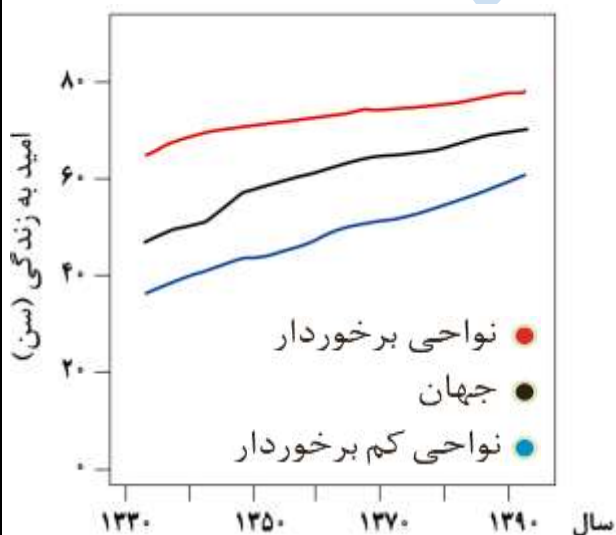
۱. شاخص امید به زندگی در جهان به طور کلی **بیشتر** شده است.
 ۲. امروزه حدود **۹۰٪** از جمعیت جهان **بیش** از **۶۰** سال به طور میانگین عمر می کنند.
 ۳. امروزه **بیشترین** محدوده امید به زندگی در جهان مابین **۷۰ تا ۸۰** سال می باشد.
 ۴. در سال های اخیر درصد افراد بیشتری به سن های **بالا** می رسند و درصد افراد کمتری در سن های **پایین تر** فوت کرده و جان خود را از دست می دهند .
 ۵. با گذشت زمان ، امید به زندگی زیر **۴۰** سال در جهان ، همواره روند **کاهشی** داشته است.
 ۶. امید به زندگی بالای **۸۰** سال از سال **۱۳۷۵** به بعد پدیدار شده و قبل از آن **وجود نداشته** است.
- بیشترین شاخص امید به زندگی در دوره های مختلف :

دوره زمانی	بیشترین شاخص امید به زندگی ، چند سال بوده است؟
۱۳۳۰ - ۱۳۴۵	۴۰ - ۵۰
۱۳۴۵ - ۱۳۵۰	۵۰ - ۶۰
۱۳۵۰ - ۱۳۷۵	۶۰ - ۷۰
۱۳۷۵ - ۱۳۹۵	۷۰ - ۸۰

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

دوره زمانی	۱۳۳۰ - ۱۳۳۵	۱۳۶۵ - ۱۳۷۰	۱۳۹۰ - ۱۳۹۵
درصد جمعیت	حدود ۳۰٪	حدود ۷٪	حدود ۱٪

- (ب) در دوره زمانی ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۰ ، امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان حدود چند سال است؟ **۵۰ - ۶۰ سال**
- (پ) در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵ امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در حدود چند سال است؟ **۶۰ - ۷۰ سال**
- (ت) با گذشت زمان، امید به زندگی در سطح جهان افزایش یافته است یا کاهش؟ توضیح دهید.
- افزایش یافته ، به دلیل افزایش سطح آگاهی مردم ، سلامت جامعه ، سلامت محیط زیست ، نوع تغذیه و ... امید به زندگی زیاد شده است .**
- (ث) امروزه امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در حدود چند سال است؟ **۷۰ - ۸۰ سال**



با توجه به نمودار زیر علت افزایش امید به زندگی در سطح جهان را توضیح دهید.

طبیعتاً امید به زندگی در نقاط مختلف جهان و حتی شهرهای یک کشور متفاوت است ، مسلماً مناطقی که در رفاه و آسایش بیش تری باشند و امکانات بالاتری داشته باشند به سن های بالاتری می رسند و در نقاطی که محرومیت و فقر وجود دارد به دلیل نداشتن امکانات پزشکی ، دارو ، درمان ، تغذیه مناسب و... متوسط سن مرگ و میر پایین تر است.

- نکته :** تغییرات افزایش امید به زندگی در نواحی کم برخوردار بیشتر است.
- نکته :** میانگین جهانی امید به زندگی در سال های اخیر به نواحی برخوردار نزدیک تر شده است.

مقایسه امید به زندگی : نواحی برخوردار (توسعه یافته) < میانگین جهان < نواحی کم برخوردار (کمتر توسعه یافته)

شاخص افزایش امید به زندگی در کشورهای گوناگون عبارت است از :

۱. میزان شادی افراد جامعه
۲. سلامت محیط زیست
۳. سطح آگاهی مردم
۴. میزان ورزش همگانی
۵. نوع تغذیه
۶. شیوه و میزان ارائه خدمات بهداشتی و درمانی وابسته

پاکیزگی محیط با مولکول ها :

تعریف آلاینده ها : آلاینده ها موادی هستند که **بیش از مقدار طبیعی** در یک محیط ، نمونه ماده یا یک جسم وجود دارند .
گل و لای آب ، گرد و غبار هوا ، لکه های چربی و مواد غذایی روی لباس ها و پوست بدن نمونه هایی از **آلاینده ها** هستند .
برای داشتن **لباس پاکیزه ، هوای پاک و محیط بهداشتی** باید این آلودگی ها را زدود . برای این کار باید به بررسی **ساختار و رفتار** ذره های سازنده **آلاینده ها و مواد شوینده** و نیز **نیروهای بین مولکولی** آن ها پرداخت .

کدام ماده در کدام حلال حل می شود ؟

فرایند **انحلال** هنگامی منجر به تشکیل **محلول** می شود که **شرط** زیر برقرار باشد :

شرط انحلال : (میانگین جاذبه ها در حلال خالص و حل شونده خالص) > (جاذبه های حل شونده با حلال در محلول)

اگر مولکول های **حلال** را با **A** و ذره های **حل شونده** را با **B** نمایش دهیم ، می توان نیروهای جاذبه میان آن ها را در حالت خالص با **A .. A** و **B ... B** نشان داد . با این توصیف برای محلول **B** در **A** رابطه زیر برقرار است .

$$(A...B) > \frac{(A...A)+(B...B)}{2}$$

یادآوری مهم : در شیمی سال دهم خواندیم که برای پیش بینی انحلال پذیری یک ماده در حلال می توانیم از قاعده « **شبيهه ، شبيهه را در خود حل می کند** » استفاده کنیم . به **طور کلی** ، مواد **قطبی** در حلال های **قطبی** و مواد **ناقطبی** در حلال های **ناقطبی** حل می شوند ، به عبارت دیگر مواد زمانی در هم حل می شوند که **نیروی جاذبه بین مولکولی** آن ها **شبيهه** به هم باشند .

- | | |
|---|----------------|
| ۱. مولکول های ناقطبی ⇐ محلول در حلال های ناقطبی مانند انحلال وازلین در هگزان | } انواع مواد : |
| ۲. مولکول های قطبی ⇐ محلول در حلال های قطبی مانند انحلال اسیدکلریدریک در آب | |
| ۳. نمک ها (ترکیب های یونی) ⇐ محلول در حلال های قطبی مانند انحلال نمک طعام در آب | |
| ۴. مولکول های دارای H متصل به FON (دارای پیوند هیدروژنی) ⇐ محلول در حلال دارای پیوند هیدروژنی مانند انحلال اتانول در آب یا انحلال اوره در آب | |

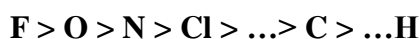
یادآوری مهم : تشخیص قطبی یا ناقطبی بودن مولکول های مختلف :

تعریف مولکول های قطبی : مولکول هایی که با داشتن قطب های **مثبت و منفی** در میدان الکتریکی جهت گیری می کنند مولکول های **قطبی** نامیده می شود مثل مولکول **آب** ، مولکول **اوزون** و ...

تعریف مولکول های ناقطبی : مولکول هایی که در میدان الکتریکی جهت گیری **نمی کنند** مثل مولکول **اکسیژن** ، **متان** ، **کربن دی اکسید** و ... دانستن برخی ویژگی ها و خواص به درک درست موضوعات مربوط به قطبیت کمک زیادی می کند .

خاصیت نافلزی : از دیدگاه **شیمیایی** ، به تمایل اتم ها برای **گرفتن** الکترون خاصیت **نافلزی** گفته می شود پس هر چه تمایل و قدرت اتم نافلز برای جذب الکترون بیشتر باشد ، خاصیت **نافلزی** بیشتری دارد .

نکته : در جدول تناوبی هرچه موقعیت عنصر **نافلزی** در سمت **راست** و **بالای** جدول قرار داشته باشد خاصیت **نافلزی** آن **بیشتر** است بر این اساس اتم **فلوئور** بیشترین خاصیت **نافلزی** را دارد .



مقایسه خاصیت نافلزی برخی از عناصر :

۱. تشخیص قطبی یا ناقطبی بودن مولکول های دو اتمی

(**آ**) اگر **مولکول** از دو اتم **یکسان** تشکیل شده باشد پیوند بین آنها **ناقطبی** است (زیرا توان هر دو اتم برای گرفتن الکترون برابر است) و

مولکول نیز **ناقطبی** است مانند همه مولکول های دو اتمی **جور هسته** از جمله **N₂ و O₂ و F₂ و Cl₂ و H₂** و ...

(**ب**) اگر **مولکول** از دو اتم **متفاوت** تشکیل شده باشد پیوند بین آنها **قطبی** و مولکول نیز **قطبی** خواهد بود مانند همه مولکول های دو اتمی

ناجور هسته از جمله **HCl و NO و CO و HBr و HF** و ...

در این مولکول ها اتمی که خاصیت نافلزی بیشتری دارد قطب منفی و اتمی که خاصیت نافلزی کمتری دارد قطب مثبت را تشکیل می دهد. اگر مولکول تنها شامل یک نوع اتم باشد ناقطبی است بجز اوزون (O_3) که قطبی است مثل P_4 و S_8 و F_2 و ...

۲. تشخیص قطبی یا ناقطبی بودن مولکول های چند اتمی

(آ) اگر اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی یا تک الکترون ناپیوندی داشته باشد مولکول قطبی است.

مانند $AsBr_3$ ، ClF_3 ، PCl_3 ، H_2O ، NO_2 ، NH_3 ، NF_3 ، O_3

(ب) اگر اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی باشد دو حالت وجود دارد:

(۱) اگر اتم های کناری اتم مرکزی یکسان باشند مولکول ناقطبی است مانند : CH_4 ، CO_2 ، CCl_4 ، SiF_4 ، SO_3 ، BCl_3 ، SF_6 و ...

(۲) اگر اتم های کناری اتم مرکزی یکسان نباشند مولکول قطبی است مانند : CH_2O ، N_2O ، $COCl_2$ ، CH_2Cl_2 ، CH_3Cl و ...

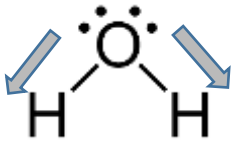
شرط اصلی قطبی بودن مولکول ، تقارن است اگر گونه ای متقارن باشد ناقطبی و اگر نامتقارن باشد قطبی خواهد بود.

راه تشخیص دیگر : ساختار لوویس مولکول را رسم می کنیم و هر پیوند را شبیه یک بردار در نظر می گیریم. اگر :

(آ) برآیند بردارها برابر صفر باشد. \Rightarrow مولکول ناقطبی است .

(ب) برآیند بردارها مخالف صفر باشد \Rightarrow مولکول قطبی است .

مثال : از بین مولکول های H_2O و CO_2 کدام یک قطبی و کدام یک ناقطبی است؟



برآیند $0 \neq$ \Rightarrow قطبی

برآیند $0 =$ \Rightarrow ناقطبی



نکته : برخی از ترکیب های یونی مانند $AgCl$ ، $BaSO_4$ ، $Mg(OH)_2$ ، $Ca_3(PO_4)_2$ ، $Fe(OH)_2$ ، $Fe(OH)_3$ در آب نامحلول هستند.

نکته : ترکیب های دارای یون آمونیوم (NH_4^+) ، یون نیترات (NO_3^-) ، و کاتیون های فلزهای قلیایی (گروه ۱) همگی در آب محلول هستند.

چگونگی تعیین قطبی یا ناقطبی بودن مولکول های مواد آلی :

نکته : به طور کلی هیدرو کربن ها ناقطبی محسوب می شوند مانند متان CH_4 و بنزین C_8H_{18} و وازلین $C_{25}H_{52}$

نکته: ترکیب های آلی اکسیژن دار یا نیتروژن دار که به ازای هر سه یا چهار اتم کربن ، یک اتم اکسیژن یا نیتروژن دارند قطبیت قابل توجهی دارند و در حلال های قطبی مانند آب به خوبی حل می شوند. مثال : متانول CH_3OH ، استون C_3H_6O ، پروپانویک اسید $C_3H_6O_2$ ،

ویتامین C یا آسکوربیک اسید $C_6H_8O_6$ ، گلوکز $C_6H_{12}O_6$ ، اوره $CO(NH_2)_2$ ، اتیلن گلیکول $C_2H_6O_2$ ، شکر $C_{12}H_{22}O_{11}$ و عسل

نکته : در ترکیب های آلی اکسیژن دار یا نیتروژن دار اگر نسبت شمار کربن به اکسیژن یا نیتروژن زیاد باشد مولکول ناقطبی

بوده و در حلال های قطبی حل نمی شوند. مثال روغن زیتون $C_{57}H_{104}O_6$ ، اسیدهای آلی با شمار کربن زیاد مانند

$C_{17}H_{35}COOH$ و چربی کوهان شتر $C_{57}H_{110}O_6$ و ...

نکته : خواص فیزیکی مانند نقطه ذوب و جوش به نیروهای بین مولکولی از جمله قطبیت مولکول ، پیوند هیدروژنی و جرم و حجم مولکول

بستگی دارد. مثال : $C_{25}H_{52} > C_8H_{18}$: مقایسه نیروهای بین مولکولی بنزین و وازلین

جمع بندی :

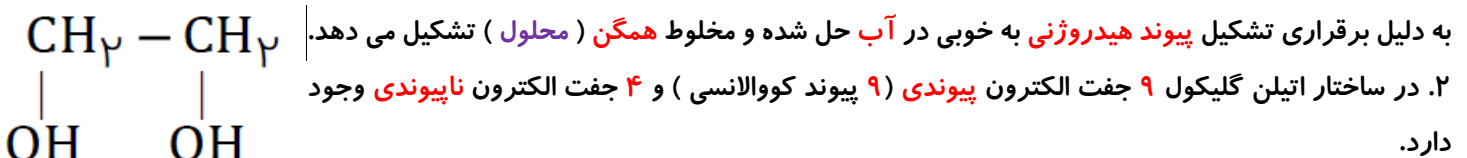
مولکول های قطبی :	مولکول های ناقطبی :
نامتقارن هستند.	مقارن هستند.
در میدان الکتریکی جهت گیری می کنند.	در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کنند.
برآیند بردارشان مخالف صفر است.	برآیند بردارشان برابر صفر است.
گشتاور دو قطبی مخالف صفر دارند.	گشتاور دو قطبی برابر صفر دارند.

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

نام ماده	فرمول شیمیایی	محلول در آب	محلول در هگزان (C ₆ H ₁₄)	قطبیت
اتیلن گلیکول (ضدیخ)	CH ₂ OHCH ₂ OH	✓	✗	قطبی
نمک خوراکی	NaCl	✓	✗	قطبی
بنزین	C ₈ H ₁₈	✗	✓	ناقطبی
اوره	CO(NH ₂) ₂	✓	✗	قطبی
روغن زیتون	C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	✗	✓	ناقطبی
وازلین	C ₂₅ H ₅₂	✗	✓	ناقطبی

نکات جدول :

۱. اتیلن گلیکول (ضدیخ و ضدجوش) یک الکل دو عاملی با دو گروه عاملی هیدروکسیل (-OH) با فرمول شیمیایی (C₂H₆O₂) است که



نکته و یاد آوری بسیار مهم : در یک ترکیب مولکولی اگر تعدادی از این عناصر یا برخی هم گروه هایشان داشتیم از این رابطه برای بدست آوردن تعداد پیوندها استفاده می کنیم. (بدون رسم ساختار لوویس)

$$X = \frac{(C \times 4) + (N \times 3) + (O \times 2) + (H \times 1) + (F \times 1)}{2}$$

X: تعداد پیوند کووالانسی

نکته و یاد آوری بسیار مهم : برای بدست آوردن تعداد جفت های ناپیوندی از رابطه زیر استفاده می کنیم.

- اگر اتم مورد نظر مربوط به گروه ۱۴ و گروه های قبل از آن باشد. ← اتم مورد نظر جفت ناپیوندی ندارد.
- اگر اتم مورد نظر مربوط به گروه ۱۵ باشد. ← اتم مورد نظر یک جفت ناپیوندی دارد.
- اگر اتم مورد نظر مربوط به گروه ۱۶ باشد. ← اتم مورد نظر دو جفت ناپیوندی دارد.
- اگر اتم مورد نظر مربوط به گروه ۱۷ باشد. ← اتم مورد نظر سه جفت ناپیوندی دارد.

۳. اتیلن گلیکول می تواند در واکنش تولید پلی استرها شرکت کند و یکی از مونومرهای سازنده پلیمر مورد استفاده در بطری آب ، یعنی پلی اتیلن ترفتالات است. (در فصل ۴ با آن آشنا خواهیم شد.)

۴. بنزین : (اکتان ، C₈H₁₈) ترکیبی ناخالص و مخلوطی از انواع هیدروکربن ها و به طور عمده از اکتان تشکیل شده است. بنزین ترکیبی ناقطبی با گشتاور دو قطبی نزدیک به صفر است که در آب حل نمی شود ولی در هگزان که ناقطبی است به خوبی حل می شود.

نکته بسیار مهم : بدست آوردن تعداد پیوندهای کووالانسی در آلکان ها ، آلکن ها و آلکین ها :

(A) فرمول کلی آلکان ها : (C_nH_{2n+2}) ←

مثال : تعداد پیوندهای کووالانسی را در بنزین و وازلین محاسبه کنید؟

n = 8 (3 × 8) + 1 = 25

n = 25 (3 ×) + 1 =

(B) فرمول کلی آلکن ها و آلکان های حلقوی : (C_nH_{2n}) ←

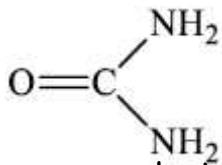
مثال : تعداد پیوندهای کووالانسی را در سیکلو هگزان و اتن محاسبه کنید؟

n = 6 (3 × 6) = 18

(C) فرمول کلی آلکین ها و آلکن های حلقوی : (C_nH_{2n-2}) ←

مثال : تعداد پیوندهای کووالانسی را در سیکلو هگزان و اتین محاسبه کنید؟

n = 2 (3 × 2) - 1 = 5

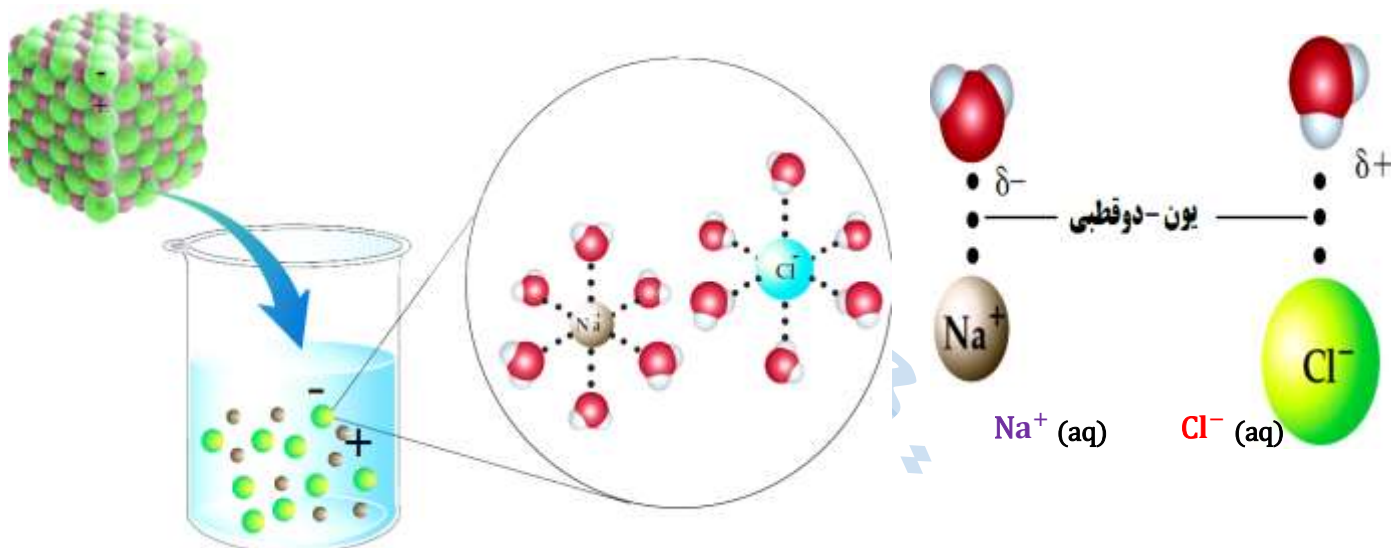


۵. **اوره** : با فرمول مولکولی $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ و جرم مولی 60 گرم بر مول به دلیل داشتن 2 گروه آمیدی که هر دو قطبی هستند ، هم چنین به دلیل تشکیل پیوند های **هیدروژنی** به خوبی در آب حل می شود.
اوره دارای 8 جفت الکترون پیوندی و 4 جفت الکترون ناپیوندی است . همچنین از 8 اتم و 4 عنصر مختلف تشکیل شده است.

۶. **انحلال نمک طعام (NaCl)** : در انحلال یونی ، ماده حل شونده ویژگی ساختاری خود را حفظ نمی کند زیرا پس از حل شدن ، به یون های مثبت و منفی تبدیل می شود. این یون ها در میان مولکول های حلال پراکنده شده و به صورت **حلال پوشیده (در اکثر موارد آب پوشیده)**

در می آیند. مانند انحلال **نمک طعام** در آب که معادله انحلال آن به شکل زیر است :
$$\text{NaCl (s)} \xrightarrow{\text{آب}} \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{Cl}^- (\text{aq})$$

اغلب ترکیبات یونی مانند **سدیم کلرید** و **آمونیم نیترات** و ... (برخی ترکیبات یونی و نمک ها نیز در آب نامحلول هستند).



سدیم کلرید یک **ترکیب یونی** با بلورهای مکعبی است که در آن یون های Na^+ و Cl^- با آرایشی منظم در سه بُعد جای گرفته اند. هنگامی که بلور کوچکی از این ماده **جامد** در آب وارد می شود ، مولکول های **قطبی آب** از سرهای مخالف به یون های **بیرونی** بلور نزدیک شده ، **نیروی جاذبه ای** میان آن ها برقرار می شود. این نیروی جاذبه ، **یون - دو قطبی** نام دارد ؛ نیروی جاذبه ای که باعث جدا شدن **یون ها** از شبکه شده تا با **لایه ای** از مولکول های آب ، **پوشیده** شوند. این یون های **آپوشیده** در سرتاسر محلول پراکنده خواهند شد ، به طوری که محلول آب نمک را می توان محلولی **محتوی** یون های $\text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{Cl}^- (\text{aq})$ دانست.

۷. **روغن زیتون** : مخلوطی از چندین **استر** و **اسید چرب** با فرمول تقریبی $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$ و جرم مولی 884 گرم بر مول که به دلیل بزرگتر بودن زنجیره هیدروکربنی ، ترکیبی **ناقطبی** است و به دلیل **سیر نشدگی** حالت فیزیکی مایع دارد.

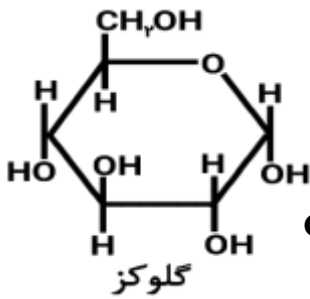
نکته : چربی **کوهان شتر** با فرمول مولکولی $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$ و جرم مولی 890 گرم بر مول می باشد و حالت فیزیکی **جامد** دارد.

در فرایند انحلال ، اگر ذره های سازنده حل شونده با مولکول های حلال **جاذبه** های مناسب برقرار کنند ، حل شونده در حلال حل می شود در غیر این صورت ذره های حل شونده کنار هم **باقی می ماندند** و در حلال پخش نمی شوند.

عسل به طور عمده حاوی قندهایی مانند **گلوکز** ، **فروکتوز** ، **ساکاروز** و **مالتوز** است. مولکول های سازنده این قندها **شمار قابل توجهی** گروه هیدروکسیل (-OH) دارند. با این توصیف عسل حاوی قندهایی با مولکول های **بسیار قطبی** است و لکه های باقی مانده از آن ها روی لباس در حلال های **قطبی** مانند **آب** حل شده و شسته می شود. هنگامی که عسل وارد آب می شود ، نیروهای جاذبه (پیوند های هیدروژنی) تشکیل شده میان مولکول های **آب** و مولکول های عسل **بیشتر** از میانگین پیوندهای هیدروژنی در **آب خالص** (حلال) و عسل (حل شونده) بوده ، به همین دلیل عسل در آب حل شده و در سرتاسر آن پخش می شود. (ایجاد مخلوط همگن)

گلوکز یک ترکیب آلی با جرم مولی 180 g.mol^{-1} است که به دلیل داشتن **شمار قابل توجهی** گروه های **هیدروکسیل** (-OH) با تشکیل پیوندهای **هیدروژنی** و **قطبیت** بسیار زیاد به خوبی (به صورت مولکولی) در آب حل می شود.

برای نمونه فرمول ساختاری گلوکز به صورت زیر است :



معادله اکسایش گلوکز به صورت زیر می باشد.



مثال : نسبت جفت های پیوندی به جفت های ناپیوندی در ترکیب های زیر را بدست آورید؟

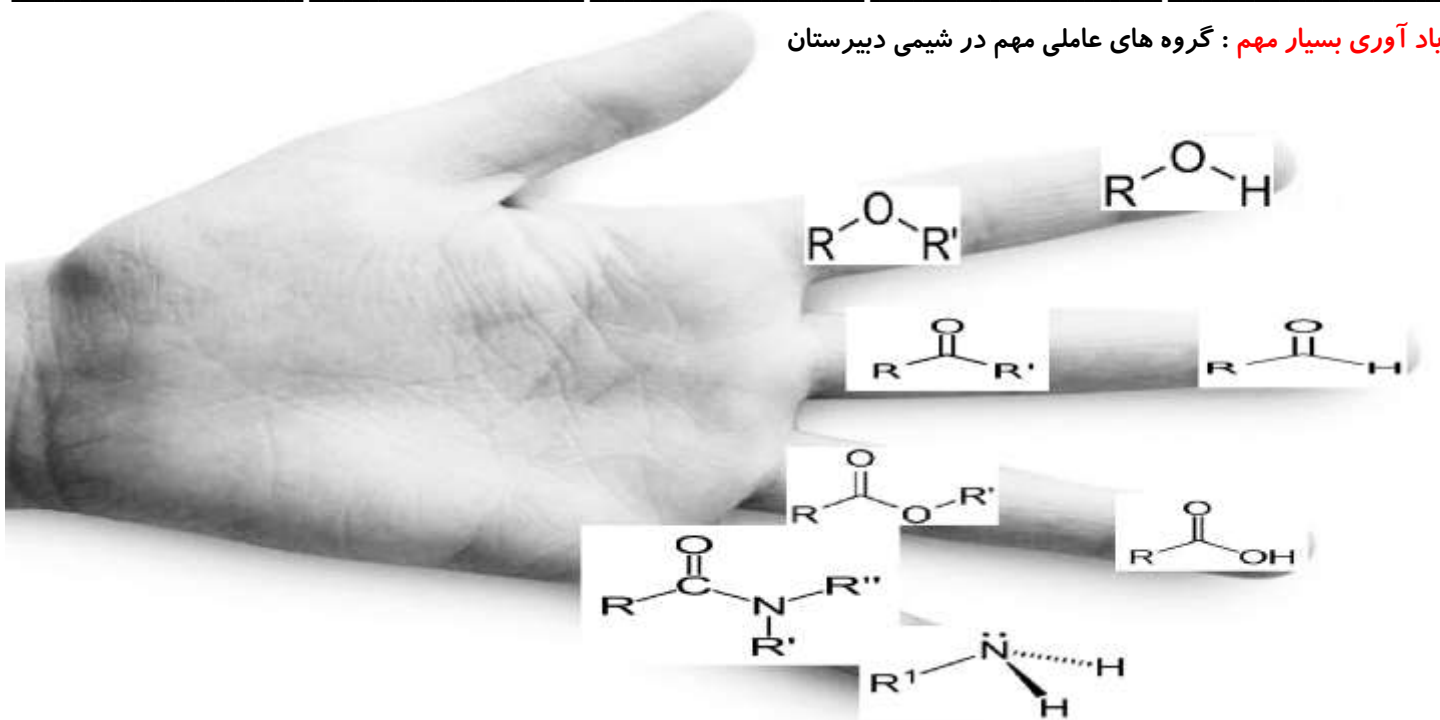
$$C_6H_{12}O_6: X = \frac{(6 \times 4) + (0 \times 3) + (6 \times 2) + (12 \times 1) + (0 \times 1)}{2} = \frac{48}{2} = 24$$

$$\text{تعداد جفت های ناپیوندی} : 6 \times 2 = 12$$

$$\frac{\text{جفت های پیوندی}}{\text{جفت های ناپیوندی}} = \frac{24}{12} = 2$$

نکته : آب (مولکول قطبی) پاک کننده مناسبی برای لکه های شیرینی مانند آب قند ، شربت آبلیمو و چای شیرین (همگی قطبی) است.

یاد آوری بسیار مهم : گروه های عاملی مهم در شیمی دبیرستان



استرهای معروف در کتاب های دبیرستان :

نام استر	فرمول شیمیایی	الکل سازنده	اسید سازنده	شماره استر	شمار پیوندها	عامل بو در
اتیل بوتانوآت	$C_6H_{12}O_2$	اتانول	بوتانوئیک اسید	۴۲	۲۰	آناناس
متیل بوتانوآت	$C_5H_{10}O_2$	متانول	بوتانوئیک اسید	۴۱	۱۷	سیب
پنتیل اتانوآت	$C_7H_{14}O_2$	پنتانول	اتانوئیک اسید	۲۵	۲۳	موز
اتیل هپتانوآت	$C_9H_{18}O_2$	اتانول	هپتانوئیک اسید	۷۲	۲۹	انگور

رمز استر های معروف : آس-م-ان-سیب-موز-انگور

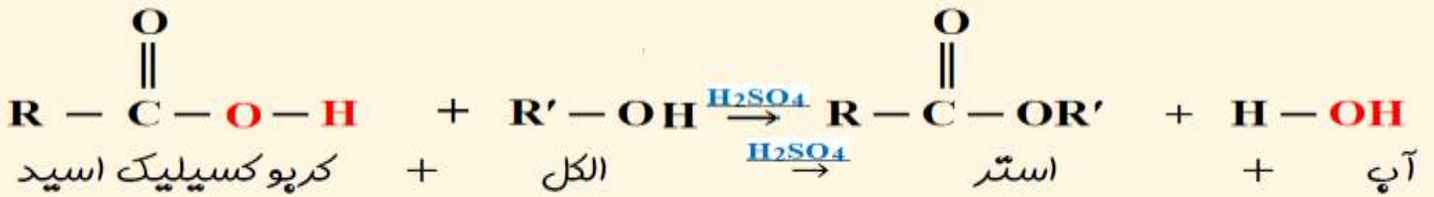
نکته : از نام هر استر باید بتوان الکل و اسید سازنده آن را مشخص کرد. نام کلی استرها به این صورت است :

آلکیل آلکانوآت نام الکل بر وزن : آلکانول نام اسید بر وزن : آلکانوئیک اسید

نکته : فرمول مولکولی عمومی استرها و کربوکسیلیک اسیدهای یک عاملی با زنجیر هیدروکربنی سیر شده ($C_nH_{2n}O_2$) می باشد. اگر تعداد کربن کربوکسیلیک اسید و استر (دارای زنجیر هیدروکربنی سیر شده و یک عاملی) یکسان باشد ، این دو ترکیب ایزومر هم خواهند بود.

فرمول بدست آوردن تعداد هیدروژن های زنجیره کربنی در استرها و اسیدهای چرب : $C_nH_{2n+1} \Rightarrow n=17 \Rightarrow C_{17}H_{35}$

واکنش استری شدن : از واکنش **کربوکسیلیک اسید** با **الکل** ، **استر** و **آب** پدید می آید. این واکنش به **استری شدن** معروف است و در حضور کاتالیز گر H_2SO_4 انجام می شود. فرم کلی واکنش استری شدن به صورت زیر است :

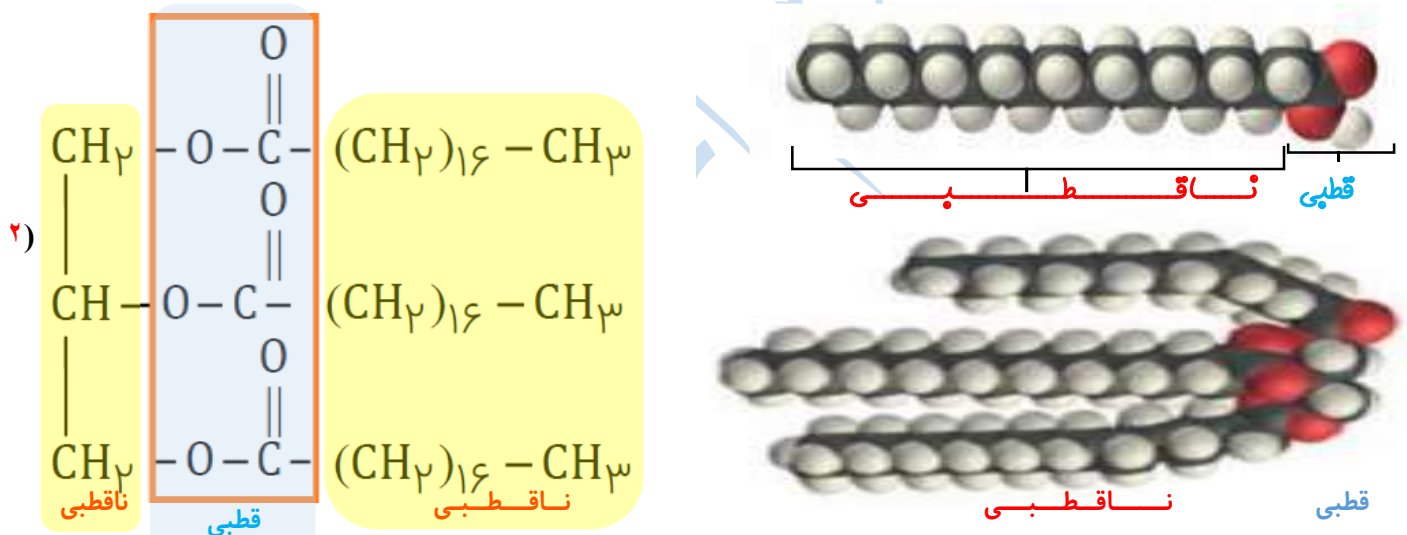
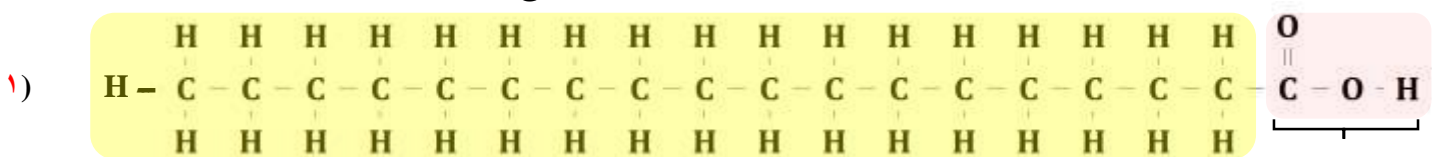


نکته : در این واکنش (OH) از اسید و (H) از الکل جدا شده و آب را تشکیل می دهند.

آبکافت استرها : **الکل + کربوکسیلیک اسید** → **آب + استر**

تعریف چربی : چربی ها را می توان **مخلوطی از اسیدهای چرب** (**کربوکسیلیک اسیدهایی** با زنجیر بلند کربنی) و **استرهای بلند زنجیر** (با جرم مولی زیاد) دانست.

با توجه به شکل های زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



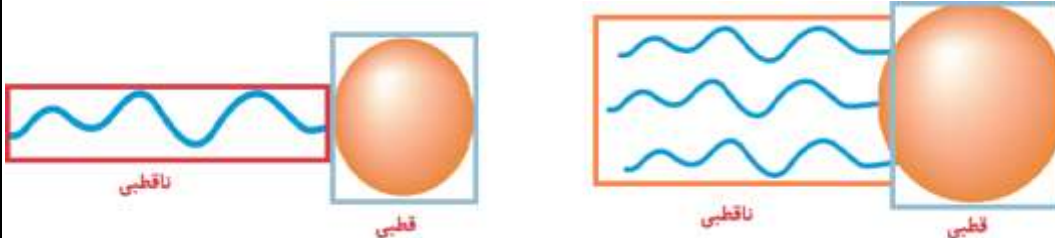
آ) کدام یک فرمول ساختاری یک اسید چرب و کدام یک فرمول ساختاری یک استر با جرم مولی زیاد را نشان می دهد؟ چرا؟

(۱) اسید چرب و (۲) استر بلند زنجیر با جرم مولی زیاد

ب) بخش های قطبی و ناقطبی هر مولکول را مشخص کنید. **روی شکل مشخص شده است.**

پ) دانش آموزی الگوی زیر را برای نمایش یک مولکول اسیدچرب و یک استر سنگین ارائه کرده است. در هر یک از این مولکول ها بخش

قطبی و بخش ناقطبی را مشخص کنید.



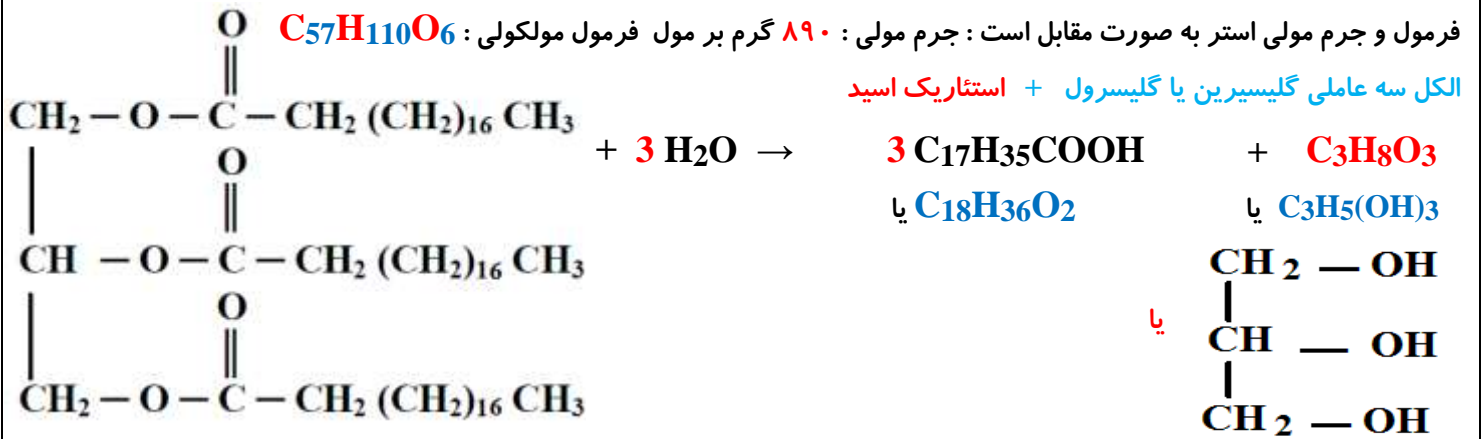
ت) نیروی بین مولکولی غالب در چربی ها از چه نوعی است؟ چرا؟

واندروالس ، زیرا بخش بزرگی از مولکول را بخش ناقطبی (زنجیر بلند کربنی) تشکیل داده است.

ث) چرا چربی ها در آب حل نمی شوند؟ توضیح دهید. با توجه به این که بخش بزرگی از مولکول های آن ها را زنجیر بلند هیدروکربنی و

آب گریز تشکیل می دهد انحلال پذیری ناچیزی در آب دارند به طوری که در عمل ، چربی ها در آب حل نمی شوند.

سوال : از آبکافت استر سه عاملی و بلند زنجیری که در شکل زیر مشخص شده است (استئارین) چه مولکول هایی تشکیل می شود؟



نکته : در ساختار این استر ۱۷۵ پیوند کووالانسی (اشتراکی) وجود دارد.

تعریف صابون : صابون را می توان نمک سدیم ، پتاسیم یا آمونیوم اسید چرب دانست .

فرمول همگانی این صابون های جامد ، RCOONa بوده که در آن R یک زنجیر هیدروکربنی بلند است.

نکته : صابون جامد را از گرم کردن مخلوط روغن های گوناگون یا چربی مانند روغن زیتون ، نارگیل و پیه با سدیم هیدروکسید

(NaOH) تهیه می کنند. صابون های مایع ، نمک پتاسیم (RCOOK) یا آمونیوم (RCOONH_4) اسیدهای چرب هستند.

ساختار زیر نوعی صابون را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



ناقطبی

قطبی

صابون از دو بخش کاتیونی (Na^+ و K^+ و NH_4^+) و آنیونی تشکیل شده که بخش آنیونی خود از دو قسمت آب دوست (COO^-) یون

کربوکسیلات و قسمت آبگریز زنجیر هیدروکربنی که عموماً ۱۴ تا ۱۸ کربن دارد که می تواند سیر شده یا سیر نشده باشد تشکیل شده است.

الف) کدام بخش صابون آب دوست و کدام بخش آب گریز است؟ بخش قطبی آب دوست و بخش ناقطبی آن ، آب گریز است.

ب) هرگاه مخلوط مقداری از این صابون و آب را هم بزیند ، مولکول های صابون در سرتاسر مخلوط پخش می شوند. از این تجربه درباره

نیروهای جاذبه بین صابون و آب چه نتیجه ای می گیرید؟ توضیح دهید.

نیروی جاذبه میان مولکول های آب و صابون به اندازه ای است که سبب حل شدن و پخش شدن صابون در آب می شود. به دیگر سخن ،

نیروی جاذبه میان مولکول های آب و صابون از میانگین نیروهای جاذبه میان مولکول های آب و میان مولکول های صابون بیشتر است.

پ) هرگاه مقداری صابون مایع را در روغن بریزید و مخلوط را به هم بزیند ، مخلوطی مانند شکل روبه رو به دست می آید. با توجه به این

مشاهده، درباره درستی جمله زیر گفت و گو کنید.

«صابون ماده ای است که هم در آب و هم در چربی حل می شود.»

صابون دارای مولکول های دو بخشی است که به کمک بخش قطبی به طور عمده در آب و به کمک بخش ناقطبی به طور عمده در روغن حل

نقش دوگانه صابون در برابر آب و چربی

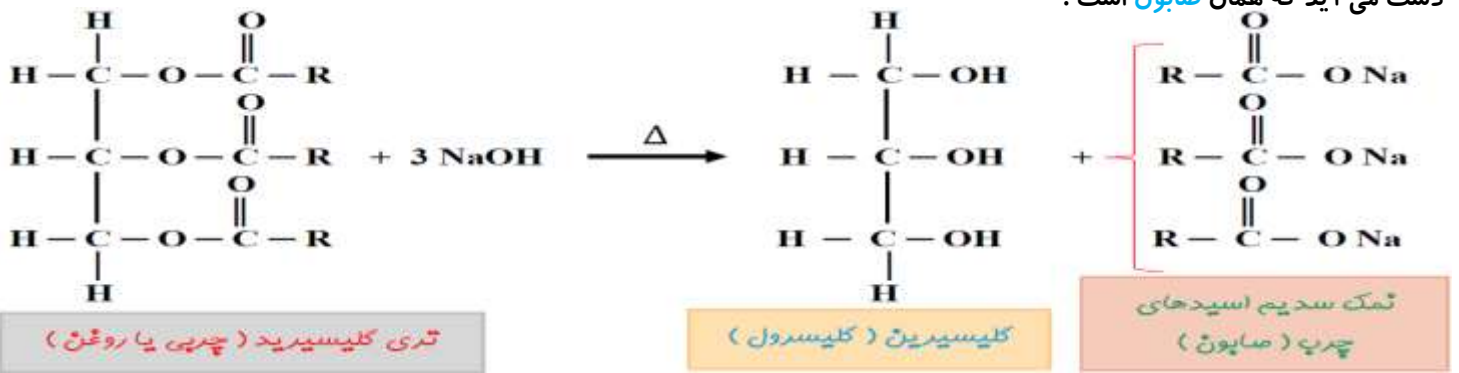
می شود. رفتاری که از مولکول هایی مانند آن انتظار می رود.



مخلوط صابون مایع و روغن



نکته: اگر واکنش آبکافت استر اسید چرب در محیط قلیایی (در حضور NaOH ، KOH ، NH_4OH) انجام شود نمک اسید چرب به دست می آید که همان صابون است.



روش تشخیص فرمول صابون:

کربن های بدست آمده از چربی منهای ۳ شود.

کربن های باقی مانده بر ۳ تقسیم گردد.

با توجه به شمار کربن بدست آمده از فرمول ($\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{O}_2\text{M}$) استفاده نموده و فرمول مولکولی صابون محاسبه شود.

دسته بندی مواد

یکی از انواع دسته بندی برای مواد در حالت های فیزیکی مختلف به صورت زیر است:

(تنها شامل یک نوع اتم می باشند مانند: He ، H_2 ، O_3 ، P_4 و ...)	(a) عنصر	} ماده :	(۱) خالص
(شامل بیش از یک نوع اتم می باشند مانند: Al_2O_3 ، $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ، H_2O و ...)	(b) ترکیب		(۲) ناخالص
(۱) کلئید مانند چسب، سرامیک، رنگ پوششی، شیر، ژله، سس مایونز و ...	(a) مخلوط همگن مانند محلول آب و اتانول و محلول کات کبود یا مس (II) سولفات ($\text{CuSO}_4(\text{aq})$)	} ماده :	(۲) ناخالص
(۲) سوسپانسیون مانند شربت خاکشیر، آب گل آلود، شربت معده			

مخلوط ها نقش بسیار پررنگی در زندگی ما دارند به طوری که اغلب موادی که در زندگی روزانه با آن ها سروکار داریم، از مخلوط دو یا چند ماده تشکیل شده اند. آب دریا، هوا، نوشیدنی ها، انواع رنگ ها، سرامیک ها، چسب ها، شوینده ها و داروها همگی مخلوط هستند. مخلوط آب و روغن نیز ناپایدار است زیرا به محض این که هم زدن را متوقف کنید، آب و روغن از هم جدا شده و دو لایه مجزا تشکیل می دهند. اما اگر مقداری صابون به این مخلوط اضافه کنید و آن را به هم بزیند یک مخلوط پایدار ایجاد می شود که به ظاهر همگن است. رفتار این مخلوط را نشان می دهد که همگن نبوده و حاوی توده های مولکولی با اندازه های متفاوت است. این نوع مخلوط ها، کلئید نامیده می شوند.

ویژگی های مخلوط های همگن (محلول):

- شامل دو بخش حلال و حل شونده (ها) هستند. ذرات تشکیل دهنده آن یون ها و مولکول ها می باشد و اندازه آن ها از ۱ نانومتر کوچکتر است. مواد در آن به صورت یکنواخت و یکسان در هم توزیع شده اند و خواص فیزیکی و شیمیایی در تمام قسمت های آن یکسان است. محلول ها پایدار هستند و با گذشت زمان ته نشین نمی شوند. ظاهری شفاف دارند به دلیل کوچک بودن ذرات حل شده در آن باعث پخش نور نمی شوند و نور را عبور می دهند. (هنگام عبور نور از درون محلول، مسیر عبور نور مشخص نیست.)
- حداقل از دو فاز تشکیل شده اند. انواع محلول ها: * گاز در گاز (مانند هوا) * گاز در مایع (مانند نوشابه) * مایع در مایع (مانند سرکه یا اتانول در آب) * جامد در مایع (مانند شکر در آب) * جامد در جامد (مانند سکه)

ویژگی های کلئیدها:

- مخلوط هایی ناهمگن هستند. حاوی توده های مولکولی و یونی با اندازه های متفاوت هستند. ذرات حل شونده آن از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. همانند پلی میان محلول و سوسپانسیون می باشند. ظاهری غیر شفاف دارند. کلئیدها در حالت عادی پایدار هستند و ته

نشین نمی شوند. (به علت بارهای الکتریکی یکسان بر سطح ذرات کلوئید ، پیوسته در حال جنب و جوش بوده و ته نشین نمی شوند .)
 ⑥ هنگام عبور نور از درون آن ها نور را پخش می کنند. (مسیر عبور نور در آن ها مشخص است.) ⑦ حداقل از دو فاز تشکیل شده اند.
 نمونه های کلوئیدها : رنگ های پوششی ، نمونه های اتم طلا در آب ، شیر ، ژله ، کف صابون ، مه ، سس مایونز و چسب کلوئید هستند .

ویژگی های سوسپانسیون ها :

① مخلوط ناهمگن جامد در مایع هستند. ② از ذره های ریز ماده تشکیل شده اند. ذرات حل شونده ی آن از ۱۰۰ نانومتر بزرگ تر است.
 ③ پایدار نیستند و ذرات تشکیل دهنده آن ها با گذشت زمان ته نشین می شوند. ④ ظاهری کدر دارند. ⑤ به دلیل بزرگی ذرات پخش شده در آن نور را پخش می کنند. (قدرت پخش نور سوسپانسیون بیشتر از کلوئید است) مانند شربت خاکشیر ، آب گل آلود ، شربت معده

ویژگی	نوع مخلوط	سوسپانسیون	کلوئیدها	محلول
رفتار در برابر نور	نور را پخش می کنند.	نور را پخش می کنند.	نور را پخش می کنند.	نور را عبور می دهد.
همگن بودن	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	همگن
پایداری	ناپایدار است / ته نشین می شود.	پایدار است / ته نشین نمی شود.	پایدار است / ته نشین نمی شود.	پایدار است / ته نشین نمی شود.
ذره های سازنده	ذره های ریز ماده	توده های مولکولی و یونی	یون ها و مولکول ها	

مقایسه اندازه ذرات : سوسپانسیون < کلوئید < محلول



مقایسه میزان پخش نور : سوسپانسیون < کلوئید < محلول

درباره جمله مقابل گفت و گو کنید. «رفتار کلوئیدها را می توان رفتاری بین سوسپانسیون و محلول ها در نظر گرفت.»

کلوئید همانند سوسپانسیون مخلوطی ناهمگن است و نور را پخش می کند در حالی که همانند محلول ، پایدار است و ته نشین نمی شود.

نکته : صابون ها معمولاً ترکیباتی بازی هستند، چون بخش کاتیونی آنها بازی است که با انحلال صابون در آب به آن خاصیت بازی می دهد.

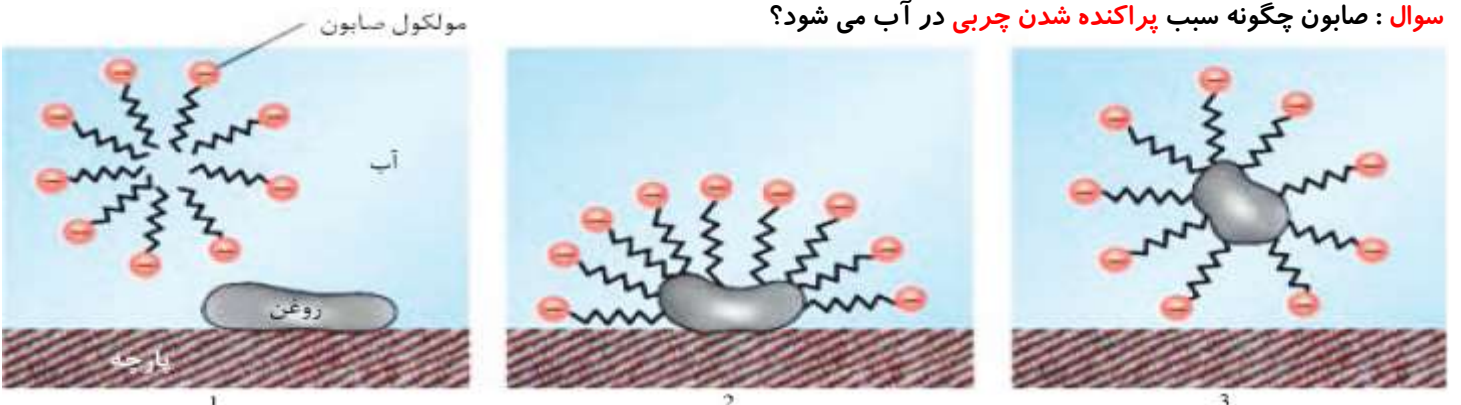


نکته : صابون های معمولی دارای pH بازی (بالاتر از ۷) هستند .

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

مولکول های صابون دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. بخش قطبی صابون ، آب دوست است درحالی که بخش ناقطبی آن چربی دوست بوده و آب گریز است. با این توصیف هنگام شست و شوی یک لکه چربی با آب و صابون ، مولکول های صابون ، لکه چربی را زدوده و پاک میکند.
 در واقع مولکول های صابون ، پاک کننده مناسبی برای چربی ها به شمار می رود.

سوال : صابون چگونه سبب پراکنده شدن چربی در آب می شود؟



در مرحله ① هنگامی که صابون وارد آب می شود ، به کمک سر آب دوست (قطبی) خود در آن حل می شود. (ایجاد نیروی جاذبه بین بخش قطبی صابون با آب)

② ذره های صابون با بخش چربی دوست (ناقطبی) خود با مولکول های چربی جاذبه برقرار می کنند گویی مولکول های صابون مانند پلی بین مولکول های آب و چربی قرار می گیرند. (برقراری جاذبه بین بخش ناقطبی صابون و چربی) (نیرو از نوع جاذبه واندروالسی است)

③ به این ترتیب ، ذره های چربی کم کم از سطح پارچه جدا و در آب پخش می شوند. با ادامه این فرایند ، همه لکه های چربی از روی لباس پاک می شود. (پخش شدن لکه چربی در آب توسط صابون .)

نکته : با توجه به این که بخش ناقطبی صابون با چربی جاذبه برقرار می کند از طرفی بخش قطبی صابون که دارای بار منفی است ، با آب جاذبه برقرار می کند ، پس سطح بیرونی قطره چربی و صابون دارای بار منفی است.

کف چیست ؟ و چگونه تشکیل می شود ؟

کف کلئید گازهای ناقطبی هوا مانند (N_2 و O_2 و ...) در آب است که به صورت زیر تشکیل می شود :

(فاز پخش کننده : مایع فاز پخش شونده : گاز)

مولکول های هوا مانند (N_2 و O_2 و ...) ناقطبی اند و در آب به مقدار ناچیز حل می شوند . اگر مولکول های هوا را در آب بدمیم ، این مولکول ها در آب به دام نمی افتند و خیلی سریع به بیرون از آب فرار می کنند . اما اگر مقداری صابون در آب بریزیم ، سپس مولکول های هوا را در مخلوط آب و صابون بدمیم ، این بار مولکول های ناقطبی هوا در لایه بخش ناقطبی مولکول های صابون در آب به دام می افتند و حباب های نسبتاً پایدار (کف) تشکیل می دهند .

اگر سه بشر حاوی آب و پودر صابون داشته باشیم و درون دو بشر بطور جداگانه یک قاشق منیزیم کلرید ($MgCl_2$) و کلسیم کلرید ($CaCl_2$) اضافه کنیم و مخلوط سه بشر را با شرایط یکسان هم بزیم می بینیم که ارتفاع کف ایجاد شده در بشری که تنها حاوی آب و پودر صابون است بیشتر از دو بشر دیگر است .

بشر فاقد نمک < بشر حاوی $CaCl_2$ < بشر حاوی $MgCl_2$: مقایسه ارتفاع کف

محتویات هر بشر را به مدت ۳۰ ثانیه و با سرعتی برابر به هم بزنید. ارتفاع کف ایجاد شده را اندازه گیری و در جدول زیر یادداشت کنید. سپس به پرسش ها پاسخ دهید.

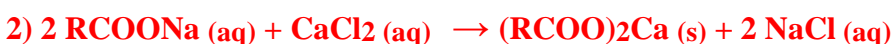
محتویات بشر	آب و صابون (۱)	آب و صابون و کلسیم کلرید (۲)	آب و صابون و منیزیم کلرید (۳)
ارتفاع کف ایجاد شده (cm)			

(آ) از این داده ها چه نتیجه ای می گیرید؟

قدرت پاک کنندگی یک صابون به میزان کف در آب بستگی دارد . هرچه ارتفاع کف بیشتر باشد قدرت پاک کنندگی بیشتر است . در این سه بشر ارتفاع کف یکسان نیست و در آب مقطر بیشتر است . وجود برخی یون ها در آب از قدرت پاک کنندگی صابون می کاهد.

نکته : با در نظر گرفتن مقدار برابر از دو نمک کلسیم کلرید و منیزیم کلرید ، منیزیم کلرید به علت داشتن جرم مولی کمتر مقدار مول بیشتری دارد ، در نتیجه با مقدار صابون بیشتری واکنش می دهد و صابون را به صورت رسوب در می آورد و ارتفاع کف نیز کاهش می یابد.

(ب) با توجه به معادله های شیمیایی زیر ، توضیح دهید چرا ارتفاع کف نسبت به آب مقطر کمتر است؟



صابون سدیم در آب محلول است . در حالی که صابون منیزیم و کلسیم در آب نامحلول است . در واقع صابون در آب سخت که حاوی یون های منیزیم و کلسیم است رسوب داده ، از مقدار صابون محلول در آب کاسته شده و میزان کف کم شده و در نهایت این پدیده سبب کاهش قدرت پاک کنندگی صابون می شود.

نکته : در این واکنش ها فلز با فلز جا به جا می شود. (جابجایی دوگانه) و در سمت فرآورده ها حتماً آب یا رسوب داریم.

(پ) آیا قدرت پاک کنندگی صابون در آب دریا و آب چشمه یکسان است؟ چرا؟ خیر ، در آب چشمه یون های کمتری وجود دارد که باعث می شود صابون بیشتر کف نماید در نتیجه قدرت پاک کنندگی آن بیشتر از آب دریا است.

صابون در آب دریا > صابون در آب چشمه : مقایسه قدرت پاک کنندگی صابون در آب های مختلف

آب سخت : آب دریا و آب های مناطق کویری که شور هستند ، مقادیر چشمگیری از **یون های کلسیم (Ca^{2+})** و **منیزیم (Mg^{2+})** دارند. چنین آبی به آب سخت معروف اند.

نکته : صابون در آب های سخت به خوبی **کف نمی کند** و قدرت پاک کنندگی آن **کاهش** می یابد ، زیرا صابون با **یون های** موجود در آب سخت **رسوب** تشکیل می دهد. لکه های سفیدی که پس از شستن لباس با صابون روی آن ها بر جای می ماند ، نشانه ای از تشکیل چنین رسوب هایی است .

سؤال : **قدرت پاک کنندگی صابون به چه عواملی بستگی دارد؟** هر اندازه صابون بتواند مقدار **بیشتری** از آلاینده و چربی را بزدايد ، قدرت پاک کنندگی **بیشتری** دارد. **مقدار و نوع صابون ، نوع (جنس) پارچه ، دما ، نوع آب و وجود آنزیم** بر روی قدرت پاک کنندگی تأثیر دارد .
نوع پارچه : قدرت پاک کنندگی صابون برای پارچه های **پنبه ای و نخی** نسبت به پارچه های **پلی استر** بیشتر است .
دمای آب : هر چه دمای آب **بیشتر** باشد ، قدرت پاک کنندگی صابون **بیشتر** است.

مقدار صابون : **افزایش مقدار** صابون باعث **افزایش** قدرت پاک کنندگی صابون می شود. البته باید یادآور شد که مقدار صابون بیش از حد معینی دیگر باعث افزایش کف نمی شود و پاک کنندگی نیز تغییر نمی کند.
نوع آب : قدرت پاک کنندگی صابون در **آب های نرم** (آب های فاقد یون های کلسیم و منیزیم) **بیشتر** است.
افزودن آنزیم : با **افزایش** آنزیم به صابون قدرت پاک کنندگی آن **افزایش** پیدا می کند.

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

نوع صابون	نوع پارچه	دما ($^{\circ}C$)	درصد لکه باقی مانده
(۱) صابون بدون آنزیم	نخی	۳۰	۲۵
(۲) صابون بدون آنزیم	نخی	۴۰	۱۵
(۳) صابون آنزیم دار	نخی	۳۰	۱۰
(۴) صابون آنزیم دار	نخی	۴۰	۰
(۵) صابون آنزیم دار	پلی استر	۴۰	۱۵

آ) دما چه اثری بر قدرت پاک کنندگی صابون دارد؟

با مقایسه موارد (۱) و (۲) مشخص می شود که **افزایش دما** باعث **افزایش** قدرت پاک کنندگی صابون می شود.

ب) قدرت پاک کنندگی صابون با افزودن آنزیم چه تغییری می کند؟

با مقایسه موارد (۱) و (۳) یا موارد (۱) و (۴) مشخص می شود که **افزودن آنزیم** باعث **افزایش** قدرت پاک کنندگی صابون می شود.

پ) آیا میزان چسبندگی لکه های چربی روی پارچه های گوناگون یکسان است؟ از کدام داده جدول چنین نتیجه ای به دست می آید؟

با مقایسه موارد (۴) و (۵) مشخص می شود که **صابون آنزیم دار در دمای ۴۰ درجه سلسیوس همه لکه ها را از روی پارچه نخی زدوده است ، در حالی که ۱۵ درصد از لکه بر روی پارچه پلی استر باقی مانده است.**

نخی > پلی استر : مقایسه درصد لکه باقی مانده

پلی استر > نخی : مقایسه قطبیت پارچه ها

نخی > پلی استر : مقایسه میزان چسبندگی چربی به انواع پارچه ها

صنعت صابون سازی :

پاک کنندگی صابون باعث شد که صنعت صابون سازی رشد چشم گیری پیدا کند و در نتیجه آن **سطح بهداشت** در جهان افزایش می یابد اما با افزایش جمعیت مصرف صابون نیز افزایش پیدا کرد و مشکلاتی بوجود آمد زیرا ① برای تولید صابون در مقیاس انبوه نیاز به حجم زیادی از **چربی ها** بود و تأمین صابون مورد نیاز مردم به روش های سنتی **تقریباً ناممکن** شد. ② از طرفی دیدیم که **صابون در همه شرایط به خوبی عمل نمی کند** و قدرت پاک کنندگی آن در آب های مختلف با هم تفاوت دارد به همین دلیل صابون پاسخگوی نیازهای

انسان در محیط های مختلف مانند **سفرهای دریایی** و یا **صنایعی که از آب شور** استفاده می کنند نیست. پس دانشمندان به فکر تولید پاک کننده های **غیرصابونی** افتادند و به دنبال **شناسایی و تولید** مواد پاک کننده دیگر رفتند.

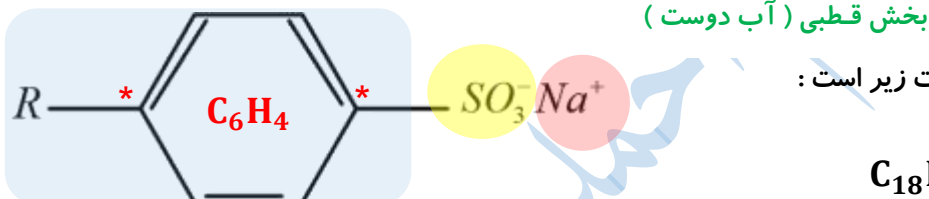
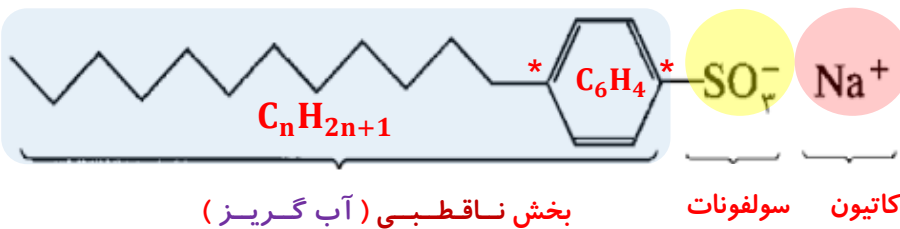
در جست و جوی پاک کننده های جدید

① **افزایش** تقاضای جهانی برای صابون و کاربردهای آن از یک سو و ② **کاهش** عرضه این فراورده از سوی دیگر سبب شد تا شیمی دان ها وارد عمل شوند.

شیمیدان ها در جست و جوی **موادی بودند که** : ① قدرت پاک کنندگی **زیادی** داشته باشند. ② بتوان آنها را به **میزان انبوه** و با **قیمت مناسب** تولید کرد. ③ با توجه به رابطه بین **ساختار و رفتار یک ماده** ، شیمی دان ها به دنبال تولید موادی بودند که ساختار آنها **شبيه صابون** باشد. شیمیدان ها **توانستند** از **بنزن (C₆H₆)** و دیگر مواد اولیه در صنایع پتروشیمی ، مواد پاک کننده ای با فرمول همگانی زیر تولید کنند. موادی که به **پاک کننده های غیرصابونی** مشهورند.

ساختار و ویژگی های پاک کننده های غیرصابونی :

بخش کاتیونی بخش آنیونی



نکته : در این ترکیب یک زنجیر آلکیلی با فرمول ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}$) وجود دارد که به یک **حلقه بنزنی** دارای گروه عاملی (SO_3^-) وصل شده است این ماده در زنجیر آلکیلی خود شاخه فرعی ندارد و فرمول کلی آن به صورت ($\text{C}_{18}\text{H}_{29}\text{SO}_3^- \text{Na}^+$) است.

نکته : در پاک کننده های غیر صابونی به جای گروه کربوکسیل (CO_2^-) گروه های دیگری مانند سولفونات (SO_3^-) قرار گرفته است.

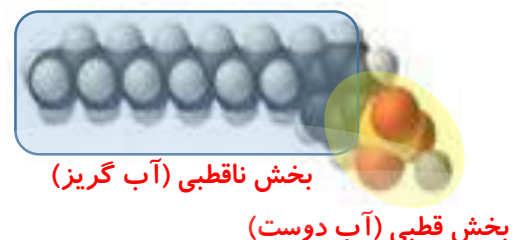
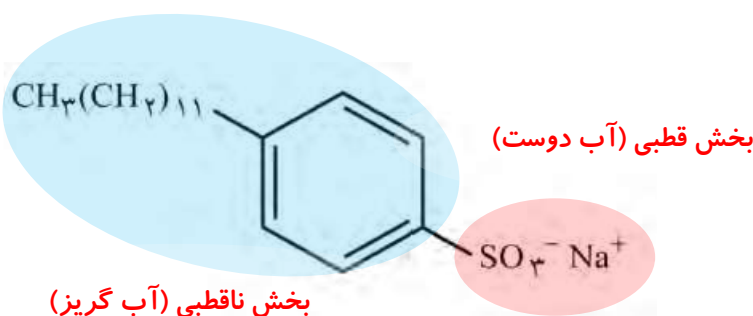
نکته : پاک کننده های غیر صابونی نیز مانند صابون دارای یک بخش **آب گریز** و یک بخش **آب دوست** هستند. در این پاک کننده ها ، چربی به بخش **ناقطبی** می چسبد و گروه (SO_3^-) که قسمت **آب دوست** پاک کننده را تشکیل می دهد باعث پخش شدن چربی ها در آب می شود.

نکته : این ترکیب مانند صابون دارای یک بخش **کاتیونی** و یک بخش **آنیونی** است که بخش آنیونی آن دارای یک جزء **قطبی (SO_3^-)** و یک جزء **ناقطبی** (زنجیر آلکیلی که به یک حلقه بنزنی وصل شده) است.

نکته : در ساختار این ترکیب ۵۴ پیوند های کووالانسی وجود دارد.

نکته : در این مولکول دو اتم کربن وجود دارد که **هیچ اتم هیدروژنی** به آن ها متصل نیست. (این کربن ها با * در شکل مشخص شده اند.)

شکل زیر فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن را برای نوعی پاک کننده غیرصابونی نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) بخش های آب دوست و آب گریز آن را مشخص کنید.
ب) شباهت ها و تفاوت های این ماده را با صابون بنویسید.

شباهت ها :

- ① همانند صابون دارای یک بخش قطبی و یک بخش ناقطبی است.
- ② هر دو در آب و چربی ها حل می شوند و می توانند لکه های چربی را پاک کنند.
- ③ نسبت شمار کاتیون به آنیون در هر دو برابر یک است.
- ④ بر اساس برهم کنش های میان ذره ها عمل می کنند. (نیروهای جاذبه بین بخش های ناقطبی پاک کننده ها با چربی ها و نیروهای جاذبه بین سر قطبی آن ها با مولکول های آب)
- ⑤ سطح بیرونی یک قطره چربی یا روغن که به وسیله این پاک کننده ها در آب به صورت مخلوط در آمده است ، دارای بار منفی است.

تفاوت ها :

- ① پاک کننده غیرصابونی در بخش ناقطبی افزون بر زنجیر هیدروکربنی دارای حلقه بنزنی است. در بخش قطبی به جای $\text{COO}^- \text{Na}^+$ دارای $\text{SO}_3^- \text{Na}^+$ است .
- ② پاک کننده های غیر صابونی قدرت پاک کنندگی بیشتری نسبت به صابون دارند. و در آب های سخت نیز خاصیت پاک کنندگی خود را حفظ می کنند زیرا گروه (SO_3^-) بر خلاف $(-\text{CO}_2^-)$ با یون های کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) رسوب نمی دهد.
- ③ بخش ناقطبی در پاک کننده های صابونی سیر شده یا سیر نشده ولی در پاک کننده های غیر صابونی سیر نشده است.
- ④ بخش ناقطبی پاک کننده های غیر صابونی آروماتیک است .
- ⑤ صابون را می توان نمک سدیم ، پتاسیم یا آمونیوم اسید چرب است که منشاء گیاهی یا جانوری دارد ولی پاک کننده های غیرصابونی از مواد پتروشیمیایی (از جمله بنزن) طی واکنش های پیچیده در صنعت تولید می شوند.
- ⑥ پاک کننده غیرصابونی از عناصری مثل $\text{Na} , \text{S} , \text{O} , \text{H} , \text{C}$ تشکیل شده در حالی که صابون از $\text{Na} , \text{C} , \text{O} , \text{H}$ تشکیل شده است.

پ) توضیح دهید که چگونه این ماده لکه های چربی را هنگام شست و شو با آب از بین می برد.

همانند صابون دارای مولکول های دوبخشی است ، از سر قطبی در آب و از سر ناقطبی با مولکول های چربی در ارتباط است. به این ترتیب می تواند همانند پلی میان مولکول های آب و چربی عمل کند ، روندی که به تدریج لکه های چربی را می زداید.

خوب است بدانیم : در جنوب ایران نیز گیاهی به نام اشنان (اشلونگ) می روید که در گذشته نه چندان دور ، مغز ریشه آن را خشک کرده و به عنوان شوینده استفاده می کردند.



نکته بسیار مهم : فرمول کلی پاک کننده های صابونی :



نکته بسیار مهم : فرمول کلی پاک کننده های غیرصابونی :

صابون های طبیعی : (معروف به صابون مراغه)

- ① با بیش از ۱۵۰ سال قدمت ، معروف ترین صابون سنتی ایران است.
- ② برای تهیه آن پیه گوسفند و سود سوزآور (NaOH) را در دیگ های بزرگ با آب برای چندین ساعت می جوشانند و پس از قالب گیری در آفتاب خشک می کنند.
- ③ طبیعی هستند و افزودنی شیمیایی ندارند و به دلیل خاصیت بازی مناسب برای موهای چرب استفاده می شود.
- ④ از نوعی صابون سنتی در تنور نان سنگک برای چرب کردن سطح سنگ ها استفاده می شود.

امروزه صابون ها و شوینده های دیگری تولید می شوند که علاوه بر خواص پاک کنندگی ، ویژگی های دیگری نیز دارند. به طور مثال :

① صابون گوگرد دار : برای از بین بردن جوش صورت و قارچ های پوستی استفاده می شوند.

② صابون حاوی ماده شیمیایی کلردار : برای افزایش خاصیت ضد عفونی کنندگی و میکروب کشی.

③ صابون حاوی نمک های فسفات : افزایش قدرت پاک کنندگی (این نمک ها با یون های کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) موجود

در آب های سخت واکنش می دهند و از تشکیل رسوب و ایجاد لکه جلوگیری می کنند.)

مشکلات شوینده ها :

① هر چه شوینده ای مواد شیمیایی بیشتری داشته باشد احتمال ایجاد عوارض جانبی آن بیشتر است.

② مصرف زیاد شوینده ها و تنفس بخار آن ها عوارض پوستی و بیماری های تنفسی ایجاد می کند.

③ برای حفظ سلامت بدن و محیط زیست ، استفاده از شوینده های ملایم ، طبیعی و مناسب توصیه می شود.

پاک کننده های خورنده :

نکته : اساس کار پاک کننده های صابونی $(Na^+ RCO_2^-)$ و غیر صابونی $(Na^+ RSO_3^-)$ برهم کنش میان ذره ها می باشد. اما پاک کننده

های خورنده افزون بر این برهم کنش ها ، با آلاینده ها نیز واکنش می دهند.

نکته : برخی از آلودگی ها و کثیفی ها مانند رسوب تشکیل شده بر روی دیواره کتری ، لوله ها و دیگ های بخار آن چنان به این سطح ها

میچسبند که با صابون و پاک کننده های غیر صابونی زدوده نمی شوند برای زدودن این رسوب به پاک کننده هایی نیاز است که بتوانند با

آنها واکنش شیمیایی بدهند و آنها را به فرآورده هایی تبدیل کنند که با آب شسته شوند.

نکته : موادی مانند هیدروکلریک اسید $HCl(aq)$ (جوهر نمک) ، سدیم هیدروکسید $NaOH(aq)$ یا سودسوز آور ، سفید کننده ها و مخلوط

آلومینیم و سود سوز آور از جمله پاک کننده های خورنده هستند.

نکته : پاک کننده های خورنده از نظر شیمیایی فعال هستند و خاصیت خوردگی نیز دارند به همین دلیل نباید با پوست تماس داشته باشند.

نکته : این ترکیبات خاصیت اسیدی و بازی شدیدی دارند .

ص ۱۲ و ۱۳ کتاب

با هم بیندیشیم

۱) با توجه به تغییر رنگ کاغذ pH ، در هر یک از شکل های زیر مشخص کنید که هر پاک کننده چه خاصیتی دارد؟

سرکه سفید



صابون



مخلوط سود



مخلوط جوهر نمک



جوهر نمک و سرکه سفید ، خاصیت اسیدی (کاغذ pH ← سرخ) اما صابون و مخلوط سود خاصیت بازی (کاغذ pH ← آبی) دارند.

۲) نوعی پاک کننده که به شکل پودر عرضه می شود شامل مخلوط سدیم هیدروکسید و پودر آلومینیم است. این پاک کننده برای باز کردن

مجاری مسدود شده در برخی وسایل و دستگاه های صنعتی استفاده می شود. با توجه به الگوی زیر به پرسش ها پاسخ دهید

مخلوط آلومینیم و سدیم هیدروکسید



آب



گاز هیدروژن



فرآورده های دیگر

آ) توضیح دهید چرا از این پودر برای باز کردن لوله ها و مسیرهایی استفاده می شود که بر اثر ایجاد رسوب و تجمع چربی ها بسته شده اند؟

این مخلوط خاصیت بازی دارد که در واکنش با چربی ها و روغن ها موادی همانند صابون تولید می کنند . موادی که در آب حل شده و خود

پاک کننده هستند.

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

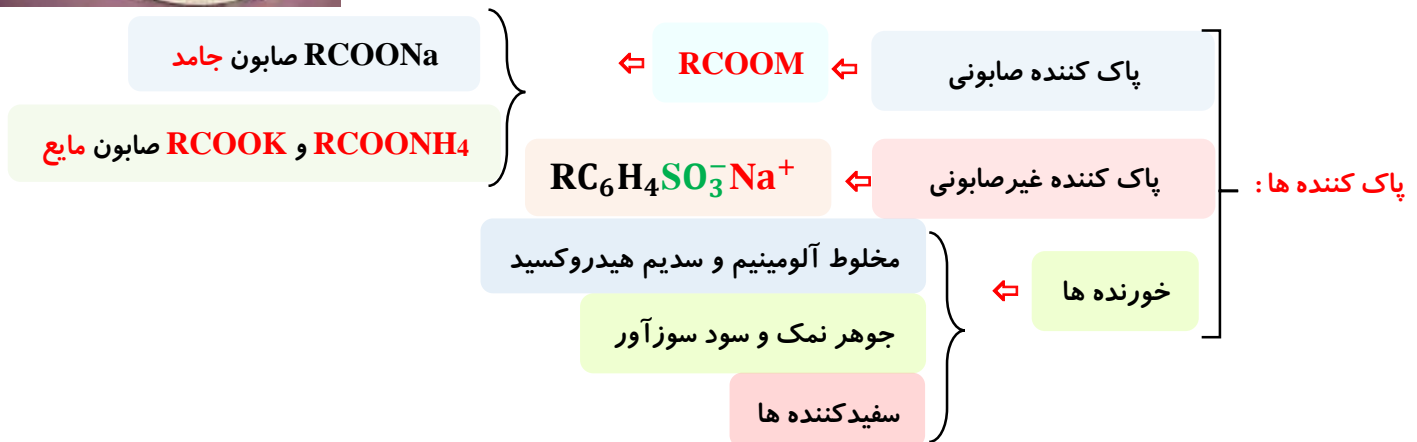
چون واکنش گرماده ($\Delta H < 0$) است با افزایش دما قدرت پاک کنندگی افزایش می یابد. همچنین دما سبب ذوب شدن چربی نیز می شود

پس شناور شده و شسته می شود.



پ) تولید گاز چگونه قدرت پاک کنندگی این مخلوط را افزایش می دهد؟ توضیح دهید.
 افزون بر تولید پاک کننده و افزایش دما ، تولید گاز در این واکنش با ایجاد فشار و رفتار مکانیکی باز کردن مجاری را تسهیل می کند. به عبارت دیگر هنگام عبور از لایه لای مواد ، خلل و فرج ایجاد می کند و آنها را سست تر می کند.

نکته : این مخلوط خاصیت بازی دارد و کاغذ pH را آبی می کند.



اثر پاک کننده ها بر محیط زیست :

پاک کننده های **صابونی** می توانند در چرخه های طبیعی وارد و در مرحله ای خاص بوسیله باکتری ها تجزیه شوند. چون مولکول های آن ها شاخه جانبی در زنجیره هیدروکربنی ندارند و به آسانی بوسیله باکتری ها تجزیه می شوند. تعدادی از پاک کننده های **غیرصابونی** ، بویژه آلکیل بنزن سولفونات های مشتق شده از مواد شیمیایی نفت ، دارای شاخه جانبی در زنجیره هیدروکربنی می باشند و توسط باکتری ها تجزیه نمی شوند. از این رو ، باقی ماندن و تراکم این مواد غیر طبیعی ساخته دست بشر در طبیعت ، سبب آلودگی روزافزون آب ها و مخازن زیرزمینی می شود.

خاصیت شیمیایی (اسیدی و بازی بودن) پاک کننده ها :

نکته : صابون ها معمولاً ترکیباتی **بازی** هستند ؛ چون بخش کاتیونی آنها فلزات قلیایی است که با انحلال صابون در آب به آن خاصیت بازی می بخشد صابون های معمولاً دارای pH بازی (بالتر از ۷) هستند.

نکته : پاک کننده های غیر صابونی می توانند اسیدی (جوهر نمک) ، بازی (سفیدکننده) و یا خنثی باشند.

نکته : یکی از روش های شناسایی اسیدها و بازها کاغذ pH است. تغییر رنگ این کاغذ معیاری برای تشخیص اسیدی یا بازی بودن محلول ها است. رنگی که این کاغذ درون یک محلول به خود می گیرد نشان دهنده ی pH تقریبی آن است .

نکته : کاغذ pH در محیط های اسیدی به رنگ **سرخ** دیده می شود. با افزایش pH رنگ آن از سرخ به نارنجی ، آبی و در نهایت **بنفش** تغییر می کند.

اسیدها و بازها : در سال های قبل آموختید :

① آب باتری ، ② آب گوجه فرنگی ، ③ قهوه و ④ سرکه خاصیت اسیدی دارند و pH این محلول ها کمتر از ۷ است. و ① شربت معده ، ② محلول آمونیاک ③ محلول لوله باز کن و ④ محلول تمیز کننده اجاق گاز خاصیت بازی دارند و pH این محلول ها بیشتر از ۷ است. کربوکسیلیک اسیدها ، اسیدهای آلی هستند که در برخی از میوه جات و سبزیجات یافت می شوند. مثلاً در **توت فرنگی** و **تمشک** ، **بنزوئیک اسید** **تارتاریک اسید** در انگور و **اگزالیک اسید** در ریواس یافت می شود.



بنزوئیک اسید



تارتاریک اسید



اگزالیک اسید

هر روز در بخش های گوناگون زندگی افزون بر **شوینده ها** و **پاک کننده ها**، مقادیر متفاوتی از مواد شیمیایی گوناگون مصرف می شود که در **اغلب** آن ها **اسیدها** و **بازها** نقش مهمی دارند. عملکرد **بدن** ما نیز به میزان مواد **اسیدی** و **بازی** موجود در آن وابسته است.

خواص اسیدها :

- (۱) اسیدها موادی **ترش** مزه اند. مانند **سرکه** و **آبلیمو**
- (۲) دارای یون **هیدروژن** (H^+) هستند.
- (۳) با **اغلب** فلزها واکنش می دهند و گاز **H₂** تولید می کنند و خاصیت **خورندگی** دارند.
- (۴) باعث **تغییر رنگ** شناساگرها می شوند.
- (۵) **بازها** را خنثی می کنند.
- (۶) با **برخی** از اکسیدهای بازی (اکسیدهای **فلزی**) واکنش داده و **نمک** تولید می کنند.
- (۷) در دمای محیط **pH** کمتر از ۷ دارند.
- (۸) معمولاً در آب **یونش** می یابند و محلول خاصیت، **رسانایی یونی** پیدا می کند.
- (۹) در تماس با پوست **سوزش** ایجاد می کنند. برای نمونه دلیل **سوزش معده** که درد شدیدی در ناحیه سینه ایجاد می کند، برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لوله **مری** است.

نکته: یاخته های دیواره معده با ورود مواد غذایی به آن **هیدروکلریک اسید** (HCl (aq)) ترشح می کنند. این اسید افزون بر (۱) فعال کردن **آنزیم ها** برای تجزیه مواد غذایی، (۲) **جانداران ذره بینی** موجود در غذا را نیز از بین می برد.

خواص بازها :

- (۱) بازها موادی با **تلخ** مزه اند.
- (۲) دارای یون **هیدروکسید** (OH^-) هستند.
- (۳) حالتی **لزوج** دارند.
- (۴) باعث **تغییر رنگ** شناساگرها می شوند.
- (۵) **اسیدها** را خنثی می کنند.
- (۶) با **برخی** از اکسیدهای اسیدی (اکسیدهای **نافلزی**) واکنش می دهند و **نمک** تولید می کنند.
- (۷) در دمای محیط **pH** بیشتر از ۷ دارند.
- (۸) معمولاً در آب **یونش** می یابند و محلول خاصیت، **رسانایی یونی** پیدا می کند.
- (۹) در حالی که بازها در سطح پوست **همانند صابون**، احساس **لیزی** ایجاد می کنند اما به آن نیز آسیب می رسانند.

					
تنظیم میزان اسیدی بودن شوینده ها ضروری است.	ورود فاضلاب های صنعتی به محیط زیست سبب تغییر pH می شود.	اغلب میوه ها دارای اسیدند و pH آن ها کم تر از ۷ است.	برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک می افزایند.	اغلب داروها ترکیب هایی با خاصیت اسیدی یا بازی هستند.	زندگی بسیاری از آبزیان به pH آب وابسته است.

شواهد بسیاری وجود دارد که نشان می دهد پیش از آنکه ساختار اسیدها و بازها شناخته شوند شیمی دان ها افزون بر ویژگی اسیدها و بازها با برخی واکنش های آن ها آشنا بوده اند ولی **توجیه** رفتار اسیدها و بازها به یک مبنای **علمی** نیاز داشت. **آرنیوس** نخستین کسی بود که اسیدها و بازها را بر یک مبنای **علمی** توصیف کرد. او بر روی **رسانایی الکتریکی محلول های آبی** کار می کرد. یافته های **تجربی** او نشان داد که **محلول** اسیدها و بازها **رسانای برق** هستند، هر چند **میزان رسانایی** آن ها با یکدیگر یکسان نیست.

آرنیوس معتقد بود که **اسیدها** و **بازها** هنگام حل شدن در **آب**، به طور جزئی یا کامل شکسته می شوند و ذره هایی باردار به نام **یون** پدید می آورند. این ایده انقلابی در زمان خود توسط اغلب شیمی دان ها پذیرفته نمی شد زیرا دانشمندان بر این باور بودند که مولکول ها نمی توانند به یون های **مثبت** و **منفی** شکسته شوند.

تعریف اسید آرنیوس: ماده ای است که در **آب** حل می شود و غلظت یون H^+ یا H_3O^+ (یون هیدرونیوم) را افزایش می دهد.

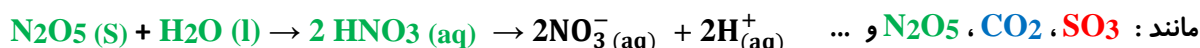


نکته: یون $H^+(aq)$ در آب به شکل $H_3O^+(aq)$ یافت می شود که به یون **هیدرونیوم** معروف است. برای آسانی در نوشتن در منابع علمی از به جای $H_3O^+(aq)$ از نماد $H^+(aq)$ برای نشان دادن یون **هیدرونیوم** استفاده می شود.

نکته: همه ترکیب هایی که در سمت چپ فرمول خود **H** داشته باشند بجز H_2O مثل H_2SO_4 ، HNO_3 و ... **اسید** آرنیوس هستند.

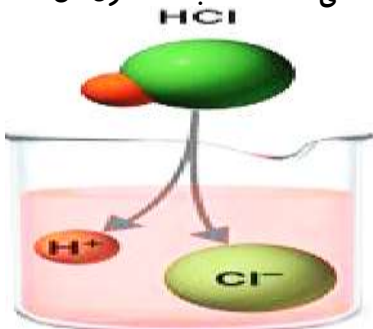
نکته: کربوکسیلیک اسیدها ($RCOOH$) همانطور که از نامشان پیداست **اسید آرنیوس** به شمار می آیند.

نکته: اکسیدهای نافلزتی محلول در آب، اسید آرنیوس هستند، به همین دلیل به اغلب **اکسیدهای نافلزتی**، اکسیدهای **اسیدی** نیز می گویند.



نکته: مولکول های CO ، NO و N_2O ، اگرچه اکسیدهای نافلزتی هستند، به صورت **مولکولی** حل شده و نمی توانند یون **هیدروژن** در آب تولید کنند. به همین دلیل این اکسیدها، اسید آرنیوس به شمار نمی روند.

نکته: **هیدروژن هالیدها**، اسید آرنیوس هستند، زیرا با حل شدن در آب، یون **هیدروژن** آزاد می کنند که به محلول آن ها



هیدروهایلیک اسید می گویند. مانند: HI ، HBr ، HCl ، HF

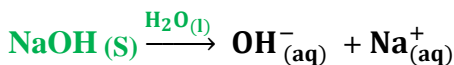
نکته: الکل ها با اینکه در ساختار خود (OH) دارند، مثل متانول و اتانول، به صورت **مولکولی** حل شده و در آب یون تولید نمی کنند و اسید آرنیوس **نیستند**.

نکته: فنول ($C_6H_5 - OH$) برخلاف الکل ها به هنگام انحلال در آب به مقدار جزئی تفکیک شده و یون **هیدروژن** تولید می کند و اسید آرنیوس به شمار می آید.

نکته: هر چه غلظت یون H_3O^+ در محلولی بیشتر باشد آن محلول اسیدی تر است. $[H_3O^+] > [OH^-]$

تعریف باز آرنیوس: ماده ای است که در **آب** حل می شود و غلظت یون هیدروکسید (OH^-) را افزایش می دهد.

نکته: هیدروکسیدهای فلزات گروه اول و دوم (بجز بریلیوم و منیزیم) در آب محلول بوده و یون هیدروکسید آزاد می کنند. پس باز آرنیوس محسوب می شوند. مانند: $NaOH$ و KOH و $Ba(OH)_2$ و ...



نکته: اکسیدهای فلزات گروه اول و دوم (بجز بریلیوم و منیزیم) در آب محلول بوده و یون هیدروکسید تولید می کنند، پس باز آرنیوس هستند و به آن ها **اکسیدهای بازی** می گویند. مانند: K_2O و CaO و Na_2O و ...



نکته: آمونیاک و آمین ها باز آرنیوس هستند.

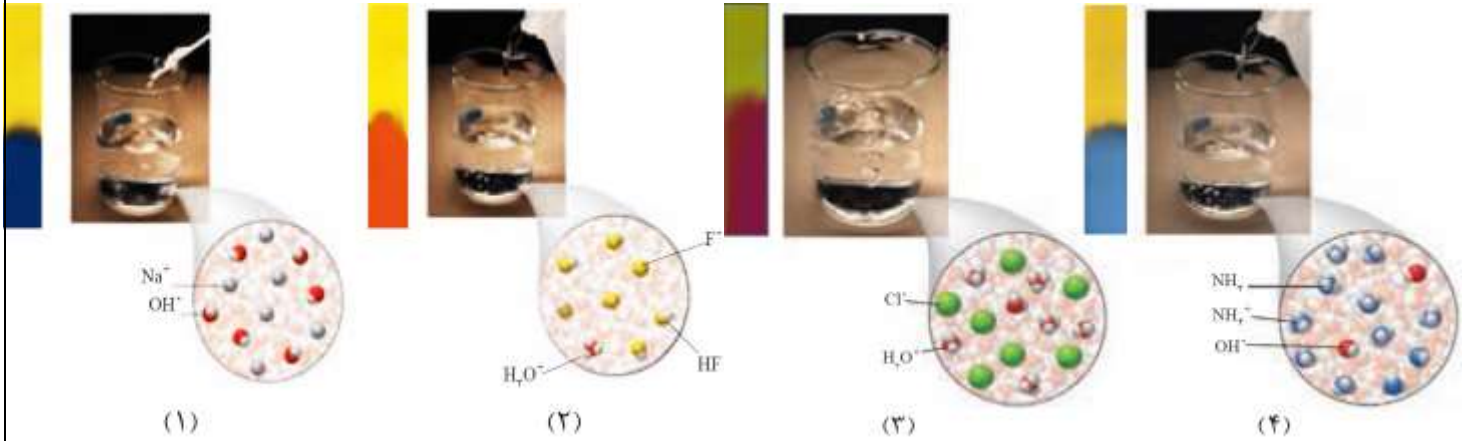


نکته: الکل ها با اینکه در ساختار خود (OH) دارند، مثل متانول و اتانول، به صورت **مولکولی** حل شده و در آب یون تولید نمی کنند و باز آرنیوس **نیستند**.

نکته: هر چه غلظت یون (OH^-) در محلولی بیشتر باشد آن محلول بازی تر است $[OH^-] > [H_3O^+]$

نکته: اگر غلظت یون (H^+) و یون (OH^-) در محلولی برابر باشند آن محلول خنثی است $[H_3O^+] = [OH^-]$

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



آ) کدام محلول‌ها خاصیت اسیدی و کدام‌ها خاصیت بازی دارند؟ محلول‌های (۲) و (۳) اسیدی و محلول‌های (۱) و (۴) بازی هستند.

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

یون $H_3O^+(aq)$ یونی که در هر دو محلول (۲) و (۳) به طور مشترک یافت می‌شود.

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

یون $OH^-(aq)$ یونی که در هر دو محلول (۱) و (۴) به طور مشترک یافت می‌شود.

۲) یافته‌هایی از این دست به آرنیوس کمک کرد تا مدلی برای اسید و باز ارائه کند. اگر اساس مدل آرنیوس افزایش غلظت یون‌های $H_3O^+(aq)$ یا $OH^-(aq)$ باشد، اسید و باز آرنیوس را تعریف کنید.

تعریف اسید آرنیوس: ماده‌ای است که در آب حل می‌شود و غلظت یون H^+ یا H_3O^+ (یون هیدرونیوم) را افزایش می‌دهد.

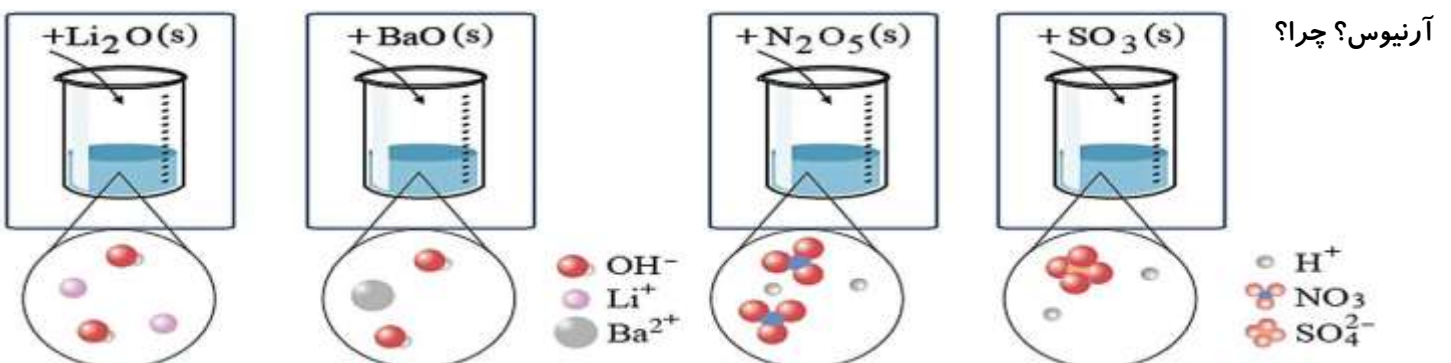
تعریف باز آرنیوس: ماده‌ای است که در آب حل می‌شود و غلظت یون هیدروکسید (OH^-) را افزایش می‌دهد.

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

آ) گاز هیدروژن کلرید یک اسید آرنیوس به شمار می‌رود، زیرا در آب سبب افزایش غلظت یون هیدرونیوم می‌شود. هیدروکسید

ب) سدیم هیدروکسید جامد یک اسید آرنیوس به شمار می‌رود، زیرا در آب سبب افزایش غلظت یون هیدرونیوم می‌شود. هیدروکسید

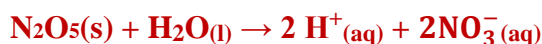
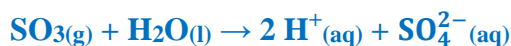
آ) برخی اکسیدها با آب واکنش می‌دهند. با توجه به شکل زیر مشخص کنید اکسیدی که وارد آب می‌شود، اسید آرنیوس است یا باز آرنیوس؟ چرا؟



BaO , Li_2O باز آرنیوس هستند زیرا با حل شدن در آب، باعث افزایش غلظت یون‌های هیدروکسید شده‌اند.

N_2O_5 , SO_3 اسید آرنیوس هستند زیرا با حل شدن در آب، باعث افزایش غلظت یون‌های هیدرونیوم شده‌اند.

ب) معادله شیمیایی واکنش هر یک از این اکسیدها را با آب بنویسید و موازنه کنید.



پ) جدول زیر را کامل کنید.

رنگ کاغذ pH در محلول	نوع اکسید		فرمول شیمیایی	نام ترکیب شیمیایی
	بازی	اسیدی		
سرخ	×	✓	SO ₃	گوگرد تری اکسید
سرخ	×	✓	CO ₂	کربن دی اکسید
آبی	✓	×	CaO	کلسیم اکسید
آبی	✓	×	Na ₂ O	سدیم اکسید

قابلیت های نظریه ی آرنیوس :

۱) این نظریه یونش و تفکیک اسیدها و بازها را در محیط آبی توجیه می کند.

۲) رسانایی جریان الکتریسیته محلول اسید و باز را می توان با این نظریه توجیه کرد.

۳) واکنش خنثی شدن اسید و باز که منجر به تولید نمک و آب می شود ، با این نظریه قابل توجیه است .

۴) قدرت اسیدی و بازی را می توان با این نظریه توجیه کرد . هر ماده ای H^+ بیشتری تولید کند ، اسید قویتر و هر ماده ای OH^- بیشتری

تولید کند باز قویتری است .
نارسایی های نظریه ی آرنیوس :

۱) این نظریه فقط برای ترکیباتی قابل استفاده است که در آب محلول باشند و در حلال های غیر آبی کاربرد ندارد .

۲) برای موادی که نتوانند در محلول یون هیدروژن یا هیدروکسید تولید کنند قابل استفاده نیست .

۳) در این نظریه آب هیچ نقش اسیدی یا بازی در انحلال اسیدها و یا بازها ندارد .

۴) آب پوشی یون هیدروژن با آب و تبدیل آن به یون هیدرونیوم با این نظریه قابل توجیه نیست .

HX : HCl , HBr ← هیدروهالیک اسید

H_nXO_m : HNO₃ , H₂SO₄ ← اکسی اسیدها

(N₂O₅ , SO₃ , CO₂ بجز NO ، CO و N₂O) ← اکسید نافلزها

$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ ← کربوکسیلیک اسیدها

KOH و کلاً هیدروکسید فلزات گروه اول و دوم بجز منیزیم و بریلیم ← هیدروکسید فلز

K₂O و کلاً اکسید فلزات گروه اول و دوم بجز منیزیم و بریلیم ← اکسید فلزها

CH₃NH₂ ← آمونیاک و ترکیبات آمین دار

اسیدها

اسیدها و بازها

بازها

رسانایی الکتریکی محلول ها و قدرت اسیدی :

خوراکی ها ، شوینده ها ، داروها ، مواد آرایشی و بهداشتی شامل مقادیر متفاوتی از یون ها به ویژه یون هیدرونیوم هستند. غلظت این یون بر روی ماندگاری این مواد و در نتیجه سلامتی تأثیر شایانی دارد. برای نمونه شیر سالم با افزایش غلظت یون هیدرونیوم ، ترش شده به طوری که دیگر قابل نوشیدن نیست. این نمونه نشان می دهد که در فرایند تولید مواد گوناگون اغلب تعیین و کنترل غلظت یون هیدرونیوم نقش مهمی دارد. یکی از روش هایی که برای تعیین غلظت یون هیدرونیوم می توان به کار برد ، سنجش رسانایی الکتریکی محلول های آبی است.

انواع رسانایی الکتریکی :

۱) رسانای الکترونی : جریان الکتریکی در این رسانا به کمک حرکت الکترون ها ایجاد می شود. این نوع رسانایی در **فلزات** و هم چنین در **گرافیت** به دلیل وجود الکترون آزاد امکان پذیر می باشد.

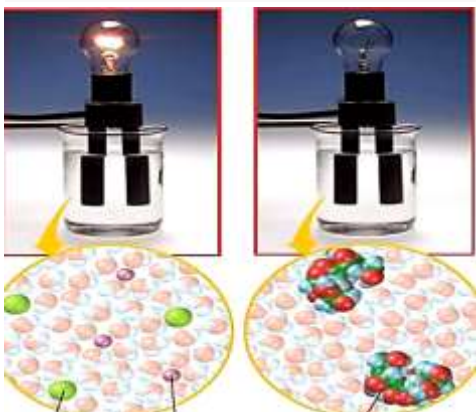


۲) رسانای یونی : جریان الکتریکی در این نوع رسانایی به کمک حرکت یون ها امکان پذیر می باشد. این رسانایی هنگامی انجام می شود که یون ها بتوانند از نقطه ای به نقطه دیگر جابه جا شوند، زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه جا خواهند شد.

برای نمونه، در محلول آبی سدیم کلرید دارای یون های Cl^- (aq) و Na^+ (aq) هستیم که با جنبش های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر آن پراکنده اند هرگاه این محلول در **مدار الکتریکی** قرار گیرد، جریان برق در مدار برقرار می شود، زیرا یون ها به سوی قطب های ناهم نام حرکت می کنند. جابجایی یون ها نشان دهنده جابجایی بارهای الکتریکی و در نتیجه، رسانایی الکتریکی محلول **سدیم کلرید** است.

محلول های الکترولیت و غیر الکترولیت :

مواد غیر الکترولیت : موادی که هنگام حل شدن آن ها در آب، یون تولید نمی شود. (این مواد به صورت مولکولی در آب حل می شوند). لذا محلول آن ها رسانای جریان برق نبوده و شامل **اغلب** ترکیب های آلی محلول در آب (بجز اسیدها و بازهای آلی محلول در آب) می باشند. مثال : اتانول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)، گلوکز ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)، استون ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$)، هگزان (C_6H_{14})، **شکر** و ...



یون سدیم یون کلرید مولکول های ساکارز

مواد الکترولیت : موادی که به هنگام حل شدن در آب به صورت کامل یا به طور جزئی به یون های مثبت و منفی تبدیل شده و شامل دو دسته می باشند که عبارتند از :
۱) الکترولیت های **قوی** : شامل اسیدها و بازهای **قوی** و ترکیب های یونی که در آب به صورت کامل تبدیل به یون می شوند. مثل : نمک هایی چون KCl ، NaCl ، LiNO_3 و ...
بازهای قوی : بازهای **گروه ۱** و **گروه ۲** بجز Mg ، Be مثل NaOH)
اسیدهای قوی مانند : H_2SO_4 ، HNO_3 ، HCl ، HBr ، HI

نکته : به موادی مانند NaCl(s) ، الکترولیت و به NaCl(aq) ، محلول الکترولیت می گویند.

نکته : برخی نمک ها مانند $\text{Ba(SO}_4)$ ، AgCl و ... در آب نامحلول بوده اما همان تعداد کم مولکول هایی که در آب حل می شوند به صورت کامل یونیده می شود ولی رسانای جریان برق نیستند زیرا برای رسانایی الکتریکی **دو شرط** لازم است :
(a) ماده باید الکترولیت باشد. (b) انحلال پذیری ماده در آب زیاد باشد.

۲) الکترولیت های **ضعیف** : شامل اسیدها و بازهای **ضعیف** که در آب به طور عمده به صورت **مولکولی** حل شده و به مقدار جزئی یون تولید می کنند.

مانند : اسیدهای ضعیف مانند : HCN ، HF و **کربوکسیلیک اسیدها** ($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$) و ...
و بازهای ضعیف مانند : NH_3 و CH_3NH_2 و ...

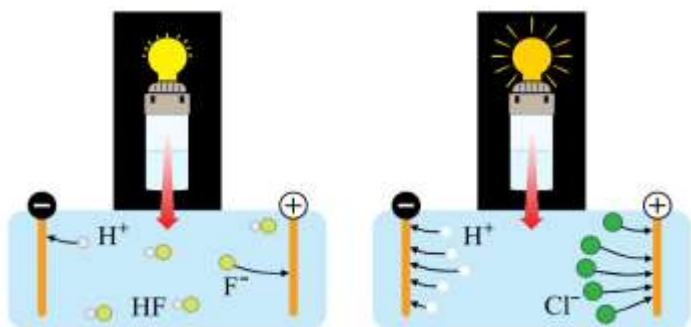
تفاوت فرایند یونش با تفکیک یونی :

یونش (**یونیده شدن**) : به فرایندی که در آن یک ترکیب مولکولی در آب به یون های **مثبت** و **منفی** تبدیل می شود، **یونش** می گویند. مثلاً HCl یک ترکیب کوالانسی است که **فاقد** یون است، ولی پس از حل شدن در آب، یون های **هیدرونیوم** و **کلرید** ایجاد می کند. **تفکیک یونی** : یک ترکیب یونی (**نمک**) که در ساختمان خود یون دارد، در آب حل شده و به یون های سازنده ی خود تفکیک شود. مثلاً NaOH یک ترکیب یونی است و پس از حل شدن در آب، یون های **سدیم** و **هیدروکسید** ایجاد می کند.

رسانایی محلول آبی اسیدها :

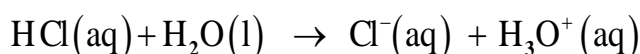
در محلول های الکترولیت به دلیل وجود یون ها و حرکت آن ها ، بارهای الکتریکی جابه جا می شوند ؛ به طوری که اگر این محلول ها در یک مدار الکتریکی قرار گیرند با حرکت یون ها به سوی قطب های ناهم نام ، جریان الکتریکی برقرار می شود.

مشخص شده است که رسانایی الکتریکی محلول های الکترولیت با شرایط یکسان از نظر دما و غلظت باهم برابر نیست. برای نمونه در شکل زیر می بینیم که رسانایی الکتریکی محلول ۰/۱ مولار هیدروکلریک اسید در مقایسه با محلول ۰/۱ مولار هیدروفلوئوریک اسید بیشتر است.



کمتر بودن رسانایی الکتریکی هیدروفلوئوریک اسید نشان می دهد که در شرایط یکسان ، شمار یون های موجود در این محلول ، کمتر از محلول هیدروکلریک اسید است. به عبارت دیگر غلظت آنیون ها و کاتیون ها (هیدرونیوم) در HCl بیشتر است. با این توصیف ، شیمی دان ها به کمک مدل آرنیوس ، هیدروکلریک اسید را یک اسید قوی و هیدروفلوئوریک اسید را یک اسید ضعیف می نامند.

تجربه نشان می دهد ، گاز هیدروژن کلرید هنگام حل شدن در آب تقریباً به طور کامل به یون های هیدرونیوم و کلرید یونیده می شود.



بر این مبنا که هر اسید در هنگام حل شدن چه میزان یونش می یابد ، آن ها را دسته بندی می کنند.

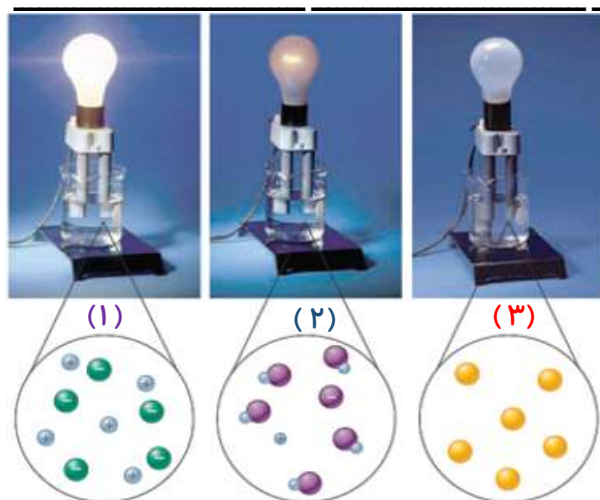
اسید قوی : در هنگام انحلال تقریباً به طور کامل یونش می یابند.

دسته بندی اسیدها :

اسید ضعیف : اسیدهای ضعیف در آب به طور جزئی یونیده می شوند و همواره اندک یون های حاصل از یونش آن ها با مولکول های یونیده نشده ، در تعادل اند.

نکته : رسانایی الکتریکی محلول های الکترولیت یکسان نیست واضح است که هر چه تعداد یون های موجود در یک محلول بیشتر باشد رسانایی الکتریکی آن محلول بیشتر است. مثلاً محلول ۱ مولار باریوم نیترات ($\text{Ba(NO}_3)_2$) با تولید ۳ مول یون رسانایی الکتریکی بیشتری نسبت به محلول ۱ مولار لیتیم کلرید (LiCl) با تولید ۲ مول یون دارد.

$\text{Ba(NO}_3)_2 \xrightarrow{\text{آب}} \text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{NO}_3^{-}_{(\text{aq})}$	۳ مول یون
$\text{LiCl} \xrightarrow{\text{آب}} \text{Li}^{+}_{(\text{aq})} + \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$	۲ مول یون



با توجه به تصویر به سوالات پاسخ دهید:

(۱) علت تفاوت میزان رسانایی الکتریکی سه محلول را توضیح دهید.

علت تفاوت در میزان رسانایی الکتریکی به تمایل ترکیب شیمیایی این محلول ها بستگی دارد هر چقدر میزان تولید یون بیشتر باشد رسانایی نیز بیشتر است.

(۲) محلول ها را به سه دسته الکترولیت ، الکترولیت ضعیف و غیر الکترولیت دسته بندی کنید.

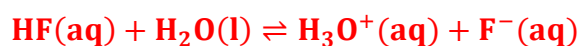
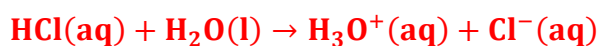
محلول شماره (۱) الکترولیت قوی، محلول شماره (۲) الکترولیت ضعیف و محلول شماره (۳) غیر الکترولیت است.

ص ۱۸ کتاب

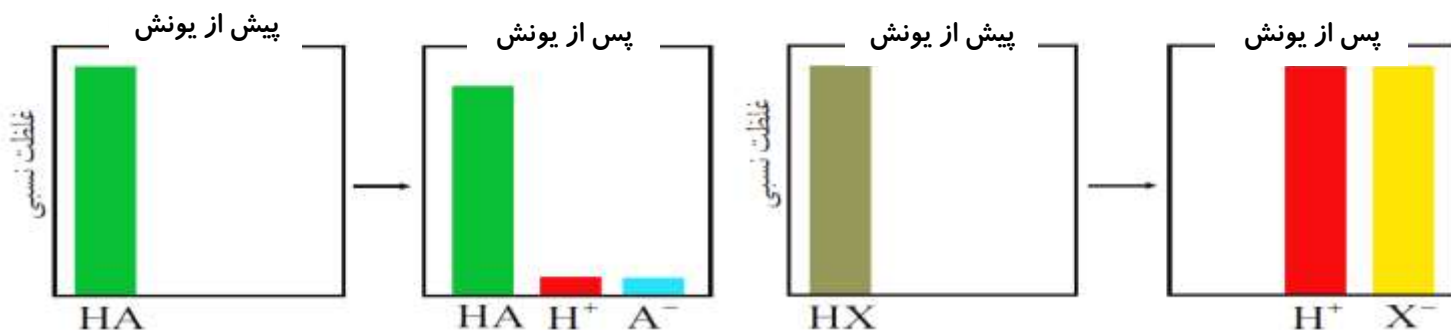
با هم بیندیشیم

تعریف : به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، اسید تک پروتون دار می گویند.

(۱) معادله یونش را برای اسیدهای تک پروتون دار HCl(aq) و HF(aq) در آب بنویسید.



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



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

HX (هیدروکلریک اسید) به طور کامل و HA (هیدروفلوئوریک اسید) به طور جزئی یونیده شده است.

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

نمودار **HX** مربوط به هیدروکلریک اسید و **HA** مربوط به هیدروفلوئوریک اسید است زیرا **HX** (هیدروکلریک اسید) به طور کامل و **HA** (هیدروفلوئوریک اسید) به طور جزئی یونیده شده است.

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

$$\text{درجه یونش} = \frac{\text{غلظت مولی } H^+ \text{ یا } OH^-}{\text{غلظت مولی اولیه اسید}} = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده}}$$

آ) پیش بینی کنید درجه یونش برای محلول هیدروکلریک اسید **HCl** چند است؟ چرا؟

برابر با یک است زیرا همه مولکول‌های **HCl** در آب یونیده می‌شوند. در واقع صورت و مخرج کسر با یکدیگر برابرند.

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

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

نکته: عوامل موثر بر درجه یونش:

۱) **غلظت محلول:** هر چه غلظت بیشتر باشد، به دلیل نزدیکی یون‌ها به یکدیگر و تبدیل شدن دوباره به مولکول، درجه یونش کاهش می‌یابد.

۲) **دما:** با توجه به **گرماگیر** یا **گرماده** بودن واکنش، افزایش دما باعث تغییر درجه یونش می‌شود. در واکنش‌های **گرماگیر** با افزایش دما

درجه یونش **افزایش** و در واکنش‌های گرماده با افزایش دما درجه یونش **کاهش** می‌یابد.

ب) اگر در محلول هیدروفلوئوریک اسید از هزار مولکول حل شده در دمای اتاق تنها ۲۴ مولکول یونیده شود، درجه و درصد یونش آن را

$$\text{درصد یونش} = \frac{24}{1000} \times 100 = 2.4\% \quad \alpha\% = \frac{24}{1000} \times 100 = 2.4\% \quad \text{یا} \quad \alpha\% = \frac{24}{1000} = 0.024 \quad \text{درجه یونش}$$

مثال: در محلول 1mol/Lit یک اسید ضعیف (HA) از هر ۱۰۰۰ مولکول، ۴۲ یون ایجاد می‌شود. درصد یونش اسید کدام است؟

هر مولکول HA که یونش یابد ۲ یون (H^+ , A^-) تولید می‌کند بنابراین برای تولید ۴۲ یون کافی است ۲۱ مولکول یونیده شود پس:

$$\text{درصد یونش} = \frac{42}{1000} \times 100 = 4.2\%$$

مثال: درصد یونش محلول استیک اسید با غلظت 2mol/Lit برابر ۰/۰۴ درصد است در ۱۰۰ میلی لیتر از این محلول چند مول یون وجود

$$100 \text{ mL CH}_3\text{COOH} \times \frac{1 \text{ L CH}_3\text{COOH}}{1000 \text{ mL CH}_3\text{COOH}} \times \frac{2 \text{ mol CH}_3\text{COOH}}{1 \text{ L CH}_3\text{COOH}} = 0.2 \text{ mol CH}_3\text{COOH} \quad \text{دارد؟}$$

$$\text{مقدار ماده حل شده} = (M) \times \text{حجم بر حسب لیتر} \times \text{غلظت مولی} = 2 \times 0.1 = 0.2 \text{ mol}$$

$$\text{درصد یونش} = \frac{\text{شمار مول های } H^+}{\text{شمار مول های حل شده}} \times 100 \rightarrow 0/04 = \frac{\text{شمار مول های } H^+}{0/2} \times 100 = 8 \times 10^{-5} \quad H^+$$

به ازای هر مدل استیک اسید یونیده می‌شود ۲ مول یون تولید می‌گردد. پس شمار مول یون‌های تولید شده برابر است با:

$$2 \times 8 \times 10^{-5} = 1/6 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

ویژگی های اسیدهای قوی :

۱) در اسیدهای قوی درجه یونش ($\alpha = 1$) است زیرا به طور کامل یونیده می شوند. (غلظت هر یک از یون ها در اسیدهای قوی **تک پروتون دار** با غلظت اولیه اسید برابر است.)
 $[H^+] = [A^-] = [HA]$ غلظت اولیه اسید

۲) یونش اسیدهای قوی به صورت **کامل و یک طرفه** می باشد.

۳) الکترولیت های **قوی** و در نتیجه **رسانای خوب** جریان الکتریکی می باشند.

۴) ترتیب قدرت اسیدهای قوی به صورت زیر است : $HNO_3 < H_2SO_4 < HCl < HBr < HI$



غلظت اولیه	M	-	0	0
غلظت بعد از یونش	0	-	M	M

HCl یک اسید قوی است و معادله یونش آن به صورت مقابل است.

ویژگی های اسیدهای ضعیف :

۱) در اسیدهای ضعیف درجه یونش $\alpha > 0$ بر اثر حل شدن در آب به طور جزئی یونیده می شوند و بیشتر مولکول ها یونیده نشده می مانند.

۲) مولکول های اسید با یون های یونیده شده در تعادل هستند و واکنش را باید دوطرفه و تعادلی بنویسیم .

۳) در محلول اسیدهای ضعیف ، غلظت یون هیدرونیوم از غلظت اسید خیلی کمتر است . [اسید ضعیف] $< [H^+]$ یا $[H_3O^+]$

۴) غلظت H^+ یا OH^- در اسید ها و بازهای ضعیف : $[OH^-] = \alpha M$ ، $[H^+] = \alpha M$

۵) تعادل بین اسید ضعیف و یون ها ، تمامی ویژگی های یک واکنش تعادلی اعم از برابری سرعت واکنش رفت و برگشت و ثابت ماندن غلظت ها را دارد.

۶) برای اسیدها ، K_a اسیدی تعریف می شود . هر چه K_a بزرگ تر باشد ، اسید قوی تر است .

۷) هر اسیدی به جز اسیدهای قوی را می توان جزو اسیدهای ضعیف در نظر گرفت که تعدادی از آن ها در زیر به ترتیب قدرت اسیدی

فهرست شده اند: $HCN < H_2CO_3 < CH_3COOH < HCOOH < HNO_2$

مثلاً **HF** یک اسید ضعیف است و معادله یونش آن در آب به صورت زیر است.

چون ضریب استوکیومتری H^+ و F^- برابر است پس غلظت آن ها نیز برابر است.

در این معادله **X** میزان یونیده شدن اسید را نشان می دهد.

غلظت اولیه	M	-	0	0
تغییر غلظت	-X	-	+X	+X
غلظت نهایی	M-X	-	X	X

ص ۱۹ کتاب

خود را بیازمایید

۱) نیتریک اسید، یک اسید قوی است. در محلول ۰/۲ مولار این اسید، غلظت یون های هیدرونیوم و نیترات را با دلیل پیش بینی کنید.

چون نیتریک اسید یک اسید قوی است پس در محلول به طور کامل یونیده شده و همه مولکول های آن به یون های هیدرونیوم و نیترات

تبدیل می شوند از این رو : $[H^+] = [NO_3^-] = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$

۲) اگر در محلول ۰/۱ مولار استیک اسید (CH_3COOH) ، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $1/35 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ باشد :

الف) معادله یونش استیک اسید را بنویسید.



ب) درصد یونش آن را حساب کنید.

$$\alpha\% = \frac{1/35 \times 10^{-3}}{0/1} \times 100 = 1/35\%$$

نکته: در زندگی روزانه با انواع اسیدها سر و کار داریم که **برخی قوی و اغلب آن ها ضعیف** هستند.

نکته: اسیدهای قوی را می توان محلولی شامل یون های آب پوشیده دانست، به طوری که در آن ها تقریباً مولکول های یونیده نشده یافت نمی شود.

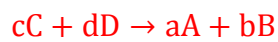
نکته: در محلول اسیدهای ضعیف افزون بر اندک یون های آب پوشیده، **مولکول های اسید** نیز یافت می شوند. برای مثال در محلول سرکه شمار **ناچیزی** از یون های آب پوشیده هم زمان با شمار **زیادی** از مولکول های **استیک اسید** یونیده نشده حضور دارند.

نکته: کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها **هیدروژن** گروه کربوکسیل آن ها می تواند به صورت **یون هیدرونیوم** وارد محلول شود.

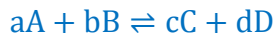
نکته: اسید های موجود در **سیب، انگور، ریواس و مرکبات** مانند **پرتقال و لیمو** و نیز انواع **سرکه** از جمله اسیدهای **خوراکی و ضعیف** هستند. یافته های **تجربی** نشان می دهند که در **شرایط معین، غلظت همه** گونه های موجود در محلول سرکه، مانند دیگر اسیدهای ضعیف **ثابت** است.

ثابت تعادل و قدرت اسیدی انواع واکنش ها: (\rightleftharpoons یا \rightarrow)

تعریف واکنش برگشت ناپذیر (یک طرفه): به واکنشی که در آن واکنش دهنده (ها) به فرآورده (ها) تبدیل شود اما فرآورده (ها) نمی تواند واکنش دهنده (ها) را تولید کند واکنش برگشت ناپذیر می گویند.



تعریف واکنش های برگشت پذیر: به واکنشی که در آن واکنش دهنده (ها) به فرآورده (ها) و فرآورده (ها) نیز به واکنش دهنده (ها) تبدیل می شوند واکنش برگشت پذیر می گویند.



نکته: نماد \rightleftharpoons در واکنش های تعادلی و برگشت پذیر به کار می رود.

حضور **همزمان** واکنش دهنده ها و فرآورده ها در مخلوط واکنش را می توان نشانه ای از **برگشت پذیر** بودن واکنش ها دانست. در این واکنش ها همه واکنش دهنده ها به فرآورده ها تبدیل **نمی شوند** و در شرایط معین مقدار آن ها در سامانه **ثابت** خواهد ماند.

در یک واکنش برگشت پذیر وقتی هر دو واکنش رفت و برگشت به طور **همزمان** انجام شوند در نهایت سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت **برابر** می شوند و می گوئیم واکنش به **تعادل** رسیده است. زیرا با رسیدن به تعادل **دقیقاً** همان مقدار از واکنش دهنده ها که در **واحد زمان** طی واکنش رفت **مصرف** می شوند بر اثر واکنش برگشت دوباره **تولید** می شوند و در نهایت مقدار یا غلظت واکنش دهنده ها و فرآورده ها **همگی ثابت** می ماند.

هنگامی سامانه تعادلی وجود خواهد داشت که تمامی شرایط زیر را داشته باشیم:

(۱) سامانه باید **بسته** باشد و **مبادله ماده** با محیط پیرامون خود **نداشته** باشد.

(۲) سرعت واکنش های رفت و برگشت برابر باشد. ($R_1 = R_2$)

(۳) خواص **ماکروسکوپی** (رنگ، غلظت، فشار، ...) ثابت می ماند.

(۴) سرعت تولید هر ماده با سرعت مصرف همان ماده برابر است به همین دلیل **غلظت** هر ماده در سامانه تعادلی ثابت می ماند.

(۵) ثابت ماندن **غلظت** مواد موجود در تعادل به معنای برابر بودن غلظت آن ها **نمی باشد**.

(۶) اگرچه خواص **ماکروسکوپی** در یک سامانه تعادلی **ثابت** است اما در بعد **ذره ای** (میکروسکوپی) مواد اولیه و فرآورده ها به صورت **مداوم** به همدیگر **تبدیل** می شوند (**حالت پویا**).

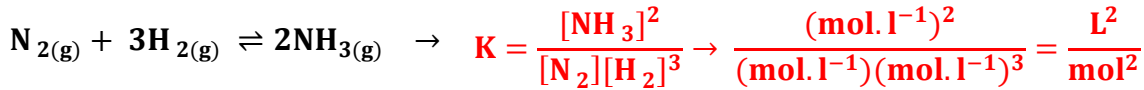
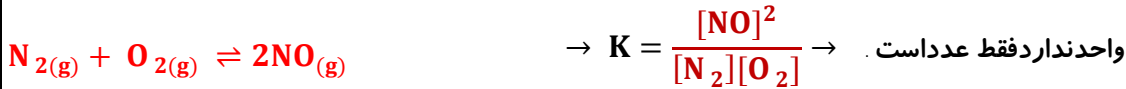
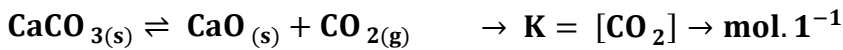
نکته: یک واکنش تعادلی حتماً برگشت پذیر بوده اما هر فرایند برگشت پذیری یک سامانه تعادلی ایجاد نمی کند.

نکته: در **دمای ثابت** و برای یک سامانه تعادلی، غلظت گونه های موجود در محلول **ثابت** می ماند.

ثابت تعادل: ثابت تعادل برابر نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی مواد فرآورده به توان ضریب استوکیومتری آن ها به حاصل ضرب غلظت تعادلی مواد اولیه به توان ضریب استوکیومتری آن ها می باشد.

نکته: در عبارت ثابت تعادل تنها غلظت مواد محلول (aq) یا **گازی** (g) شکل را قرار می دهیم (مواد جامد یا مایع خالص غلظت ثابتی داشته و در عبارت ثابت تعادل غلظت آن ها را نمی آوریم).

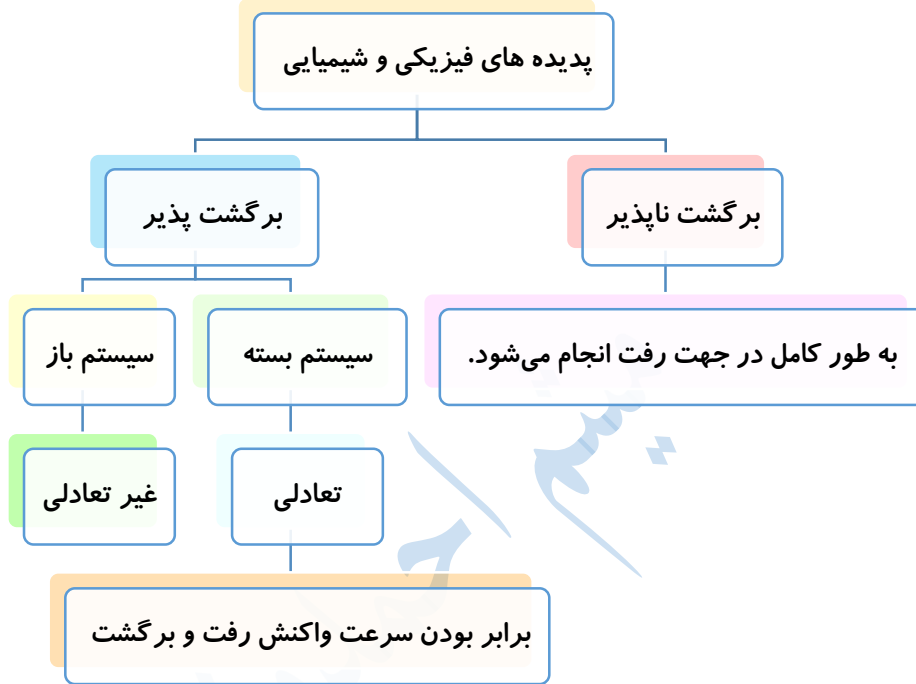




نکته : یکای ثابت تعادل برای واکنش های تعادلی مختلف یکسان نبوده و حتی می تواند فاقد یکا باشد.

نکته : واحد ثابت تعادل به صورت $(\frac{\text{mol}}{\text{L}})^n$ می باشد که n نیز به صورت $n = (c+d) - (a+b)$ محاسبه می شود.

نکته : هر واکنش تعادلی، ثابت تعادل مخصوص خود را دارد و تنها وابسته به دما است.

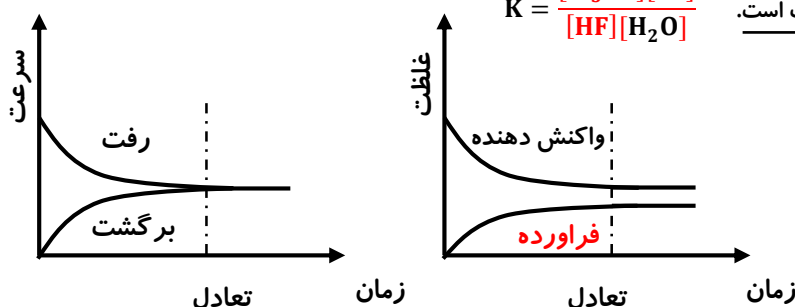
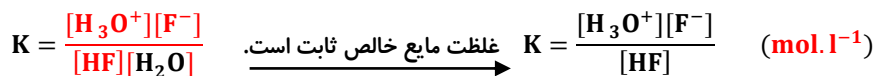


نمونه ای از سامانه های تعادلی، محلول اسیدهای ضعیف در آب است. در این محلول ها به دلیل یونش ناچیز اسیدهای ضعیف، میان اندک یون های حاصل از یونش و مولکول های یونیده نشده، تعادل برقرار می شود. برای نمونه در محلول هیدروفلوئوریک اسید تعادل زیر برقرار است.



برای این سامانه نیز در دمای ثابت همانند دیگر سامانه های تعادلی، واکنش های رفت و برگشت پیوسته در حال انجام هستند به طوری که در هر گستره زمانی معین، شمار مولکول های HF که یونیده می شوند با شمار مولکول های HF که از پیوستن یون های H^+ و F^- به یکدیگر پدید می آیند، برابر است. این رفتار سامانه تعادلی نشان می دهد که سرعت تولید هر گونه با سرعت مصرف آن برابر است، رفتاری که سبب می شود غلظت تعادلی همه گونه های موجود در سامانه ثابت بماند. افزون بر این توصیف کیفی، سامانه های تعادلی را از دیدگاه کمی نیز می توان بررسی کرد به طوری که این سامانه ها با کمیتی به نام ثابت تعادل توصیف می شوند و در آن تنها غلظت تعادلی گونه های شرکت کننده در واکنش آورده می شود. مقدار این کمیت در دمای ثابت برای هر تعادل ثابت است.

برای این اسید ضعیف عبارت ثابت تعادل عبارتست از :



۱ جدول زیر غلظت تعادلی گونه های موجود در سه محلول از هیدروفلوئوریک اسید با غلظت های آغازی گوناگون را در دمای ۲۵ °C نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.

$K = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]}$	غلظت تعادلی گونه های شرکت کننده (مول بر لیتر)			شماره محلول
	$[H^+]$	$[F^-]$	$[HF]$	
$5/89 \times 10^{-4}$	$1/75 \times 10^{-2}$	$1/75 \times 10^{-2}$	۰/۵۲	۱
$5/91 \times 10^{-4}$	$1/31 \times 10^{-2}$	$1/31 \times 10^{-2}$	۰/۲۹	۲
$5/90 \times 10^{-4}$	$2/43 \times 10^{-2}$	$2/43 \times 10^{-2}$	۱/۰	۳

(آ) کسر داده شده در ستون آخر را عبارت ثابت تعادل می نامند و با K نمایش می دهند. مقدار K را حساب کرده و جاهای خالی را پر کنید.

(ب) توضیح دهید چرا در هر سه محلول $[H^+] = [F^-]$ است؟

زیرا به ازای هر مولکول HF که در آب یونیده می شود یک یون $F^-_{(aq)}$ همراه با یک یون $H^+_{(aq)}$ تولید می کند.

(پ) توضیح دهید آیا نتیجه گیری مقابل درست است؟ « K برای یک واکنش تعادلی در دمای معین، مقداری ثابت است.»

بله درست است. زیرا با غلظت های متفاوت گونه های شرکت کننده در تعادل در دمای ثابت، مقدار عددی ثابت تعادل مقدار ثابتی حاصل شده است.

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

خیر، زیرا مطابق جدول، با انحلال مقادیر متفاوت از HF در آب و ایجاد یک سامانه تعادلی، برای K تنها یک مقدار در دمای اتاق به دست آمده است.

(ث) اگر غلظت تعادلی یون هیدرونیوم در محلول استیک اسید در دمای معین برابر با $6 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ باشد:

(آ) غلظت تعادلی یون استات (CH_3COO^-) را تعیین کنید. $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

$$[H_3O^+] = [CH_3COO^-] = 6 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

(ب) اگر غلظت تعادلی استیک اسید در این محلول برابر با 0.02 mol L^{-1} باشد، ثابت تعادل را در این دما حساب کنید.

$$K = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{6 \times 10^{-4} \times 6 \times 10^{-4}}{0.02} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

ثابت یونش اسیدی (K_a):

برای اسیدها، ثابت تعادل را با عنوان ثابت یونش اسیدی می شناسیم (K_a).

معادله یونش در آب	ثابت یونش (K_a)	فرمول شیمیایی	نام اسید
$HI_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$	بسیار بزرگ	HI	هیدرویدیک اسید
$HBr_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$	بسیار بزرگ	HBr	هیدروبرمیک اسید
$HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	بسیار بزرگ	HCl	هیدروکلریک اسید
$H_2SO_{4(aq)} \rightarrow HSO_4^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	بسیار بزرگ	H_2SO_4	سولفوریک اسید
$HNO_{3(aq)} \rightarrow NO_3^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	بزرگ	HNO_3	نیتریک اسید
$HNO_{2(aq)} \rightleftharpoons NO_2^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	$4/5 \times 10^{-4}$	HNO_2	نیترو اسید
$HCOOH_{(aq)} \rightleftharpoons COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	$1/8 \times 10^{-4}$	HCOOH	فورمیک اسید
$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	$1/8 \times 10^{-5}$	CH_3COOH	استیک اسید
$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons HCO_3^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	$4/5 \times 10^{-7}$	H_2CO_3	کربنیک اسید
$HCN_{(aq)} \rightleftharpoons CN^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	$4/9 \times 10^{-10}$	HCN	هیدروسیانیک اسید

در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) در مقایسه K_a چند اسید مختلف مطابق فهرست زیر است :



اسید قوی : $\alpha \cong 1$

اسید ضعیف : $0 < \alpha < 1$

واکنش یک طرفه در آب، الکترولیت قوی

واکنش تعادلی در آب، الکترولیت ضعیف

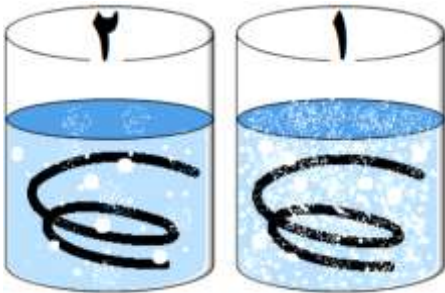
در اسیدهای قوی مقدار K_a بسیار بزرگ (یا بزرگ) بوده و واکنش به طور کامل یا تنها در یک جهت انجام شده و میزان پیشرفت واکنش بسیار زیاد است.

هر چه در شرایط یکسان و برای اسیدی مقدار (K_a) بزرگ تر باشد میزان پیشرفت واکنش تعادلی بیشتر بوده، اسید بیشتر یونیده شده و قوی تر است.

ص ۲۴ کتاب

خود را بیازمایید

(۱) این شکل ها واکنش دو قطعه نوار منیزیم یکسان را با محلول دو اسید متفاوت در دما و غلظت یکسان نشان می دهند.



آ) سرعت کدام واکنش بیشتر است؟ چرا؟

در ظرف (۱) زیرا تولید حباب های گاز هیدروژن آشکارتر است.

نکته : در واکنش فلز منیزیم با هر دو اسید گاز (H_2) تولید می شود.

واکنش اصلی که در هر دو بشر انجام می شود به صورت زیر است :



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

در ظرف (۱) زیرا هرچه غلظت واکنش دهنده ها (یون $\text{H}^+(\text{aq})$) بیشتر باشد سرعت واکنش بیشتر است.

پ) اگر ثابت یونش یک اسید، K_{a1} و دیگری K_{a2} باشد، ثابت یونش این دو اسید را با یکدیگر مقایسه کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

$K_{a2} < K_{a1}$ زیرا در شرایط یکسان، هرچه غلظت یون هیدرونیوم در محلول یک اسید بیشتر باشد، ثابت یونش آن بزرگ تر خواهد بود.

(۲) باران اسیدی حاوی نیتریک اسید و سولفوریک اسید است در حالی که باران معمولی حاوی کربنیک اسید است. با مراجعه به جدول توضیح

دهید در کدام باران غلظت یون هیدرونیوم بیشتر است؟ چرا؟ (ثابت یونش کربنیک اسید را $4/5 \times 10^{-7}$ در نظر بگیرید).

به علت وجود CO_2 در هوا که واکنش آن با آب باران، اندک خاصیت اسیدی به وجود می آید.



با افزایش آلایندگی ها در هوا که اکسیدهای گوگرد و نیتروژن در واکنش با آب باران نیتریک اسید (HNO_3) و سولفوریک اسید (H_2SO_4)

تولید می شود. این اسیدها قوی بوده و در واکنش با آب به طور کامل یونیده می شوند و غلظت یون هیدرونیوم حاصل از یونش آن ها بسیار

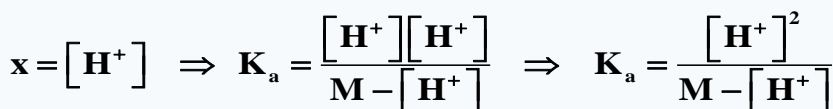
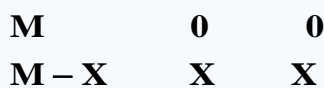
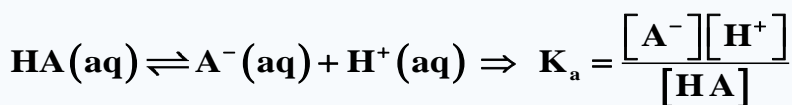
زیاد بوده و pH آب باران را به صورت جدی کاهش می دهند :



محاسبه ثابت یونش با استفاده از غلظت یون هیدرونیوم و غلظت اسید:

در اثر یونش اسید تک پروتون دار غلظت یون های تولید شده با هم برابر است، بنابراین می توان ثابت یونش اسید را از رابطه زیر به دست

آورد.



اگر مقدار یون هیدرونیوم در مقابل غلظت محلول بسیار کوچک باشد می توان از مقدار آن در مقابل غلظت اسید صرف نظر کرد. و از رابطه

$$K_a = \frac{[H^+][H^+]}{M - [H^+]} \Rightarrow [H^+] \ll M \Rightarrow K_a = \frac{[H^+]^2}{M}$$

زیر استفاده نمود.

محاسبه ثابت یونش با استفاده از درجه یونش و غلظت اسید:

اگر به جای مقدار یون هیدرونیوم، درجه یونش داده شود با توجه به رابطه $[H^+] = M\alpha$ برای تعیین ثابت یونش از فرمول زیر استفاده

$$\left\{ \begin{array}{l} K_a = \frac{[H^+][H^+]}{M - [H^+]} \Rightarrow K_a = \frac{[M\alpha][M\alpha]}{M - [M\alpha]} \Rightarrow K_a = \frac{M\alpha^2}{1 - \alpha} \\ [H^+] = M\alpha \end{array} \right.$$

می شود.

$$[\alpha] \ll 1 \Rightarrow K_a = \frac{M\alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow K_a = M\alpha^2$$

محاسبه غلظت هیدرونیوم با استفاده از ثابت یونش و غلظت اسید:

می توان با بهره گیری از ثابت یونش، غلظت(های) یون هیدرونیوم یا گونه(های) مجهول را حساب کرد.

برای به دست آوردن یون هیدرونیوم ابتدا فرض بر کوچک بودن یون هیدرونیوم در مقابل غلظت محلول قرار داده می شود، و از فرمول زیر

استفاده می گردد.

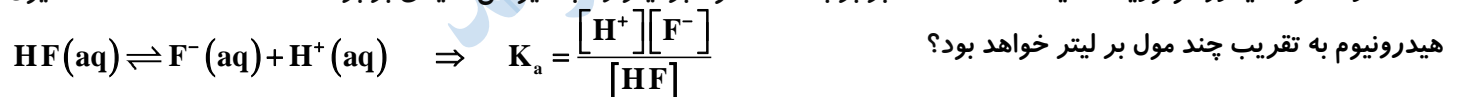
$$K_a = \frac{[H^+][H^+]}{M - [H^+]} \Rightarrow K_a = \frac{[H^+]^2}{M - [H^+]}$$

نکته: اگر غلظت یون هیدرونیوم نسبت به غلظت محلول قابل صرف نظر کردن نباشد باید برای محاسبه، معادله درجه دو حل شود.

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

برای صرف نظر کردن باید تغییرات در محدوده داده شده باشد. $M - [H^+] < 0.001$

مثال: در محلول هیدروفلوئوریک اسید که غلظت HF برابر با 0.01 مول بر لیتر و ثابت یونش اسیدی برابر $5/9 \times 10^{-4}$ است، غلظت یون



$$5/9 \times 10^{-4} = \frac{[H^+][H^+]}{[HF]} \Rightarrow [H^+]^2 = 5/9 \times 10^{-4} \times 0/01 \Rightarrow [H^+] = 2/4 \times 10^{-3}$$

محاسبه حجم ظرف واکنش:

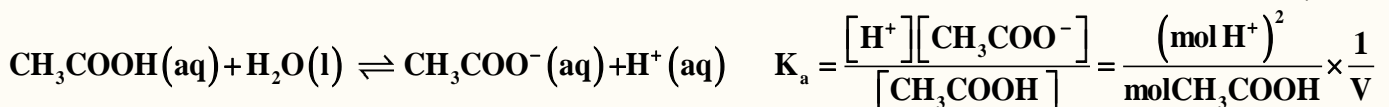
با استفاده از ثابت تعادل و مقدار گونه های شرکت کننده در تعادل، می توان حجم محلول را به دست آورد.

رابطه ثابت تعادل را برای واکنش عمومی اسید $HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$ به صورت زیر نوشت:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(\text{mol } H^+)^2}{\text{mol } HA} \times \frac{1}{V}$$

مثال: در محلول سرکه به ازای وجود هر 1 مول سرکه، 0.003 مول یون هیدرونیوم وجود دارد، اگر ثابت یونش اسیدی برابر با $1/8 \times 10^{-5}$

باشد، حجم محلول چند میلی لیتر است؟



$$\Rightarrow \frac{0/003^2}{1} \times \frac{1}{V} = 1/8 \times 10^{-5} \Rightarrow V = 0/5L$$

عوامل مؤثر بر ثابت یونش :

- (۱) نوع اسید یا باز : برخی اسیدها ثابت یونش بزرگ، و برخی واکنش‌ها ثابت یونش کوچکی دارند.
 (۲) دما : تنها عاملی که می‌تواند، ثابت یونش را تغییر دهد، دما است.

خلاصه تشخیص قدرت اسیدی :

برای تشخیص قدرت اسیدی چندین روش وجود دارد :

- (۱) واکنش‌پذیری با فلزات : اغلب فلزها با محلول اسیدها واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن آزاد می‌کنند. سرعت این واکنش‌ها به غلظت یون‌های هیدرونیوم موجود در محلول بستگی دارد. هرچه غلظت یون هیدرونیوم بیشتر باشد، سرعت واکنش نیز بیشتر خواهد بود و اسید قوی‌تر است.
 (۲) ثابت یونش اسیدی : در دما و غلظت یکسان هر چه ثابت یونش اسیدی بیشتر باشد، قدرت اسیدی بیشتر است.
 (۳) pH : در شرایط یکسان، هر چه مقدار pH کمتر باشد، اسید قوی‌تر است.
 (۴) رسانایی محلول : اگر رسانایی محلول اسیدی در شرایط یکسان بیشتر باشد، قدرت اسیدی بیشتر است.
 (۵) تعداد یون‌های هیدرونیوم : در محلول اسید هرچه غلظت یون هیدرونیوم بیشتر باشد، اسید قوی‌تری است.
 (۶) درجه یونش : در اسیدهای قوی‌تر درجه یونش بیشتر است.
 (۷) در اسیدهای آلی تک پروتونی هرچه تعداد کربن بیشتر باشد، قدرت اسیدی کمتر است.

تفاوت خاصیت اسیدی با قدرت اسیدی :

خاصیت اسیدی تابع غلظت اسید مورد نظر است، هرچه غلظت اسید بیشتر باشد، غلظت یون H_3O^+ یا H^+ در محلول بیشتر شده و خاصیت اسیدی افزایش می‌یابد، اما قدرت اسیدی تابع غلظت اسید نیست و فقط از روی ثابت یونش K_a تعیین می‌شود. هرچه K_a برای اسیدی بیشتر باشد قدرت آن بیشتر است. (ضمناً K_a برخلاف غلظت H^+ به غلظت اسید مورد نظر وابسته نیست چون فقط به دما بستگی دارد.)

عوامل مؤثر بر خاصیت اسیدی : (۱) غلظت مولار اسید یونش یافته (۲) قدرت اسید

pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن :

با استفاده از کاغذ pH می‌توان به صورت تقریبی، میزان اسیدی یا بازی بودن یک محلول را بیان کرد. تغییر رنگ کاغذ pH معیاری برای تشخیص اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها است. رنگی که این کاغذ درون یک محلول به خود می‌گیرد، نشانگر pH تقریبی آن محلول است. مقدار pH تقریبی برای چند سامانه مختلف به صورت مقابل است : دریاچه‌ای با آب اسیدی (5/4)، لیمو (3/2)، بزاق دهان (5/2 - 7/1)، خون (7/4)، اسید معده (1/6 - 1/8)، محتویات درون روده (8/5) می‌باشد.

یادآوری ریاضی :

$\log 1 = 0$	$\log 2 = 0/3$ $10^{0/3} = 2$
$\log 3 = 0/48$ $10^{0/48} = 3$	$\log 4 = 0/6$ $10^{0/6} = 4$
$\log 5 = 0/7$ $10^{0/7} = 5$	$\log 6 = 0/78 \cong 0/8$
$\log 7 = 0/85$ $10^{0/85} = 7$	$\log 8 = \log 2^3 = 3\log 2 = 0/9$
$\log 9 = \log 3^2 = 2\log 3 = 0/95$	$\log 10 = 1$

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

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

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

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

با استفاده از لگاریتم های بالا، بنویسید در هر مورد زیر به جای ؟ چه عددی باید قرار گیرد؟

$$\log 21 = ? \Rightarrow \log(7 \times 3) = \log 7 + \log 3 = 0.48 + 0.85 = 1.33$$

$$\log 0.8 = ? \Rightarrow \log(0.1 \times 8) = \log 10^{-1} + \log 8 = \log 10^{-1} + \log 2^3 = -1 + 3(0.3) = -0.1$$

$$\log ? = 1/85 \Rightarrow 1 + 0.85 = \log 10 + \log 7 = \log(10 \times 7) = \log 70$$

$$-\log 0.002 = -\log 2 \times 10^{-3} = -\log 2 - \log 10^{-3} = -0.3 + 3 = 2.7$$

$$-\log(24 \times 10^{-3}) = -\log(3 \times 8 \times 10^{-3}) = -\log 3 - 3\log 2 - \log 10^{-3} \rightarrow -0.5 - 0.9 + 3 = 1.6$$

نکته: به دلیل اینکه ثابت های اسیدی و بازی، غلظت یون هیدرونیوم و هیدروکسید و ... در شیمی معمولاً اعداد کوچکی هستند و انجام محاسبات با این اعداد مشکل است، ترجیح داده می شود با گرفتن منفی لگاریتم ($p = -\log_{10}$)، آن ها را به اعدادی ساده تر و قابل فهم تر تبدیل کرد.

مقدار عددی pH مطابق رابطه زیر بیان می شود:

$$pH = -\log[H^+] \rightarrow [H^+] = 10^{-pH} \quad \text{یا} \quad pH = -\log[H_3O^+] \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

همچنین با توجه به تعریف pH می توان از روی عدد pH، غلظت یون هیدرونیوم را بدست آورد. مثال:

$$pH = 2.7 \rightarrow [H^+] = 10^{-2.7} = 10^{-(3-0.3)} = 10^{-3} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-3} \quad 10^{0/3} = 2$$

$$pH = 4.3 \rightarrow [H^+] = 10^{-4.3} = 10^{-(5-0.7)} = 10^{-5} \times 10^{0.7} = 5 \times 10^{-5} \quad 10^{0/7} = 5$$

$$pH = 11.4 \rightarrow [H^+] = 10^{-11.4} = 10^{-(12-0.6)} = 10^{-12} \times 10^{0.6} = 4 \times 10^{-12} \quad 10^{0/6} = 4$$

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

(۱) شیمی دان ها کمیت pH را با تابع لگاریتم به صورت مقابل بیان می کنند.

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

[H ⁺]	pH	خاصیت محلول
3×10^{-9}	۸/۵۲	بازی
1×10^{-4}	۴	اسیدی
$1/8 \times 10^{-2}$	۱/۷۴	اسیدی

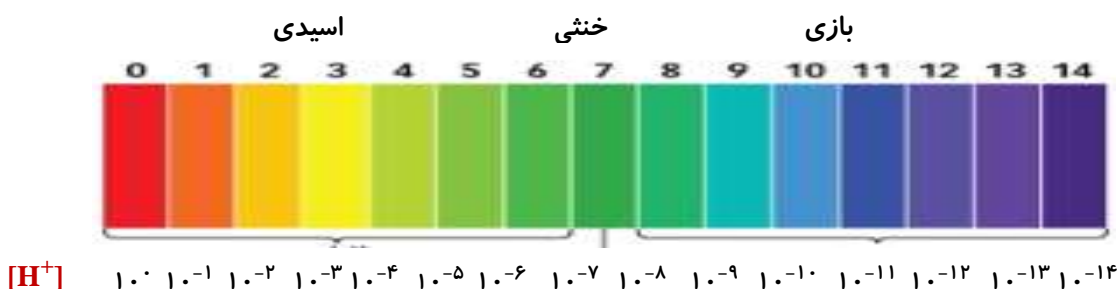
(۲) دانش آموزی مطابق روند زیر غلظت یون هیدرونیوم را برای شیر ترش شده با $pH = 2/7$ به درستی حساب کرده است. در این روند هر یک از جاهای خالی را با عدد مناسب پر کنید.

$$pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-2/7} = 10^{-3} \times 10^{0/3} = 2 \times 10^{-3}$$

(۳) جدول زیر را کامل کنید.

[H ⁺]	pH	خاصیت محلول
7×10^{-3}	۲/۱۵	اسیدی
$3/6 \times 10^{-4}$	۳/۴۴	اسیدی
4×10^{-12}	۱۱/۴	بازی
1	.	اسیدی

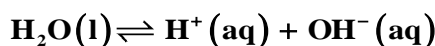
مقیاس pH در دمای اتاق گستره ای از صفر تا ۱۴ را در بر می گیرد، pH آب خالص و محلول های خنثی برابر ۷ و در محیط اسیدی کمتر از ۷ و در محلول های بازی بیشتر از ۷ است.



یافته های تجربی نشان می دهد که آب و همه محلول های آبی، محتوی یون های هیدرونیوم و هیدروکسید هستند. اما کاغذ pH در برخی محلول ها و آب خالص تغییر رنگ نمی دهد، رفتاری که تأیید می کند که غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید در این سامانه ها با یکدیگر برابر است ($[H^+] = [OH^-]$). به همین دلیل چنین سامانه هایی، خنثی هستند.

با هم بیندیشیم ص ۲۶ کتاب

۱) آزمایش های دقیق نشان می دهند که آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. این ویژگی بیانگر وجود مقدار بسیار کمی از یون های هیدرونیوم و هیدروکسید است. در واقع در یک نمونه از آب خالص شمار بسیار ناچیزی از مولکول های H_2O به یون های H^+ و OH^- یونیده می شوند. جالب این است که اندازه گیری ها و یافته های تجربی در دمای اتاق برای آب و محلول های آبی رابطه زیر را تأیید می کنند :



ثابت تعادل در عمل خودش یونش آب K_w نام دارد و مقدار آن به دما بستگی دارد.

$$K_w = [H^+][OH^-] \xrightarrow{25^\circ C} K_w = 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$$

نکته : هرگونه تغییری در غلظت یون های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ تأثیری بر مقدار K_w ندارد. به عبارت دیگر K_w مقدار ثابتی است که

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} \quad \text{غلظت این دو یون را به هم مرتبط می کند.}$$

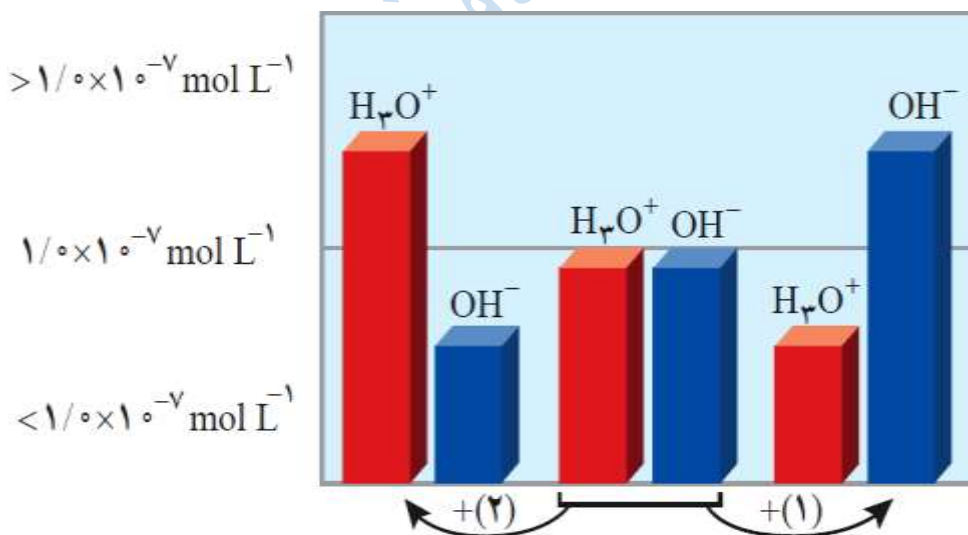
آ) غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید را در دمای اتاق برای آب خالص حساب کنید.

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [H^+]^2 = 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = 10^{-7} = [OH^-]$$

ب) pH آب خالص و محلول های خنثی را در دمای $25^\circ C$ حساب کنید.

$$pH = -\log[H^+] = -\log 10^{-7} = 7$$

۲) شکل زیر تغییر غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید را هنگام افزودن هر یک از مواد ۱ و ۲ به آب خالص نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) کدام یک از مواد افزوده شده اسید آرنیوس است؟ چرا؟ ماده (۲) زیرا باعث افزایش غلظت یون هیدرونیوم در آب شده است.

ب) غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید را در محلول بازی با یکدیگر مقایسه کنید. در همه محلول های بازی $[H^+] < [OH^-]$ است.

پ) آیا می توان گفت در محلول های اسیدی، یون هیدروکسید وجود ندارد؟ توضیح دهید.

خیر، زیرا در همه محلول های آبی (اسیدی، بازی یا خنثی) یون های هیدرونیوم و هیدروکسید وجود دارند اما مقدار آن ها متفاوت است. به

طوری که در محلول های اسیدی $[OH^-] < [H^+]$ اما در محلول های بازی $[H^+] < [OH^-]$ است.

$$[H^+] = 10^0 = 1$$

$$[H^+] = 10^{-7}$$

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



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

$$[OH^-] = 10^{-7}$$

$$[OH^-] = 10^0 = 1$$

غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول های آبی (۲۵°C)

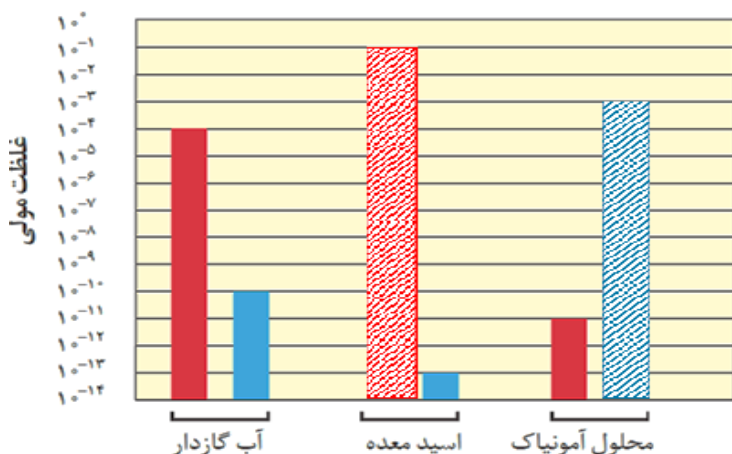
۳) گروهی از دانش آموزان برای نمایش تغییر غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول های آبی و دمای اتاق، الگوی زیر را طراحی کرده اند. جاهای خالی را پر کنید و اساس کار آن ها را توضیح دهید.

این طرح نشان می دهد که برای هر محلول آبی در دمای اتاق، $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$ برقرار است و با افزایش غلظت یکی از غلظت دیگری کاسته می شود اما همواره در این دما، حاصل ضرب غلظت این یون ها برابر با 10^{-14} است.

می دانیم که در دمای ثابت، مقدار ثابت تعادل عددی مشخص است پس در یک محلول آبی و با افزودن غلظت $[H^+]$ غلظت $[OH^-]$ کاهش یافته و با افزودن غلظت $[OH^-]$ غلظت $[H^+]$ کمتر می شود تا حاصل ضرب آن ها عدد ثابتی شود. (در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد)

افزودن اسید $[H^+] > 10^{-7}$, $[OH^-] < 10^{-7}$

افزودن باز $[H^+] < 10^{-7}$, $[OH^-] > 10^{-7}$



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

محاسبه pH در اسیدهای قوی :

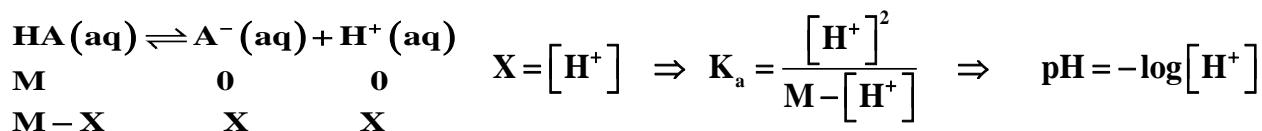
یک اسید قوی به طور کامل به یون های هیدرونیوم و آنیون یونیده می شود، $HCl(g) + H_2O(l) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$ و غلظت یون های

$$[H^+(aq)] = [HCl(aq)] \quad \text{هیدرونیوم برابر غلظت اولیه اسید است.}$$

محاسبه pH در اسیدهای ضعیف :

تذکر: (اثبات روابط این قسمت لازم نیست و فقط در حل تست ها از این فرمول ها استفاده می کنیم)

یک اسید ضعیف به طور جزئی یونش می یابد، و به تعادل می رسد. اگر معادله یونش داده شود از رابطه زیر pH آن را محاسبه می کنیم :



اگر برای اسید ضعیف غلظت و درجه یونش اسید داده شود از رابطه زیر pH آن را محاسبه می کنیم :

$$[H^+] = M \times \alpha \Rightarrow pH = -\log[H^+]$$

رقیق کردن اسیدها :

اگر یک محلول با غلظت مولی معین توسط آب رقیق شود، غلظت مولی آن کمتر شده و مطابق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \quad \Leftarrow \quad V_2 = V_w + V_1$$

نکته: در اسیدها با رقیق کردن محلول، pH افزایش می‌یابد و اگر محلولی 10^{-n} برابر رقیق شود، pH آن n واحد افزایش می‌یابد.

$$\begin{cases} M_1 V_1 = M_2 V_2 \\ V_2 = V_w + V_1 \end{cases} \Rightarrow [H^+]_1 V_1 = [H^+]_2 V_2 \xrightarrow{-\log} -\log [H^+]_1 V_1 = -\log [H^+]_2 V_2$$

$$pH_2 = pH_1 + \log \frac{V_2}{V_1}$$

محاسبه pH پس از رقیق کردن اسیدهای ضعیف به طور تقریبی:

$$\begin{cases} M_1 V_1 = M_2 V_2 \\ V_2 = V_w + V_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{[H^+]_1^2}{K_{a1}} V_1 = \frac{[H^+]_2^2}{K_{a2}} V_2 \\ K_{a1} = K_{a2} \end{cases} \Rightarrow [H^+]_1^2 V_1 = [H^+]_2^2 V_2$$

$$\xrightarrow{-\log} -\log [H^+]_1^2 V_1 = -\log [H^+]_2^2 V_2 \Rightarrow 2pH_2 = 2pH_1 + \log \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow pH_2 = pH_1 + \frac{1}{2} \log \frac{V_2}{V_1}$$

تذکر: مشابه همین روابط در مورد بازها هم صادق است با این تفاوت که با رقیق کردن بازها pH کاهش و به γ نزدیک تر می‌شود.

$$pH_2 = pH_1 - \log \frac{V_2}{V_1} \quad \text{بازهای قوی:}$$

$$pH_2 = pH_1 - \frac{1}{2} \log \frac{V_2}{V_1} \quad \text{بازهای ضعیف:}$$

اضافه کردن دو اسید یا باز به یکدیگر:

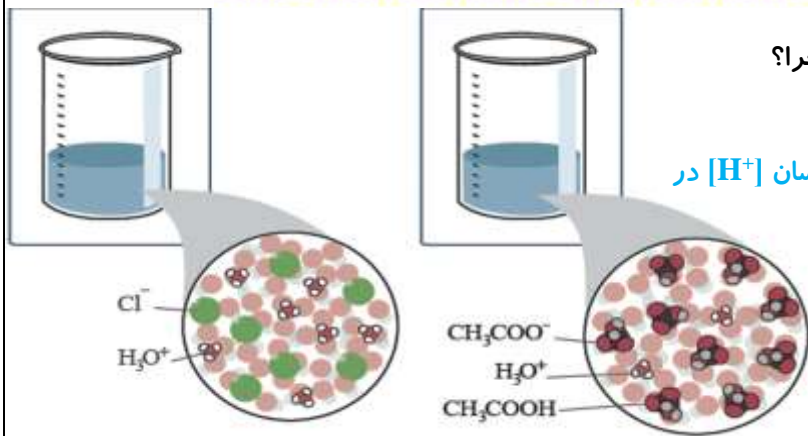
اگر دو محلول با حجم های متفاوت از یک نوع حل شونده (هر دو اسید یا باز) به هم اضافه شود، مولاریته محلول جدید از فرمول زیر استفاده

$$M = \frac{\text{mol}_1 + \text{mol}_2}{V_1 + V_2} = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} \quad \text{می شود:}$$

غلظت یون هیدرونیوم یا هیدروکسید

ص ۲۸ کتاب

خود را بیازمایید



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

pH محلول هیدروکلریک اسید کم تر است زیرا در شرایط یکسان $[H^+]$ در محلول آن بیش تر است.

(۲) جدول زیر را کامل کنید.

درصد یونش	pH	$[OH^-]$	$[H^+]$	غلظت محلول	نام محلول
۱۰۰	۲/۴	$2/5 \times 10^{-12}$	$0/004$	$0/004$	هیدروکلریک اسید
۲/۵	۴	10^{-10}	$0/0001$	$0/004$	هیدروفلوئوریک اسید
۱۰۰	۳/۷	5×10^{-11}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	نیتریک اسید
	۸/۵۲	$3/3 \times 10^{-4}$	3×10^{-11}		نمونه ای از آب یک دریاچه

$$[\text{HCl}] = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1} \quad \alpha = 1 \quad \text{اسید قوی:}$$

$$[\text{HCl}] = [\text{H}^+] \rightarrow \text{pH} = -\log(4 \times 10^{-3}) = 3 - \log 4 = 3 - 0.6 = 2.4$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-3}} = 2.5 \times 10^{-12}$$

$$[\text{HF}] = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1} \quad \% \alpha = 2/5 \quad \text{اسید ضعیف:}$$

$$\alpha = \frac{X}{M} \rightarrow X = [\text{H}^+] = 2/5 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-3} \rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-4}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(10^{-4}) = 4$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[10^{-4}]} = 10^{-10} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$\text{HNO}_3 = \text{pH} = 3.7 \rightarrow [\text{H}^+] = [\text{HNO}_3] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3.7} = 10^{-4} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

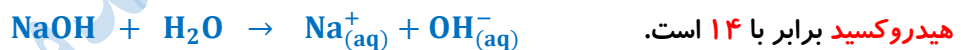
$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-4}} = \frac{1}{2} \times 10^{-10} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$\text{pH} = 10.52 \rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-10.52} = 10^{-(11-0.48)} = 10^{-11} \times 10^{0.48} = 3 \times 10^{-11} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{3 \times 10^{-11}} = \frac{1}{3} \times 10^{-3} = 3/3 \times 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

بازها محلول‌هایی با $7 < \text{pH} \leq 14$

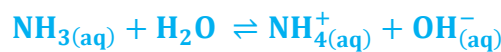
بازهای معروفی مانند سود سوزآور (NaOH) و پتاس سوزآور (KOH) بازهای بسیار قوی و الکترولیت قوی به طوری که موادی خورنده به شمار می‌روند. در محلول آبی این مواد $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$ و pH محلول آن‌ها در دمای اتاق در گستره ۷ تا ۱۴ خواهد بود. بدیهی است که هر چه غلظت یون هیدروکسید در محلول آن‌ها بیشتر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



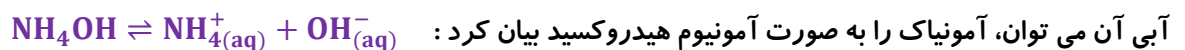
نکته: برخی بازها نام تجاری دارند مانند (سدیم هیدروکسید NaOH : سودسوزآور) و (پتاسیم هیدروکسید: KOH : پتاس سوزآور)

نکته: بازها کاربردهای گسترده‌ای در زندگی روزمره دارند از جمله آن‌ها می‌توان به محلول شیشه پاک‌کن و لوله بازکن اشاره کرد.

نکته: آمونیاک (NH_3) و آمین‌ها (بازهای آلی) جزو بازهای ضعیف هستند و واکنش آن‌ها با آب، برگشت پذیر و تعادلی است. و در ظرف واکنش افزون بر مقدار کمی یون‌های آب پوشیده، شمار بسیاری از مولکول‌های اولیه که به صورت مولکولی حل شده اند وجود دارد:



نکته: ترکیب آمونیاک (NH_3) توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را داشته، در آب به طور عمده به صورت مولکولی حل شده و برای محلول



نکته: آمونیاک الکترولیت ضعیف بوده و قابلیت رسانایی کمی در محلول‌های آبی ایجاد می‌کند.

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

آن باز قوی‌تر است. بازی‌های قوی و ضعیف:

در مقایسه قدرت بازها (همانند اسیدها) می‌توان از درجه یونش (α) و ثابت یونش بازها (K_b) استفاده کرد. بر این اساس:

بازهای قوی: (K_b بسیار بزرگ یا $\alpha \cong 1$)

مانند: هیدروکسید فلزات قلیایی گروه اول (LiOH , NaOH , KOH , RbOH , CsOH) و هیدروکسید فلزات پایین‌تر گروه

دوم ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Sr}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$) می‌باشند. واکنش بازهای قوی با آب، یک طرفه و برگشت ناپذیر است:



بازهای ضعیف (K_b کوچک یا $0 < \alpha < 1$)

مانند: آمونیاک و آمین ها

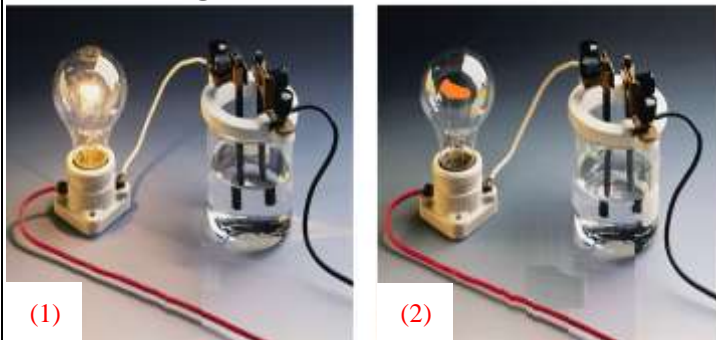
واکنش بازهای ضعیف با آب، دو طرفه و برگشت پذیر و تعادلی است: $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$

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

خود را بیازمایید

ص ۲۹ و ۳۰ کتاب

(۱) شکل های زیر رسانایی الکتریکی دو محلول بازی را در شرایط یکسان نشان می دهند. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



(آ) کدام محلول نشان دهنده باز ضعیف تری است؟ چرا؟

محلول (۲) زیرا شدت روشنایی کم تر لامپ نشان از وجود یون های کم تری در این محلول است. این رفتار ضعیف تر بودن این باز را تایید می کند.

(ب) پیش بینی کنید کدام محلول می تواند به عنوان لوله بازکن استفاده شود؟ چرا؟

محلول (۱)، این محلول باز قوی است که می تواند در واکنشی گرماده با مواد موجود در لوله سریع تر واکنش دهد.

(۲) اگر در ۱۰۰ میلی لیتر از یک محلول، ۰/۰۲ مول از پتاسیم هیدروکسید وجود داشته باشد: (آ) غلظت یون هیدروکسید را در این محلول حساب کنید.

$[KOH] = [K^+] = [OH^-] = \frac{0/02}{0/1} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$ $KOH(aq)$ محلول یک باز قوی را نشان می دهد که در آن:

(ب) حساب کنید pH سنج دیجیتال چه عددی را برای این محلول نشان می دهد؟

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-14} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(5 \times 10^{-14}) = 14 - 0/7 = 13/3$$

(۳) pH محلولی که در ۱۰۰ میلی لیتر آن ۰/۰۱ مول پتاسیم هیدروکسید وجود دارد را محاسبه کنید؟

$$[KOH] = [OH^-] = \frac{0/01 \text{ mol}}{0/1 \text{ L}} = 10^{-1} \rightarrow [H^+] = 10^{-13} \rightarrow PH = 13$$

روابط مربوط به مسائل pH:

در محیط اسیدی وقتی $pH < 7$:

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

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} \Rightarrow pH = 14 - (-\log[OH^-]) \Rightarrow [OH^-] = 10^{(pH-14)}$$

در محیط بازی وقتی $pH > 7$:

واکنش خنثی شدن:

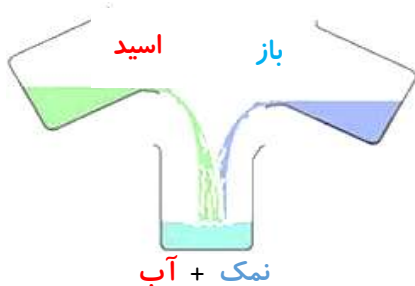
یکی از رفتارهای جالب و پر کاربرد اسیدها و بازها، واکنش های شیمیایی است که بین این دو دسته از مواد انجام می گیرد. به عنوان مثال

واکنش هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید را داریم:



اسیدها و بازها می توانند باهم واکنش داده، آب و نمک (ترکیب یونی) تولید می کنند به این واکنش «خنثی شدن» گفته می شود:

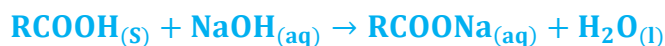
«گر شود ترکیب بازی با اسید زان میان آب و نمک آید پدید»



واکنش خنثی شدن اسید و باز که به معنای واکنش H^+ و OH^- و تشکیل آب است با مدل آرنیوس قابل توجیه است. بنابراین اگر در یک بشر محلول سدیم هیدروکسید داشته باشیم با افزودن هیدروکلریک اسید، واکنش شیمیایی زیر بین آن ها رخ می‌دهد.



به طور مثال اگر مسیر لوله ای با اسیدهای چرب ($RCOOH$) مسدود شده باشد. با استفاده از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید ($NaOH$) می توان اقدام به باز کردن لوله کرد. معادله واکنش‌هایی که انجام می شود را می توان به شکل کلی زیر نمایش داد.



فراورده تولید شده در این واکنش (نمک سدیم اسید چرب) یا صابون می باشد که خود نوعی پاک کننده است و در آب محلول بوده و می‌تواند چربی های اضافه را بزداید.

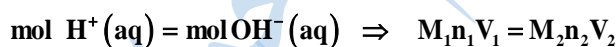
سؤال: چرا برای باز کردن برخی لوله ها و مجاری از محلول غلیظ هیدروکلریک اسید استفاده می شود؟

بدیهی است موادی که سبب گرفتگی این لوله ها و مجاری می شوند، خاصیت **بازی** دارند، به طوری که روی دیواره لوله ها و مجاری به شکل رسوب به جای مانده اند. در این حالت، لوله بازکن در واکنش با این رسوب ها، فراورده های **محلول در آب** یا **گازی** تولید می کند و از این راه سبب جرم گیری در آن ها می شوند.

نکته: به طور کلی شوینده های خورنده کثیفی ها و لکه های رسوب داده شده را به مواد محلول در آب یا به مواد گازی تبدیل می کنند و سبب تمیز شدن محیط یا جرم گیری می شوند.

مسائل واکنش اسیدها با بازها :

اضافه شدن اسید و باز به هنگام خنثی شدن : (n برابر با تعداد هیدرونیوم یا هیدروکسید است.)



اگر دو محلول اسید و باز با حجم های متفاوت به هم اضافه شود و محلول به طور کامل خنثی نشود، مولاریته محلول جدید از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$\text{mol} = \left| \text{mol}_{H^+} - \text{mol}_{OH^-} \right|$$

$$M = \frac{\left| \text{mol}_1 - \text{mol}_2 \right|}{V_1 + V_2} = \frac{\left| M_1 V_1 - M_2 V_2 \right|}{V_1 + V_2}$$

شیره معده :

معده برای گوارش غذا نیازمند ترشح اسید است. با خوردن غذا، غده های موجود در دیواره معده **هیدروکلریک اسید** تولید می کنند.

در بدن انسان بالغ روزانه بین ۲ تا ۳ لیتر شیره معده تولید شده و غلظت یون هیدرونیوم $[H^+]$ در آن برابر 0.3 molL^{-1} است.

درون معده یک محیط **بسیار اسیدی** است و حتی می تواند فلز **روی** ($Zn(S)$) را در خود حل کند.

مقدار کمی از یون های هیدرونیوم توسط دیواره داخلی معده جذب شده و سبب نابودی سلول های سازنده دیواره معده می گردد.

اگر به هر دلیلی مقدار اسید معده افزایش یابد شمار یون های هیدرونیوم جذب شده توسط دیواره معده افزایش یافته ، سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می شود.

مصرف داروها و غذاهای اسیدی مانند آسپرین سبب تشدید بیماری های معده و خونریزی آن می شود. افراد مبتلا به این بیماری افزون بر کاهش مصرف این مواد باید از داروهای دیگری استفاده کنند.

ضداسیدها :

ضداسیدها ترکیباتی هستند که با یون هیدرونیوم اسید وارد واکنش می شوند و محلول را خنثی می کنند و سبب کاهش مقدار اسید معده می شوند.

شیر منیزی یکی از رایج ترین آن هاست که شامل منیزیم هیدروکسید با فرمول است $Mg(OH)_2(aq)$ می باشد.



جدول زیر مواد مؤثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می دهد.

شماره ضداسید	۱	۲	۳
ماده مؤثر	Al(OH) ₃ , NaHCO ₃	Mg (OH) ₂ , Al(OH) ₃	NaHCO ₃

ص ۳۲ کتاب

خود را بیازمایید

(۱) pH شیره معده را حساب کنید (غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود $3 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ است).

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(3 \times 10^{-2}) = 1/52$$

(۲) در زمان استراحت pH معده برابر با ۳/۷ است. غلظت یون هیدرونیوم را در این حالت حساب کنید.

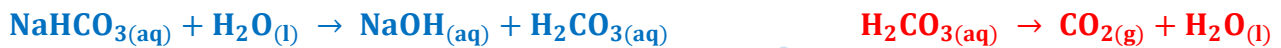
$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3/7} = 10^{0/3} \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-4}$$

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

(آ) پیش بینی کنید که محلول سدیم هیدروژن کربنات در آب چه خاصیتی دارد؟ چرا؟

چون سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین) برای خنثی کردن بخشی از اسید معده به کار می رود پس باید دارای خاصیت بازی باشد.

جوش شیرین : همان ترکیب سدیم هیدروژن کربنات (NaHCO₃) است. ضمن انحلال در آب باز قوی (NaOH) و اسید ضعیف (H₂CO₃) تولید می کند که اسید حاصل ناپایدار است ، تجزیه شده بلافاصله گاز کربن دی اکسید تولید خواهد کرد.



(ب) توضیح دهید چرا برای افزایش قدرت پاک کردن چربی ها، به شوینده ها جوش شیرین می افزایند؟

به دلیل این که جوش شیرین خاصیت بازی دارد با افزایش خاصیت بازی شوینده ها می توان قدرت پاک کردن چربی را افزایش دهد.

نکات پایانی فصل :

(۱) مصرف مناسب مواد شوینده و پاک کننده در پیشگیری از بیماری ها مؤثر است.

(۲) مصرف درست و به موقع داروها سبب درمان بیماری ها می شود.

(۳) نوع و میزان ارائه خدمات بهداشتی، دارویی و درمانی نقش تعیین کننده ای در سطح سلامت جامعه دارد. به دیگر سخن بهره گیری از

دانش شیمی در پیشگیری و درمان بیماری ها راهگشاست. از این رو می تواند بر شاخص امید به زندگی اثر داشته باشد.

تمرین های دوره ای :

(۱) برای هر یک از موارد زیر دلیلی بیاورید.

(آ) اسیدها و بازها با ثابت یونش کوچک، الکترولیت ضعیف به شمار می روند.

ثابت یونش کوچک نشان دهنده میزان یونش کم و غلظت کم یون ها در محلول است.

(ب) اغلب اسیدها و بازهای شناخته شده، ضعیف هستند.

اغلب اسیدهای شناخته شده (آلی و معدنی) ضعیف هستند به طوری که مصرف خوراکی ها و داروها و همچنین استفاده از بسیاری پاک کننده

های گوناگون این ویژگی را تایید می کند.

(پ) در محلول ۰/۱ مولار نیتریک اسید در دمای اتاق ، $[\text{NO}_3^-] = 0/1 \text{ mol.L}^{-1}$ است.

نیتریک اسید، یک اسید قوی است (Ka بزرگ) از این رو در محلول آن ، یونش به طور کامل رخ می دهد و به ازای یونش هر HNO₃ در

محلول، یک یون هیدرونیوم و یک یون نیترات تولید می شود. پس: $[\text{HNO}_3] = [\text{H}^+] = [\text{NO}_3^-] = 0/1 \text{ mol.L}^{-1}$

(ت) در محلول ۰/۰۱ مولار فورمیک اسید ، $[\text{HCOOH}] > [\text{H}^+]$ است.

فورمیک اسید یک اسید ضعیف است ($K_a = 1/8 \times 10^{-4}$) از این رو در محلول به طور جزئی یونیده می شود در واقع مولکول های HCOOH

به طور عمده به شکل یونیده نشده در محلول وجود دارند.

۲) کاغذ pH بر اثر آغشته شدن به نمونه ای از یک محلول، به رنگ سرخ در می آید. همچنین رسانایی الکتریکی این محلول در شرایط یکسان به طور آشکاری از محلول آبی سدیم کلرید کمتر است. این محلول محتوی کدام ماده حل شونده می تواند باشد؟ توضیح دهید.



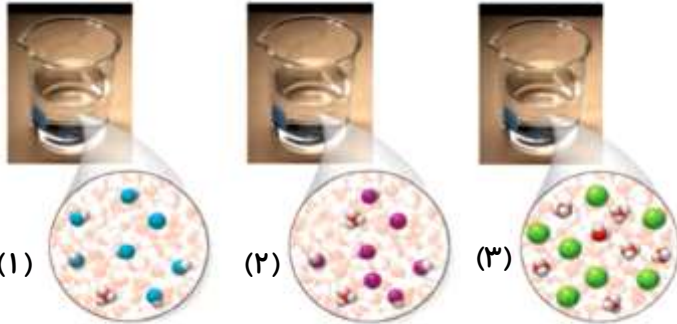
رنگ سرخ کاغذ pH نشانه اسیدی بودن محلول است. رسانایی الکتریکی کم آن، محلول الکترولیت ضعیف را یادآوری می کند. این ویژگی های محلول یک اسید ضعیف است که با HCOOH(aq) همخوانی دارد. HCl ، KOH الکترولیت های قوی بوده اما CH_3OH غیرالکترولیت است. NH_3 با اینکه الکترولیت ضعیف است اما محلول آبی آن خاصیت بازی دارد.

۳) در دما و غلظت یکسان، هر یک از شکل های زیر به کدام یک از محلول ها تعلق دارد؟ چرا؟

(آ) محلول استیک اسید ($K_a = 1/8 \times 10^{-5}$) (ب) محلول هیدروبرمیک اسید (K_a : بسیار بزرگ)

(پ) محلول هیدروسیانیک اسید ($K_a = 4/9 \times 10^{-10}$)

بر اساس مقدار ثابت یونش، محلول (۳) با هیدروبرمیک اسید، محلول (۲) با استیک اسید و محلول (۱) با هیدروسیانیک اسید همخوانی دارد. زیرا برای اسیدهای تک پروتون دار هرچه غلظت یون هیدرونیوم بیشتر باشد، ثابت یونش بزرگ تر است.



۴) رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی که غلظت یون هیدرونیوم آن $2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ است به رنگ آبی اما در خاک دیگری که غلظت یون هیدرونیوم $4 \times 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$ است به رنگ سرخ شکوفا می شود. این دو نوع خاک را حساب کنید.

(۱) $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(2 \times 10^{-5}) = 4/7$

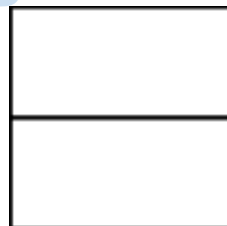
(۲) $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(4 \times 10^{-9}) = 8/4$

۵) دانش آموزی برای نشان دادن ارتباط بین حاصل ضرب غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید با حجم محلول، شکل های ب تا ت را پیشنهاد داده است. کدام یک از این شکل ها ارتباط بین کمیت های داده شده را به درستی نشان می دهد؟

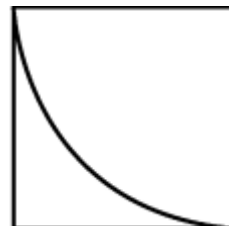
$[\text{H}^+][\text{OH}^-]$



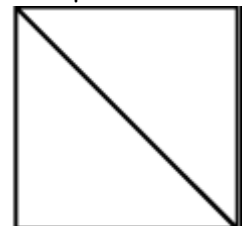
(آ) حجم محلول



(ت)



(پ)



(ب)

با توجه به اینکه در دمای ثابت برای محلول های آبی حاصل ضرب $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ همواره مقدار ثابتی است، از این رو با تغییر حجم محلول، حاصل ضرب غلظت این یون ها ثابت می ماند در واقع نمودار (ت) برای این توصیف مناسب است.

۶) در نمونه ای از عصاره گوجه فرنگی، غلظت یون هیدرونیوم 4×10^6 برابر غلظت یون هیدروکسید است. pH آن را حساب کنید.

$$\frac{[\text{H}^+]}{[\text{OH}^-]} = 4 \times 10^6 \rightarrow [\text{H}^+] = 4 \times 10^6 [\text{OH}^-] \rightarrow [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \rightarrow 4 \times 10^6 [\text{OH}^-]^2 = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-]^2 = 0.25 \times 10^{-20} \rightarrow [\text{OH}^-] = 0.5 \times 10^{-10} \rightarrow [\text{H}^+] = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

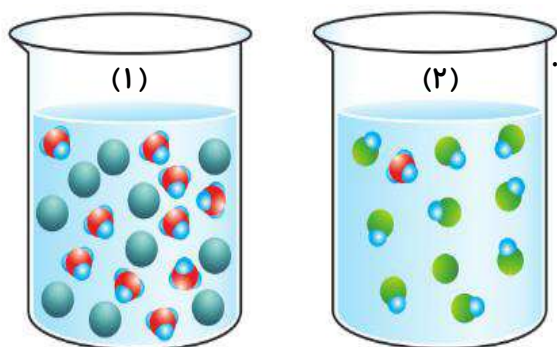
$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(2 \times 10^{-4}) = 4 - 0/3 = 3/7$$

۷) pH یک نمونه از آب سیب برابر با ۴/۷ است. نسبت غلظت یون های هیدرونیوم به یون های هیدروکسید را در این نمونه حساب کنید.

$$\text{pH} \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4/7} = 10^{-5} \times 10^{0/3} = 2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow 2 \times 10^{-5} \times [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} \Rightarrow [OH^-] = 5 \times 10^{-10}$$

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{2 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-10}} = 4 \times 10^4$$



۸) شکل های زیر ۵۰۰ میلی لیتر از محلول آبی دو حل شونده متفاوت را نشان می دهد. این نوع حل شونده ها اسید آرنیوس هستند یا باز آرنیوس؟ چرا؟

اسید آرنیوس، زیرا با حل شدن در آب باعث افزایش غلظت یون هیدرونیوم شده اند.

ب) درجه یونش و pH را برای هر یک از آن ها حساب کنید (هر ذره را ۰/۰۰۱ مول از آن گونه در نظر بگیرید).

$$\alpha_{(1)} = \frac{10}{10} \quad [H^+]_1 = \frac{10 \times 0/001 \text{ mol}}{0/5 \text{ L}} = 0/2 \text{ mol} \rightarrow \text{pH} = -\log [2 \times 10^{-1}] \rightarrow \text{pH} = 0/7$$

$$\alpha_{(2)} = \frac{1}{10} = 0/1 \quad [H^+]_2 = \frac{1 \times 0/001 \text{ mol}}{0/5 \text{ L}} = 0/02 \text{ mol} \rightarrow \text{pH} = -\log [2 \times 10^{-2}] \rightarrow \text{pH} = 1/7$$

۹) HX و HY دو اسید ضعیف هستند. اگر ۱۲ گرم از HX و ۸ گرم از HY جداگانه در یک لیتر آب حل شوند، این دو محلول برابر خواهد شد. با مقایسه درجه یونش آن ها مشخص کنید کدام اسید قوی تر است؟ چرا؟ (1mol HX = 150 g, 1mol HY = 50 g)

$$n(\text{HX}) = 12 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{150 \text{ g}} = 0/08 \text{ mol} \rightarrow [\text{HX}] = 0/08 \text{ molL}^{-1}$$

$$n(\text{HY}) = 8 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{50 \text{ g}} = 0/16 \text{ mol} \rightarrow [\text{HY}] = 0/16 \text{ molL}^{-1}$$

$$\text{pH}(\text{HX}) = \text{pH}(\text{HY}) \rightarrow [H^+]_{\text{HX}} = [H^+]_{\text{HY}}$$

$$[\text{HX}] \cdot \alpha(\text{HX}) = [\text{HY}] \cdot \alpha(\text{HY}) \rightarrow \frac{\alpha(\text{HX})}{\alpha(\text{HY})} = \frac{[\text{HY}]}{[\text{HX}]} = \frac{0/16}{0/08} = 2$$

$$\alpha(\text{HX}) = 2 \alpha(\text{HY}) \rightarrow \alpha(\text{HX}) > \alpha(\text{HY}) \rightarrow \text{HX قوی تر از HY است.}$$

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



(۱) $? \text{gHNO}_3$ آب خالص (۲) $? \text{gKOH}$

$$\text{pH} = 12 \rightarrow [H^+] = 10^{-12} \rightarrow [OH^-] = 10^{-2} = [\text{KOH}]$$

$$[\text{KOH}] = \frac{n}{V} \rightarrow 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = \frac{n}{200 \text{ L}} \rightarrow n = 2 \text{ mol} = 112 \text{ g KOH}$$

$$\text{pH} = 4/7 \rightarrow [H^+] = 10^{-\text{pH}} \rightarrow [H^+] = 10^{-4/7} = 10^{-5} \times 10^{0/3} = 2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

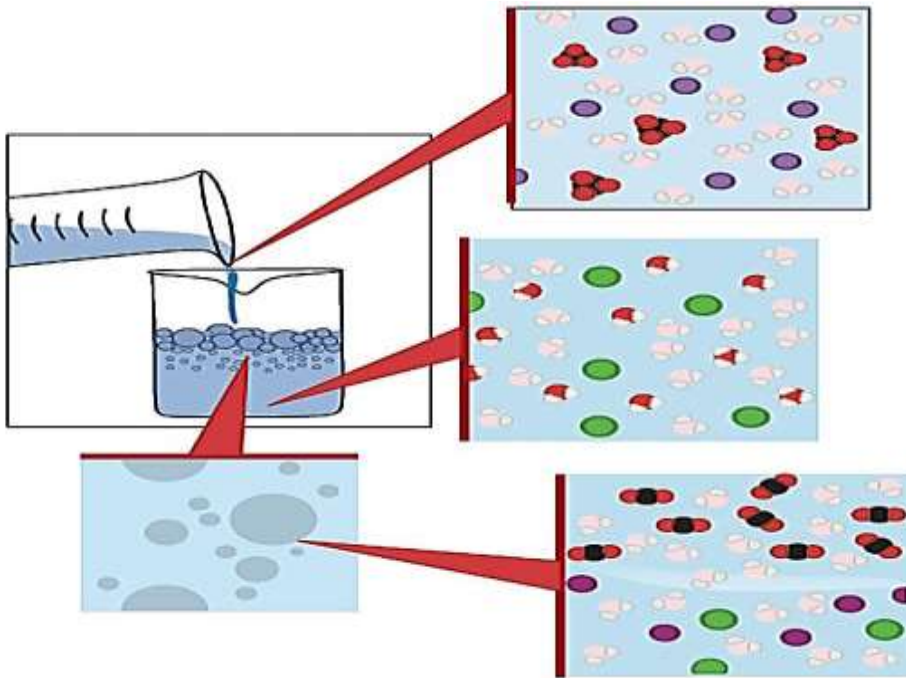
$$[\text{HNO}_3] = \frac{n}{V} \rightarrow 2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} = \frac{n}{200 \text{ L}} \rightarrow n = 0/004 \text{ mol} = 0/252 \text{ g HNO}_3$$

۱۱) با توجه به شکل زیر که نمای ذره ای از یک واکنش را نشان می دهد، به پرسش ها پاسخ دهید.

آ) هر یک از جاهای خالی را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.

ب) از واکنش ۱۰۰ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۰/۲ مول بر لیتر با مقدار کافی از سدیم هیدروژن کربنات، چند میلی لیتر گاز

کربن دی اکسید در STP تولید می شود؟



+



↓



+



+



$$? \text{ L CO}_2 = 0.1 \text{ LA} (\text{aq}) \times \frac{0/2 \text{ mol A}}{1 \text{ LA}} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol A}} \times \frac{22/4 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 0/448 \text{ L CO}_2$$

۱۲) ثابت یونش برای محلول های $\text{BOH}(\text{aq})$ و $\text{B}'\text{OH}(\text{aq})$ در دمای اتاق به ترتیب برابر با $1/8 \times 10^{-5}$ و $4/8 \times 10^{-4}$ است.

آ) کدام یک باز قوی تری است؟ چرا؟ $\text{B}'\text{OH}(\text{aq})$ ، چون ثابت یونش آن بزرگ تر است.

ب) pH کدام محلول کمتر است؟ چرا؟

در غلظت مساوی باز $\text{BOH}(\text{aq})$ دارای pH کوچکتری است چون غلظت یون هیدروکسید کمتر است و در نتیجه غلظت یون هیدرونیوم بیشتر است.

مباحث عمده فصل : اکسایش - کاهش و تعیین عدد اکسایش ، مفهوم E° (پتانسیل کاهش استاندارد) ، سلول های گالوانی ، سلول های سوختی ، سلول نورالکتروشیمیایی ، خوردگی آهن و روش های جلوگیری از آن

- ✓ بیشتر انرژی الکتریکی، از انجام واکنش های شیمیایی که در آن ها داد و ستد الکترون اتفاق می افتد تولید می شود. (بقیه اش چی؟)
- ✓ آگاهی از دانش الکتروشیمی (دانشی که چگونگی انجام واکنش های شامل داد و ستد الکترون را بررسی می کند) می تواند راهکار مناسبی برای رفع چالش کمبود انرژی باشد.
- ✓ پدیده های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می دهند که انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود. پدیده هایی از این دست که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشمه می گیرند سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش های شامل داد و ستد الکترون به شکل هدفمند دنبال شود.
- ✓ واکنش های داد و ستد الکترون مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند.

نکته : الکترون ذره ای زیراتمی با بار منفی است که انتقال آن از جایی به جای دیگر باعث به وجود آمدن جریان برق می شود. در واقع آنچه شیمی و الکترون را به هم پیوند می دهد الکترون است.

دو رکن اساسی فناوری ها برای افزایش رفاه و آسایش : ① دستیابی به مواد مناسب، ② تأمین انرژی

با استفاده از الکتروشیمی :

- ① امکان تولید انرژی پاک و ارزان در سایه فناوری های پیشرفته وجود داشته و موجب افزایش سطح رفاه و آسایش در جهان می شود.
- ② الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.
- ③ تأمین روشنایی ، گرمایش و سرمایش آسان تر ، حمل و نقل سریعتر و ایمن تر (قطارهای برقی) ، درمان و کاهش اثر نقض عضو (ساخت سمعک) ، انتقال ایمن آب آشامیدنی (جلوگیری از خوردگی لوله های انتقال آب)

نکته : پرکاربردترین شکل انرژی در فناوری های پیشرفته برای افزایش سطح رفاه و آسایش انرژی الکتریکی است.

الکتروشیمی : شاخه ای از علم شیمی که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد.

نکته : بطور کلی الکتروشیمی دنبال تبدیل دو نوع انرژی به یکدیگر است یعنی انرژی شیمیایی به الکتریکی مانند باتری و سلول های گالوانی و یا تبدیل انرژی الکتریکی به شیمیایی مانند آبرسانی فلزات.



نکته : فرایند الکتروشیمی همیشه با دو نیم واکنش اکسایش و کاهش همراه است.

- سه قلمرو مهم الکتروشیمی :
- ① - تأمین انرژی (باتری ها، سلول سوختی و سوخت آن ها)
 - ② - تولید مواد (مانند برقکافت و آبرسانی)
 - ③ - اندازه گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فرآورده)

باتری :

✓ باتری یکی از فراورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتروسیته تولید می‌کند.

موارد استفاده از باتری‌ها :

تأمین انرژی الکتریکی برای **تنظیم کننده ضربان قلب**، **سمعک**، **تلفن همراه**، **اندام مصنوعی**، **دوربین دیجیتال**، **رایانه قابل حمل** و **خودروی الکتریکی** به باتری وابسته است.

کاربرد الکتروشیمی : در **ساخت لوله‌های فلزی** انتقال آب، **قوطی‌های محتوی مواد غذایی**، **لوازم آشپزی** که در برابر **خوردگی** مقاوم هستند و مانع از **آلوده شدن** آب و مواد غذایی می‌شوند، همچنین کسب اطمینان از **کیفیت** تولید فراورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و... چهره‌ای دیگر از افزایش سطح رفاه و آسایش هستند. دستیابی به این موفقیت‌ها در گرو بهره‌گیری از دانش **الکتروشیمی** است.

انجام واکنش با سفر الکترون :

✓ یکی از روش‌های استفاده از انرژی ذخیره شده در **فلزها** اتصال آن‌ها در شرایط **مناسب** به یکدیگر است. در واقع با اتصال فلزها به یکدیگر در شرایط مناسب می‌توان نوعی **باتری** ساخت و از انرژی **الکتریکی** تولید شده توسط آن‌ها برای مواردی مانند **روشن کردن** لامپ **LED** استفاده کرد بطور مثال اگر یک تیغه‌ی **مسی** و تیغه‌ی دیگر مانند **روی** (دو تیغه با جنس مختلف) را در یک **لیمو** فرو ببریم در واقع یک **باتری لیمویی** ساخته ایم.



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

✓ **باتری :** **مولدی** است که در آن، واکنش‌های **شیمیایی** رخ می‌دهد و بخشی از انرژی **شیمیایی** مواد به انرژی **الکتریکی** تبدیل می‌شود که از این انرژی **الکتریکی** می‌توان در وسایل مختلفی مانند موتور **سیکلت برقی**، گوشی تلفن همراه و..... استفاده کرد.

✓ **نکته :** شناخت **نوع** و **شیوه** انجام واکنش‌های درون باتری‌ها کمک خواهد کرد تا بتوان از واکنش‌های **شیمیایی** برای رفع **نیازها** به درستی بهره برد.

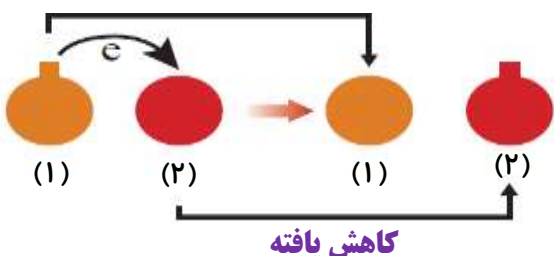
واکنش‌های اکسایش-کاهش :

تعریف : به واکنش‌هایی که با انتقال یک یا چند الکترون از گونه‌ای به گونه‌ی دیگر همراه است واکنش‌های **اکسایش-کاهش** می‌گویند.

✓ در کتاب **دو شیوه** برای معرفی واکنش‌های موجود در الکتروشیمی داریم : ① به کمک **انتقال الکترون** ② به کمک عدد **اکسایش**

① **تعریف اکسایش و کاهش** به کمک **انتقال الکترون** : **اکسایش** به معنای **از دست دادن** الکترون و **کاهش** به معنای **گرفتن** (بدست آوردن) الکترون است. بنابراین گونه‌ای که **اکسایش** می‌یابد الکترون **از دست می‌دهد** و گونه‌ای که **کاهش** می‌یابد الکترون **می‌گیرد**.

اکسایش یافته

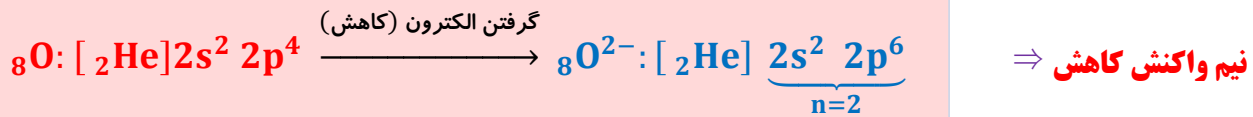
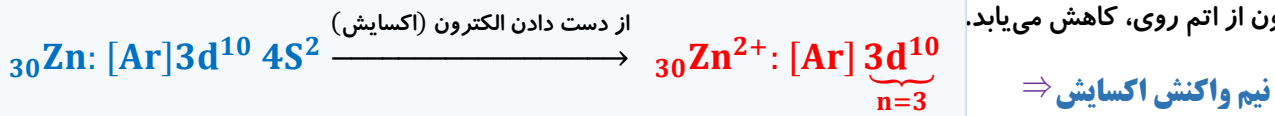


از دست دادن الکترون ← اکسایش

گرفتن الکترون ← کاهش

② تعریف اکسایش و کاهش به کمک **عدد اکسایش** : در هر واکنش شیمیایی هنگامی که **بار الکتریکی** یک گونه (اتم، مولکول یا یون) **مثبت تر** می‌شود، آن گونه **اکسایش** یافته و گونه‌ای که **بار الکتریکی** آن **منفی تر** می‌شود، **کاهش** می‌یابد.

مثال : در واکنش اتم روی (۳. Zn) با اتم اکسیژن (۸O) هر اتم روی دو الکترون از دست می‌دهد و اکسایش می‌یابد از طرفی اتم اکسیژن با گرفتن الکترون از اتم روی، کاهش می‌یابد.

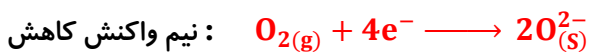


تعریف نیم واکنش اکسایش : به نیم واکنشی که از دست دادن الکترون را نشان می‌دهد **نیم واکنش اکسایش** می‌گویند.

تعریف نیم واکنش کاهش : به نیم واکنشی که با گرفتن الکترون همراه است **نیم واکنش کاهش** می‌گویند.

نکته : تمام واکنش‌هایی که در آن‌ها داد و ستد الکترون انجام می‌شود، واکنش‌های **اکسایش-کاهش** بوده و از جمع **دو** نیم واکنش **اکسایش**

و **کاهش** بدست می‌آیند.



نکته : در نیم واکنش **اکسایش**، الکترون در سمت **راست** معادله و در نیم واکنش **کاهش** الکترون در سمت **چپ** معادله وجود دارد.

نکته : هر یک از نیم واکنش‌ها باید هم از نظر تعداد **اتم‌ها (جرم)** و هم از نظر **بار الکتریکی**، موازنه باشند.

تعداد اتم هر عنصر در سمت راست = تعداد اتم هر عنصر در سمت چپ : موازنه جرم

مجموع بارهای الکتریکی مثبت و منفی در سمت راست = مجموع بارهای الکتریکی مثبت و منفی در سمت چپ : موازنه بار

نکته : با توجه به اینکه نیم واکنش‌های اکسایش-کاهش **همزمان** و در **کنار** هم رخ می‌دهند بنابراین باید تعداد الکترون‌های **تولید** شده در نیم واکنش **اکسایش** با تعداد الکترون‌های **مصرف** شده در نیم واکنش **کاهش** برابر باشد.

تعریف در یک واکنش اکسایش-کاهش به گونه‌ای که **اکسایش** می‌یابد و باعث **کاهش** گونه **مقابل** می‌شود **کاهنده** می‌گویند.

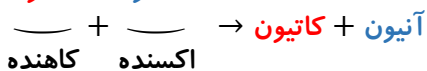
تعریف در یک واکنش اکسایش-کاهش به گونه‌ای که **کاهش** می‌یابد و سبب **اکسایش** گونه **مقابل** می‌شود **اکسنده** می‌گویند.

کاهنده \Leftarrow خودش **اکسایش** می‌یابد (الکترون از دست می‌دهد) و گونه‌های **دیگر** را **کاهش** می‌دهد.

اکسنده \Leftarrow خودش **کاهش** می‌یابد (الکترون می‌گیرد) و گونه‌های **دیگر** را **اکسید** می‌کند.

نکته : **اُغلب** فلزها در واکنش با **نافلزها** تمایل دارند یک یا چند الکترون خود را به **نافلزها داده** و ضمن **اکسایش** به **کاتیون** تبدیل شوند.

نافلزها نیز با **گرفتن** یک یا چند الکترون **کاهش** یافته و به **آنیون** تبدیل می‌شوند. از این رو **فلزها (اُغلب) کاهنده** و **نافلزها (اُغلب) اکسنده** هستند.



کاهنده اکسنده

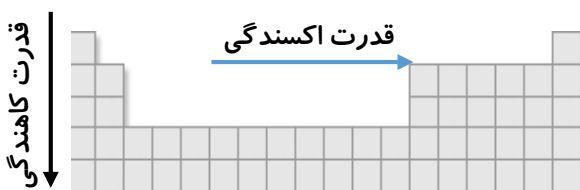
مقایسه قدرت اکسندگی و کاهندگی در عناصر جدول دوره‌ای :

در جدول دوره‌ای از چپ به راست با افزایش عدد اتمی قدرت **اکسندگی** افزایش می‌یابد و برعکس قدرت **کاهندگی** کاهش پیدا می‌کند و

از بالا به پایین قدرت **اکسندگی** کاهش و قدرت **کاهندگی** افزایش می‌یابد.

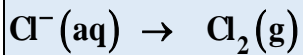
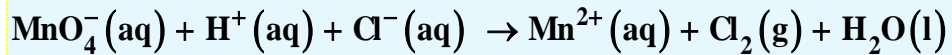
قدرت **اکسندگی** با خاصیت **نافلزی** (فلوئور قوی‌ترین اکسنده) و قدرت **کاهندگی**

با خاصیت **فلزی** ارتباط دارد.

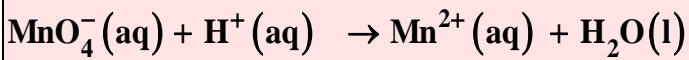


موازنه معادله یونی واکنش‌ها با استفاده از نوشتن نیم واکنش :

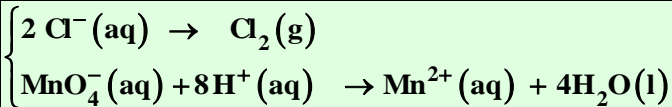
(۱) در معادله یونی زیر واکنش را به دو نیم واکنش تقسیم می‌کنیم :



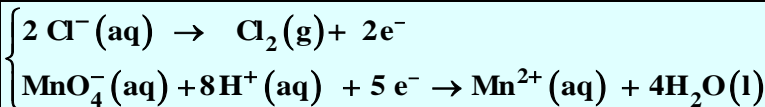
نیم واکنش اول، نیم واکنشی است که یک نوع اتم تغییر بار داده است.



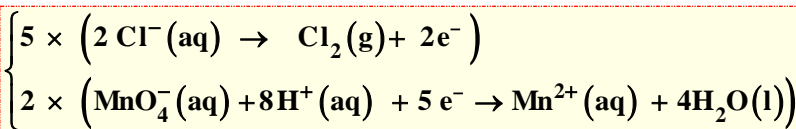
نیم واکنش دوم: باقی مانده واکنش را شامل می‌شود.



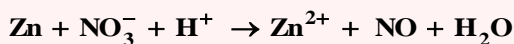
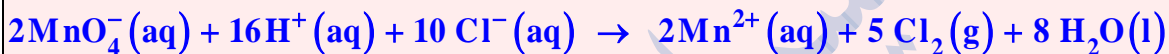
(۲) برای شروع موازنه ابتدا موازنه جرم انجام داده می‌شود:



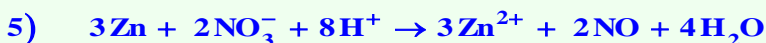
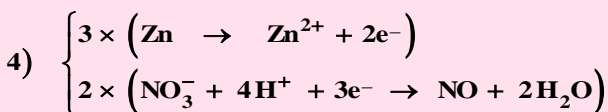
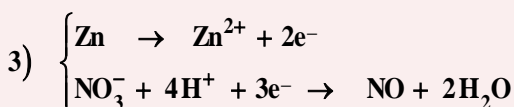
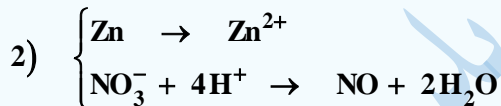
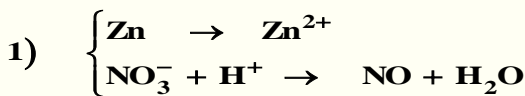
(۳) برای مساوی کردن الکترون‌ها با نوشتن ضرایبی که در نیم واکنش‌ها ضرب شده، تعداد آن‌ها برابر می‌شود.



(۴) در انتها نیم واکنش‌ها جمع بسته می‌شود.



مثال ۲ :

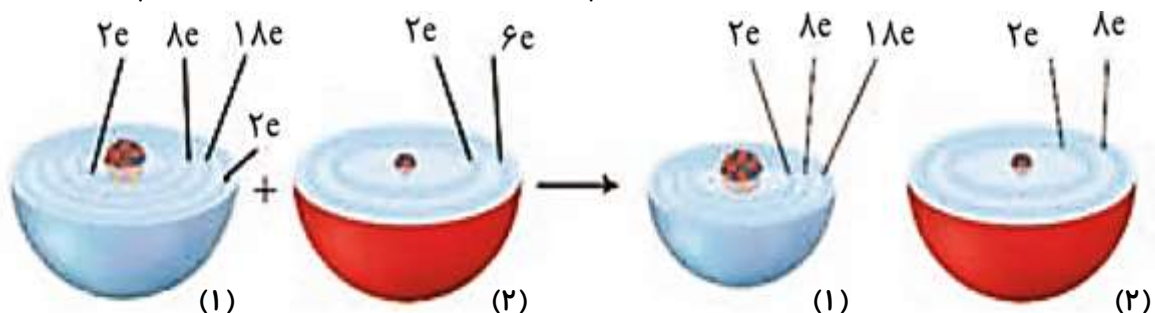


ص ۴۰ کتاب

با هم ببیند یثیم

اکسیژن نافلز **فعال** است که با **اغلب** فلزها واکنش می‌دهد و آن‌ها را به **اکسید فلز** تبدیل می‌کند، در حالی که با **برخی** فلزها مانند **طلا**

و **پلاتین** واکنش **نمی‌دهد**. شکل زیر الگوی ساده‌ای از واکنش بین اتم‌های **روی** و **اکسیژن** را با ساختار لایه‌ای اتم نشان می‌دهد.



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

از سمت چپ نخستین ساختار مربوط به اتم روی و دومین ساختار مربوط به اتم اکسیژن است.

ب) کدام اتم الکترون از دست داده و کدام الکترون گرفته است؟ **اتم روی الکترون از دست داده و اتم اکسیژن الکترون گرفته است.**

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

اتم روی اکسایش و اتم اکسیژن، کاهش یافته است.

ت) کدام یک از نیم واکنش های زیر، نیم واکنش اکسایش و کدام یک نیم واکنش کاهش را نشان می دهد؟ چرا؟

نیم واکنش نخست اکسایش است زیرا در آن اتم های روی الکترون $2(\text{Zn}_{(s)} \longrightarrow \text{Zn}_{(s)}^{2+} + 2e^{-})$: نیم واکنش اکسایش

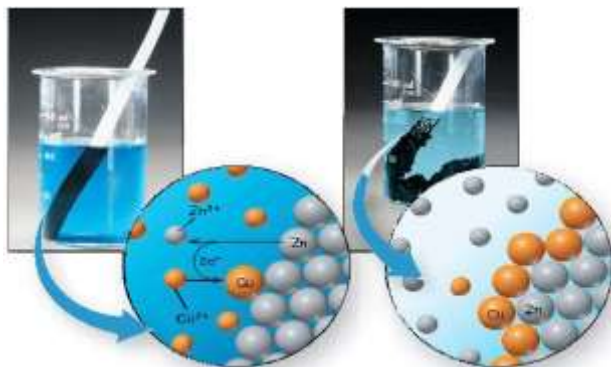
از دست داده اند (نیم واکنش تولید الکترون) و نیم واکنش دوم، $\text{O}_{2(g)} + 4e^{-} \longrightarrow 2\text{O}_{(s)}^{2-}$: نیم واکنش کاهش

کاهش است زیرا در آن اتم های اکسیژن الکترون گرفته اند (نیم

واکنش مصرف الکترون).
معادله کلی واکنش : $2\text{Zn}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow 2\text{ZnO}_{(s)}$

ث) ماده ای که با گرفتن الکترون سبب اکسایش گونه دیگر می شود، اکسند و ماده ای که با دادن الکترون سبب کاهش گونه دیگر می شود،

کاهنده نام دارد. در واکنش روی با اکسیژن، گونه اکسند و کاهنده را مشخص کنید. **روی گونه کاهنده و اکسیژن گونه اکسند است.**



مثال: واکنش فلز روی با محلول مس (II) سولفات (کات کبود) $\text{CuSO}_{4(aq)}$

با قرار دادن تیغه (الکترو) فلز **روی** درون محلولی **آبی** رنگ مس

(II) سولفات، به تدریج از شدت رنگ محلول **کاسته** شده (این امر نشان

دهنده انجام واکنش شیمیایی است) و فلز **سرخ فام** مس بر روی تیغه **روی** در

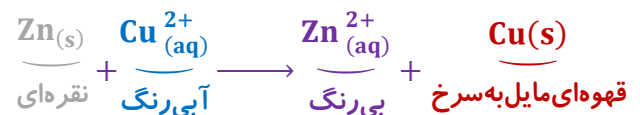
پایین ظرف واکنش تشکیل خواهد شد. در این واکنش فلز **روی** اکسید شده و

کاهنده است و فلز **مس** نیز کاهش یافته و **اکسند** می باشد.

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

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

معادله واکنش : $\text{Zn}_{(s)} + \text{Cu}_{(aq)}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + \text{Cu}_{(s)}$



نکته : اگر در این واکنش به اندازه ی یک مول یا ۶۵ گرم از جرم تیغه روی کم شود به اندازه یک مول Cu

یعنی ۶۴ گرم، به جرم تیغه اضافه می شود، پس در نهایت ۱ گرم از جرم تیغه کم می شود. پس ضخامت آن کم

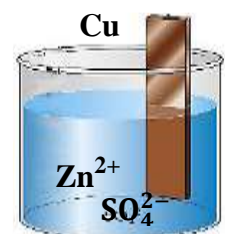
شده و فلز Zn بصورت یون Zn^{2+} وارد محلول شده است.

نکته : این واکنش **گرماده** است. در نتیجه سطح انرژی فرآورده ها در آن از واکنش دهنده ها **پایین تر** است ($\Delta H < 0$) و فرآورده ها در

آن **پایدارتر** از واکنش دهنده ها هستند.

نکته : در این واکنش یون سولفات (SO_4^{2-}) عیناً در دو قسمت معادله تکرار شده است پس عملاً نقشی در واکنش ندارد به همین دلیل به

این گونه ها یون «ناظر» یا «تماشاچی» گفته می شود. **نکته** : شعاع یون های Zn^{2+} و Cu^{2+} از اتم های Zn و Cu کوچک تر است.



نکته : اگر تیغه ای از جنس فلز مس را درون محلول روی سولفات قرار دهیم، واکنشی انجام نمی شود، زیرا فلز

روی کاهنده تر از فلز مس است و تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون دارد، بنابراین مس نمی تواند الکترون

از دست بدهد و جای روی را در محلول بگیرد.

مثال: در واکنش سوختن منیزیم در اکسیژن، اتم منیزیم الکترون از دست داده و اکسایش می‌یابد پس کاهنده است از طرفی O_2 با گرفتن



نکته: در این واکنش هر اتم منیزیم ۲ الکترون از دست می‌دهد و هر اتم اکسیژن ۲ الکترون می‌گیرد بنابراین می‌توان گفت به ازای مصرف هر ۲ mol منیزیم و یا ۱ mol اکسیژن ۴ مول الکترون مبادله می‌شود.

نکته: در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد. فلز منیزیم با نور سفید خیره‌کننده‌ای در هوا سوخته و ترکیب یونی (MgO) تولید می‌کند. در این واکنش منیزیم اکسید شده (کاهنده) و گاز اکسیژن با جذب الکترون کاهش یافته است. (اکسنده).

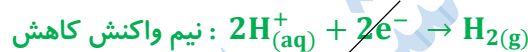
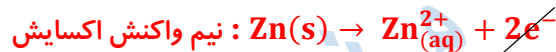
ص ۴۲ کتاب

خود را بیازمایید



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

آ) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ چرا؟ روی، اکسایش یافته زیرا الکترون از دست داده و به یون‌های $Zn^{2+}(aq)$ تبدیل شده در حالی که یون‌های هیدروژن کاهش یافته‌اند زیرا با گرفتن الکترون به اتم‌ها سیسی به مولکول‌های $H_2(g)$ تبدیل شده‌اند.
ب) نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و موازنه کنید.



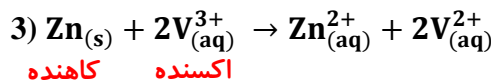
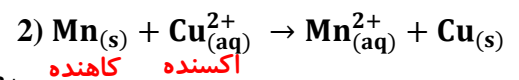
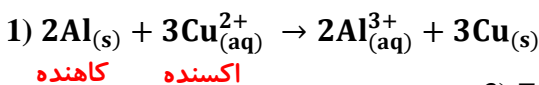
پ) نیم واکنش‌ها را با هم جمع کنید تا با حذف الکترون‌ها، معادله واکنش به دست آید.



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

در این واکنش، اتم‌های روی الکترون (از دست می‌دهند) به دست می‌آورند) و (کاهش/اکسایش) می‌یابند و سبب (کاهش/اکسایش) یون‌های هیدروژن می‌شوند، از این رو اتم‌های روی نقش (اکسنده/کاهنده) دارند. در حالی که یون‌های هیدروژن، الکترون (از دست می‌دهند/به دست می‌آورند) و (کاهش/اکسایش) می‌یابند و سبب (کاهش/اکسایش) اتم‌های روی می‌شوند، از این رو یون‌های هیدروژن نقش (اکسنده/کاهنده) دارند.

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

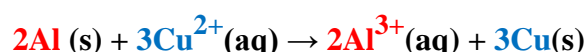


(ترکیب یونی) نمک + گاز هیدروژن → محلول اسید + فلز

نکته:

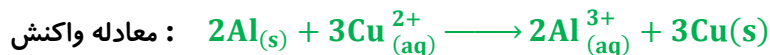
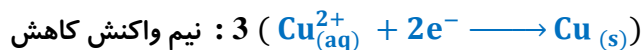
جاری شدن انرژی با سفر الکترون:

در برخی واکنش‌های اکسایش-کاهش علاوه بر داد و ستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود به طور مثال منیزیم یا سدیم در اکسیژن کافی سوخته و نور و گرما تولید می‌کنند. همچنین از واکنش فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیم با محلول مس (II) سولفات گرما آزاد می‌شود. در برخی واکنش‌های اکسایش-کاهش مخلوط واکنش گرم می‌شود زیرا سامانه واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می‌دهد. شکل زیر، واکنش بین فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات را همراه با معادله شیمیایی آن نشان می‌دهد.





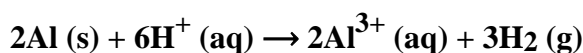
هنگامی که $Al(s)$ درون $CuSO_4(aq)$ قرار گیرد، بر اثر واکنش اکسایش-کاهش، دمای محلول **افزایش** می‌یابد. در شکل می‌بینیم که از واکنش فلز آلومینیوم با محلول **مس (II) سولفات** گرما تولید شده است که باعث بالا رفتن دما می‌شود. (از $20.5^\circ C$ به $29.0^\circ C$ افزایش یافته است)



نکته: در این واکنش هر اتم آلومینیوم سه الکترون از دست می‌دهد و **اکسایش** می‌یابد در حالی که هر یون مس دو الکترون می‌گیرد و **کاهش** می‌یابد.

محاسبه تعداد الکترون مبادله شده:

برای مشخص کردن تعداد **کل** الکترون‌هایی که در یک واکنش اکسایش-کاهش مبادله شده است کافی است **تغییر** عدد اکسایش **اکسنده** یا **کاهنده** را در تعداد اتم آن در معادله موازنه شده ضرب نماییم. به عنوان مثال در واکنش زیر تعداد مول الکترون مبادله شده را به صورت زیر به دست می‌آوریم:



الکترون‌های گرفته شده: $1 \times 6 = 6$

الکترون‌های از دست داده شده: $3 \times 2 = 6$



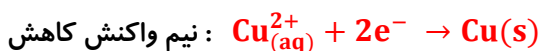
نکته: اگر در واکنشی **عنصر آزاد** وجود **داشت**، قطعاً آن واکنش از نوع اکسایش-کاهش است؛ زیرا عدد اکسایش عنصر در حالت آزاد برابر صفر است و طبیعتاً در سمت دیگر عدد اکسایش آن متفاوت می‌باشد.

نکته: اگر در واکنش عنصر آزاد وجود **نداشت** باید عدد اکسایش عناصر را بررسی کنیم؛ در صورتی که حتی عدد اکسایش **یک** عنصر تغییر کرده بود کافی است تا بگوییم واکنش از نوع اکسایش-کاهش است.

(عنصر آزاد داشتیم \Leftarrow **اکسایش-کاهش** / عنصر آزاد نداشتیم \Leftarrow **باید اکسایش-کاهش** بودن بررسی شود.)



واکنش میان محلول مس (II) سولفات و فلز آهن:



فلز Fe اکسید شده (کاهنده) و یون‌های Cu^{2+} کاهش یافته‌اند (اکسنده)

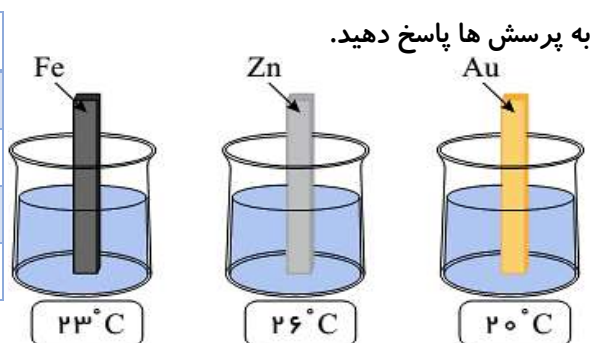


ص ۴۳ کتاب

خود را بیازمایید

جدول زیر داده‌هایی را از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول **مس (II) سولفات** در دمای $20^\circ C$ نشان می‌دهد. با توجه به آن

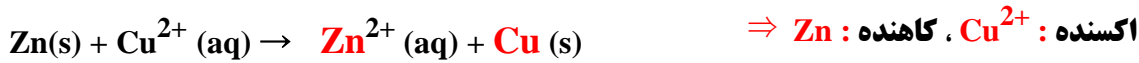
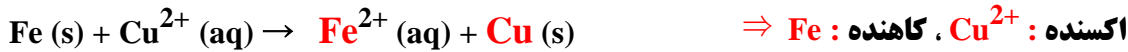
نام فلز	نشانه شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی $^\circ C$
آهن	Fe	23
روی	Zn	26
مس	Cu	20
طلا	Au	20



به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان دهنده چیست؟ تغییر دمای مخلوط واکنش نشانه انجام واکنش شیمیایی است. چون دمای مخلوط واکنش افزایش یافته پس یک واکنش گرماده رخ داده است.

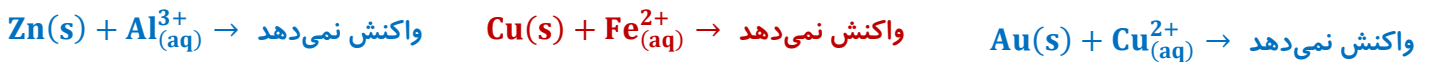
ب) هر یک از واکنش‌های زیر را کامل کرده سپس گونه‌های کاهنده و اکسنده را مشخص کنید.



پ) با توجه به تغییر دمای هر سامانه، کدام فلز تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون دارد؟ چرا؟
فلز Zn، هر چه افزایش دمای مخلوط بیشتر باشد نشان دهنده واکنش پذیری بیشتر واکنش دهنده‌ها است.

ت) فلزهای Au، Fe، Cu، Al و Zn را بر اساس قدرت کاهندگی مرتب کنید.

گونه‌ای که قدرت کاهندگی کمتری دارد نمی‌تواند با کاتیون گونه‌ای که قابلیت کاهندگی بیشتری دارد واکنش بدهد:



با توجه به داده‌های جدول، واکنش پذیری روی بیشتر از آهن و آهن نیز بیش تر از مس است. طلا دارای کمترین واکنش پذیری در میان این چهار فلز است.

اگر در شرایط فوق فلز طلا را درون محلول مس (II) سولفات قرار دهیم شاهد تغییر دما نخواهیم بود می‌توان به این نتیجه رسید که واکنشی

میان فلز طلا با این محلول انجام نخواهد شد. واکنش انجام نمی‌شود $\text{Au(s)} + \text{Cu}^{2+}_{\text{(aq)}} \rightarrow$

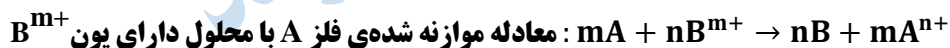


ث) پیش بینی کنید هر گاه تیغه مس درون محلول روی سولفات قرار گیرد، آیا واکنشی انجام می‌شود؟ چرا؟

چون Zn(s) واکنش پذیری بیشتری از Cu(s) دارد انتظار می‌رود واکنش میان Cu(s) و Zn²⁺(aq) رخ ندهد. (تیغه مس در محلول روی سولفات پس از مدت طولانی تغییری نمی‌کند.)



نکته: اگر قدرت کاهندگی فلز A از B بیشتر باشد می‌توان نوشت:



از معادله بالا می‌توان برای نوشتن این نوع واکنش‌های اکسایش-کاهش بدون نوشتن نیم واکنش‌ها و جمع کردن آنها استفاده کرد.

مثال: اگر فلز آلومینیوم را در محلول روی سولفات قرار دهیم بر اثر واکنش اکسایش-کاهش دمای محلول افزایش می‌یابد معادله واکنش



برای موازنه کفایت بار کاتیون Zn²⁺ را ضرب Al و بار کاتیون Al³⁺ را ضرب Zn قرار دهیم دو ضریب دیگر نیز به همین ترتیب



نکته: تمایل فلزات در محلول‌های آبی برای از دست دادن الکترون یکسان نیست و کاهندگی‌های متفاوتی دارند. در یک واکنش اکسایش-

کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می‌تواند با برخی کاتیون‌های فلزی واکنش دهد و آنها را به اتم‌های فلزی بکاهد.

واکنش‌هایی از این دست مخلوط واکنش گرم می‌شود زیرا سامانه واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می‌دهد.

جمع بندی:

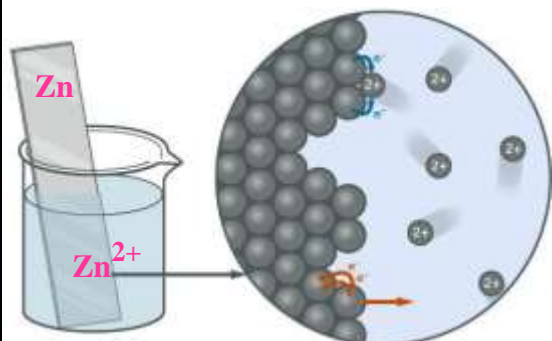
در تمام واکنش‌هایی که بررسی شد اگر واکنشی انجام شود، گرما تولید کرده و واکنش دهنده‌ها، اکسنده و کاهنده قوی‌تری از فرآورده‌ها، هستند. در ضمن از لحاظ پایداری فرآورده‌ها از واکنش دهنده‌ها پایدارتر هستند.

واکنش‌های شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون‌ها :

نکته : برای ایجاد جریان الکتریکی، باید الکترون‌ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابجا نمود.

نکته : اگر بجای داد و ستد مستقیم الکترون میان گونه‌های اکسایش و کاهش یافته در یک واکنش بتوان الکترون‌ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابجا کرد آنگاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش-کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل کرد.

تعریف نیم‌سلول : هرگاه یک تیغه فلزی (الکتروود) در محلولی از کاتیون‌های خودش (الکترولیت) قرار گرفته باشد، به مجموعه حاصل نیم سلول گفته می‌شود. مثلاً قرار دادن تیغه فلز روی در محلول $ZnSO_4$.



نکته : کاتیون Zn^{2+} موجود در محلول پایدارتر از اتم موجود در شبکه فلزی است.

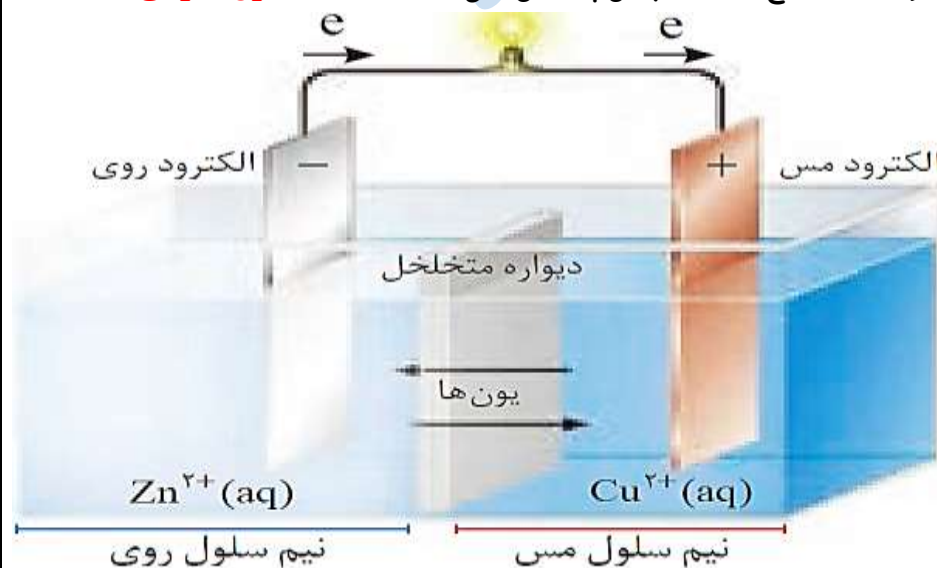
محلول دارای کاتیون‌های آب‌پوشیده خودش (رسانای یونی) + تیغه فلزی (رسانای الکتریکی) : نیم سلول

نکته : اگر دما $25^\circ C$ و غلظت محلول الکترولیت ۱ مولار (1 mol.L^{-1}) بوده (در نیم سلول‌های حاوی جزء گازی فشار گاز 1 atm باشد این مجموعه نیم سلول استاندارد نامیده می‌شود).

- | | |
|---|----------------------------------|
| ۱- دما $25^\circ C$ یا ۲۹۸ k | } ویژگی‌های نیم سلول استاندارد : |
| ۲- غلظت محلول الکترولیت یک مولار | |
| ۳- فشار گاز (در مورد نیم سلول‌های دارای جزء گازی) یک اتمسفر | |

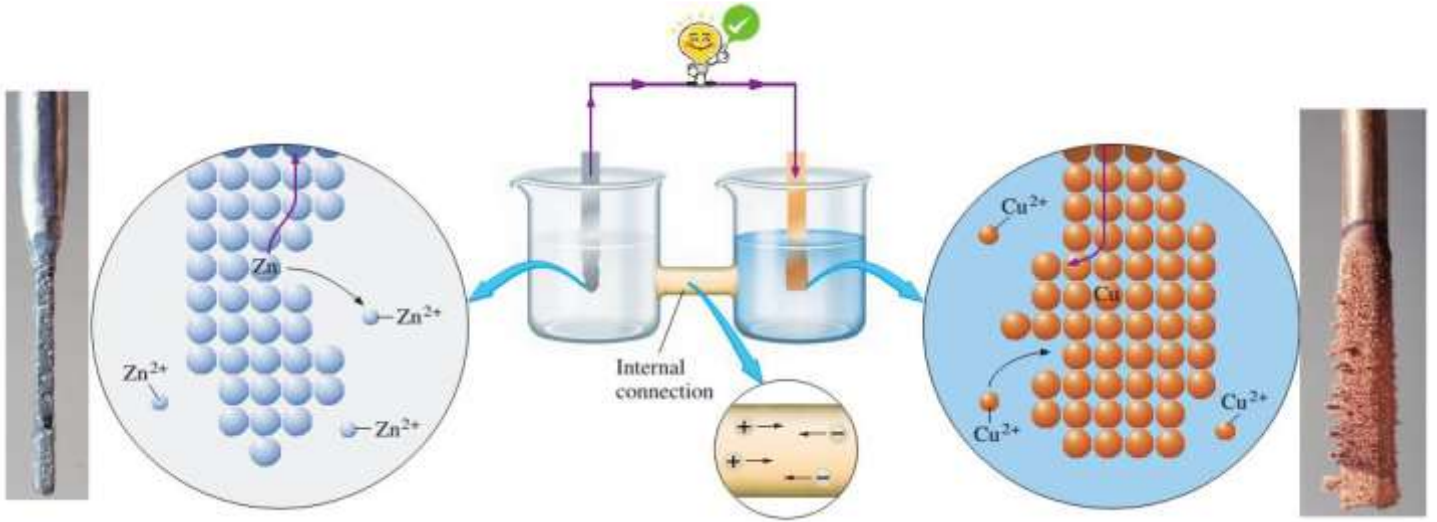
شیمی‌دان‌ها در پژوهش‌ها دریافته‌اند که هرگاه تیغه روی درون محلولی از روی سولفات (نیم سلول روی) و تیغه مس درون محلولی از مس (II) سولفات (نیم سلول مس) قرار گیرد و نیم سلول به یکدیگر وصل شوند، الکترون‌ها از مدار بیرونی جابجا شده و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. جریانی که سبب روشن شدن لامپ خواهد شد. نتایج حاصل از چنین پژوهش‌هایی منجر به ساخت سلول گالوانی شد.

نکته : هر سلول گالوانی دارای دو نیم سلول است.



سلول گالوانی روی-مس (Zn-Cu)

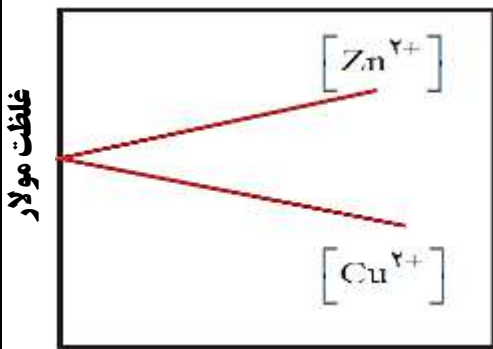
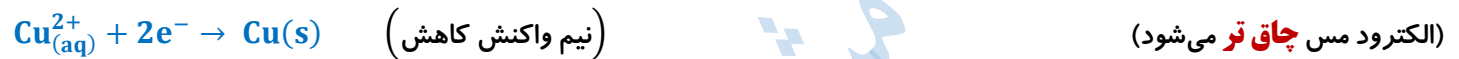
اگر الکترودهای دو نیم سلول را به وسیله‌ی یک سیم مطابق شکل زیر به هم وصل کنیم و محلول دارای کاتیون آنها (الکترولیت آنها) را توسط یک دیواره متخلخل از یکدیگر جدا کنیم الکترون‌ها در مدار بیرونی جابجا شده و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود به این وسیله سلول گالوانی گفته می‌شود.



① می‌دانیم که تمایل به از دست دادن الکترون (**کاهندگی**) فلز **روی** بیشتر از فلز **مس** می‌باشد پس در نیم سلول سمت چپ فلز **روی** الکترون از دست می‌دهد و به صورت **کاتیون فلزی** وارد محلول می‌شود: (الکتروود روی **لاغرتر** می‌شود)



② الکترون‌های حاصل در **مدار بیرونی** به سمت نیم سلول **مس** رفته، جریان الکتریکی ایجاد شده و لامپ **روشن** می‌شود. در نیم سلول سمت راست **یون‌های مس** موجود در محلول با گرفتن الکترون‌هایی که جذب شده است به **اتم مس** تبدیل شده و به سطح تیغه **می‌چسبند**.



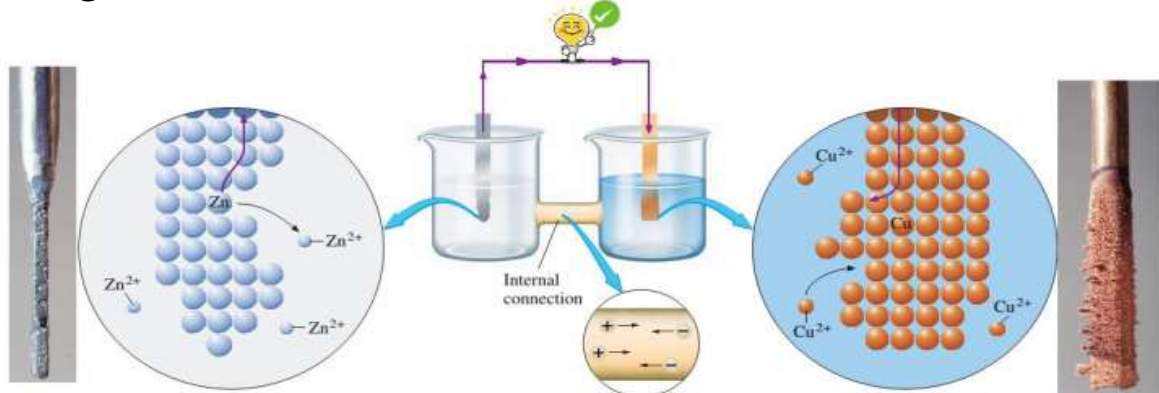
با توجه به مطالب گفته شده دربارهٔ این سلول با گذشت زمان یون‌های Zn^{2+} تولید و یون‌های Cu^{2+} مصرف می‌شوند. پس با گذشت زمان در این سلول، غلظت Zn^{2+} افزایش و غلظت Cu^{2+} کاهش می‌یابد در ضمن با توجه به اینکه در معادلهٔ واکنش، ضریب Zn^{2+} و Cu^{2+} برابر است باید مقدار تغییر غلظت این دو یون در یک بازهٔ زمانی معین با هم **برابر** شود. نمودار کلی روند تغییرات غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی-مس می‌توان به صورت مقابل نشان داد.

نکته: با گذشت زمان انتظار داریم تا انتقال الکترون **محدودتر** شده و لامپ کم **نورتر** شود.

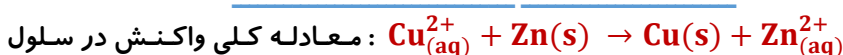
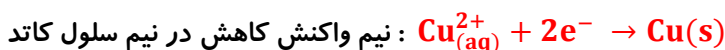
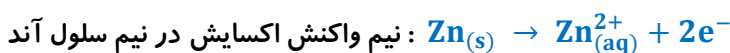
ص ۴۵ کتاب

با هم ببیند یشیم

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



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



نکته: در سلول گالوانی روی- مس همواره کاتیون‌ها (Zn^{2+}) با عبور از دیواره متخلخل به سمت **کاتد** و آنیون‌ها (در اینجا SO_4^{2-}) با عبور از دیواره متخلخل به سمت **آند** مهاجرت می‌کنند تا هم مدار الکتریکی را **کامل** کنند و هم بار الکتریکی دو نیم سلول را **خنثی** کنند.

ب) **آند** الکترودی است که در آن نیم واکنش **اکسایش** و **کاتد** الکترودی است که در آن نیم واکنش **کاهش** رخ می‌دهد. با این توصیف، کدام الکتروود نقش **آند** و کدام نقش **کاتد** را دارد؟ **روی، الکتروود آند و مس الکتروود کاتد است.**

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

حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از نیم سلول روی به سوی نیم سلول مس است. زیرا فلز روی با واکنش پذیری بیشتر نسبت به فلز مس، الکترون از دست می‌دهد و باعث شارش الکترون‌ها در مدار بیرونی می‌شود.

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

با گذشت زمان و انجام نیم واکنش اکسایش در **آند**، اتم‌های بیشتری از تیغه (الکتروود) روی اکسایش یافته و به شکل $Zn^{2+}_{(aq)}$ وارد محلول می‌شود در حالی که همزمان با آن با انجام نیم واکنش کاهش در **کاتد**، کاتیون بیشتری از $Cu^{2+}_{(aq)}$ کاهش یافته و به شکل اتم‌های مس بر سطح تیغه (الکتروود) مس می‌نشینند.

اجزای سلول گالوانی:

۱- **نیم سلول آندی:** شامل یک تیغه (الکتروود) و محلولی از جنس الکتروود. در این نیم سلول نیم واکنش **اکسایش** انجام می‌شود و قطب **منفی** سلول گالوانی است و پس از انجام واکنش از جرم الکتروود **کم** می‌شود.

۲- **نیم سلول کاتدی:** شامل یک تیغه (الکتروود) و محلولی از جنس الکتروود. در این نیم سلول نیم واکنش **کاهش** انجام می‌شود و قطب **مثبت** سلول گالوانی است و پس از انجام واکنش به جرم الکتروود **افزوده** می‌شود.

۳- **سیم رابط و عامل بارگذاری الکترون‌ها** (لامپ، ولت سنج یا ...): سیم رابط به منظور **جابجایی** الکترون‌ها از **آند** به **کاتد** و عامل بارگذاری جهت **مشاهده** جریان استفاده می‌شود.

۴- **دیواره متخلخل:** جهت **جابجایی کاتیون‌ها** از **آند** به **کاتد** و **آنیون‌ها** از **کاتد** به **آند** استفاده می‌شود، اگر دیواره متخلخل **نباشد** جابجایی یون‌ها را **نداریم** و لذا مبادله الکترون پس از مدت کوتاهی **قطع** می‌شود.

نقش دیواره متخلخل در سلول گالوانی:

با قرار دادن دیواره متخلخل میان دو نیم سلول (از جنس سفال، خاک چینی، آزبست یا گرد فشرده شیشه است)، مدار **کامل** شده و لامپ هم‌چنان **پرنور** باقی می‌ماند.

نکته: انتظار داریم به تدریج غلظت محلول آندی بیشتر و غلظت محلول کاتدی کمتر شود (به دلیل وجود دیواره متخلخل در عمل چنین اتفاقی نمی‌افتد).



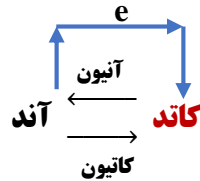
دو وظیفه مهم دیواره متخلخل:

۱- از مخلوط شدن **مستقیم** و **سریع** دو الکتروولیت **جلوگیری** می‌کند.

۲- به **یون‌های** موجود در دو محلول الکتروولیت اجازه **عبور** می‌دهد به این ترتیب بار الکتریکی محلول‌ها **خنثی** می‌شود.

سوال : اگر دو الکترولیت با هم مخلوط شوند چه اتفاقی می افتد؟ **الکترون های تولید شده در آند به جای مدار بیرونی مستقیماً به یون های Cu^{2+} منتقل می شوند و جریان الکتریکی قطع می شود.**

سوال : چرا با وجود اجازه عبور یون ها از دیواره متخلخل، یون های Cu^{2+} موجود در نیم سلول کاتدی به سمت آند نمی روند؟
محلول الکترولیت نیم سلول آندی به دلیل انجام فرآیند اکسایش دارای بارهای مثبت است کاتیون های Cu^{2+} هم بار همنام دارند و به علت دافعه بارهای همنام یون های Cu^{2+} تمایلی ندارند که از دیواره متخلخل عبور کرده و به سمت آند حرکت کنند.



شماتیک حرکت الکترون ها ، کاتیون ها و آنیون ها در سلول گالوانی :

برای تشخیص کاتد و آند به روش های زیر توجه می شود :

- ۱- بر اساس معادله واکنش : گونه ای که **اکسایش** می یابد نقش **آند** و دیگری نقش **کاتد** دارند.
- ۲- بر اساس نامی که برای سلول گالوانی به کار می رود مثلاً سلول **نیکل - مس** در نوشتن فلز **اولی** نقش **آند** (نیکل) و دیگری **کاتد** (مس) است.
- ۳- از روی شکل سلول :

آ. در صورت **مثبت** بودن پتانسیل سلول ، آند سمت **چپ** و کاتد سمت **راست**

ب. در صورت نمایش جهت جریان الکترون، الکترون ها از **آند** به **کاتد** جریان می یابند. یعنی از قطب **منفی** به **مثبت** است.

ج. در صورت نمایش جهت حرکت یون ها، **آنیون ها** به سمت **آند** و **کاتیون ها** به سمت **کاتد** می روند.

ویژگی های سلول گالوانی :

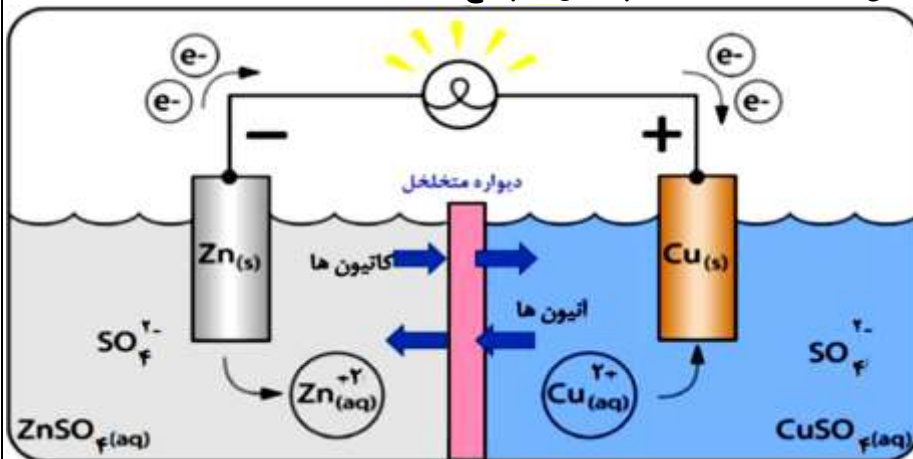
- ✓ سلول **گالوانی** دستگاهی است که می تواند بر اساس قدرت **کاهندگی** فلزها انرژی **الکتریکی** تولید کند.
- ✓ در این سلول واکنش بصورت **خود به خودی** انجام شده و انرژی **شیمیایی** به **الکتریکی** تبدیل می شود.
- ✓ سلول گالوانی به دلیل **تولید** انرژی **الکتریکی** ویژگی های یک **باتری** را دارد و هر سلول ولتاژ **معینی** دارد.
- ✓ **آند** الکتروودی است که در آن نیم واکنش **اکسایش** رخ می دهد و بار الکتریکی آن **منفی** است.
- ✓ فلز **فعالتر** که تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون دارد نقش **آند** را ایفا می کند و **خورده** می شود.
- ✓ غلظت **کاتیون** در الکترولیت آند **افزایش** می یابد (بار الکترولیت **مثبت** می شود)، پس در الکترولیت، **آنیون ها** به سمت **آند** جابجا می شوند.
- ✓ **کاتد** الکتروودی است که در آن نیم واکنش **کاهش** رخ می دهد و بار الکتریکی کاتد **مثبت** است.
- ✓ فلزی که فعالیت **کمتری** دارد نقش **کاتد** را ایفا می کند و بر جرم آن **افزوده** می شود.
- ✓ غلظت **کاتیون** در الکترولیت کاتد **کاهش** می یابد (بار الکترولیت **منفی** می شود)، پس در الکترولیت، **کاتیون ها** به سمت **کاتد** جابجا می شوند.
- ✓ جهت حرکت الکترون ها در مدار بیرونی همیشه از **آند** به **کاتد** است.
- ✓ جهت حرکت یون ها : همیشه **کاتیون ها** به سمت **کاتد** و **آنیون ها** به سمت **آند** جریان می یابند. بدین ترتیب مدار جریان کامل می شود.
- ✓ نیم واکنش **اکسایش** را نیم واکنش **آندی** و نیم واکنش **کاهش** را نیم واکنش **کاتدی** می نامند.
- ✓ از آنجا که واکنش اکسایش یا کاهش در سطح الکتروود (مرز میان رسانای الکترونی و رسانای یونی) روی می دهد، از این رو به این نوع واکنش ها، واکنش های **الکتروودی** می گویند.
- ✓ در سلول های گالوانی سطح انرژی واکنش دهنده ها **بالتر** از فرآورده ها می باشد.

کاتد	آند
کاهش	اکسایش
گرفتن الکترون	از دست دادن الکترون
قطب مثبت	قطب منفی
افزایش جرم تیغه فلزی	کاهش جرم تیغه فلزی
جذب کاتیون از محلول مقابل	جذب آنیون از محلول مقابل
جرم کاتیون محلول کاهش می‌یابد	جرم کاتیون محلول افزایش می‌یابد
الکترون‌ها از طریق سیم وارد می‌شوند	الکترون‌ها از طریق سیم خارج می‌شوند

ص ۴۶ کتاب

خود را بیازمایید

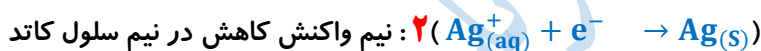
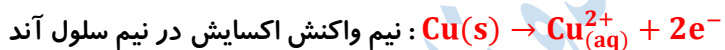
شکل زیر سلول گالوانی مس-نقره (Cu-Ag) را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.

الکتروده مس، علامت منفی و الکتروده نقره علامت مثبت خواهد داشت.

ب) نیم واکنش‌های انجام شده در آند و کاتد را بنویسید.

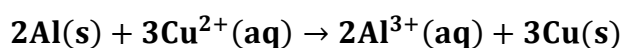


پ) با انجام واکنش، جرم الکترودها چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

با انجام واکنش از جرم تیغه (الکتروده) مس کاسته و بر جرم تیغه (الکتروده) نقره افزوده می‌شود.

ت) جهت حرکت یون‌ها را از دیواره متخلخل مشخص کنید.

آنیون‌ها از نیم سلول نقره به سمت نیم سلول مس و کاتیون‌ها از نیم سلول مس به سمت نیم سلول نقره مهاجرت می‌کنند.



با توجه به واکنش مقابل پاسخ دهید.

آ) سلول گالوانی را رسم کنید.

ب) آند کدام فلز است؟ چرا؟

پ) قطب مثبت سلول را مشخص کنید.

ت) جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی را مشخص کنید.

نیروی الکتروموتوری (emf) سلول و روش محاسبه آن :

با سلول **گالوانی** آشنا شدیم ؛ سلولی که به دلیل تولید انرژی **الکتریکی** ویژگی‌های یک **باتری** را دارد. هر سلول گالوانی ولتاژ **معینی** دارد و با تغییر هر یک از اجزا، ولتاژ آن سلول نیز **تغییر** می‌کند.

نیروی الکتروموتوری : اگر در سلول گالوانی به جای لامپ ، **ولت سنج** قرار بدهیم ولتاژی که ولت سنج نشان می‌دهد **اختلاف پتانسیل** میان دو نیم سلول است. به این اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول **نیروی الکتروموتوری** سلول گفته می‌شود و آن را با **emf** نشان می‌دهند. **نکته** : آنچه به وسیله ولت سنج اندازه گیری می‌شود فقط **اختلاف پتانسیل** میان دو نیم سلول یاد شده است.

نیم سلول استاندارد هیدروژن (SHE)

✓ اندازه گیری پتانسیل یک نیم سلول به صورت جداگانه ممکن نیست بلکه به صورت **نسبی** اندازه گیری می‌شود.

✓ شیمی‌دان‌ها به این منظور ، یک نیم سلول **استاندارد** به عنوان مبنا انتخاب کردند و مقدار پتانسیل

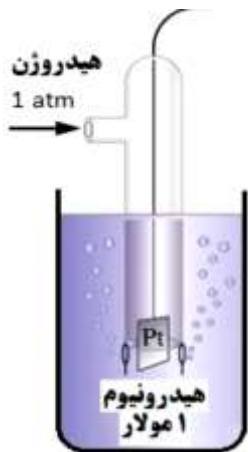
آن را برابر با **صفر** در نظر گرفتند. این نیم سلول استاندارد، **الکتروکود استاندارد هیدروژن (SHE)**

است و دارای ویژگی‌های زیر است :

✓ ① SHE شامل یک الکتروکود **پلاتینی** است که ② در محلولی با **pH=0** و ③ دمای **۲۵ °C** گاز

هیدروژن با ④ فشار **1 atm** از اطراف صفحه **پلاتینی** عبور داده می‌شود. و واکنش زیر در آن انجام

می‌شود.



نکته : شیمی‌دان‌ها **emf** سلول گالوانی را در حالت **استاندارد** (دمای **۲۵ °C** ، فشار **1 atm** و غلظت **یک مولار** برای محلول‌های الکترولیت)

$$E_{\text{cell}}^\circ = E_{\text{C}}^\circ - E_{\text{a}}^\circ$$

با E° هم نشان می‌دهند. و از فرمول روبرو برای محاسبه آن استفاده می‌کنند :

مثال : با اتصال نیم سلول هیدروژن به نیم سلول روی بر روی ولت سنج عدد **۰/۷۶** ولت نشان داده می‌شود ، می‌دانیم که روی در مقایسه با هیدروژن کاهنده‌تر بوده و آند می‌باشد.

$$E^\circ = E_{\text{کاتد}}^\circ - E_{\text{آند}}^\circ \Rightarrow 0/76\text{V} = E_{\text{SHE}}^\circ - E_{\text{(Zn}^{2+}/\text{Zn)}}^\circ \Rightarrow E_{\text{(Zn}^{2+}/\text{Zn)}}^\circ = -0/76\text{V}$$

نکته : نیروی الکتروموتوری یک سلول همیشه **مثبت** است و اگر در سلولی **منفی** نشان داده شود به معنی جابجا شدن **آند** و **کاتد** است.

سری الکتروشیمیایی به صورت زیر است :

	نیم واکنش کاهش	E° (V)	
↑ اکسنده قوی تر	$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}(\text{s})$	+1/50	↓ کاهنده قوی تر
	$\text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}(\text{s})$	+1/20	
	$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	0/80	
	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0/34	
	$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{s})$	0/00	
	$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0/14	
	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0/44	
	$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0/76	
	$\text{Mn}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{s})$	-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	
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3/05		

تعریف سری الکتروشیمیایی : رتبه بندی فلزها به

ترتیب **کاهش** E° آن‌ها در یک جدول، **سری**

الکتروشیمیایی نامیده می‌شود.

مهم ترین نکات مربوط به جدول سری الکتروشیمیایی :

✓ هر چه E° نیم سلول **بزرگتر** (مثبت تر) باشد در مکان بالاتری از جدول قرار می گیرد و هر چه E° نیم سلول **کوچکتر** (منفی تر) باشد در مکان پایین تری از جدول قرار می گیرد.

✓ براساس قواعد **آیوپاک** و برای هماهنگی در منابع علمی، نیم واکنش ها به صورت نیم واکنش **کاهشی** نوشته می شوند.



✓ پتانسیل استاندارد (E°) به صورت (**گونه کاهنده** / **گونه اکسنده** E°) بیان می شود.

✓ **فلزاتی** که E° **منفی** دارند کاهندگی **بیشتری** نسبت به H_2 داشته، با اسیدها ترکیب شده و **گاز هیدروژن** تولید می کنند.

✓ **فلزاتی** E° **مثبت** دارند کاهندگی **کمتری** نسبت به H_2 داشته و با اسیدها واکنش **نمی دهند**.

✓ در این جدول **قویترین** کاهنده فلز **لیتیم** (در جدول کتاب **مینزیم** گفته شده اما در صفحه ۴۹ **لیتیم** بیان شده است.) و **ضعیفترین** کاهنده فلز **طلا** می باشد.

✓ **قویترین** اکسنده $Au^{3+}(aq)$ و **ضعیفترین** اکسنده $Li^+(aq)$ است.

(در جدول کتاب $Mg^{2+}(aq)$ بیان شده اما طبق متن کتاب در صفحه ۴۹ **ضعیفترین** کاهنده $Li^+(aq)$ است).

✓ از **بالا** به **پایین** در این جدول قدرت کاهندگی فلز **بیشتر** شده، آمادگی برای ایفای نقش **آند** بیشتر شده و تمایل به دادن الکترون **افزایش** می یابد.

✓ از **پایین** به **بالا** در این جدول قدرت کاهندگی فلز **کمتر** شده، آمادگی فلز برای ایفای نقش **کاتد** بیشتر شده و تمایل به دادن الکترون **کاهش** می یابد.

✓ هر چه اختلاف E° دو فلز بکار رفته در ساخت یک سلول **بیشتر** شود نیروی الکتروموتوری حاصل (**emf**) **بیشتر** است.

✓ هر گاه بخواهیم با دو نیم سلول، یک سلول **گالوانی** درست کنیم الکتروود با E° **کوچکتر** (منفی تر) که تمایل زیادی به **از دست دادن** الکترون دارد (اکسید شدن)، **آند** یا قطب **منفی** سلول را تشکیل می دهد و در مقابل نیم سلول با E° **بزرگتر** (مثبت تر) که تمایل دارد **الکترون بگیرد** (کاهش یابد) بنابراین **کاتد** یا قطب **مثبت** سلول را تشکیل می دهد.

✓ از شیمی یازدهم به یاد داریم که **فلوئور** بیشترین خصلت **نافلزی** را دارد یعنی بیشترین تمایل به **گرفتن الکترون** پس گاز فلوئور قوی ترین **اکسنده** است.



E° ترتیب : $Sn > Cr > Fe > Zn > Mn > Al > Mg > Li$

قدرت کاهندگی **بیشتر** از $H_2 \Leftarrow E^\circ$ **منفی**

E° ترتیب : $Au > Pt > Ag > Cu$

قدرت کاهندگی **کمتر** از $H_2 \Leftarrow E^\circ$ **مثبت**

فلزها :

تمرین : هر گاه دو الکتروود فلزی، در تشکیل یک سلول الکتروشیمیایی شرکت کنند، نیم سلولی که E° دارد است و را تشکیل می دهد.

(۱) کوچکتری - کاهنده - آند ✓ (۲) کوچکتری - اکسنده - کاتد (۳) بزرگتری - کاهنده - کاتد (۴) بزرگتری - اکسنده - آند

واکنش های انجام پذیر یا انجام ناپذیر :

۱- اگر برای یک سلول گالوانی یا برای واکنشی که میان دو گونه انجام می شود ($0 < E^\circ$ سلول) باشد واکنش در جهت نوشته شده انجام پذیر خواهد بود. مثال :



$$E_{\text{سلول}}^0 = E_{\text{کاتد}}^0 - E_{\text{آند}}^0 = E^0(Fe^{2+}/Fe) - E^0(Mn^{2+}/Mn) = -0/44 - (-1/18) = 0/74 V$$

پس می توان گفت که فلز کاهنده تر (E° منفی تر) (در اینجا Mn) می تواند با کاتیون فلزی که E° مثبت دارد (کاتد) واکنش بدهد.

۲- اگر برای یک سلول گالوانی یا برای واکنشی که میان دو گونه نوشته شود ($E^0_{\text{سلول}} < 0$) باشد واکنشی در جهت نوشته شده انجام **نخواهد**

واکنش انجام نمی‌شود $\text{Pt(s)} + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow$

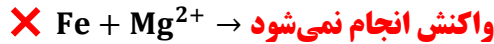
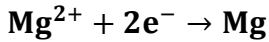
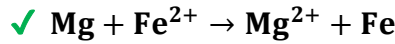
شد. مثال :

$$E^0_{\text{سلول}} = E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) - E^0(\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}) = -0/76 - (1/20) = -1/96\text{V}$$

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

$$E^0(\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}) = 1/20 \text{ V}$$

نکته بسیار مهم: در سری الکتروشیمیایی گونه سمت راست پایین‌تر می‌تواند با گونه سمت چپ بالاتر واکنش دهد. در حالی که گونه سمت راست بالاتر نمی‌تواند با گونه سمت چپ پایین‌تر واکنش دهد:



واکنش انجام می‌شود \rightarrow کاتیون فلز بالاتر + فلز پایین‌تر

واکنش انجام نمی‌شود \rightarrow کاتیون فلز پایین‌تر + فلز بالاتر

ص ۴۸ کتاب

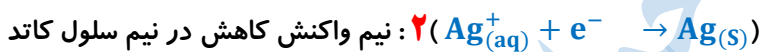
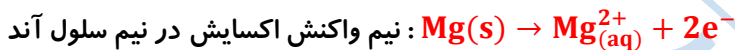
خود را بیازمایید

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

الف) کدام الکتروود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟ منیزیم، الکتروود آند و نقره، الکتروود کاتد خواهد بود زیرا منیزیم واکنش‌پذیرتر (کاهنده‌تر) از نقره بوده و E^0 منفی‌تر آن تایید کننده این ویژگی است.

$$E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0/8\text{V} \quad , \quad E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2/37\text{V}$$

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



۱) با مراجعه به جدول سری الکتروشیمیایی، هریک از جاهای خالی را پر کنید.

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

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

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

چون E^0 نیم سلول روی منفی‌تر از نیم سلول مسی است پس نیم سلول روی آند و نیم سلول مسی کاتد خواهد بود.

۳) شکل زیر سلول گالوانی استاندارد روی - مس را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



۱) این سلول را از روی شکل مشخص کنید.

$$emf = E^0_{\text{سلول}} = E^0_{\text{کاتد}} - E^0_{\text{آند}} = 0.34 - (-0.76) = 1/10$$

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

$$emf = E^0_{\text{سلول}} = E^0_{\text{کاتد}} - E^0_{\text{آند}} \quad \checkmark$$

$$emf = E^0_{\text{سلول}} = E^0_{\text{کاتد}} - E^0_{\text{آند}} \quad \square$$

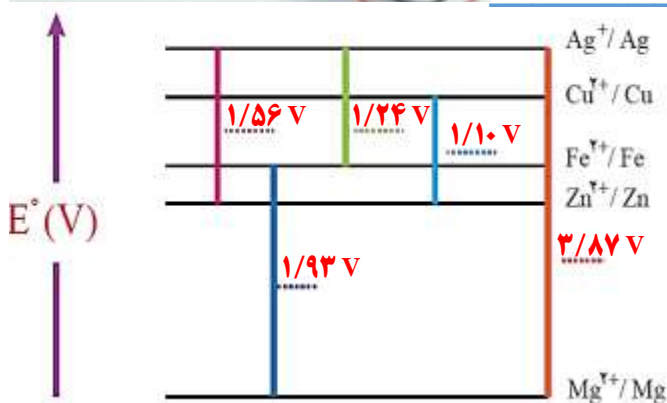
۴) در نمودار زیر هر خط رنگی نشان دهنده یک سلول گالوانی تشکیل

شده از دو فلز را نشان می‌دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به

پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ) نخست برای هر سلول گالوانی، آند و کاتد را مشخص کرده سپس

emf را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.



$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - E^{\circ}_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} \Rightarrow E^{\circ} = 0/8 - (-0/44) = 1/24 \text{ V}$$

$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - E^{\circ}_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} \Rightarrow E^{\circ} = 0/8 - (-0/76) = 1/56 \text{ V}$$

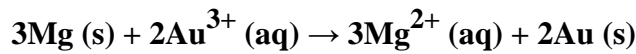
$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - E^{\circ}_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} \Rightarrow E^{\circ} = 0/8 - (-2/37) = 3/17 \text{ V}$$

$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - E^{\circ}_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} \Rightarrow E^{\circ} = 0/34 - (-0/76) = 1/10 \text{ V}$$

$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} - E^{\circ}_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} \Rightarrow E^{\circ} = -0/44 - (-2/37) = 1/93 \text{ V}$$

ب) اگر چند نیم سلول در اختیار داشته باشید و بخواهید از آنها یک سلول گالوانی با بیشترین ولتاژ بسازید، از کدام نیم سلولها استفاده می کنید؟ چرا؟ **نیم سلولها در تشکیل سلول گالوانی هنگامی بیشترین emf را ایجاد می کنند که تفاوت یا فاصله میان آنها در سری الکتروشیمیایی بیشتر باشد.**

۵) با استفاده از جدول سری الکتروشیمیایی emf سلولی را حساب کنید که واکنش اکسایش - کاهش زیر در آن رخ می دهد.



$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{Au}^{3+}/\text{Au}} - E^{\circ}_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} \Rightarrow E^{\circ} = 1/5 - (-2/37) = 3/87 \text{ V}$$

کدام موارد از مطالب زیر درباره سلول گالوانی «روی-مس»، درست است؟

$$E^{\circ}[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})/\text{Zn(s)}] = -0/76\text{V}, E^{\circ}[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu(s)}] = +0/34\text{V}$$

آ) E° سلول گالوانی «روی-مس»، برابر ۱/۱ ولت است.

ب) با برقراری جریان، $[\text{Cu}^{2+}]$ برخلاف $[\text{Zn}^{2+}]$ کاهش می یابد.

پ) الکترودی که در آن الکترون مصرف می شود، آند نامیده می شود.

ت) با برقراری جریان، کاتیونها از سمت کاتد به سمت آند، از غشای متخلخل عبور می کنند.

۱) ب، پ، ت (۲) آ، پ، ت (۳) پ، ت (۴) آ، ب

بررسی گزینه ها: الف) E° سلول گالوانی «روی-مس»، برابر ۱/۱ ولت است. $E^{\circ} = +0/34 - (-0/76) = 1/1$

ب) با برقراری جریان، $[\text{Cu}^{2+}]$ در کاتد کاهش و $[\text{Zn}^{2+}]$ در آند افزایش می یابد.

پ) الکترودی که در آن الکترون مصرف می شود، کاتد نامیده می شود.

ت) با برقراری جریان، کاتیونها از سمت آند به سمت کاتد، از غشای متخلخل عبور می کنند.

پیوند با زندگی: لیتیم، فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی

✓ سلولهای **گالوانی** با انجام **خودبخودی** واکنشهای اکسایش-کاهش می توانند بعنوان **باتری** منبعی برای تولید انرژی الکتریکی باشند.

✓ انرژی وسایل گوناگونی مانند ساعت مچی و موبایل با **باتری** تأمین می شود؛ این باتریها از لحاظ **شکل**، **اندازه** و **کارایی** با یکدیگر

تفاوت آشکاری دارند، اما در **همه** آنها با انجام نیم واکنشهای آندی و کاتدی، جریان الکتریکی در **مدار بیرونی** برقرار می شود.

✓ یکی از فلزاتی که برای تولید باتری استفاده می شود **لیتیم** است.

✓ لیتیم در میان **فلزات** دارای کمترین **چگالی** و کمترین E° می باشد (بهتر الکترون از دست می دهد یا **آندتر** است).

✓ از عنصر لیتیم برای ساخت باتریهای **سبکتر**، **کوچکتر**، و با توانایی **ذخیره بیشتر** انرژی استفاده می شود.

✓ **دسته‌ای** از باتریهای لیتیمی در **تلفن** و **رایانه همراه** به کار می روند و آنها را می توان **بارها** شارژ کرد.

✓ **افزایش تقاضا** برای باتریهای لیتیمی سبب شده سالانه میلیاردها باتری لیتیمی درون دستگاههای الکترونیکی

در سراسر جهان استفاده شود.



✓ سرانجام این دستگاه‌ها به همراه باتری‌های درون خود به شکل **پسماند** دور ریخته می‌شوند. به این ترتیب حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی مانند **تلفن** و **رایانه همراه**، **باتری‌های لیتیومی** و... تولید می‌شود.

سؤال: چرا نباید پسماندهای الکترونیکی در طبیعت رها یا دفن شوند؟

- (۱) به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، **سمی** هستند.
- (۲) به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از **مواد** و **فلزهای ارزشمند** و **گران قیمت**، منبعی برای **بازیافت** این مواد هستند.

سلول‌های سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز:

سوخت‌های **فسیلی** همچنان **مناسب‌ترین** سوخت برای **خودروها** و **نیروگاه‌ها** می‌باشند که مصرف بی‌رویه این سوخت‌ها **دو** اشکال عمده و 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. با این توصیف، یافتن **جایگزینی** مناسب برای سوخت‌های **فسیلی** به ویژه در **خودروها** ضروری است.
- سلول **سوختی** نوعی سلول **گالوانی** است که شیمی‌دان‌ها برای گذر از این تنگنای **تأمین انرژی** و **کاهش آلودگی** محیط زیست پیشنهاد می‌دهند. سلول **سوختی** دارای **مزایایی** نسبت به **سوخت‌های فسیلی** می‌باشد که عبارتند از:

(۱) کارایی **بالا** و اتلاف **کمتر** انرژی به شکل **گرما** (زیرا تولید برق در این روش مراحل **کمتری** دارد).

(۲) **کاهش ردپای کربن دی‌اکسید (CO₂)**

(۳) **دوستدار محیط زیست**

(۴) **منبع انرژی سبز**

(۵) **نیاز به فضا و مکان کمتر**

(۶) **عدم نیاز به کابل کشی و دکل گذاری در فواصل طولانی (سلول‌های سوختی در محل مورد نیاز برق تولید می‌کنند).**

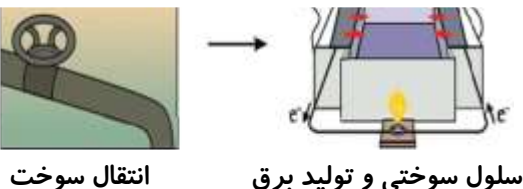
خود را بیازمایید

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

الف) سوزاندن سوخت‌های فسیلی و تولید برق:



ب) تولید برق در سلول سوختی:



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

تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی در سلول سوختی نسبت به سوزاندن سوخت‌های فسیلی و تولید برق مراحل **کمتری** دارد. هرچه مراحل تبدیل و انتقال انرژی کمتر باشد، میزان اتلاف انرژی به شکل گرما کمتر است.

ب) کدام روش کارایی بالاتری دارد؟ توضیح دهید.

روش (ب)، هرچه میزان اتلاف انرژی به شکل گرما کمتر باشد، کارایی (بازده) بیشتر است.

سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن :

✓ سلول سوختی ساختاری همانند سلول گالوانی دارد.

✓ رایج ترین سلول سوختی ، سلول هیدروژن - اکسیژن است

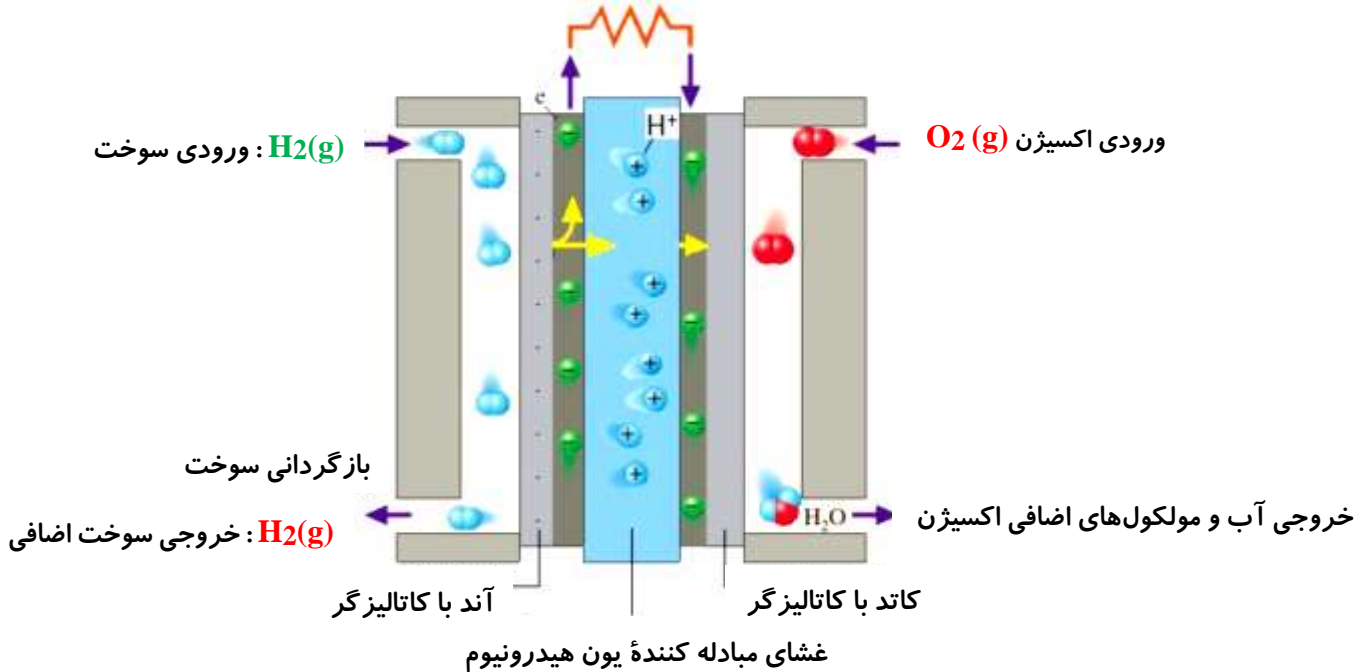
✓ سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن دستگاهی است که در آن گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به صورت کنترل شده واکنش می دهد.

توضیح : منظور از شرایط کنترل شده این است که واکنش سوختن متداول بین این دو گاز که به صورت $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ است اتفاق نمی افتد؛ بلکه طی دو نیم واکنش اکسایش و کاهش جریان برق تولید می شود، هر چند در انتها از جمع دو نیم واکنش همین واکنش سوختن به دست می آید .

✓ در سلول سوختی بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی در حضور کاتالیزگر به انرژی الکتریکی تبدیل می شود.

✓ بازدهی اکسایش گاز هیدروژن در سلول سوختی در حدود ۶۰٪ است و مابقی (حدود ۴۰٪) به شکل گرما تلف می شود. در حالی که

سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز بازدهی نزدیک به ۲۰٪ دارد پس کارایی سلول سوختی در این زمینه تقریباً ۳ برابر است.



✓ هر سلول سوختی سه جزء اصلی دارد که شامل یک غشا ، الکترود آند و الکترود کاتد است.

✓ (۱) الکترود آند : بر روی این الکترود گاز H_2 ورودی، نیم واکنش اکسایش را انجام می دهد.

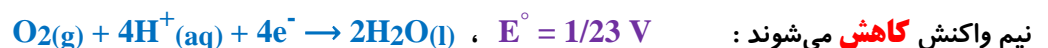


✓ الکترودهای تولیدی توسط آند از طریق مدار بیرونی به سمت کاتد منتقل می شوند و یون های H^+ نیز با عبور از غشای مبادله کننده به سمت کاتد می روند.

✓ با توجه به شکل سلول ، مولکول های هیدروژن واکنش نداده نیز از خروجی دیگر بازگردانی می شوند تا در سلول مصرف شوند.

✓ (۲) غشا : در بین آند و کاتد قرار دارد و وظیفه انتقال H^+ تولیدی در آند به کاتد را بر عهده دارد.

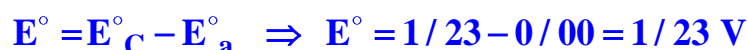
✓ (۳) الکترود کاتد : بر روی کاتد گاز اکسیژن ورودی ، H^+ تولیدی در نیم واکنش اکسایش و الکترون های انتقال یافته از آند باعث انجام



✓ در سلول سوختی، آند و کاتد دارای کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش های اکسایش و کاهش سرعت می بخشند.

✓ گاز هیدروژن به عنوان سوخت پیوسته وارد شده، اکسایش می یابد و هم زمان با آن گاز اکسیژن در واکنش با سوخت کاهش می یابد.

✓ واکنش کلی در چنین سلولی به صورت مقابل است :



✓ از این سلول می‌توان برای تأمین آب و برق فضاپیما، تأمین انرژی الکتریکی بیمارستان‌ها و نیروی محرکه وسایل نقلیه استفاده کرد.

تفاوت سلول‌های سوختی با سایر باتری‌ها :

- ۱- سلول‌های سوختی جزو سلول‌های **گالوانی** بوده و برخلاف باتری‌ها نمی‌توانند انرژی شیمیایی را ذخیره کنند.
- ۲- سلول‌های سوختی تا زمانی که سوخت و اکسیژن به صورت پیوسته در اختیار آن قرار بگیرد کار خواهند کرد.
- ۳- باتری‌ها فقط انرژی الکتریکی تولید می‌کنند در حالی که در سلول سوختی علاوه بر انرژی الکتریکی، آب هم تولید می‌شود.

نکته : بزرگترین چالش در کاربرد سلول‌های سوختی تولید گاز هیدروژن در مقیاس صنعتی است. برکافت آب راهی برای تأمین گاز هیدروژن است.

معایب سلول‌های سوختی : ۱. گران بودن سلول ۲. مشکلات نگهداری و تولید سوخت ۳. مسمومیت کاتالیزورها

مفهوم عدد اکسایش و روش‌های محاسبه آن :

در واکنش میان اتم‌های فلزی و نافلزی، اتم فلز الکترون از دست داده (اکسید شده و کاهنده است) و نافلز الکترون گرفته (کاهش یافته و اکسند شده است) مثلاً در ترکیب یونی NaCl پیوند از نوع یونی است. یعنی انتقال الکترون از اتم Na به اتم Cl به طور کامل انجام گرفته است به همین دلیل عدد اکسایش سدیم (+1) و عدد اکسایش کلر (-1) می‌باشد.



پیوند کووالانسی

پیوند یونی

در میان ترکیب‌های مولکولی، مولکول‌ها خنثی بوده و شمار الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها در واکنش تغییر نمی‌کند پس به راحتی نمی‌توان گونه اکسند و کاهنده را مشخص کرد. مثلاً در ترکیب مولکولی مثل HCl، پیوند از نوع کووالانسی است. در این ترکیبات انتقال الکترون به صورت جزئی انجام می‌گیرد. (یعنی $H^{\delta+}$ و $Cl^{\delta-}$). در این ترکیبات عدد اکسایش با فرض این که انتقال الکترون کامل و پیوند یونی است تعیین می‌شود و به اتم H عدد اکسایش (+1) و به اتم Cl عدد اکسایش (-1) داده می‌شود.

تعریف عدد اکسایش : عدد اکسایش مفهومی قراردادی به معنای بار اختصاص داده شده به هر اتم در یک ترکیب است با فرض اینکه تمامی پیوندها از نوع یونی بوده و انتقال الکترون میان اتم‌ها به صورت کامل انجام شده باشد.

۱) با استفاده از فرمول شیمیایی مولکول و قواعد عدد اکسایش

۲) با استفاده از ساختار لوویس مولکول‌ها (اغلب برای ترکیبات آلی کاربرد دارد)

روش‌های تعیین عدد اکسایش :

تعیین عدد اکسایش با استفاده از فرمول شیمیایی و قواعد آن :

۱. عدد اکسایش عناصر در حالت آزاد برابر صفر است؛ مانند: O_2 ، P_4 ، Na ، Fe ، F_2 و ...
 ۲. عدد اکسایش اتم فلز در ترکیبات آن همیشه برابر -1 است؛ مانند: HOF ، HF ، CF_4 و ...
 ۳. عدد اکسایش یون‌های تک اتمی برابر با بار یون است؛ مانند: Na^+ (+1)، Cl^- (-1) و ...
 ۴. عدد اکسایش هیدروژن در ترکیبات +1 است؛ مانند: H_2O ، H_3PO_4
- ✓ هیدروژن در هیدریدهای فلزی MHy عدد اکسایش برابر -1 را دارد؛ مانند: NaH ، SrH_2 و ...

۵. عدد اکسایش فلزات در ترکیبات همیشه **مثبت** بوده و برابر **ظرفیت** آن‌ها است؛ مثلاً مس در CuSO_4 عدد اکسایش $(+2)$ دارد.
۶. در همه ترکیبات عدد اکسایش فلزات **قلیایی** (گروه اول) و Ag $(+1)$ ، فلزات **قلیایی خاکی** (گروه دوم) و Zn $(+2)$ ، Al و Sc $(+3)$ می‌باشد.

۷. عدد اکسایش اتم **اکسیژن** در ترکیبات آن معمولاً برابر -2 است به جز در موارد زیر:

- ✓ OF_2 در این ترکیب عدد اکسایش اکسیژن برابر $+2$ است.
- ✓ O_2F_2 در این ترکیب عدد اکسایش اکسیژن برابر $+1$ است.
- ✓ HOF در این ترکیب عدد اکسایش اتم اکسیژن برابر **صفر** است.
- ✓ در ترکیباتی به نام پروکسیدها O_2^{2-} یا سوپراکسیدها O_2^- باشد، که در آن صورت عدد اکسایش برابر -1 و $-\frac{1}{2}$ خواهد بود.

یون اکسید: O^{2-} ، یون پراکسید: O_2^{2-} ، یون سوپراکسید: O_2^-

۸. مجموع عددهای اکسایش اتم‌ها در ترکیب خنثی برابر **صفر** است. همچنین مجموع عددهای اکسایش اتم‌ها در یون‌های چند اتمی برابر با **بار** الکتریکی یون است بنابراین می‌توان گفت مجموع عددهای اکسایش در یون فسفات -3 ، یون نیترات -1 و یون آمونیوم $+1$ می‌باشد. مثال: در یون فسفات PO_4^{3-} ، عدد اکسایش اتم فسفر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P + 4(-2) = -3 \rightarrow P = +5$$

مثال: عدد اکسایش کلر در ترکیب HClO_3 به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(+1) + \text{Cl} + 3(-2) = 0 \rightarrow \text{Cl} = +5$$

۹. برای تعیین عدد اکسایش در ترکیب‌های یونی چندتایی می‌توان ترکیب را به یون‌های سازنده اش تفکیک کرد تا راحت‌تر عدد اکسایش عنصر مورد نظر به دست آید. به عنوان مثال در NH_4NO_3 اگر هر کدام از اتم‌های نیتروژن را جداگانه بررسی کنیم در مورد NH_4^+ برای نیتروژن عدد اکسایش -3 را داریم و در NO_3^- نیز برای نیتروژن عدد اکسایش $+5$ به دست می‌آید. اگر از این دو عدد میانگین بگیریم عدد $+1$ به دست می‌آید. علت اینکه عدد اکسایش دو **نیتروژن** با هم **متفاوت** است به خاطر تفاوت اتم‌هایی است که به هر کدام از آن‌ها متصل می‌باشند.

نکته: اعداد اکسایش اغلب نافلزها در محدوده زیر تغییر می‌کند:

تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت \leq عدد اکسایش نافلز \leq (۸ - الکترون‌های لایه ظرفیت)

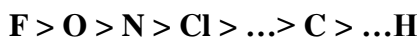
برای مثال اعداد اکسایش اتم کربن از -4 تا $+4$ تغییر می‌کند.

۱۰. برای ترکیب نافلزاتی که در موارد بالا گفته نشده است بار **منفی** را به اتم با خاصیت نافلزی **بیشتر** و بار **مثبت** را به اتم با خاصیت فلزی **بیشتر** نسبت می‌دهیم؛ برای عدد آن نیز فاصله‌ای که اتم نافلزتر با گروه **۱۸** دارد به صورت عدد **منفی** برای آن عنصر بیان و اتم دیگر نیز با محاسبه به دست می‌آوریم. مانند CCl_4 که در آن اتم کلر **نافلزتر** است و با توجه به اینکه در گروه **۱۷** است، عدد اکسایش آن -1 خواهد بود و عدد اکسایش C نیز $+4$ به دست خواهد.

نکته: در یک دوره از جدول تناوبی از چپ به راست و در یک گروه از پایین به بالا میزان خاصیت نافلزی افزایش می‌یابد.

جدول دوره‌ای عناصر

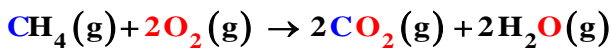
برای نمونه مقایسه میزان خصلت نافلزی برخی نافلزات به صورت زیر می‌باشد:



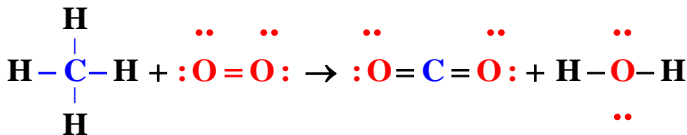
نکته: بیشتر شدن عدد اکسایش، نشان دهنده **اکسایش** یافتن و **کمتز** شدن آن نشان دهنده **کاهش** یافتن اتم‌هاست.



مراحل تعیین عدد اکسایش هر اتم با استفاده از ساختار لوویس :



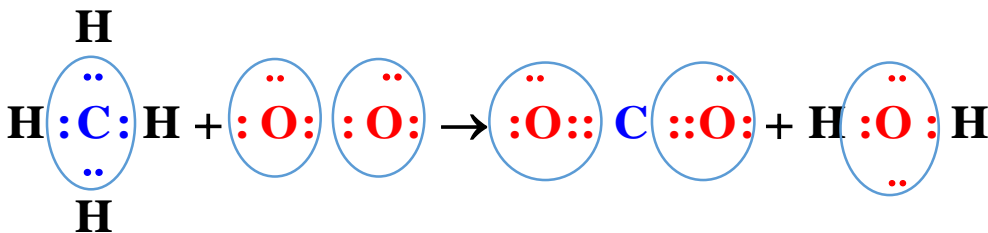
✓ ساختار الکترون - نقطه ای گونه را رسم می کنیم.



✓ به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم **یکسان** ، یک الکترون به هر اتم نسبت می دهیم.

✓ همه الکترون های ناپیوندی روی هر اتم را به **همان** اتم نسبت می دهیم.

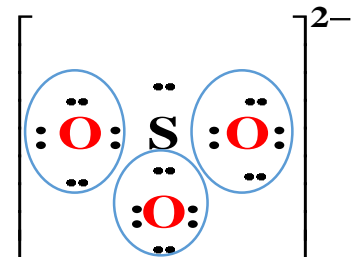
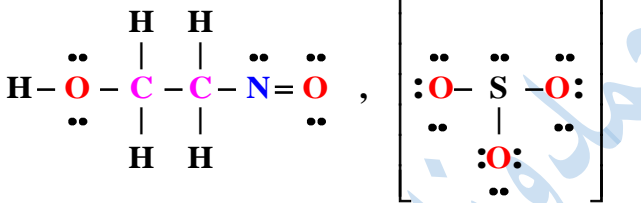
✓ به ازای هر جفت الکترون **پیوندی** میان دو اتم **مفاوت**، هر دو الکترون را به اتم با خصلت نافلزی **بیشتر** نسبت می دهیم.



✓ الکترون های نسبت داده شده به هر اتم را می شماریم. و آن را از شمار الکترون های ظرفیت همان اتم کم می کنیم. عدد به دست آمده عدد اکسایش اتم مورد نظر را نشان می دهد.

پاسخ : عدد اکسایش کربن در متان برابر **-۴** و در کربن دی اکسید برابر **+۴** است و عدد اکسایش اکسیژن در مولکول **O₂** برابر **صفر** و در سایر ترکیبات برابر **-۲** است.

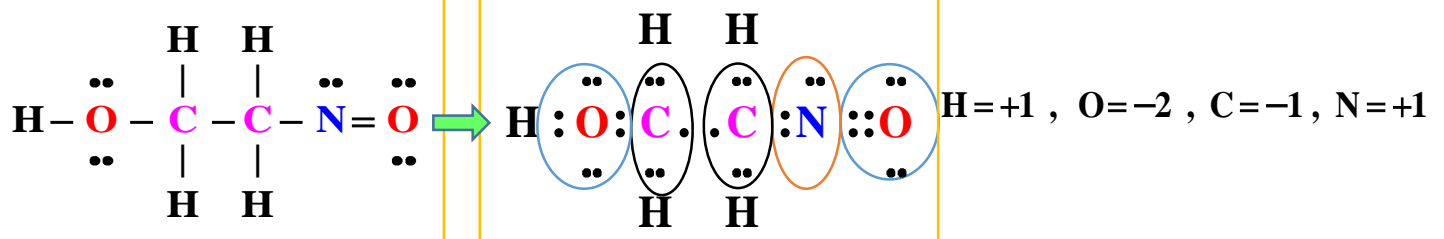
مثال : اعداد اکسایش اتم های موجود در ترکیبات زیر را بدست آورید.



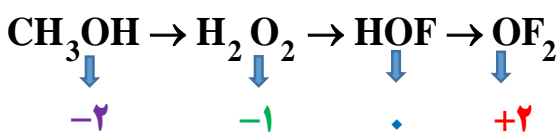
تعداد الکترون های اطراف اتم - تعداد الکترون های ظرفیت = عدد اکسایش اتم

$$\text{O عدد اکسایش} = 6 - 8 \rightarrow -2$$

$$\text{S عدد اکسایش} = 6 - 2 = +4$$



سؤال ۱: ترکیبات زیر را به ترتیب افزایش عدد اکسایش عنصر اکسیژن از راست به چپ مرتب کنید. **OF₂**, **H₂O₂**, **HOF**, **CH₃OH**



پاسخ :

سؤال ۲: تغییر عدد اکسایش یک اتم کربن در واکنش سوختن کامل کدام دو ماده ، با هم برابر است ؟

(۱) اتان و اتین (۲) اتان و بنزن (۳) اتین و اتن (۴) اتین و بنزن

سؤال ۳ : عدد اکسایش گوگرد در کدام ذره با بقیه متفاوت است؟

Na₂SO₄ (4) Na₂SO₃ (3) SF₄ (2) SO₂ (1)

سؤال ۴ : در کدام گزینه عدد اکسایش اتمی که زیر آن خط کشیده است با عدد اکسایش اتم فسفر در PO₄³⁻ تفاوت دارد؟

HNO₃ (4) H₂S₂O₇(3) N₂O₅(2) ClF₅ (1)

سؤال ۵ : عدد اکسایش اتم مرکزی ، در کدام ترکیب بزرگتر است ؟

K₂Cr₂O₇(4) H₂SO₄(3) KMnO₄ (2) SF₆(1)

سؤال ۶ : اتم نیتروژن در کدام دو ترکیب به ترتیب (از راست به چپ) کوچکترین و بزرگترین عدد اکسایش را دارد؟

NO - NH₄Cl (۴) NaNO₃ - NH₄OH (۳) NO₂ - N₂O₅ (۲) NaNO₂ - HNO₃ (1)

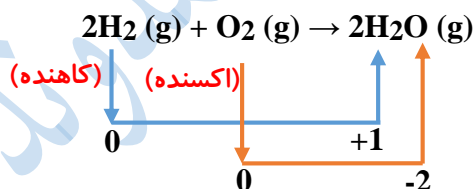
سؤال ۷ : عدد اکسایش اکسیژن در OF₂ با عدد اکسایش کدام عنصر یکسان است؟

HClO₂ (۴) Cl₂ (۳) CuNO₃ (۳) مس در (۳) Mg₃P₂ (۲) منیزیم در (۲) H₂S (1) گوگرد در (1)

ص ۵۲ کتاب

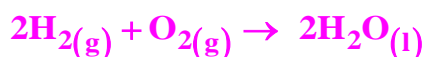
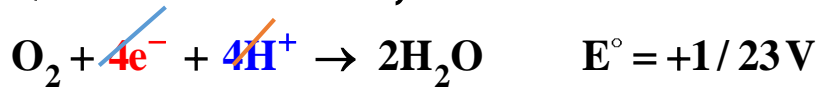
با هم ببیند ییشیم

(۱) هرگاه بدانید که بیشتر شدن عدد اکسایش، نشان دهنده اکسایش یافتن و کمتر شدن آن نشان دهنده کاهش یافتن اتم هاست، در واکنش زیر گونه‌های اکسایش یافته، کاهش یافته، اکسند و کاهنده را مشخص کنید.



(۲) دانش آموزی نیم واکنش‌های انجام شده در نوعی سلول سوختی هیدروژن اکسیژن را به صورت زیر از منابع علمی معتبر استخراج کرده است.

(آ) هر یک از نیم واکنش‌ها را موازنه کنید سپس واکنش کلی سلول را به دست آورید.

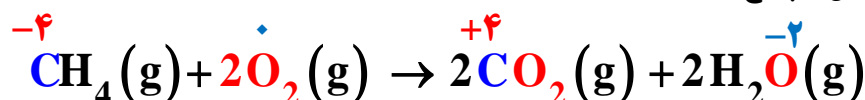


$$E^\circ = E^\circ_{\text{C}} - E^\circ_{\text{a}} \Rightarrow E^\circ = 1/23 - 0/00 = 1/23\text{V}$$

(ب) emf این سلول را حساب کنید.

(۳) با پیشرفت علم و فناوری، سلول‌های سوختی تازه‌ای طراحی شده‌اند که در آنها به جای گاز خطرناک هیدروژن، گاز متان مصرف می‌شود.

با توجه به معادله واکنش کلی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید :



آ) با تعیین عدد اکسایش اتم‌ها، گونه‌های اکسند و کاهنده را مشخص کنید. **کربن کاهنده و اکسیژن اکسند**

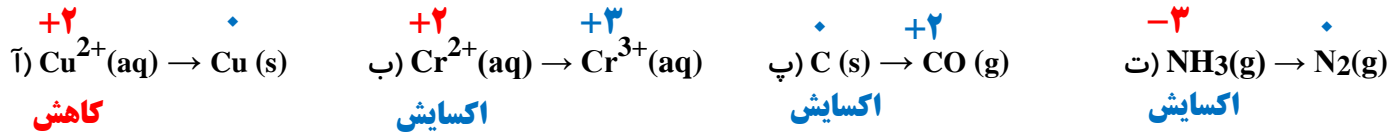
ب) از دید محیط زیست گاز هیدروژن چه مزیتی نسبت به گاز متان دارد؟

فراورده سوختن گاز هیدروژن آب است که نسبت به کربن دی اکسید اثرات مخرب زیست محیطی کمتری دارد.

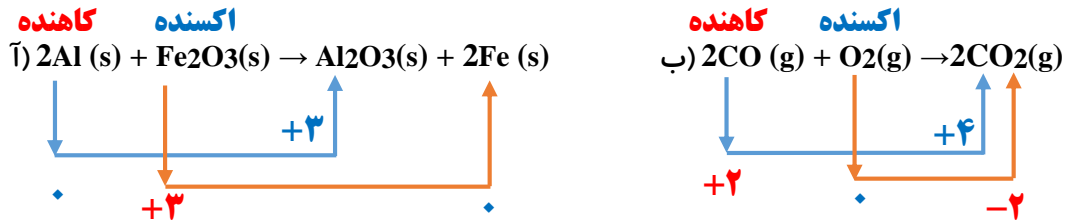
ص ۵۳ کتاب

خود را بیازمایید

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



۲) در هر یک از واکنش‌های زیر با محاسبه تغییر عدد اکسایش، گونه کاهنده و اکسند را تعیین کنید.



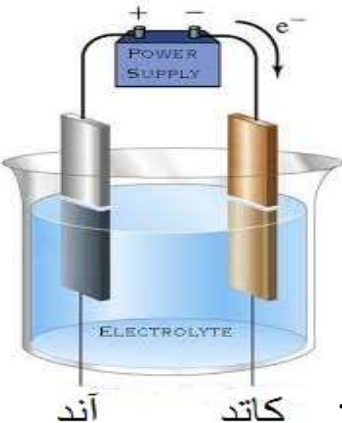
سلول‌های الکتروشیمیایی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: **الف) سلول گالوانی (ب) سلول الکترولیتی**

سلول گالوانی در مباحث قبلی توضیح داده شد، در این قسمت به مطالعه سلول الکترولیتی می‌پردازیم.

سلول‌های **الکترولیتی**: دسته‌ای از سلول‌های **الکتروشیمیایی** هستند که در آنها **دو** الکتروود درون **یک** محلول **الکترولیت** فرورفته اند و با

مصرف انرژی الکتریکی یک واکنش **شیمیایی** در جهت **دلخواه** و **خلاف جهت طبیعی** انجام می‌شود و دارای ویژگی‌های زیر است:

✓ در سلول الکترولیتی **آند** (قطب مثبت) است زیرا به قطب مثبت باتری وصل می‌شود و **کاتد** (قطب منفی) است زیرا به قطب منفی باتری وصل می‌شود.



✓ در سلول الکترولیتی انرژی **الکتریکی** تبدیل به انرژی **شیمیایی** می‌شود.

✓ نیم واکنش‌های انجام شده در سلول الکترولیتی **غیر خود بخودی** می‌باشند.

✓ برای انجام فرایند در سلول الکترولیتی نیازمند یک **منبع خارجی** (همانند **باتری**) هستیم.

✓ محلول الکترولیت می‌تواند یک ترکیب یونی **مذاب** یا یک ترکیب یونی **محلول** باشد.

✓ با اعمال ولتاژ معین به سلول، در الکترولیت، **کاتیون‌ها** به سمت **کاتد** مهاجرت کرده و **کاهش** می‌یابند.

✓ با اعمال ولتاژ معین به سلول، در الکترولیت، **آنیون‌ها** به سمت **آند** مهاجرت کرده و **اکسایش** می‌یابند.

✓ هنگامی که دو الکتروود درون محلول الکترولیت قرار گرفتند، الکتروود **آند** (قطب مثبت) الکترون‌های حاصل از فرایند **اکسایش** گونه‌های

موجود در الکترولیت را از محلول الکترولیت **خارج** می‌کند؛ در حالی که الکتروود **کاتد** (قطب منفی) الکترون‌های **رانده شده** از منبع

تغذیه (باتری) را برای **کاهش** گونه‌های موجود در **الکترولیت** به درون آن منتقل می‌کند.

✓ در واکنش کلی انجام شده در سلول الکترولیتی سطح انرژی فراورده‌ها **بالتر** از مواد اولیه بوده و فراورده‌ها **ناپایدارترند**.

✓ دو الکتروود درون **یک محلول** قرار داشته و الکتروودها **اغلب گرافیتی** هستند. (الکتروودهای بی اثری که در واکنش شرکت نمی‌کنند).

✓ اگر بیش از یک گونه به سمت **کاتد** مهاجرت نماید، در رقابت بین گونه‌ها، گونه‌ای که E° **بیشتری** داشته باشد تمایل **بیشتری** برای **کاهش** دارد و در **کاتد** کاهش می‌یابد.

✓ اگر بیش از یک گونه به سمت **آند** مهاجرت نماید، در رقابت بین گونه‌ها، گونه‌ای که E° **کمتری** داشته باشد تمایل **بیشتری** برای **اکسایش** دارد و در **آند** اکسید می‌شود.

✓ معمولاً در رقابت فلزات **فعال** با مولکول‌های **آب** چون فلزات فعال E° **کوچکتری** از E° مولکول‌های آب دارند، مولکول‌های آب در **کاتد** کاهش می‌یابند و گاز **هیدروژن** تولید می‌کنند، به همین جهت **نمی‌توان** فلزات فعال را از **محلول‌های** آبی حاوی آنها بدست آورد و به همین خاطر از **نمک‌های مذاب** این فلزات استفاده می‌شود.

شباهت‌های سلول گالوانی و سلول الکترولیتی :

- ✓ در هر دو سلول ، عمل **اکسایش** در **آند** و عمل **کاهش** در **کاتد** انجام می‌شود.
- ✓ در هر دو سلول ، جهت حرکت **الکترون** در مدار **بیرونی** از سمت **آند** به سمت **کاتد** است.
- ✓ در الکترولیت **کاتیون‌ها** به سمت **کاتد** و **آنیون‌ها** به سمت **آند** حرکت می‌کنند.

تفاوت‌های سلول گالوانی با سلول الکترولیتی :

سلول الکترولیتی	سلول گالوانی
از یک سلول واحد تشکیل شده است.	از دو نیم سلول جدا از هم (مستقل) تشکیل شده است.
در آن انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود.	در آن انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.
واکنش‌های اکسایش-کاهش در آن غیر خودبخودی هستند و با کمک جریان برق انجام می‌شود و انرژی مصرف می‌کند.	واکنش‌های اکسایش-کاهش در آن خودبخودی انجام می‌شوند و انرژی تولید می‌کند.
کاتد قطب منفی و آند قطب مثبت است.	کاتد قطب مثبت و آند قطب منفی است.
جهت جریان الکترون‌ها از قطب مثبت به قطب منفی است.	جهت جریان الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت است.
دارای یک نوع الکترولیت و فاقد غشاء متخلخل است.	دارای دو نوع الکترولیت و غشاء متخلخل بین نیم سلول‌ها است.
سطح انرژی فرآورده‌ها از واکنش دهنده‌ها بالاتر است.	سطح انرژی فرآورده‌ها از واکنش دهنده‌ها پایین‌تر است.

کاربردهای سلول الکترولیتی :

- ✓ تهیه **فلزها** و **نافلزها** از **برقکافت** نمک مذاب یا محلول آنها.
- ✓ استخراج **فلز خالص** از سنگ معدن **ناخالصی** آنها مانند **آلومینیوم** و مس.
- ✓ **آبکاری** فلزات.

برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن :

تعریف **برقکافت** : فرایند تجزیه یک ماده و تبدیل آن به عناصر سازنده اش به کمک جریان برق را **برقکافت** می‌نامند.

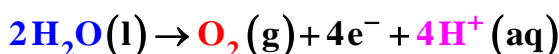
✓ یکی از چالش‌های مهم سلول‌های سوختی تأمین سوخت (گاز هیدروژن) است که می‌توان به کمک **برقکافت آب** آن را تولید نمود.

✓ فرایند برقکافت در سلول **الکترولیتی** انجام می‌شود.

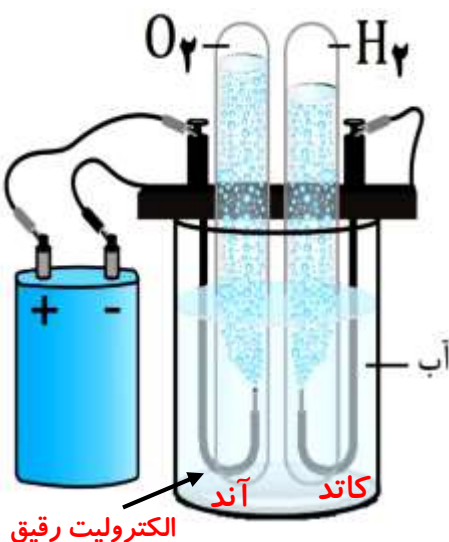
✓ آب **خالص** رسانایی الکتریکی **ناچیزی** دارد و برای برقکافت آن باید اندکی **الکترولیت** به آن بیافزاییم.

✓ با قراردادن **۲** الکتروود بی اثر درون آب و اتصال آنها به دو قطب باتری بلافاصله حباب‌های گازی در اطراف دو الکتروود ظاهر می‌شود.

✓ نیم واکنش انجام شده در اطراف **آند** (قطب **مثبت**) نیم واکنش **اکسایش** است :



✓ در اطراف الکتروود **آند** گاز **اکسیژن** آزاد شده و به دلیل تولید یون **هیدرونیوم** محیط اطراف این الکتروود **اسیدی** است.



✓ نیم واکنش انجام شده در اطراف **کاتد** (قطب منفی) نیم واکنش کاهش است :



✓ در اطراف الکترود **کاتد** گاز **هیدروژن** آزاد می‌شود و به دلیل تولید یون **هیدروکسید** محیط اطراف این الکترود **بازی** است.

✓ واکنش کلی انجام شده در این سلول به صورت زیر است :



✓ کاغذ pH در محلول پیرامون **کاتد** به رنگ **آبی** ($\text{pH} > 7$) و در محلول پیرامون **آند** به رنگ **قرمز** ($\text{pH} < 7$) در می‌آید.

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

✓ ارتفاع آب در لوله الکترود **آند** بیشتر از ارتفاع آب در لوله الکترود **کاتد** است.

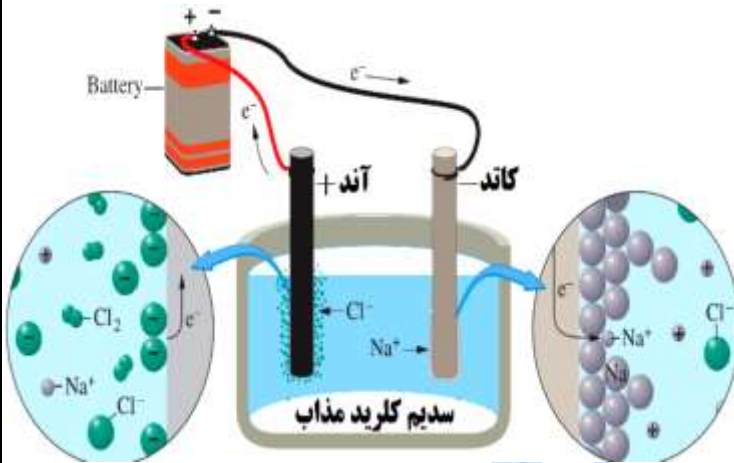
برقکافت سدیم کلرید مذاب $\text{NaCl}(\text{l})$ و تهیه فلز سدیم :

✓ فلز سدیم یک **کاهنده قوی** است که در طبیعت به حالت **آزاد** یافت نمی‌شود.

✓ سدیم عنصری که در ترکیب‌های **طبیعی** و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم (Na^+) وجود دارد و **استخراج** آن مشکل است.

✓ **یون‌های سدیم** به دلیل آرایش الکترونی **۸** تایی، بسیار **پایدارتر** از اتم‌های سدیم هستند. بنابراین برای تهیه فلز سدیم از برقکافت

سدیم کلرید مذاب انرژی **زیادی** مصرف می‌شود.



✓ سدیم کلرید خالص در دمای 801°C ذوب می‌شود. افزودن

مقداری **کلسیم کلرید** (CaCl_2) به آن، دمای ذوب را تا

حدود 587°C پایین می‌آورد. این عمل باعث **صرفه‌جویی**

در مصرف انرژی شده و در نتیجه سدیم تولید شده از نظر

اقتصادی **ارزانتر** تمام می‌شود.

✓ سلول **دائر** : نوعی سلول **الکترولیتی** است که در **صنعت**، سدیم کلرید مذاب را با استفاده از آن **برقکافت** می‌کنند. (در سلول **دائر آند**

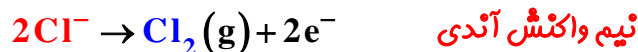
از **چنس کرافیت** و **کاتد** از **چنس آهن** است.)

✓ الکترولیت (مخلوط سدیم کلرید و کلسیم کلرید مذاب) را درون سلول الکترولیتی ریخته و جریان برق را برقرار می‌کنیم. یون‌های Na^+

به طرف کاتد مهاجرت کرده و عمل کاهش انجام می‌دهند.

✓ آنیون **کلرید** دارای بار **منفی** است جذب **آند** شده و **اکسایش** یافته و به گاز **کلر** تبدیل

می‌شود و در نهایت از قسمت **فوقانی** سلول دانه خارج می‌شود.



✓ کاتیون سدیم دارای بار **مثبت** است و جذب **کاتد** می‌شود و در آنجا با **گرفتن** الکترون

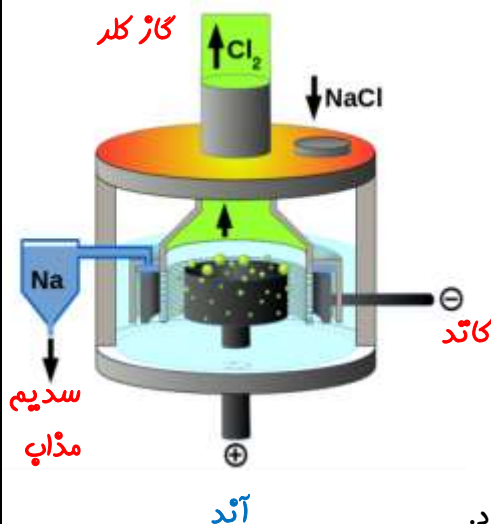
کاهش یافته و چون دما **بالاست** سدیم مذاب تولید می‌شود.



✓ فلز سدیم حاصل بصورت **مذاب** است و چون چگالی **کمتری** نسبت به سدیم کلرید دارد

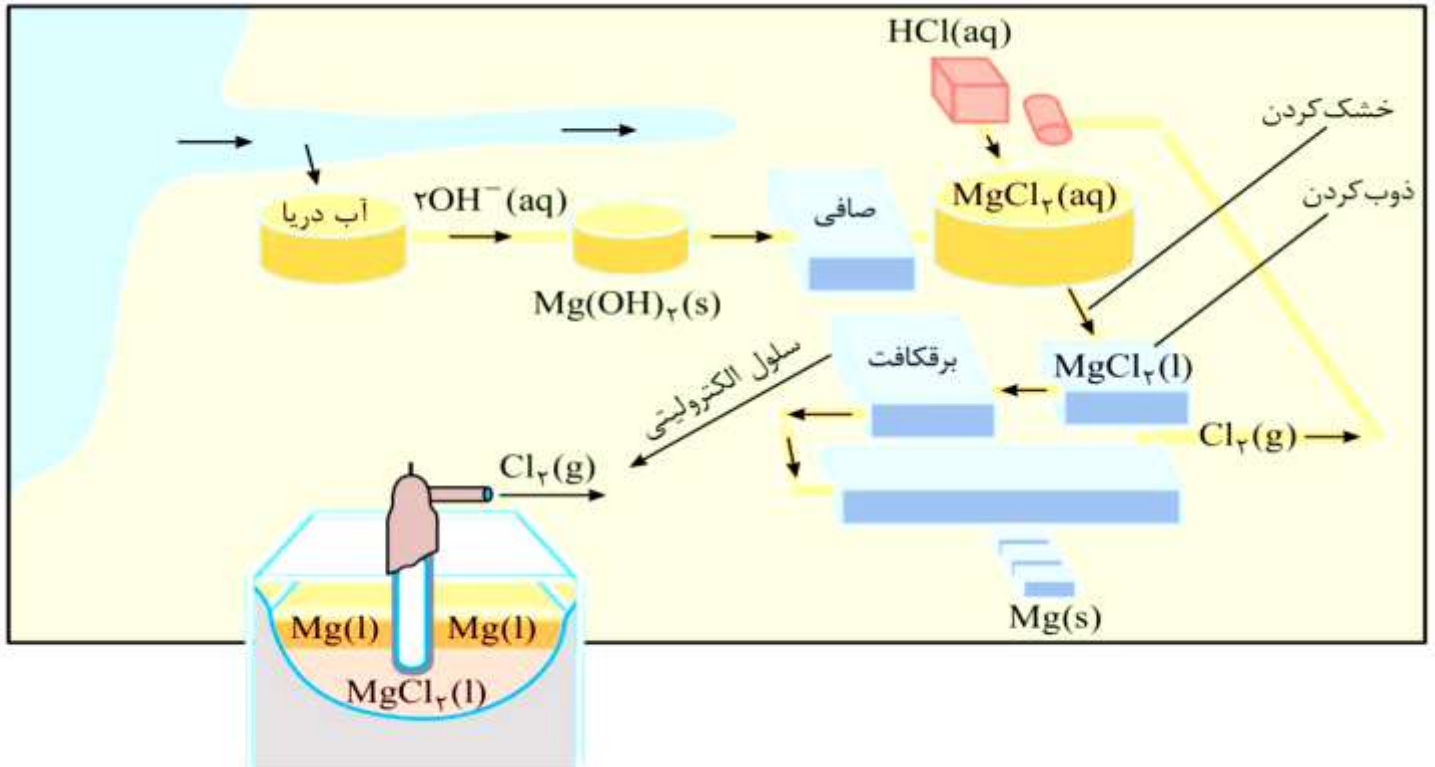
روی آن قرار گرفته و از خروجی‌هایی که در جداره دستگاه تعبیه شده است **خارج** می‌شود.

✓ از جمع نیم واکنش‌های آندی و کاتدی می‌توان به واکنش کلی سلول دانه دست یافت :

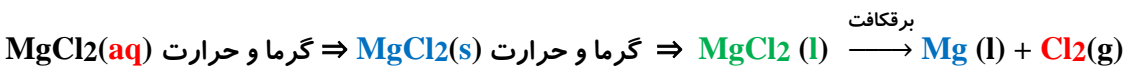


تهیه منیزیم از آب دریا :

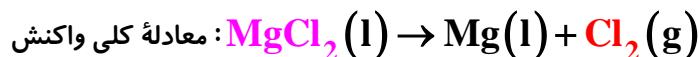
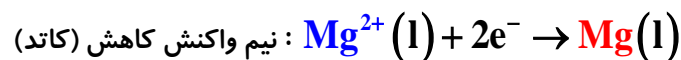
- ✓ علاوه بر سدیم دیگر فلزهای فعال نیز **کاهنده‌های قوی** هستند باید آنها را همانند **سدیم** از **برقکافت نمک مذاب** آنها تهیه کرد.
- ✓ از منیزیم برای تهیه **آلیاژها، شربت معده** و ... استفاده می‌شود. یکی از منابع تهیه این فلز آب دریا می‌باشد. فلز منیزیم را در صنعت از برقکافت **منیزیم کلرید مذاب** تهیه می‌کنند.



- ✓ آب دریا و **یون منیزیم** موجود در آن را با یک **ترکیب هیدروکسیددار** (مثلاً سدیم هیدروکسید) به صورت **رسوب** منیزیم هیدروکسید ($Mg(OH)_2(s)$) در می‌آورند، سپس آن را از **صافی** عبور داده تا ناخالصی‌های آن گرفته شود و بعد آن را با **هیدروکلریک اسید** ($HCl(aq)$) واکنش می‌دهند تا به **منیزیم کلرید** تبدیل شود. این ترکیب را **خشک** و سپس **ذوب** می‌کنند. از برقکافت منیزیم کلرید مذاب دو محصول یعنی فلز **منیزیم مذاب** و **گاز کلر** تهیه می‌شود. گاز کلر جهت تهیه مجدد **هیدروکلریک اسید** استفاده می‌شود و منیزیم مذاب نیز به دلیل داشتن چگالی کمتر بر روی نمک مذاب شناور می‌شود که نهایتاً پس از سرد شدن جداسازی می‌شود.



- ✓ **نکته:** علت **خشک** کردن منیزیم کلرید این است که در صورت برقکافت **محلول** آن بجای منیزیم، گاز **هیدروژن** تولید می‌شود.
- ✓ نیم واکنش‌های آندی و کاتدی در برقکافت منیزیم کلرید مذاب به صورت زیر است :



خوردگی، یک واکنش اکسایش - کاهش ناخواسته :

با سلول‌های گالوانی به عنوان نمونه‌ای از کاربردهای مفید واکنش‌های اکسایش-کاهش آشنا شدیم؛ این در حالی است که پیرامون ما واکنش‌های اکسایش-کاهش زیادی مانند **سیاه شدن وسایل نقره‌ای، فساد مواد خوراکی، زنگ زدن آهن** و ... انجام می‌گیرد که مطلوب ما نیستند و گاهی زیان‌هایی به دنبال دارند.

✓ مفهوم **خوردگی** : به فرایند **ترده** شدن، **خرد** شدن و **فروریختن** فلزها بر اثر واکنش **اکسایش-کاهش** خوردگی گفته می‌شود. **زنگ زدن**



آهن، تیره شده **فقره** و **زنگار سبز** بر سطح **مس** نمونه‌هایی از خوردگی هستند.

خوردگی یک پدیده طبیعی (**خودبخودی**) است و نیازمند وجود **سه** شرط می‌باشد که عبارتند از :

(۱) **رطوبت** (۲) **سطح فلزی** (۳) **یک عامل اکسید کننده** (مانند اکسیژن که به عنوان پذیرنده الکترون عمل می‌کند.)

رفتار فلزات در برابر عوامل خوردگی : فلزات در مبحث خوردگی به **سه** دسته تقسیم می‌شوند :

✓ فلزات **نجیب** : فلزاتی هستند که دچار خوردگی **نمی‌شوند** و عبارتند از : **طلا**، **پلاتین** و **پالادیم**. همچنین این فلزات حتی در

محیط‌های اسیدی نیز با اکسیژن موجود در هوا واکنش نداده و اکسید **نمی‌شوند**. (E° این فلزات **بزرگتر** از E° اکسیژن است.)

✓ فلزات **قارونک** : قارونک حروف اول فلزهای **قلع**، **آلومینیوم**، **روی**، **وانادیم**، **نیکل** و **کروم** می‌باشد. این فلزات در معرض

اکسیژن و رطوبت یک لایه بسیار **نازک**، **چسبنده** و **محافظ** ایجاد می‌کنند که **مانع** خوردگی آنها می‌شود.

✓ **سایر** فلزات : این دسته شامل فلزهایی مانند **آهن** است که در برابر عوامل خوردگی **نمی‌توانند** مقاومت کنند و **خورده** می‌شوند.

خوردگی آهن :

✓ سالانه صدها میلیون تن از فلزهای گوناگون به ویژه **آهن** برای ساختن اسکله نفتی، اسکلت ساختمان، پل، کشتی، لوکوموتیو و راه آهن،

خودرو، هواپیما و... مصرف می‌شود. هنگامی که فلزها در **هوا** قرار می‌گیرند، **اغلب** اکسایش یافته و به شکل **اکسید** در می‌آیند.

✓ در فلزهایی مانند **آهن** با ادامه **اکسایش**، لایه‌ای **ترده** و **شکننده** تشکیل می‌شود که به تدریج **فرو** می‌ریزد. در این حالت می‌گویند فلز

خورده شده است.

✓ از آنجا که آهن **پرمصرف‌ترین** فلز در جهان است، خوردگی آن خسارت‌های هنگفتی به اقتصاد کشورها وارد می‌کند به طوری که سالانه

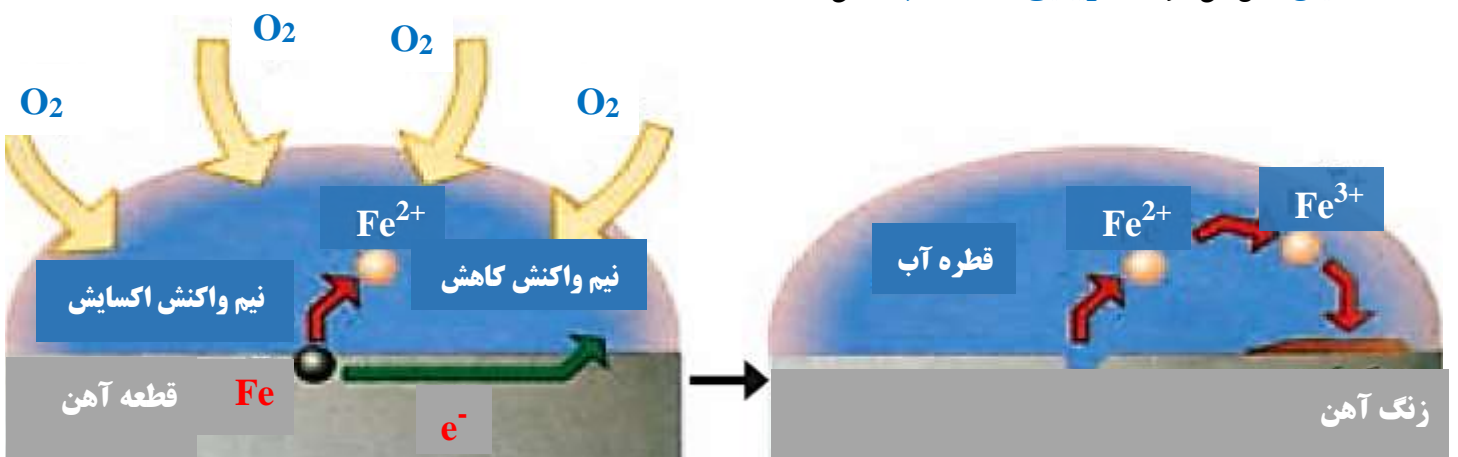
حدود **۲۰** درصد از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورده شده مصرف می‌شود.

پتانسیل کاهش **اغلب** فلزها **منفی** بوده اما پتانسیل کاهش اکسید **مثبت** است. با این توصیف اکسیژن به عنوان عامل **اکسنده** تمایل دارد

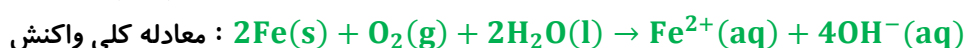
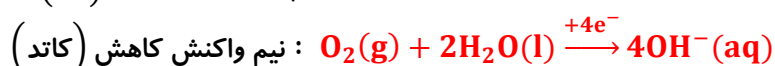
با **گرفتن** الکترون از **اغلب** فلزات، آنها را **اکسید** کند.

هنگامی که وسایل **آهنی** در هوای **مرطوب** قرار گیرند، یک واکنش **اکسایش-کاهش** انجام می‌شود. واکنشی که به طور **طبیعی** (**خودبخودی**)

باعث **اکسایش** آهن می‌شود و از **زیبایی** و **استحکام** آن می‌کاهد.



هنگامی که یک قطعه آهنی در معرض تماس با **قطره آب** باشد شاهد نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش زیر خواهیم بود :



✓ در این فرایند به صورت **طبیعی** یک سلول **گالوانی** تشکیل می‌شود.

✓ این دو نیم واکنش در **دو بخش مختلف** قطعه آهن رخ می‌دهند. نیم واکنش کاتدی (کاهش)، در جایی رخ می‌دهد که **غلظت** اکسیژن **زیاد** باشد؛ این ناحیه **پایگاه کاتدی** نامیده می‌شود.

✓ نیم واکنش **آندی** (اکسایش) نیز در محلی که **غلظت** اکسیژن **کم** است اتفاق می‌افتد؛ این ناحیه **پایگاه آندی** نامیده می‌شود.

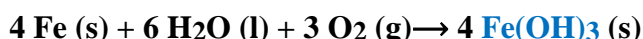
✓ **الکترون‌ها** از میان **فلز** و از سمت پایگاه **آندی** به سمت پایگاه **کاتدی** جریان می‌یابند (رسانای الکترونی - مدار درونی).

✓ در حالی که **یون‌ها** در قطره آب (رسانای **یونی** - مدار **بیرونی**)، جریان یافته و مدار الکتریکی را **کامل** می‌کنند. از اینرو، بدون **آب** مدار یاد شده کامل نیست و زنگ زدن رخ **نمی‌دهد**.

✓ از آنجا که در زنگ آهن، یون‌های **آهن (III)** وجود دارد، **آهن (II)** به **آهن (III)** تبدیل می‌شود. نیم واکنش اکسایش تبدیل (Fe^{2+}) به (Fe^{3+}) به صورت مقابل است:



✓ با جمع تمام واکنش و نیم واکنش‌های بالا می‌توان گفت **واکنش کلی** زنگ زدن آهن به صورت زیر خواهد بود:



✓ فرآورده نهایی خوردگی آهن که همان **زنگ آهن** با ساختار **ترد** و **شکننده** است تولید می‌شود.

✓ فرمول شیمیایی $4Fe(OH)_3$ را به شکل $2(Fe_2O_3 \cdot 3H_2O)$ نیز نشان می‌دهند و با نام **آهن (III) اکسید آب پوشیده** خوانده می‌شود.

✓ فرآیند خوردگی **دو** پیامد در سطح **فلز** به دنبال دارد که عبارتند از:

(۱) **ایجاد و بزرگ شدن** حفره‌ها در سطح آهن، زیرا **فلز آهن** با از دست دادن الکترون و تشکیل یون به صورت **محلول** در می‌آید.

(۲) **ایجاد توده جامد قرمز رنگ** از زنگ آهن زیرا **زنگ آهن** تشکیل شده بر سطح فلز **رسوب** می‌کند.

سوال: چه عواملی خوردگی آهن را تشدید می‌کنند؟

شرایط اولیه برای خوردگی آهن، **اکسیژن** و **رطوبت هوا** می‌باشد اما برخی عوامل می‌توانند سرعت خوردگی آهن را **بیشتر** کنند.

۱- **افزایش** دما، امکان اکسایش آهن را بیشتر می‌کند.

۲- وارد آوردن **فشار** بر روی قطعه آهنی باعث فرو ریختن بهتر ساختار فلزی می‌شود.

۳- اثر **محیط** الکترولیت در فرایند زنگ زدن: مایعاتی مانند **باران‌های اسیدی**، **آب دریا** و **افشانه نمکی** به علت ترکیبات موجود در آنها

نسبت به آب، الکترولیت‌های **قویتری** هستند. الکترولیت به **دو** دلیل فرایند زنگ زدن آهن را بیشتر می‌کند:

✓ رسانایی یونی را **تقویت** می‌کند و به عبارتی مدار الکتریکی را **بهتر** کامل می‌کند.

✓ از **تجمع** یون‌ها در پایگاه‌های آندی و کاتدی و به هم زدن توازن بار **جلوگیری** می‌کند.

به همین دلیل آهن و فلزات دیگر در الکترولیت **قوی** با سرعت **بیشتری** زنگ زده و خورده می‌شوند.

راه‌های جلوگیری از خوردگی آهن: وسایل آهنی در هوای مرطوب دچار خوردگی می‌شوند واکنش ناخواسته‌ای که در شهرهای **بندری** و

ساحلی (به دلیل **رطوبت زیاد** و **املاح بیشتر** در آب) **شدیدتر** است.

۱- ساده‌ترین راه **ایجاد پوشش** محافظ بر روی فلز است تا از رسیدن **رطوبت** و **اکسیژن** به آهن جلوگیری کند؛ **رنگ کردن**، **قیراندود**

کردن یا **روکش دادن** به آهن این روش‌ها به طور کامل از خوردگی **پیشگیری نمی‌کنند** زیرا به تدریج **رطوبت** و **اکسیژن** از روزنه‌های این

پوشش به درون **نفوذ** کرده، به سطح آهن رسیده و خوردگی دوباره آغاز می‌شود.

۲- ساخت **آلیاژهای مقاوم** در برابر خوردگی.

۳- **فداکاری فلزات** برای حفاظت از **آهن**: اگر آهن در تماس با فلزی که پتانسیل کاهشی **منفی‌تری** دارد (مانند **منیزیم** یا **روی**) باشد، این

فلزات برای اکسایش یافتن با آهن رقابت کرده و فلزی که کاهنده‌تر است (**منیزیم** یا **روی**) در این رقابت برنده خواهد شد. این در حالی

است که فلز با E° بزرگ‌تر نقش کاتد را بازی کرده و نسبت به خوردگی **محافظت** می‌شود؛ این فرآیند **حفاظت کاتدی** نام دارد.

از این روش با استفاده از فلز منیزیم برای **حفاظت** بدنه **کشتی‌ها** یا **لوله‌های نفتی** بهره می‌گیرند. باید توجه کرد که با گذشت زمان منیزیم **اکسایش** یافته و **مصرف** می‌شود به همین دلیل باید به صورت دوره ای تکه‌های منیزیم **تعویض** گردند.

بر همین اساس برای جلوگیری از خوردگی فلز، سطح فلز با یک لایه از فلز دیگر پوشانده می‌شود و تا زمانی که این لایه روی سطح قرار دارد لایه فلزی زیرین با محیط ارتباط نداشته و **محافظت** می‌گردد. زمانی که این پوشش آسیب ببیند باز هم چون فلز **روکش**، پتانسیل کاهشی کمتر داشته، **خورده** می‌شود و فلز مادر **محافظت** می‌گردد.

انتخاب فلز روکش برای حفاظت فلزات :

در انتخاب فلز **روکش**، باید فلزی انتخاب گردد که پتانسیل کاهشی آن از فلز مادر، **کمتر** باشد. در این صورت با ایجاد **خراش** روی سطح، فلز **روکش** در رقابت برای اکسایش، برنده است و دچار **خوردگی** می‌گردد.

ص ۵۷ کتاب

با هم ببیند یشیم

(۱) با توجه به نیم واکنش‌های زیر توضیح دهید چرا :



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

زیرا در محیط اسیدی E° برای کاهش اکسیژن $+1/23 \text{ V}$ است اما در محیط خنثی (آبی) E° برای کاهش اکسیژن $+0/40 \text{ V}$ است. یعنی در محیط اسیدی O_2 اکسندتر است. بنابر این قدرت خوردگی آن افزایش می‌یابد.

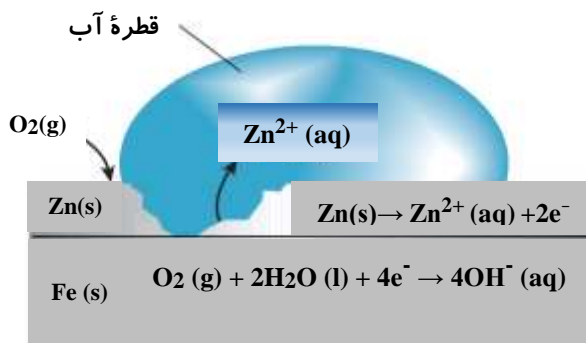
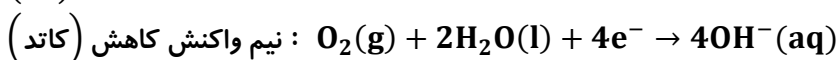
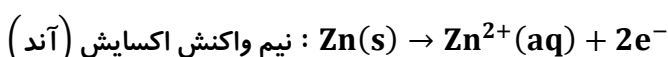
(ب) با گذشت زمان فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان درخشان باقی می‌ماند؟

فلز طلا برای انجام واکنش باید اکسایش یابد. به دیگر سخن در تشکیل یک سلول باید نقش آند داشته باشد، از آنجا که E° طلا از E° اکسیژن، مثبت‌تر است، در مقابل طلا اکسیژن کاهنده‌تر است. چه در محیط اسیدی و چه محیط مرطوب، پتانسیل کاهشی طلا بیشتر از اکسیژن است پس اکسید نمی‌شود.

آهن سفید (آهن گالوانیزه) :



- ✓ در صنعت، **سطح** ورقه‌های آهنی را با روکشی از فلز **روی (Zn)** می‌پوشانند که به آن آهن **گالوانیزه (آهن سفید)** گفته می‌شود.
- ✓ تا زمانی که **خراشی** بر روی ورقه وجود **ندارد**، فلز **روی** مانند یک محافظ **فیزیکی** از آهن در مقابل اکسایش **محافظت** می‌کند. (با این روش آهن با هوای مرطوب ارتباط ندارد).
- ✓ فلز روی (جزو فلزات **قارونگ**)، از فلزاتی است که با تشکیل **لایه اکسید**، از خود و در نتیجه از آهن در برابر زنگ زدن **محافظت** می‌کند.
- ✓ اگر در سطح آهن گالوانیزه **خراشی** ایجاد شود هر دو فلز آهن و روی در معرض **اکسیژن** قرار می‌گیرند و برای اکسایش رقابت می‌کنند. در این رقابت فلز روی **اکسید** شده و آهن محافظت می‌شود.



✓ از آهن **گالوانیزه** برای تولید **تانکر آب**، **کانال کولر** و... استفاده می‌شود.

✓ یون‌های Zn^{2+} و OH^- رسوبی تشکیل می‌دهند که در نهایت به ZnO تبدیل و به صورت لایه چسبناک از ادامه یافتن خوردگی روی نیز جلوگیری می‌کند.

حفاظت آهن با **روکشی** از جنس فلز **قلع** (Sn) : $E^\circ (Fe^{2+}/Fe) = -0/44 V$ ، $E^\circ (Sn^{2+}/Sn) = +0/15 V$

✓ تعریف **حلبی** : ورقه‌ای **آهنی** است که به وسیله لایه نازکی از **قلع** پوشانده شده است.

✓ از حلبی برای ساخت قوطی های **کنسرو** و **روغن نباتی** استفاده می‌شود.

✓ قلع (از دسته فلزات قارونک)، از فلزاتی است که با تشکیل **لایه اکسید** از **خود** و در نتیجه از **آهن** در برابر زنگ زدن **محافظت** می‌کند.

✓ تا زمانی که روی سطح حلبی **خراشی** ایجاد **نشده** است روکش **قلع** از آهن **محافظت** می‌کند اما به محض ایجاد خراش، **قلع** و آهن در

مجاورت **رطوبت** و **اکسیژن** یک سلول گالوانی را تشکیل می‌دهند که در آن آهن نقش **آند** و **قلع** نقش **کاتد** را ایفا می‌کند زیرا E° فلز

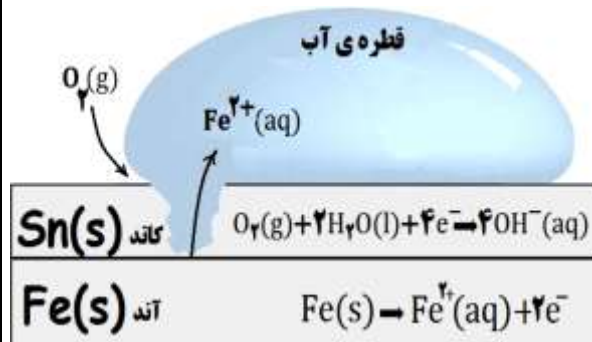
قلع بزرگتر از آهن است. فلز آهن، **اکسایش** یافته و خورده می‌شود و فلز **قلع** در مقابل خوردگی محافظت می‌شود:



✓ الکترون‌های حاصل از این نیم واکنش به سطح Sn منتقل شده و به راحتی در

اختیار O_2 و H_2O قرار می‌گیرند تا نیم واکنش کاتدی رخ دهد و به نوعی

انتقال الکترون و خوردگی آهن توسط قلع **سریع‌تر** اتفاق می‌افتد :



✓ **قوطی هایی از جنس حلبی در اثر خراش زودتر و آسانتر دچار خوردگی می‌شوند.**

سوال : چرا برخلاف حلبی از آهن گالوانیزه نمی‌توان برای ساختن ظروف پسته بندی مواد غذایی استفاده کرد؟

غذاهایی که بسته‌بندی می‌شوند دارای مواد افزودنی و محیط اسیدی بوده، اگر بجای حلبی از آهن گالوانیزه در پوشش و بسته بندی

مواد غذایی استفاده شود به دلیل E° منفی‌تر روی نسبت به اسیدها، این فلز به صورت Zn^{2+} وارد محیط شده و غذا را آلوده می‌کند

به همین دلیل نمی‌توان برای بسته‌بندی مواد غذایی از آهن سفید استفاده کرد.

جمع بندی (روکش دادن آهن با فلزات دیگر) :

	آند (-)	کاتد (+)	نیم واکنش آندی	نیم واکنش کاتدی
آهن گالوانیزه	Zn	Fe	$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$
حلبی	Fe	Sn	$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

آبکاری :

✓ در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره در و... استفاده می‌شود که فلز اصلی سازنده آنها **آهن** یا **مس** است.

✓ خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن **زیبایی** و سیله می‌شود و از سوی دیگر به **سلامتی** بدن آسیب می‌رساند.

✓ به دلیل خوردگی وسایل فلزی، سطح **اغلب** این وسایل فلزی را با فلزاتی مانند **نقره**، **کروم**، **نیکل** و **طلا** می‌پوشانند.

✓ پوشاندن **سطح** یک فلز با لایه **نازکی** از فلزهای **ارزشمند** و **مقاوم** در برابر خوردگی، **آبکاری** نام دارد.

✓ فرایند آبکاری در سلول **الکترولیتی** انجام می‌شود.

آبکاری فلزات می‌تواند به دلایل مختلفی صورت بگیرد که دو مورد از مهمترین آنها عبارتند از :

- (۱) **افزایش مقاومت** در مقابل خوردگی
- (۲) در کارهای تزئینی به منظور **زیبایی**



✓ جسمی که قرار است روکش شود، باید **رسانای** جریان برق بوده و به عنوان قطب **منفی (کاتد)** سلول الکترولیتی درون سلول قرار بگیرد.
 ✓ فلزی که قرار است **توسط آن آبکاری** انجام شود (فلز **روکش**) به قطب **مثبت** باتری (**آند**) متصل می شود تا با عمل **اکسایش** کاتیون های آن در محلول **آزاد** شود.

✓ الکترولیت باید حاوی **کاتیون های فلز روکش** باشد تا هنگام **کاهش** یافتن فلز **روکش** در **کاتد** به شکل **یک لایه** نازک روی جسم مورد نظر **بنشیند**. (مثلاً محلول **نقره نیترات** در آبکاری با فلز **نقره**)

به عنوان مثال می خواهیم قاشقی **فولادی** را با فلز **نقره** آبکاری کنیم :

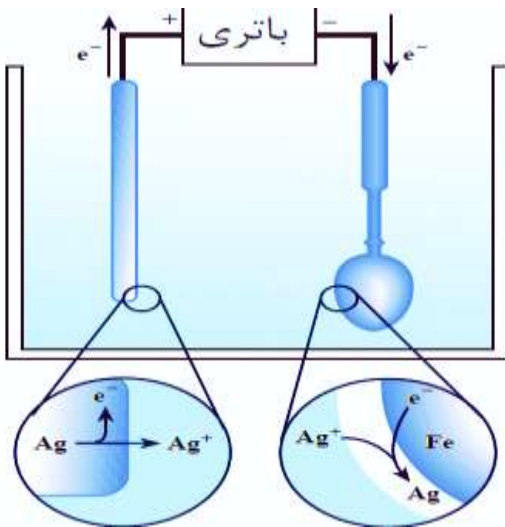
(۱) قطعه **نقره** را به قطب **مثبت** باتری متصل می کنیم تا نقش **آند** را ایفا کرده و **اکسایش** یابد.

(۲) قاشق **فولادی** نیز به قطب **منفی** باتری وصل می شود تا نقش **کاتد** را ایفا کرده و **کاهش** بر روی آن انجام شود.

(۳) $AgNO_3(aq)$ را به عنوان **الکترولیت** را انتخاب می کنیم تا **رسانای یونی** بوده و مدار **کامل** شود.

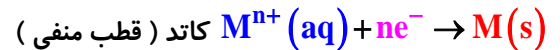
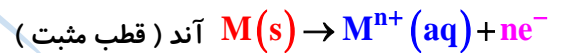
(۴) با تنظیم **ولتاژ** سلول، اتم های نقره ($Ag(s)$) **اکسایش** یافته و به یون های ($Ag^+(aq)$) تبدیل می شوند سپس یون های ($Ag^+(aq)$) در

کاتد **کاهش** یافته و به صورت ($Ag(s)$) بر روی قاشق فولادی **می نشیند**.



✓ غلظت **یون نقره** (Ag^+) در محلول الکترولیت **ثابت** می ماند.

✓ واکنش اکسایش - کاهش برای یک نوع **فلز و کاتیون** آن نوشته می شود.



✓ با توجه به معادله کلی می توان گفت **همان وزنی** از نقره که در **آند اکسایش** می یابد بر روی **کاتد** **می نشیند**.

استخراج آلومینیم با فرایند هال :

✓ **آلومینیم** فلز فعالی است (به دلیل قدرت کاهندگی بالا) که به سرعت در هوا **اکسید** می شود. $E^\circ (Al^{3+}/Al) = -1/66V$

✓ آلومینیم بر خلاف **آهن** خورده نمی شود زیرا این فلز با تشکیل لایه **چسبنده** و **متراکم** Al_2O_3 از ادامه اکسایش جلوگیری می کند به طوری که لایه های **زیرین** برای مدت طولانی **دست نخورده** باقی می ماند و استحکام خود را حفظ می کند. این ویژگی **آلومینیم** سبب شده که از آن در ساخت لوازم **خانگی، هواپیما، کشتی** و ... استفاده کرد.

✓ فلز آلومینیم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است.

✓ آلومینیم به دلیل **فعالیت** شیمیایی و **کاهندگی** بالا در طبیعت به شکل **ترکیب** (کاتیون آلومینیم Al^{3+}) بسیار **پایدارتر** از اتم آن است) یافت می شود. از اینرو تنها می توان آن را از **برقکافت** نمک مذاب آن بدست آورد.

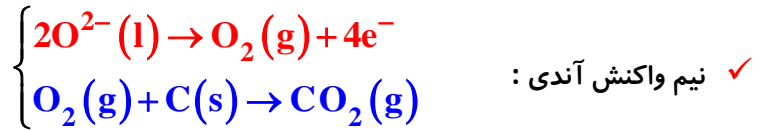
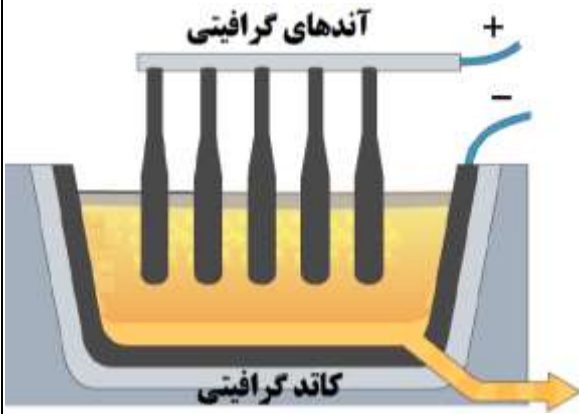
✓ برای تولید آلومینیم در **صنعت** از فرایند **هال** (**رایج ترین** روش استخراج آلومینیم) استفاده می شود به این ترتیب که **سنگ معدن طبیعی** آلومینیم (Al_2O_3) را **مذاب** کرده و آن را **برقکافت** می کنند.

✓ در فرایند هال و در سلول الکترولیتی، با استفاده از جریان **برق** و در کنار **آند** و **کاتد گرافیتی**، آلومینیم به صورت مذاب از **الکترولیت اولیه** جدا می شود.

✓ **کربن** مورد استفاده در این واکنش از الکتروود گرافیتی (آند) تأمین می شود، به همین دلیل پس از مدتی باید این الکتروود را **تعویض** کرد.

✓ **آلومینیوم مذاب** چگالی **بیشتری** نسبت به الکترولیت خود داشته و در زیر **الکترولیت** جمع می شود.

✓ تیغه‌های گرافیتی در بالای دستگاه نقش **آند** را داشته و به قطب **مثبت** باتری متصل هستند.



✓ چون دما بالاست **اکسیژن** آزاد شده **گرافیت** را می‌سوزاند و به **کربن دی‌اکسید** تبدیل می‌کند.

✓ به دلیل سوختن **آند** گرافیتی، میله‌های آندی سلول باید مرتب **تعویض** شوند.

✓ در فرایند هال، جنس **دیواره** و **کف** دستگاه از جنس **گرافیت** بوده و از آنجا که به قطب **منفی** باتری وصل است **کاتد** می‌باشد.



✓ در نهایت واکنش کلی مربوط به فرایند هال به ترتیب مقابل خواهد بود : $2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{l}) + 3\text{C}(\text{s}) \rightarrow 4\text{Al}(\text{l}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$

✓ فرایند هال به علت مصرف **مقدار زیادی** انرژی الکتریکی **هزینه بالایی** را در بردارد، لذا با بازیافت فلز آلومینیوم ضمن افزایش طول عمر یکی از مهم‌ترین منابع **تجدیدناپذیر**، برخی هزینه‌های تولید این فلز را **کاهش** داد. بعنوان نمونه، برای تولید قوطی‌های آلومینیومی از قوطی‌های کهنه فقط به **۷ درصد** از انرژی لازم برای تهیه همان قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

نکته اضافی: آلومینیم اکسید (Al_2O_3) نقطه ذوب بالایی دارد (2045°C)، به همین دلیل آن را در **کریولیت** (Na_3AlF_6) حل می‌کنند تا نقطه ذوب آن پایین بیاید. (960°C)

تمرین‌های دوره ای :

(۱) برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

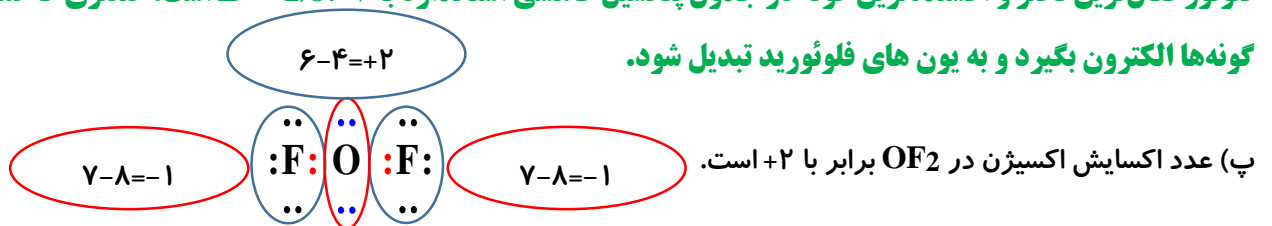
(آ) فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.

پلاتین فلزی با واکنش پذیری کم و $E^\circ = 1/20 \text{ V}$ است که می‌تواند در بدن برای مدت‌های طولانی ویژگی‌های خود را حفظ کند.

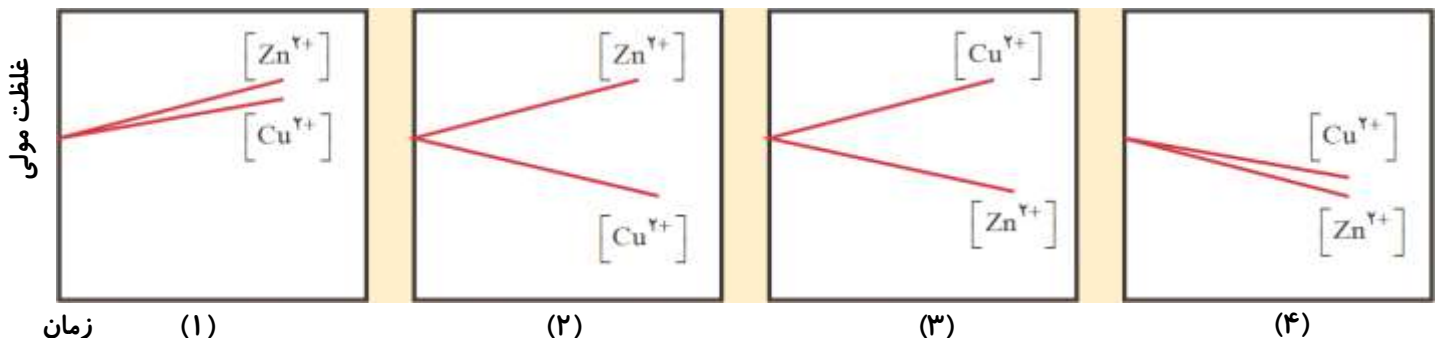
(ب) فلئوئور، اکسنده‌ترین عنصر در جدول دوره‌ای است.

فلوئور فعال‌ترین نافلز و اکسنده‌ترین گونه در جدول پتانسیل کاهش استاندارد با $E^\circ = 2/87 \text{ V}$ است. عنصری که تمایل دارد از دیگر

گونه‌ها الکترون بگیرد و به یون های فلوئورید تبدیل شود.



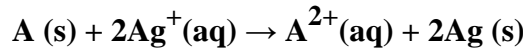
(۲) با مراجعه به جدول ۱ (ص ۴۷ کتاب)، توضیح دهید کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی-مس نشان می‌دهد.



نمودار ۲، زیرا در سلول $\text{Zn} - \text{Cu}$ با گذشت زمان به دلیل اکسایش تیغه روی، $[\text{Zn}^{2+}]$ افزایش یافته در حالی که به دلیل کاهش یون‌های مس، $[\text{Cu}^{2+}]$ کم می‌شود.

۳) emf سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با $1/98V$ است E° نیم سلول A را حساب کرده و با مراجعه به جدول ۱، مشخص کنید A کدام فلز است؟

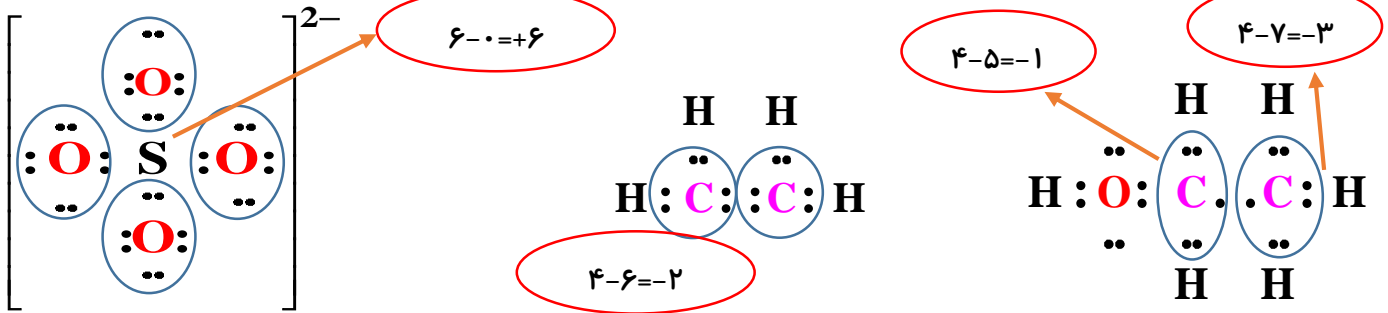
اکسنده کاهنده



$$E^\circ = E^\circ_c - E^\circ_a \Rightarrow 1/98V = 0/8V - E^\circ_a \Rightarrow E^\circ_a = -1/18V$$

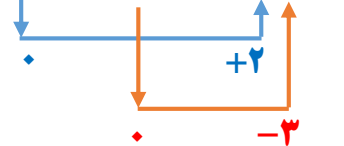
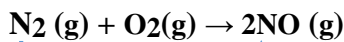
عنصر Mn است.

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

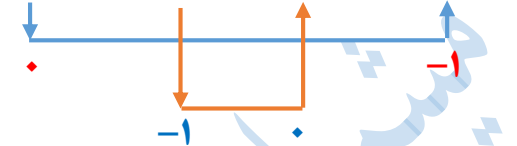
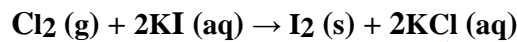


۵) در هر یک از واکنش‌های زیر گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

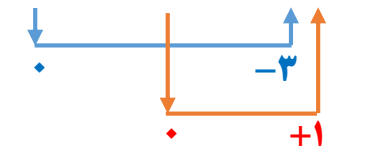
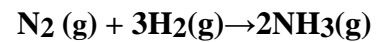
کاهنده اکسنده



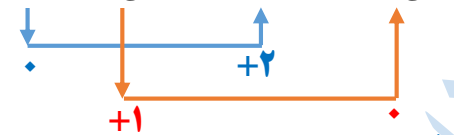
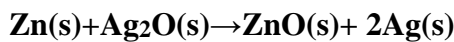
کاهنده اکسنده



کاهنده اکسنده



کاهنده اکسنده



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

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

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

Zn اکسایش یافته از این رو نقش آند دارد در حالی که نقره کاهش یافته و نقش کاتد را دارد.

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

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

آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسنده است؟

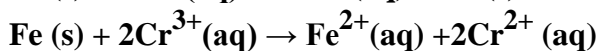
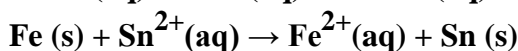
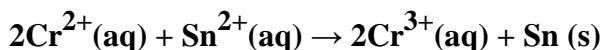
قوی‌ترین اکسنده: $A^+(aq)$ و ضعیف‌ترین اکسنده: $D^{3+}(aq)$

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهنده است؟

قوی‌ترین کاهنده: $D(s)$ و ضعیف‌ترین کاهنده: $A(s)$

پ) کدام گونه (ها) می‌توانند $C^{2+}(aq)$ را اکسید کنند؟ گونه‌هایی می‌توانند $C^{2+}(aq)$ را اکسید کنند که اکسنده‌تر از آن باشند یعنی E° بزرگ‌تر (مثبت‌تری) داشته باشند. بنابراین $B^{2+}(aq)$ و $A^+(aq)$ می‌توانند $C^{2+}(aq)$ را به $C^{3+}(aq)$ اکسید کنند.

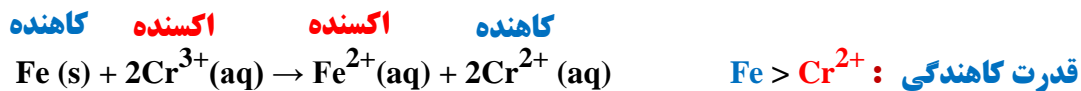
۸) با توجه به واکنش‌های زیر که به طور طبیعی انجام می‌شوند، گونه‌های کاهنده و گونه‌های اکسنده را بر حسب کاهش قدرت مرتب کنید.



از هر واکنش اکسایش-کاهش که به طور طبیعی انجام می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که:

کاهنده ضعیف‌تر + اکسنده ضعیف‌تر \rightarrow کاهنده قوی‌تر + اکسنده قوی‌تر

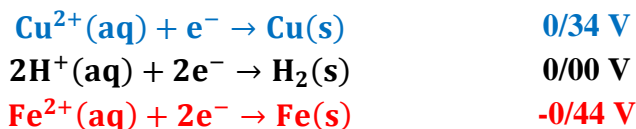




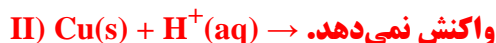
بنابراین ترتیب قدرت کاهندگی به صورت مقابل خواهد بود: Fe > Cr²⁺ > Sn

۹) با توجه به جدول پتانسیل‌های کاهشی استاندارد توضیح دهید محلول هیدروکلریک اسید را در کدام ظرف (مسی یا آهنی) می‌توان نگه

داشت؟ **از جدول (ص ۴۷ کتاب) داریم:**

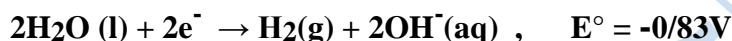
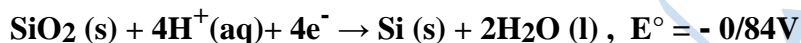


اگر محلول هیدروکلریک اسید در ظرف آهنی یا مسی قرار بگیرد ممکن است واکنش‌های زیر انجام شود:



باتوجه به اینکه E° آهن منفی است واکنش (I) انجام شده و باعث سوراخ شدن ظرف خواهد شد. اما E° مس مثبت است. پس واکنش نمی‌دهد، از این رو ظرف مسی برای نگهداری محلول این اسید مناسب‌تر است.

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



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

پتانسیل کاهشی (E°) کمتر (منفی‌تر) نشان دهنده نیم سلول آند است و در آن نیم واکنش اکسایش انجام می‌شود. و پتانسیل کاهشی (E°) بیشتر (مثبت‌تر) نشان دهنده نیم سلول کاتد است و در آن نیم واکنش کاهش انجام می‌شود.

$$E^{\circ} = E^{\circ}_C - E^{\circ}_a = (-0/83V) - (-0/84V) = +0/01V$$

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

H₂(g) سوختی گران، پراورزی و دوستدار محیط زیست است به همین دلیل تهیه آن ارزشمند است، توجه کنید بازده و سرعت کم واکنش امکان جمع آوری ایمن آن را نیز مهیا می‌کند.

فصل سوم : شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

مباحث عمده فصل : بررسی چهار نوع جامد پلوری از جمله (۱- جامد کووالانسی ۲- جامد مولکولی ۳- جامد یونی ۴- جامد فلزی ، نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی ، مقایسه الماس، گرافیت و گرافن ، شاره‌های مولکولی و یونی ، ویژگی‌ها و کاربردهای تیتانیوم

✓ شیمی دانشی است که به ما کمک می‌کند تا **هوشمندانه** از مواد در خلق آثاری **هنرمندانه، زیبا و ماندگار** بهره ببریم.
 ✓ انسان از دیرباز مواد ضروری برای زندگی خود را از خوان نعمت‌های الهی گسترده شده در جای‌جای زمین تأمین کرده و برای رفع نیاز آنها را **تغییر** داده است.

✓ پژوهش‌ها نشان می‌دهد در تغییر مواد برای رفع نیازهای انسان عوامل زیر نقش داشته‌اند:

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

✓ مواد اولیه ساخت آثار باستانی دارای ویژگی‌های زیر می‌باشند :

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

✓ هرچه عمر آثار به جای مانده **بیشتر** باشد :

۱- استحکام و پایداری مواد اولیه آن **بیشتر** است.

۲- اسرار **هنر، زیبایی و ماندگاری** بیشتری را آشکار می‌سازد.

✓ شیمی‌دان‌ها نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازنده آثار به جامانده را بررسی کردند و با استفاده از دانش شیمی به مواد **جدید** با خواص ویژه و کاربردهای معین دست یافتند.

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

$$\text{درصد جرمی ماده مورد نظر} = \frac{\text{جرم ماده مورد نظر}}{\text{جرم نمونه}} \times 100$$

درصد جرمی **یکان ندارد** بنابراین حتماً نباید جرم مواد بر حسب گرم باشد لذا صورت و مخرج، هر یکای متفاوتی می‌توانند داشته باشند ولی بایستی صورت و مخرج یکای یکسانی از جرم داشته باشند.

خود را بیازمایید صفحه ۶۷ کتاب درسی :

(آ) خاک رس مخلوطی از مواد گوناگون است. جدول زیر درصد جرمی مواد سازنده نوعی خاک رس را نشان می‌دهد که از یک معدن طلا استخراج شده است.

ماده	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	Au و دیگر مواد
درصد جرمی	۴۶/۲۰	۳۷/۷۴	۱۳/۳۲	۱/۲۴	۰/۹۶	۰/۴۴	۰/۱
نام شیمیایی	سیلیس یا سیلیسیم دی‌اکسید	آلومینیم اکسید	آب	سدیم اکسید	آهن (III) اکسید	منیزیم اکسید	طلا و ...

(۱) با توجه به داده‌های جدول به پرسش‌های زیر پاسخ دهید: الف) نام شیمیایی هر یک از مواد موجود در این نوع خاک را بنویسید.

ب) سرخ فام بودن این نوع خاک رس را به وجود کدام ماده نسبت می‌دهید؟ **Fe₂O₃**

پ) پیش‌بینی کنید هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از این نوع خاک رس، از جرم کدام ماده به مقدار بیشتری کاسته می‌شود؟ چرا؟

آب ، زیرا برهم کنش با دیگر ذره‌ها ضعیف‌تر بوده و آسانتر جدا می‌شود.

✓ خاک رس از اولین موادی بوده که بشر برای رفع نیازهای خود از آن استفاده کرده و انواع مختلفی دارد ولی بطور کلی می‌توان گفت

خاک رس مخلوطی از **اکسیدهای فلزی** مانند MgO, Fe₂O₃, Na₂O, Al₂O₃ و اکسید سیلیسیم SiO₂ (**اکسید شبه فلزی**) و آب

(**اکسید نافلزی**) و برخی فلزات مانند **طلا** و ... است.

✓ ترکیب درصد جرمی اجزای خاک رس به ترتیب زیر می‌باشد :

سیلیس < آلومینیم اکسید < آب < سدیم اکسید < آهن (III) اکسید < منیزیم اکسید < طلا و دیگر مواد

✓ آلومینیم در طبیعت به شکل کانی بوکسیت (آلومینیم اکسید به همراه ناخالصی) و آهن به شکل هماتیت (آهن (III) اکسید به همراه ناخالصی) وجود دارند.

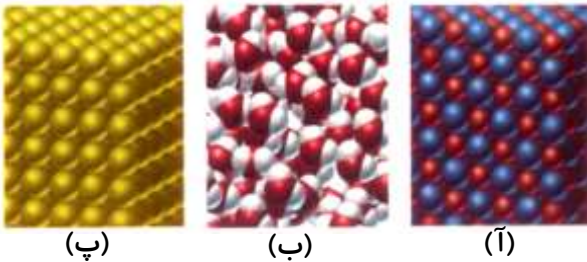
✓ حذف یا اضافه شدن مواد موجود در مخلوط، باعث تغییر درصد این مواد خواهد شد. در صورت حذف یک گونه درصد سایر گونه‌ها زیاد می‌شود و برعکس. فرض کنید بر اثر گرما تمام آب موجود در این مخلوط فوق بخار شده و از مخلوط خارج شود؛ در این صورت درصد هر کدام از گونه‌ها به کمک فرمول زیر یا تشکیل جدول نسبت تناسب بدست می‌آید:

$$A \text{ درصد جدید} = A \text{ درصد قبلی} \times \frac{100}{100 - \text{درصد گونه حذفی}} \Rightarrow \text{مثال: } Al_2O_3 \text{ درصد جدید} = 37/74 \times \frac{100}{100 - 13/32} = 43/54$$

(۲) اگر اجزای این مخلوط نخست جداسازی شده سپس خالص سازی شوند، پیش‌بینی کنید ساختار ذره‌ای هریک از این اجزا در حالت خالص

و جامد (به جز SiO_2) با کدام الگوی زیر همخوانی دارد؟ چرا؟

طلا (و دیگر فلزها) همانند (پ)، آب شکل (ب) و اکسید فلزها (به دلیل وجود کاتیون و آنیون) همانند شکل (آ).



(پ)

(ب)

(آ)

سؤال: در یک نمونه از خاک رس، ۳۰ گرم سیلیس وجود دارد. اگر جرم این نمونه برابر ۷۵ گرم باشد، درصد جرمی سیلیس را در این نمونه حساب کنید.

$$\text{درصد جرمی سیلیس} = \frac{30}{75} \times 100 = 40\%$$

✓ جزء اصلی تشکیل دهنده خاک رس، سیلیس می‌باشد (SiO_2). یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که سیلیس علاوه بر خاک رس یکی از سازندگان اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و نیز شن و ماسه است.

✓ وجود سیلیس باعث استحکام و ماندگاری سازه‌های سنگی و نقشکندهای روی آنها شده است.

تمرین: درصد جرمی نیتروژن در کدام ترکیب، کمتر است؟ (۹۴ تجربی)

(۱) دی نیتروژن مونو اکسید (۲) دی نیتروژن تری اکسید (۳) نیتروژن مونواکسید (۴) نیتروژن دی اکسید ✓

یادآوری (انواع پیوندهای شیمیایی):

(۱) پیوند یونی: نیروی جاذبه الکتروستاتیکی بین یون‌های با بار مخالف که معمولاً بین یک فلز و یک نافلز ایجاد می‌شود.

(۲) پیوند کووالانسی: پیوند بین دو اتم (اغلب بین دو نافلز) که در آن اتم‌های شرکت کننده در پیوند، الکترون‌های ظرفیتی خود را به اشتراک می‌گذارند.

(۳) پیوند فلزی: یون‌های مثبت فلزی درون دریایی از الکترون

مقدمه‌ای بر انواع جامدهای بلوری:

مواد جامد را می‌توان بر اساس شکل قرارگیری ذرات تشکیل دهنده (اتم، مولکول، یا یون) آن‌ها به دو دسته جامدهای بی شکل و جامدهای بلوری تقسیم کرد:

جامدهای بی شکل: در این نوع جامدها، ذره‌های سازنده ماده نظم و الگوی مشخصی ندارند، بلکه به طور تصادفی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. شیشه جزء جامدهای بی شکل به حساب می‌آید.

جامدهای بلوری: ذرات تشکیل دهنده برخی از جامدها در الگوهای منظمی کنارهم قرار می‌گیرند و بلور تشکیل می‌دهند. این جامدها را جامد بلوری می‌نامند. فلزها، نمک‌ها، الماس، سیلیس، یخ و ... جزء جامدهای بلوری هستند.

جامدات بلوری را بر مبنای نوع ذرات سازنده، نحوه اتصال ذرات سازنده به یکدیگر و خواص آن‌ها می‌توان به طور کلی در چهار دسته طبقه‌بندی کرد:

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

✓ جامد یونی: اجزای تشکیل‌دهنده شبکه بلور در این جامدها کاتیون‌ها و آنیون‌ها هستند که با پیوندهای یونی به یکدیگر متصل شده‌اند. مانند نمک طعام (NaCl)، آلومینیم اکسید (Al₂O₃) و ...

✓ جامد مولکولی: مولکول‌ها از طریق اتصال اتم‌ها به یکدیگر و تشکیل پیوند کووالانسی بوجود می‌آیند. اجزای سازنده شبکه بلور در جامدهای مولکولی، مولکول‌های مجزا و جدا از هم هستند. یخ (I₂) و بلور یخ (H₂O(S)) جزء جامدهای مولکولی هستند.

نکته: در جامدهای مولکولی، مجموعه‌هایی به صورت مولکول قابل تشخیص است به طور مثال در یخ ذره‌های سازنده بلور، مولکول‌های بدون بار و مستقل H₂O هستند.

✓ جامد فلزی: این جامدات، آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد هستند که در فضای میان آن‌ها، الکترون‌های ظرفیتی دریای الکترونی ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند.

✓ جامد کووالانسی: هنگامی که شمار بسیار زیادی اتم با پیوندهای کووالانسی به یکدیگر متصل شوند، شبکه غول‌آسایی می‌سازند که به آن جامد کووالانسی می‌گویند. مانند الماس، گرافیت (دگرشکل‌های طبیعی کربن)، سیلیس (SiO₂)، سیلیسیم، سیلیسیم کربید (SiC)

نکته: تفاوت جامدات کووالانسی با جامدات مولکولی در اینست که جامدات مولکولی متشکل از مولکول‌های مجزا از هم هستند که معمولاً هر مولکول از تعداد محدود و کمی اتم تشکیل شده است، در حالی که در جامدات کووالانسی معمولاً کلیه اتم‌های ماده (بعنوان مثال در حد عدد آووگادرو تا اتم) بصورت پیوسته با پیوندهای کووالانسی به همدیگر متصل هستند و در واقع کل یک تکه جامد کووالانسی بصورت یک مولکول غول‌پیکر است که تمام اتم‌ها را شامل می‌شود.

نکته: مواد مولکولی می‌توانند به هر سه حالت فیزیکی جامد (ید)، مایع (آب) و گاز (کلر، اکسیژن و فلئوئور) باشند. اما ترکیب‌های یونی و جامدات کووالانسی در دمای معمولی جامدند. همچنین همه مواد فلزی (به جز جیوه) جامد هستند.

در جدول به نکات کلی این ترکیبات اشاره شده است:

نوع ماده	مثال	نقطه ذوب	هدایت الکتریکی	واحدهای سازنده	نیروهای جاذبه
کووالانسی	الماس، گرافیت، سیلیسیم، گرافن، سیلیس، سیلیسیم کربید	بسیار بالا	اغلب نارسانا	اتم‌ها (به هم پیوسته)	کووالانسی
مولکولی	Ne, H ₂ O, CO ₂	کم	نارسانا یا رسانی بسیار ضعیف	اتم‌ها یا مولکول‌ها	کووالانسی و بین مولکولی
یونی	CsCl, NaCl, ZnS	بالا یا بسیار بالا	در حالت جامد نارسانا	یون‌ها	یونی
فلزی	Fe, Cu, Na	متنوع	رسانا	اتم‌های فلزی	فلزی

نحوه تشخیص نوع جامد:

✓ عناصر فلزی به تنهایی یا با فلزات دیگر (آلیاژها) جامد فلزی ایجاد می‌کنند.

✓ ترکیب یک فلز و نافلز اغلب یونی می‌باشد.

✓ نافلزات گروه ۱۵ تا ۱۷ و H ترکیبات مولکولی ایجاد می‌کنند.

✓ شبه فلزهای بور (B) و سیلیسیم (Si) و نافلز کربن (C) اغلب جامد کووالانسی تشکیل می‌دهند. (مثلاً CO₂ مولکولی است).

سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

✓ **سیلیسیم** (14Si) **شبه فلزی** از گروه ۱۴ و دوره ۳ از خانواده **کربن** می باشد اما **بر خلاف** تصور ساختار Si شبیه C **نوده** و ساختار SiO₂ مانند CO₂ **نیست**.

✓ ترکیبات گوناگون ساخته شده از دو عنصر **سیلیسیم** و **اکسیژن** بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را شامل می شوند.

✓ **سیلیسیم** در طبیعت بیشتر به شکل **سیلیسیم دی اکسید** یا **سیلیس** (SiO₂) یافت می شود. از این رو سیلیس، **فراوان ترین** اکسید در پوسته جامد زمین است.



✓ **کوارتز** از جمله نمونه های **خالص** و **ماسه** از جمله نمونه های **ناخالص** سیلیس است.

✓ **سیلیسیم** پس از **اکسیژن**، **فراوان ترین** عنصر در پوسته جامد زمین است. (رتبه دوم)

✓ **فراوان ترین** عنصر در سیاره زمین، **آهن** و **فراوان ترین** عنصر در پوسته زمین **اکسیژن** است.

✓ **سیلیسیم** از نظر فراوانی در میان عناصر سازنده زمین در رتبه **سوم** و در میان عناصر **پوسته** زمین در رتبه **دوم** قرار دارد.

✓ شکل مقابل ساختار سیلیس را نشان می دهد. با توجه به ساختار آن در می یابیم که

شبکه بلور سیلیس شامل تعداد بسیار زیادی از اتم های اکسیژن و سیلیسیم است.

✓ هر اتم سیلیسیم به **چهار** اتم اکسیژن و هر اتم اکسیژن به **دو** اتم سیلیسیم متصل است.

✓ **سیلیس** (SiO₂) از حلقه های **شش ضلعی** تشکیل شده به نحوی که هر اتم سیلیسیم

در رأس و اتم های اکسیژن در **وسط** ضلع قرار می گیرند بنابراین **۱۲** پیوند

کووالانسی Si-O در حلقه وجود دارد. (این حلقه ها مسطح **نیستند**).

✓ در ساختار سیلیس مانند ساختار **تمام** جامدات کووالانسی مولکول های مجزا وجود **ندارد** بلکه شبکه ای **غول آسا** از اتم ها با پیوندهای

کووالانسی **Si-O-Si** به هم متصل هستند که شبکه ای **سه بعدی** را ایجاد کرده اند.

✓ پخته شدن نان سنگک بر روی دانه های درشت سنگ را می توان نشانه ای از **مقاومت گرمایی** سیلیس دانست.

✓ سیلیس، **سخت** و **دیرگداز** بوده و نقطه ذوب و جوش **بالایی** دارد.

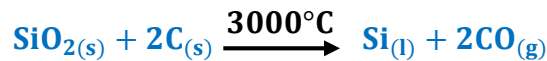
✓ سیلیس خالص به دلیل داشتن **خواص نوری** ویژه در ساخت **منشورها** و **عدسی ها** بکار می رود:

✓ به دلیل **بیشتر** بودن آنتالپی پیوند **Si-O** از آنتالپی پیوند **Si-Si**، سیلیسیم در طبیعت به حالت آزاد (سیلیسیم خالص) یافت **نمی شود** و

عمدتاً به صورت سیلیس (که پایدارتر از سیلیسیم است) وجود دارد. (**طول پیوند Si-Si از طول پیوند Si-O بیشتر است**).

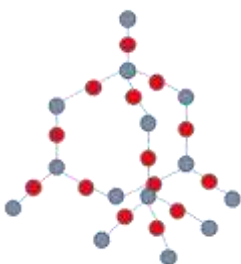
✓ موادی مانند **سیلیس** در دما و فشار اتاق به حالت **جامد** هستند، از این رو را با نام **جامد کووالانسی** نیز می خوانند.

✓ از کاهش سیلیسیم به وسیله **کربن** مطابق واکنش زیر **سیلیسیم مایع** تهیه می شود که عنصر اصلی سازنده **سلول های خورشیدی** است.



با هم بیندیشیم صفحه ۶۸ کتاب درسی :

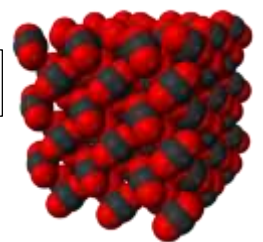
۱- با توجه به شکل های زیر به پرسش های داده شده پاسخ دهید.



SiO₂(s)



CO₂(s)



CO₂(g)

آ) از شیمی ۱ به یاد دارید که مواد مولکولی در ساختار خود مولکول‌های مجزا دارند. کدام ماده جزو مواد مولکولی است؟ CO_2

ب) ماده کووالانسی مجموعه‌ای از اتم‌های بسیاری است که با هم پیوندهای اشتراکی دارند. کدام ماده، کووالانسی است؟ SiO_2

۲) پیش بینی کنید کدام ماده :

آ) سخت‌تر است؟ چرا؟ SiO_2 زیرا وجود و گستردگی پیوندهای اشتراکی در سرتاسر ساختار آن، ایجاد خراش (جابه‌جایی یا جدا کردن اتم از سطح) آن بسیار دشوار است.

ب) نقطه ذوب پایین‌تری دارد؟ چرا؟ CO_2 ، زیرا در ساختار آن میان مولکول‌های مجزا برهمکنش‌های ضعیف و اندروالسی وجود دارد که از پیوندهای اشتراکی ضعیف‌تر بوده و با صرف انرژی کمتری می‌توان مولکول‌ها را از یکدیگر دور کرد.

مقایسه CO_2 و SiO_2 :

✓ کربن دی‌اکسید به صورت مولکول‌های مجزای CO_2 در طبیعت دیده می‌شود در حالی که ساختار سیلیس مانند CO_2 نیست، و سیلیس یک جامد کووالانسی با چینش سه بعدی اتم‌هاست.

✓ CO_2 در دما و فشار اتاق به صورت گاز است و با کاهش دما تا $-78/5$ درجه سانتی‌گراد تبدیل به یخ خشک می‌شود. اما در سیلیس اتم‌های Si و O با پیوندهای اشتراکی بسیار، یک ساختار به هم پیوسته و غول‌آسا را تشکیل داده که سبب سختی بالا و دیرگدازتر شدن آن نیز می‌شود.

✓ SiO_2 در آب نامحلول اما CO_2 در آب حل می‌شود.

✓ یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که عنصرهای اصلی سازنده جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم هستند، دو عنصری که از آنها تاکنون یون تک‌اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است، زیرا اتم‌های Si¹⁴ و C⁶ با تشکیل پیوندهای اشتراکی به آرایش الکترونی هشت‌تایی می‌رسند.

✓ از جامدات کووالانسی می‌توان به سیلیس، الماس، گرافیت، سیلیسیم و سیلیسیم کرید و ... اشاره کرد.

✓ ترکیباتی مانند کربن دی‌اکسید و آب مواد مولکولی به شمار می‌روند زیرا ذره‌های سازنده آنها مولکول‌های مجزا هستند. در این دسته از مواد نیروهای بین مولکولی از نوع واندروالسی یا پیوند هیدروژنی می‌باشد.

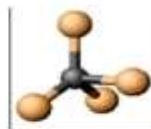
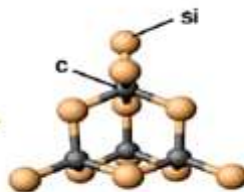
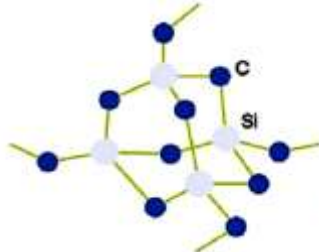
سیلیسیم کرید (SiC) :

✓ یک ساینده ارزان است که در تهیه سنباده‌ها کاربرد دارد. این ماده نیز جزو جامدات کووالانسی است. با توجه به اینکه در ساختار

سیلیسیم پیوندهای Si-Si و در ساختار سیلیسیم کرید پیوندهای Si-C وجود دارد، می‌توان نتیجه گرفت به دلیل کوچک‌تر بودن اتم

C از اتم Si طول پیوند Si-C از پیوند Si-Si کوتاه‌تر بوده اما آنتالپی پیوند آن بیشتر است؛ بنابراین می‌توان سختی و دمای ذوب و

جوش بالاتری را برای آن در نظر گرفت.



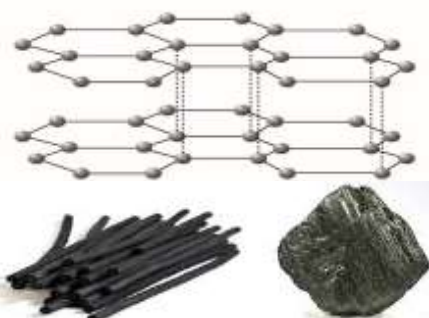
ویژگی‌های گرافیت :

✓ گرافیت خالص تیره رنگ بوده و از دگرشکل‌های طبیعی کربن است.

✓ گرافیت دارای ساختاری لایه‌ای است.

شامل تعداد بسیار زیادی اتم کربن که در هر لایه هر اتم کربن با سه اتم کربن دیگر توسط

چهار پیوند کووالانسی C-C که یکی از پیوندها دوگانه است متصل شده است.



- ✓ پیوندهای کووالانسی بین اتم‌های کربن در هر **صفحه**، **بسیار قوی** هستند از این رو هر صفحه را می‌توان یک مولکول **غول آسای** ورقه‌ای در نظر گرفت.
- ✓ گرافیت به دلیل داشتن **الکترون‌های نامستقر** (تک الکترونی که در تشکیل پیوند ساده شرکت نمی‌کند) همانند فلزها رسانای جریان برق است. در واقع پیوند **دوگانه** می‌تواند جابه‌جا شود و این جابجایی الکترون‌ها دلیل رسانایی الکتریکی گرافیت است.
- ✓ هر لایه با نیروی ضعیف **واندروالسی** به لایه دیگر متصل است، به همین دلیل لایه‌های گرافیت به راحتی روی هم می‌لغزند. (دلیل نرمی گرافیت و استفاده از آن در مغز مداد)
- ✓ در گرافیت اتم‌های کربن، شش ضلعی‌های پیوسته‌ای شبیه به یک **لانه زنبور** تشکیل می‌دهند که در یک سطح (صفحه) گسترده شده‌اند.
- ✓ بین لایه‌های گرافیت فضاهای خالی وجود دارد که سبب **کاهش چگالی** آن می‌شود. (چگالی گرافیت: $2/27$ گرم بر سانتی متر مکعب)
- ✓ لایه‌های شش ضلعی ساخته شده از کربن با قرار گرفتن روی هم، حجمی را تشکیل می‌دهند که به آن **گرافیت** می‌گوییم.
- ✓ **طول** پیوند کربن-کربن در گرافیت **کوتاه‌تر** و آنتالپی پیوند در آن **بیشتر** است.
- ✓ **گرافیت** نسبت به الماس پایداری **بیشتری** دارد.
- ✓ **گرافیت** یک جامد کووالانسی **دو بعدی** است.

ویژگی الماس:



- ✓ الماس خالص **شفاف** بوده و از دگرشکل‌های طبیعی **کربن** است.
- ✓ الماس یک جامد کووالانسی **سه بعدی** است.
- ✓ الماس هدایت الکتریکی **ندارد** اما هادی **جریان گرما** است.
- ✓ طول پیوند کربن-کربن در الماس **بلندتر** و آنتالپی پیوند در آن **کمتر** است.
- ✓ شامل شمار بسیار زیادی از اتم‌های کربن با پیوندهای کووالانسی C-C بوده و هر اتم کربن به **4** اتم کربن دیگر متصل شده و ساختاری **به هم پیوسته** و **غول آسا** پدید می‌آورد، به همین دلیل **سختی** بسیار **بالایی** دارد.
- ✓ الماس **سخت‌ترین** ماده موجود در طبیعت است.
- ✓ به دلیل سختی زیاد در ساخت **منه‌ها** و ابزار **برش شیشه** استفاده می‌شود.
- ✓ در ساختار الماس اتم‌های کربن به صورت **متراکم** و **فشرده** در کنار هم باعث افزایش **چگالی** ($3/51$ گرم بر سانتیمتر مکعب) می‌شوند.

مقایسه ساختار گرافیت و الماس:

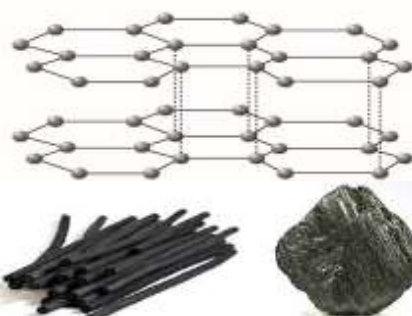
در مقابل ساختار **لایه‌ای** گرافیت، الماس دارای یک ساختار **شبکه‌ای** است. در گرافیت پیوندهای اتمی تنها در **یک صفحه** برقرار می‌شود، در حالی که در ساختار **الماس** این پیوندها به صورت شبکه‌ای **سه بعدی** فضا را پر می‌کنند. در ساختار گرافیت هر اتم کربن با سه اتم کربن دیگر پیوند کووالانسی ایجاد می‌کند، در حالی که در ساختار الماس هر اتم کربن با چهار اتم کربن دیگر پیوند کووالانسی برقرار می‌نماید.

خود را بیازماید صفحه ۶۹ کتاب درسی:

گرافیت و الماس از جمله دگرشکل‌های طبیعی کربن بوده که جزو جامدهای کووالانسی هستند. با توجه به ساختارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(۱)



(۲)

آ) کدام ساختار، جامد کووالانسی با چینش دو بُعدی اتم ها و کدام یک، جامد کووالانسی با چینش سه بُعدی اتم ها را نشان می دهد؟

(۲) چینش دو بُعدی و (۱) چینش سه بُعدی اتم ها را نشان می دهد.

ب) با توجه به اینکه گرافیت موجود در مغز مداد بر روی کاغذ اثر به جا می گذارد، کدام ساختار با این ویژگی همخوانی دارد؟ توضیح دهید.

ساختار (۲) زیرا ساختار لایه ای دارد و بین لایه ها نیروهای ضعیف وجود دارد که هنگام نوشتن لایه هایی از آن بر سطح کاغذ می نشیند.

پ) چرا در ساخت مته ها و ابزار برش شیشه از الماس استفاده می شود؟

الماس جامد کووالانسی سه بُعدی است که در سرتاسر ساختار آن اتم های کربن با پیوند اشتراکی به هم متصلند، این ساختار سخت

برای برش شیشه مناسب است.

ت) کدام چگالی $3/51$ یا $2/27$ گرم بر سانتی متر مکعب را به گرافیت می توان نسبت داد؟ چرا؟

$2/27$ زیرا تراکم اتم های کربن در ساختار آن کمتر و فضای خالی بین لایه های آن زیاد است.

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

۲) باتوجه به جدول زیر به پرسش ها پاسخ دهید:

آ) اگر سیلیسیم خالص ساختاری همانند الماس داشته باشد، پیش بینی کنید نقطه ذوب الماس بالاتر است یا سیلیسیم؟ چرا؟

سیلیسیم همانند الماس یک جامد کووالانسی سه بُعدی است با این تفاوت که طول پیوند Si-Si از C-C در الماس بلندتر و میانگین

آنتالپی آن کمتر است، از این رو هنگام ایجاد خراش در سطح آن اتم ها آسان تر جابجا یا جدا می شوند.

ب) اگر آنتالپی پیوند Si-O بیشتر از پیوند Si-Si و ساختار $\text{SiO}_2(\text{s})$ و $\text{Si}(\text{s})$ مشابه باشد، توضیح دهید چرا سیلیسیم در طبیعت به حالت

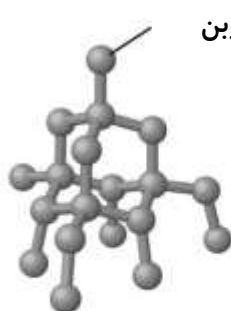
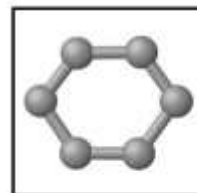
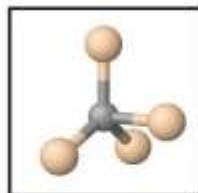
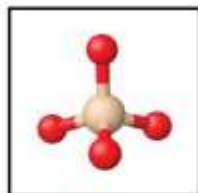
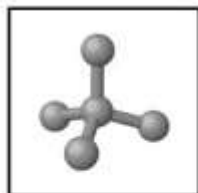
خالص یافت نشده و به طور عمده به شکل سیلیس یافت می شود؟

سیلیس و سیلیسیم هر دو جامد کووالانسی هستند. اما پیوندهای قوی تر Si-O در ساختار سیلیس سبب می شود که این ماده پایداری

بیشتری از سیلیسیم داشته باشد و در طبیعت به میزان بیشتری یافت شود.

سیلیسیم > سیلیسیم کرید > الماس: نقطه ذوب و جوش $\Rightarrow \text{Si-Si} > \text{Si-C} > \text{C-C}$: آنتالپی پیوند

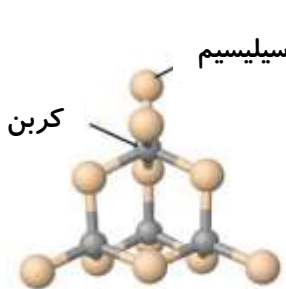
ساختار ۴ جامد کووالانسی:



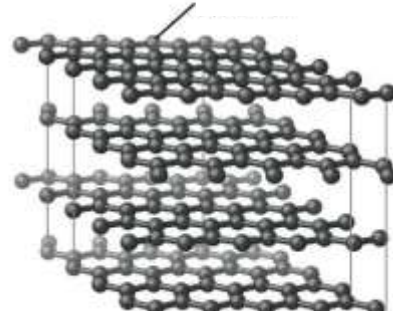
الماس



سیلیس



سیلیسیم کرید



گرافیت

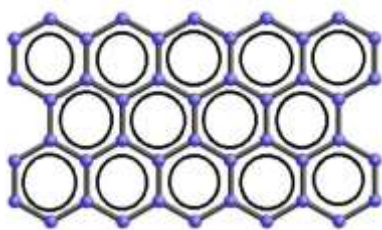
گرافن، گونه ای به ضخامت یک اتم:

✓ گرافن **تک لایه ای** از گرافیت است که در آن اتم های کربن با پیوند اشتراکی حلقه های شش گوشه (لانه زنبوری) تشکیل داده اند.

✓ گرافن ساختاری **دو بُعدی** با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام **ویژه ای** دارد به طوری که مقاومت کششی آن حدود **۱۰۰** برابر

فولاد است.

✓ از آنجا که **ضخامت** گرافن به اندازه **یک اتم** کربن است می توان آن را یک گونه شیمیایی **دوبعدی** دانست و انتظار می رود **شفاف** و **انعطاف پذیر** باشد.



✓ گرافن ، **محکم**، **سخت** و **بسیار سبک** است.

✓ گرافن مانند گرافیت **رسانای** جریان الکتریسیته است.

روش تهیه گرافن:

یک روش ساده برای تهیه گرافن استفاده از **نوار چسب نازک** برای جدا کردن لایه هایی از آن است.

۱. در این روش، نخست مقداری **گرد گرافیت** را بین دو تکه نوار چسب فشار می دهند. سپس یکی از نوار چسب ها را جدا می کنند به این ترتیب لایه هایی از گرافیت روی سطح چسبیده نوار چسب قرار می گیرد.

۲. در ادامه این نوار چسب را با سطح چسبیده نوار چسب سوم چسبانده و فشار می دهند و از هم جدا می کنند تا لایه نازک تری از گرافیت روی نوار چسب سوم باقی بماند.

۳. با ادامه این کار لایه ای به ضخامت نانومتر در برخی قسمت های نوار چسب باقی می ماند که همان **گرافن** است.

۴. چون گرافن از گرافیت بدست می آید پس هر اتم کربن به سه اتم کربن دیگر متصل است (۱ پیوند دوگانه و ۲ پیوند یگانه کربن کربن).

ویژگی های جامدات کووالانسی :

از آنجایی که پیوندهای **کووالانسی**، قوی هستند پس :

✓ دمای **ذوب** و **جوش** جامدات کووالانسی **بالا** است.

✓ معمولاً در حلال ها حل **نمی شوند**، چرا که برهم کنش های حلال - حل شونده معمولاً **نمی توانند** انرژی مورد نیاز برای شکسته شدن پیوندهای کووالانسی قوی در جامد کووالانسی را تأمین نمایند.

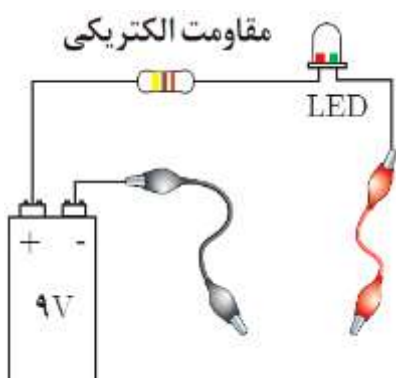
✓ معمولاً رسانای خوب **گرم** هستند. به علت اتصال اتم ها با پیوندهای کووالانسی قوی گرمای یک اتم براحتی و به سرعت به اتم های دیگر منتقل می شود. از این رو گرما به راحتی از یک سر جامد به سر دیگر آن منتقل می شود.

✓ بجز **گرافیت** رسانایی الکتریکی ندارند و رسانای برق **نیستند**.

✓ جامدات کووالانسی معمولاً **سخت**، **ترد** و **شکننده اند**. این جامدات معمولاً تحمل ضربه بالایی دارند، اما انعطاف پذیر **نیستند** و در صورت اعمال یک ضربه سنگین تر از حد تحمل آنها معمولاً تغییر شکل نمی دهند و از هم پاشیده شده و **خرد** می شوند.

✓ به دلیل تعداد زیاد پیوندهای یک اتم **چگالی** بالایی دارند.

کاوش کنید: درباره «رسانایی الکتریکی گرافن» کاوش کنید. (صفحه ۷۱ کتاب درسی)



وسایل و مواد مورد نیاز: لامپ LED، باتری ۹ ولتی، سیم، سوکت، مقاومت ۳۳۰ اهمی، مداد و کاغذ.

۱- مداری مطابق شکل روبه رو بسازید.

۲- با یک مداد نرم، چهار گوشه ای ضخیم و تیره روی کاغذ بکشید، به طوری که حدود ۳ تا ۴

سانتی متر طول و حدود ۱/۵ سانتی متر عرض داشته باشد، سپس مستطیل را با مداد به طور کامل سیاه کنید.

۳- نوک فلزی دو سیم رابط را با مستطیل گرافیتی که ضخامتی در حدود چند نانومتر دارد تماس دهید سپس به لامپ نگاه کنید، چه رخ می دهد؟ **لامپ روشن می شود.**

۴- دو نقطه اتصال را به هم نزدیک یا از هم دور کنید، چه تغییری در شدت روشنایی لامپ پدید می آید؟

هر چه دو نقطه اتصال بهم نزدیک تر باشد، شدت روشنایی لامپ بیشتر می شود، چون مقاومت کمتری در مسیر جریان الکتریکی وجود دارد.

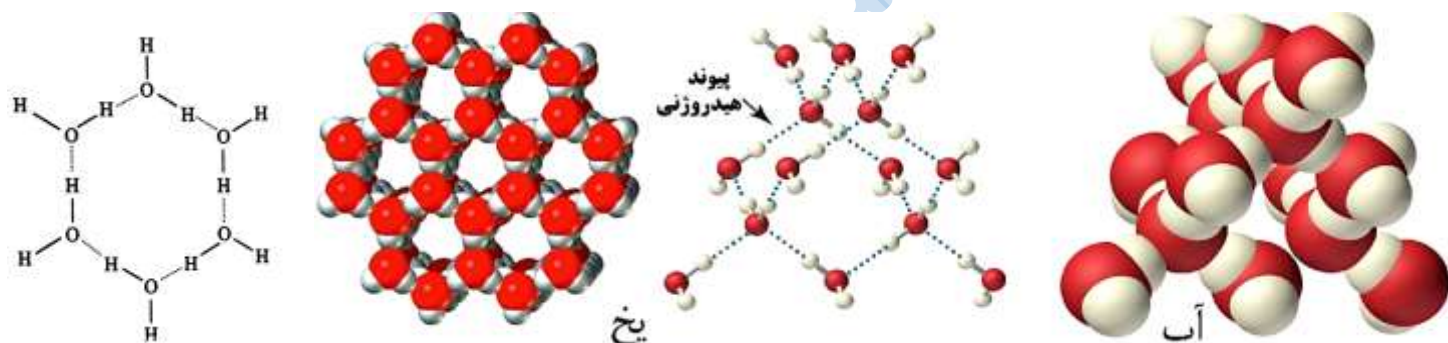
شکل هندسی اطراف هر کربن	تعداد اتم متصل به هر کربن	رسانایی الکتریکی	شفافیت	چگالی g.cm^{-3}	سختی	چینش اتمها	ماده
	۴	نارسانا	شفاف	۳/۵۱	سخت	سه بعدی	الماس
	۳	رسانا	تیره	۲/۲۷	نرم	دو بعدی (چندلایه)	گرافیت
	۳	رسانا	شفاف	کم	مستحکم و انعطاف پذیر	دو بعدی (تک لایه)	گرافن

سازه‌های یخی، زیبا با ظاهری سخت اما زودگذار

✓ **آب**: این ترکیب در حالت جامد (یخ) جزو **جامدات مولکولی** به شمار می‌آید.

✓ ظاهر **یخ** شبیه سیلیس خالص و تراش خورده، **شفاف** است. در این حالت فیزیکی، مولکول‌های H_2O در یک آرایش **منظم و سه بعدی** با تشکیل حلقه‌های **شش گوشه**، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با **استحکام ویژه** پدید می‌آورند.

✓ در ساختار **یخ** هر اتم اکسیژن به **دو** اتم هیدروژن با پیوند **کووالانسی** (اشتراکی) و به **دو** اتم هیدروژن از مولکول دیگر با پیوندهای **هیدروژنی** متصل است؛ در حالی که در **سیلیس** همهٔ اتم‌ها با پیوند **کووالانسی** (اشتراکی) به یکدیگر متصل شده‌اند.



✓ در اطراف هر مولکول H_2O در یخ، ۴ مولکول آب دیگر با توجه به شکل وجود دارند که به وسیله پیوندهای هیدروژنی به آن متصل شده‌اند.

✓ در **رأس** هر شش ضلعی اتم‌های **O** و در **وسط** اضلاع اتم **H** وجود دارند.

✓ هر حلقه دارای **شش** پیوند کووالانسی و **شش** پیوند هیدروژنی می‌باشد.

✓ دانه‌های برف یک سازهٔ یخی **طبیعی** است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های **شش گوشه** است.

ویژگی‌های جامدات مولکولی:

✓ مواد مولکولی در ساختار خود، مولکول‌های **مجزا** دارند و در حالت جامد به **جامدات مولکولی** معروف‌اند.

✓ در ساختار یک جامد مولکولی، میان شمار **معینی** از اتم‌ها پیوندهای اشتراکی وجود دارد و بین مولکول‌ها نیروهای **ضعیف** بین مولکولی وجود دارد، به همین دلیل چنین موادی دمای ذوب **پایینی** دارند.

✓ **اغلب** ترکیب‌های آلی جزو مواد **مولکولی** هستند بجز **گرافیت و صابون**.

✓ این مواد **معمولاً** رساناهای خوبی برای گرما **نیستند**.

✓ عناصر تشکیل دهنده در ترکیبات مولکولی، انواع عناصر **غیر فلزی** و اتم‌های **هیدروژن** هستند.

✓ مولکول‌های این دسته از مواد با نیروی **بین مولکولی** به هم دیگر متصل می‌شوند.

✓ با **افزایش** اندازهٔ مولکول‌ها، نیروهای بین مولکولی **قوی‌تر** می‌شوند و دمای ذوب و جوش **افزایش** می‌یابد.

- ✓ **قطبیت** مولکول و قابلیت تشکیل پیوند **هیدروژنی** باعث **افزایش** قدرت نیروهای بین مولکولی و دمای **ذوب** و **جوش** ماده مولکولی می‌شود.
- ✓ ترکیبات مولکولی می‌توانند در **سه** حالت ماده یعنی **جامد** (مانند ساکارز)، **مایع** (مانند آب) و **گاز** (مانند کربن دی‌اکسید و متان) وجود داشته باشند.
- ✓ مواد مولکولی در مقایسه با دیگر مواد (یونی، کووالانسی و فلزی) معمولاً دمای ذوب و جوش بسیار **پایین‌تری** دارند. مثلاً ماده مولکولی آب در **صفر** درجه سانتیگراد ذوب می‌شود، در حالی که ماده یونی سدیم کلرید در حدود **۸۰۰** درجه سانتیگراد ذوب می‌شود.
- ✓ مواد مولکولی را معمولاً می‌توان بر راحتی در حلال‌های مناسب **حل** کرد. مثلاً اتانول بخوبی در حلال آب و ید بخوبی در حلال تتراکلرید کربن حل می‌شود. مواد مولکولی قطبی در حلال‌های قطبی و مواد مولکولی غیرقطبی در حلال‌های غیرقطبی بخوبی حل می‌شود که این مطلب بصورت «**قاعده مشابه در مشابه حل می‌شود**» نیز بیان می‌گردد.
- ✓ جامدات مولکولی بعلت برهم کنش‌های **ضعیف** بین ذرات سازنده در مقایسه با دیگر جامدات تحت اثر ضربه **راحت‌تر** از هم می‌پاشند.
- ✓ برای ذوب کردن ماده مولکولی مثل یخ کافی است که بر نیروهای بین مولکولی ضعیف که همان پیوند هیدروژنی است غلبه کنیم اما برای ذوب کردن جامدات کووالانسی باید بر تمام پیوندهای بسیار قدرتمند کووالانسی غلبه کنیم بنابراین نقطه ذوب تمام ترکیبات کووالانسی از نقطه ذوب تمام ترکیبات مولکولی بیشتر است.
- ✓ مولکول‌ها واحدهای سازنده مواد مولکولی هستند، واحدهای **مجزا** و **مستقل** که شامل **دو** یا **چند** اتم با پیوند **اشتراکی** بوده و نقش تعیین کننده در **خواص** و **رفتار** این مواد دارند.
- ✓ رفتار **فیزیکی** مواد مولکولی به **نوع** و **قدرت** نیروهای بین مولکولی وابسته است. به عنوان مثال آنتالپی تبخیر و نقطه جوش یک ترکیب مولکولی در حالت مایع به **نیروهای بین مولکولی** وابسته است.
- ✓ رفتار **شیمیایی** مواد مولکولی به طور عمده به **پیوندهای اشتراکی** (جفت الکترون‌های پیوندی) و **جفت الکترون‌های ناپیوندی** موجود در مولکول وابسته است.

خود را بیازمایید صفحه ۷۲ کتاب درسی :

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

در ساختار یک جامد (**کووالانسی** / مولکولی) ، میان (**همه** / شمار معینی) از اتم‌ها پیوندهای اشتراکی وجود دارد به همین دلیل چنین موادی نقطه ذوب (**بالایی** / پایینی) دارند و دیرگداز هستند.

۲- واژه‌های شیمیایی رایج مانند ماده مولکولی، فرمول مولکولی و نیروهای بین مولکولی را برای توصیف کدام مواد زیر می‌توان به کار برد؟
 چرا؟
 $C_6H_{14}(l)$, $SiO_2(s)$, $NaCl(s)$, $HF(g)$, $Cl_2(g)$, $C(s)$ (گرافیت)

متن پرشی نشان می‌دهد که برای توصیف مواد مولکولی از واژه‌های رایج فرمول مولکولی و نیروهای بین مولکولی بهره برد، از این رو موادی مانند $HF(g)$, $Cl_2(g)$ و $C_6H_{14}(l)$ با این واژه‌ها توصیف می‌شوند.

رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها :

- ✓ ساختار لوئیس، الکترون‌های **ظرفیت** اتم‌های سازنده یک گونه شیمیایی را طوری نشان می‌دهد که هر اتم بر اساس توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی از قاعده **هشتایی** پیروی می‌کند (بجز اتم **هیدروژن** که تنها یک جفت الکترون **پیوندی** یا یک پیوند **اشتراکی** (کووالانسی) پیرامون آن نمایش داده می‌شود. **توزیع** این جفت الکترون‌ها در هر مولکول نقش مهمی در تعیین **رفتار** آن به ویژه در **میدان الکتریکی** دارد.
- ✓ **یادآوری** : در کتاب یازدهم در بخش رادیکال‌های آزاد داشتیم که در مولکول‌های **NO** و **NO₂** اتم نیتروژن به **هفت تایی** می‌رسد و لزوماً همیشه هشت تایی نداریم.

✓ مواد از نظر قطبیت به دو دسته **قطبی** و **ناقطبی** تقسیم می‌شوند.

✓ گونه‌های **قطبی** گشتاور دو قطبی **بزرگتر** از **صفر** دارند ، در حضور میدان الکتریکی جهت‌گیری **می‌کنند** و توزیع الکترون‌ها در آنها **نامتقارن** است.

✓ در گونه‌های **ناقطبی** (غیرقطبی) گشتاور دو قطبی **برابر** یا در حدود **صفر** است ، در حضور میدان الکتریکی جهت‌گیری **نمی‌کنند** و توزیع الکترون‌ها در آن‌ها **متقارن** است.

			جور هسته	←	O ₂	←	ناقطبی
			ناجور هسته	←	HF	←	قطبی
			ABE	←	SCO	←	قطبی
			AB ₂	←	متقارن	←	ناقطبی
				←	نامتقارن	←	قطبی
			AB ₃	←	متقارن	←	ناقطبی
				←	نامتقارن	←	قطبی
			AB ₂ C	←	نامتقارن	←	قطبی
			AB ₄	←	متقارن	←	ناقطبی
			AB ₃ C	←	نامتقارن	←	قطبی
			AB ₂ C ₂	←	نامتقارن	←	قطبی

الکترون‌ها در آن‌ها **متقارن** است.

دو اتمی :

انواع مولکول‌ها :

چند اتمی :

عوامل نامتقارن شدن توزیع ابر الکترونی در اطراف اتم مرکزی :

(۱) وجود جفت الکترون **ناپیوندی** بر روی اتم مرکزی

(۲) **متفاوت** بودن اتم‌های اطراف اتم مرکزی

✓ **نقشه‌های پتانسیل الکترواستاتیکی** : ابزاری مناسب برای بررسی **تراکم بار** الکتریکی روی اتم‌های سازنده یک گونه شیمیایی است.

✓ برای تعیین **قطبیت** مولکول از **نقشه‌های پتانسیل الکترواستاتیکی** (الکتریکی) می‌توان استفاده کرد.

✓ بر اساس این نقشه‌ها که **احتمال حضور** الکترون در اطراف هسته‌ها را نشان می‌دهد بخشی از گونه که تراکم بار الکتریکی **بیشتری** دارد یعنی **منفی‌تر** است و با رنگ **سرخ** نمایش داده می‌شود و بخشی دیگر از مولکول که تراکم بار الکتریکی در آن **کمتر** است یعنی **مثبت‌تر** است و با رنگ **آبی** نمایش داده می‌شود.

✓ اگر بر اساس این نقشه‌ها توزیع الکترون در مولکول **متقارن** باشد مولکول **ناقطبی** و اگر توزیع الکترون در مولکول **نامتقارن** باشد مولکول **قطبی** است.

نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی مولکول‌های دو اتمی **HCl** و **Cl₂** :

✓ **ساده‌ترین** مولکول‌ها، دو اتمی هستند. مولکول‌هایی مانند Cl₂ و H₂ که از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند، مولکول دو اتمی **جور هسته** نامیده می‌شوند. چنین مولکول‌هایی در میدان الکتریکی جهت‌گیری **نمی‌کنند**، به دیگر سخن، گشتاور دو قطبی آنها **صفر** بوده و توزیع الکترون در آن **متقارن** و **یکنواخت** است و مولکول‌هایی **ناقطبی** هستند.

✓ مولکول‌های دو اتمی مانند **HCl** مولکول دو اتمی **ناجور هسته** بوده، چنین مولکول‌هایی در میدان الکتریکی جهت‌گیری **می‌کنند**، گشتاور دو قطبی آنها **بزرگ‌تر** از **صفر** بوده و توزیع الکترون در آن‌ها **نامتقارن** و **غیریکنواخت** است و مولکول‌هایی **قطبی** هستند.



مثبت

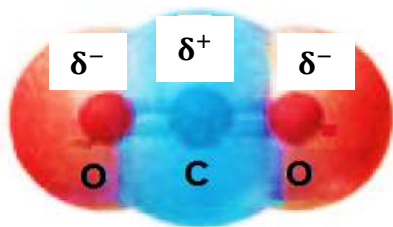
منفی

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

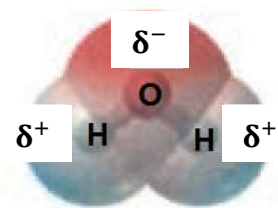
ب) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است، گویی بیشتر وقت خود را آنجا می‌گذرانند، از این رو احتمال حضور آنها روی هسته‌ها، یکسان و متقارن است.

✓ در مولکول‌های **قطبی**، اتمی که خاصیت **نافلزی بیشتری** دارد جفت الکترون‌های **پیوندی** را به سمت خود می‌کشد و بار جزئی **منفی** (δ^-) پیدا می‌کند و اتمی که خاصیت **نافلزی آن کمتر** است الکترون‌های پیوندی از آن **دور** می‌شود و بار جزئی **مثبت** (δ^+) پیدا می‌کند. در اینجا **کلر** نسبت به **هیدروژن** خاصیت نافلزی **بیشتر** دارد.

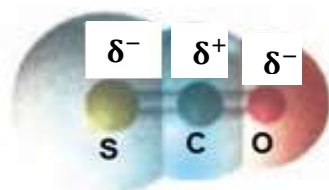
✓ ترتیب خاصیت نافلزی به صورت مقابل است: $F > O > N > Cl > Br > I > S > C > P > H$



✓ در مولکول‌های **سه** اتمی که در آن اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی **ندارد** مانند **کربن دی‌اکسید** (CO_2) شکل واقعی مولکول **خطی** می‌باشد. با توجه به شکل چون توزیع الکترون به طور **متقارن** انجام شده است بنابراین مولکول کربن دی‌اکسید **ناقطبی** است. اتم **کربن** بار جزئی **مثبت** (δ^+) و اتم‌های **اکسیژن** بار جزئی **منفی** (δ^-) دارند.



✓ در مولکول‌های **سه** اتمی که در آن اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی **داشته باشد** مانند مولکول **آب** (H_2O) شکل واقعی مولکول **خمیده** است. با توجه به شکل چون توزیع الکترون‌ها به طور متقارن انجام **نشده** (نامتقارن است) پس مولکول آب **قطبی** است.

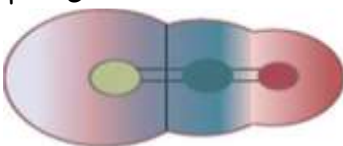


در مولکول **سه** اتمی که اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی **ندارد** و اتم‌های اطراف هم **متفاوتند** مانند مولکول کربونیل سولفید (SCO) و شکل واقعی آن **خطی** است با توجه به شکل چون توزیع الکترون‌ها **نامتقارن** است بنابراین مولکول **قطبی** است.

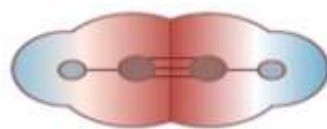
صفحه ۷۴ کتاب درسی

خود را بیازمایید:

۱) شکل زیر نقشه پتانسیل مولکول‌های کربونیل سولفید (SCO) و اتین (C_2H_2) را نشان می‌دهد. با توجه به آنها گشتاور دو قطبی کدام مولکول برابر با صفر است؟ چرا؟

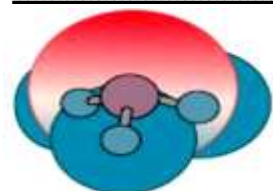


کربونیل سولفید

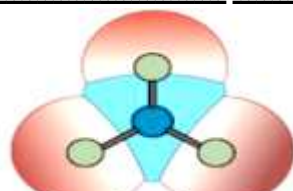


اتین

در ساختار اتین بار جزئی **منفی** بر روی اتم‌های کربن است اما به دلیل ساختار **خطی** و متقارن بودن تراکم بار، این مولکول **ناقطبی** است.

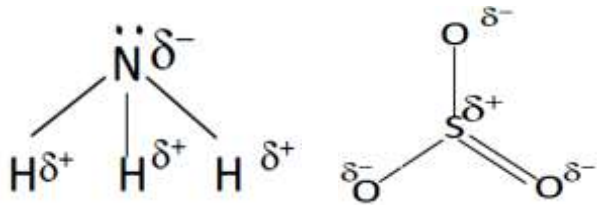


آمونیاک



گوگرد تری اکسید

۲) با توجه به نقشه پتانسیل مولکول‌های آمونیاک و گوگرد تری اکسید به پرسش‌ها پاسخ دهید.

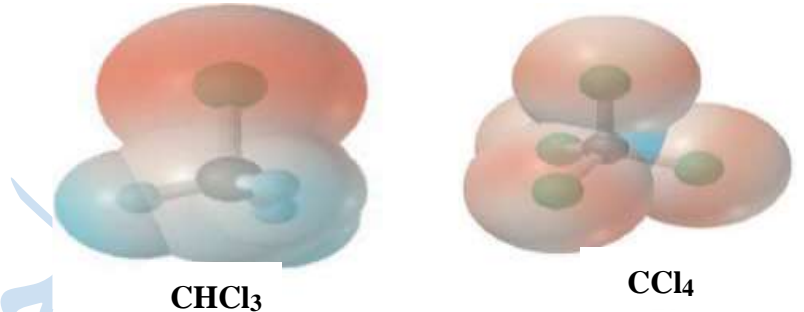
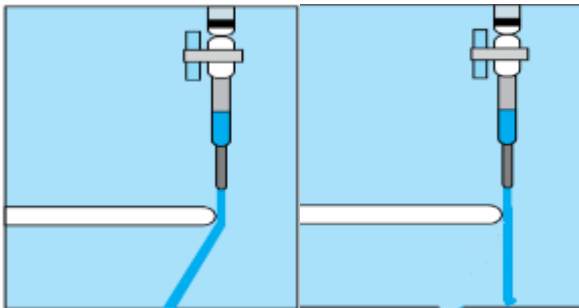


آ) با بیان دلیل، هر یک از اتم‌ها را در نقشه‌های بالا با δ^+ و δ^- نشان‌دار کنید.
در آمونیاک اتم نیتروژن خاصیت نافلزی بیشتری از هیدروژن دارد و دارای بار جزئی منفی δ^- و هیدروژن‌ها دارای بار جزئی مثبت δ^+ می‌باشند.
در گوگرد تری اکسید اتم‌های اکسیژن خاصیت نافلزی بیشتری دارند و دارای بار جزئی منفی δ^- و اتم گوگرد دارای بار جزئی مثبت δ^+ می‌باشد.

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

- ✓ در مولکول‌های **چهار** اتمی که اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی **دارد** مانند آمونیاک (NH_3) شکل واقعی مولکول **هرمی** شکل می‌باشد بنابراین با توجه به شکل، توزیع الکترون‌ها **نامتقارن** بوده و مولکول **قطبی** است.
- ✓ در مولکول‌های **چهار** اتمی که اتم مرکزی جفت ناپیوندی **ندارد** و اتم‌های اطراف **یکسان** هستند مانند مولکول گوگرد تری اکسید (SO_3) با توجه به شکل چون توزیع الکترون‌ها به طور **متقارن** انجام شده است بنابراین مولکول **ناقطبی** است. زیرا برایند بردارهای قطبی همدیگر را **خنثی** می‌کنند، پس گشتاور دوقطبی مولکول برابر **صفر** می‌باشد. (شکل واقعی مولکول **مثلث مسطح** است.)

۳) با توجه به شکل‌های زیر با دلیل پیش‌بینی کنید کدام مایع، کلروفرم (CHCl_3) و کدام یک کربن تتراکلرید (CCl_4) است؟

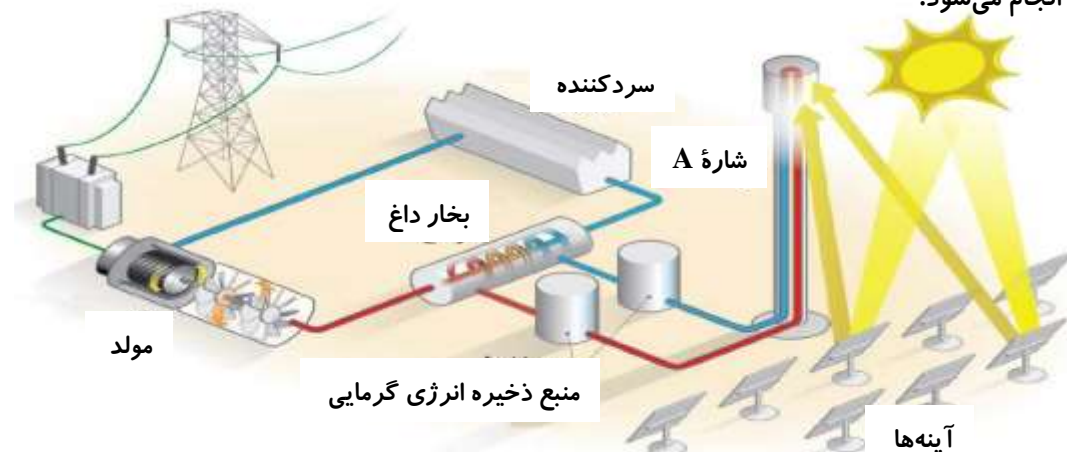


در کلروفرم توزیع بارهای الکتریکی نامتقارن است از اینرو دارای مولکول‌های قطبی است و باید باریکه این مایع در میدان الکتریکی منحرف شود، در حالی که در ساختار کربن تتراکلرید توزیع بار الکتریکی متقارن بوده و گشتاور دوقطبی آن صفر است.

- ✓ در مولکول‌های **پنج** اتمی اگر اتم‌های اطراف **یکسان** باشند توزیع الکترون **متقارن** بوده و مولکول **ناقطبی** است مانند **متان** (CH_4).
- ✓ در مولکول‌های **پنج** اتمی اگر اتم‌های اطراف **متفاوت** باشند توزیع الکترون‌ها **نامتقارن** بوده و مولکول **قطبی** است مانند **کلروفرم**.

هنر نمایی شاره (سیال)‌های مولکولی و یونی برای تولید برق :

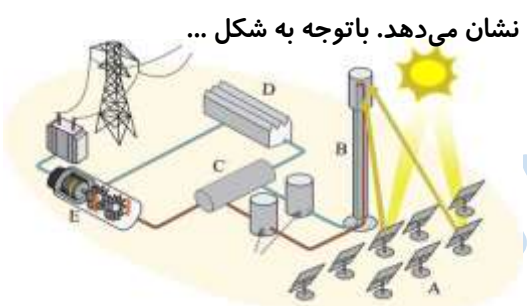
- ✓ خورشید **بزرگ‌ترین** منبع انرژی برای زمین است که انرژی خود را به صورت پرتوهای **الکترومغناطیسی** گسیل می‌دارد.
- ✓ انرژی خورشیدی از جمله منابع انرژی **تجدیدپذیر** است که استفاده بشر از این انرژی پاک باعث **کاهش** گرمای جهانی و ردپای زیست محیطی می‌شود. ما می‌توانیم بخشی از انرژی خورشیدی را **ذخیره** کرده و به شکل انرژی **الکتریکی** در آوریم.
- ✓ تبدیل **پرتوهای** خورشیدی به انرژی **الکتریکی** کاری **دشوار** است و به دانش و فناوری پیشرفته ای نیاز دارد. به همین دلیل تنها در برخی از کشورهای **توسعه یافته** انجام می‌شود.



- ✓ با توجه به شکل ابتدا نور خورشید به آینه‌ها برخورد کرده و آینه‌ها پرتوهای خورشیدی را روی برج **متمرکز** می‌کنند. با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرنده برج، دمای **شاره A** (شاره یونی) که در داخل لوله جریان دارد افزایش می‌یابد.
- تعریف شاره یا سیال**: شاره یا سیال ماده‌ای است که می‌تواند **جریان** پیدا کند و **شکل ظرف** را به خود بگیرد. بنابراین **مایعات** و **گازها** شاره هستند ولی **جامدات** این گونه نیستند.
- ✓ در مرحله بعد شاره **بسیار داغ** A وارد **منبع ذخیره انرژی گرمایی** می‌شود و گرمای خود را به **آب** منتقل می‌کند و **سرد** شده و از آنجا مجدداً به **برج گیرنده** منتقل می‌شود.
- ✓ بخار آب (**شاره مولکولی**) به سمت **مولد** حرکت کرده و با برخورد به توربین و حرکت آن انرژی **الکتریکی** تولید می‌کند سپس به داخل محفظه **سردکننده** وارد می‌شود و در آنجا **مایع** شده و دوباره برای تولید **بخار آب** جریان می‌یابد.
- ✓ شاره یونی **بسیار داغ** حتی در روزهای **ابری** و **شب** هنگام نیز انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار آب داغ را فراهم می‌کند.
- ✓ **شاره A** برای اینکه بتواند انرژی گرمایی خورشید را برای مدت **طولانی‌تری** ذخیره کند باید **ظرفیت گرمایی بالایی** داشته باشد و در گستره دمایی بالایی به حالت **مایع** وجود داشته باشد.
- ✓ هر چه تفاوت بین نقطه **ذوب** (تبدیل جامد به مایع) و نقطه **جوش** (تبدیل مایع به گاز) یک ماده **خالص** بیشتر باشد آن ماده در گستره دمایی **بیشتری** به حالت **مایع** قرار دارد و نیروهای جاذبه میان ذرات آن **بیشتر** است.
- ✓ در این فناوری با توجه به شکل، شاره A همان **سدیم کلرید مذاب** ($\text{NaCl}_{(l)}$) **شاره یونی** و **بخار آب داغ** هم **شاره مولکولی** می‌باشد.
- ✓ گستره دمایی **سدیم کلرید مذاب** در این فناوری حدود $850-1350^{\circ}\text{C}$ است.

صفحه ۷۶ کتاب درسی

با هم بیندیشیم



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

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

(آ) پرتوهای خورشیدی را روی برج گیرنده متمرکز می‌کنند. **آینه‌ها**

(ب) شاره‌ای بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود. **شاره A**

(پ) شاره‌ای که توربین را به حرکت در می‌آورد. **بخار داغ**

(۲) با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

ماده	نقطه ذوب ($^{\circ}\text{C}$)	نقطه جوش ($^{\circ}\text{C}$)	محدوده دمایی مایع بودن
N_2	-210	-196	14
HF	-83	19	102
NaCl	801	1413	612

(آ) کدام ماده در گستره دمایی کمتری به حالت مایع است؟ چرا؟ N_2 ، زیرا تفاوت نقطه ذوب و جوش آن کمتر است.

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

NaCl ، زیرا تفاوت نقطه ذوب و جوش آن بیشتر بوده و در گستره دمایی بیشتری به حالت مایع است.

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

مطابق یک قاعده کلی هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک ماده خالص (**بیشتر** / کمتر) باشد، آن ماده در گستره دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازنده مایع (**قوی‌تر** / ضعیف‌تر) است.

چرا در برج از نمک طعام استفاده می‌شود؟

ماده‌ای که در برج استفاده می‌شود، بایستی در محدوده بیشتری مایع باشد تا بتواند گرمای بیشتری را ذخیره نماید که NaCl گزینه مناسبی است؛ زیرا یک ترکیب یونی است و نیروی بین ذرات یونی قوی‌تر از نیروی بین مولکولی ترکیبات مولکولی است.

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

- ✓ ترکیب یونی **دوتایی** ترکیبی است که از **دو** نوع عنصر تشکیل شده است مانند: MgF_2 ، Al_2O_3 و ...
- ✓ **همه** ترکیب‌های یونی **دوتایی** را می‌توان فرآورده واکنش یک **فلز** و یک **نافلز** دانست که در آن اتم‌ها با هم **داد** و **ستد** الکترون انجام می‌دهند.

- ✓ دلیل **داد** و **ستد** الکترون این است که **اغلب فلزات** با **از دست دادن** الکترون به **کاتیون** تبدیل شده و به آرایش گاز نجیب **قبل** از خود و **فلزات** با **گرفتن** الکترون به **آنیون** تبدیل شده و به آرایش گاز نجیب **بعد** از خود رسیده و **پایدار** می‌شوند.

به عنوان مثال به داد و ستد الکترون در **سدیم کلرید** توجه نمایید :



- ✓ با توجه به شکل بالا **سدیم** که فلزی **قره‌ای** رنگ است با از دست دادن الکترون به **کاتیون** تبدیل شده و شعاع آن **کاهش** یافته و گاز **کالر** که **زرد رنگ** است با گرفتن الکترون به **آنیون** تبدیل شده و شعاع آن بزرگ‌تر می‌شود در این واکنش ترکیب یونی **سفید** رنگی به نام **نمک خوراکی** ($NaCl$) بوجود می‌آید.

- ✓ در فرایند تشکیل نمک **نور** و **گرما**ی زیادی آزاد می‌شود. (واکنش بسیار **گرماده** است).

- ✓ در این واکنش یک **جامد فلزی** با یک **ترکیب مولکولی** واکنش داده و **جامد یونی** تشکیل می‌شود.

- ✓ پس از داد و ستد الکترون و تشکیل یون‌ها، میان یون‌های **ناهمنام**، نیروی **جاذبه** و میان یون‌های **همنام** نیروی **دافعه** پدید می‌آید. اگر هر یک از این یون‌ها مانند **کره‌ای باردار** باشد، انتظار می‌رود نیروهای **جاذبه** و **دافعه** از همه جهت‌ها به آن وارد شود، به عبارت دیگر این نیروها به شمار معینی از یون‌ها **محدود نشده**، بلکه میان **همه** آنها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود.

- ✓ نیروی جاذبه‌ای که بین **یون‌ها** پدید می‌آید را نیروی **جاذبه یونی** می‌نامند که باعث بوجود آمدن **ترکیبات یونی** می‌شود. وجود سدیم کلرید و دیگر جامدهای یونی در طبیعت نشان می‌دهد که **نیروهای جاذبه** میان یون‌های **ناهمنام** بر نیروهای **دافعه** میان یون‌های **همنام** **غلبه** می‌کند زیرا شمار **بسیار زیادی** از یون‌ها به سمت هم کشیده می‌شوند. چنین روندی دلیل بوجود آمدن **آرایش منظمی** از یون‌ها در **سه بعد** و تشکیل **شبکه بلور** جامد یونی است.

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

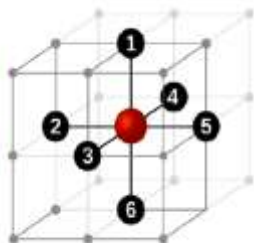
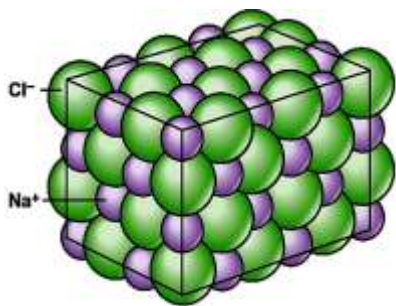
- ✓ ترکیبات **یونی** از شمار بسیار زیادی **یون** و جامدات **کووالانسی** از شمار بسیار زیادی **اتم** تشکیل شده‌اند به همین دلیل نمی‌توان برای ترکیبات **یونی** و جامدات **کووالانسی** از عبارت فرمول مولکولی استفاده **نمی‌شود** و از فرمول **شیمیایی** استفاده می‌شود.

- ✓ فرمول شیمیایی هر ترکیب یونی **ساده‌ترین** نسبت بین **کاتیون** و **آنیون** سازنده آن است.

- ✓ آرایش یون‌ها در سراسر شبکه بلور جامد یونی **یکسان** است و از یک الگوی **تکراری** پیروی می‌کند به طوری که هر **کاتیون** با شمار معینی از **آنیون** و هر **آنیون** با شمار معینی **کاتیون** احاطه شده است.

- ✓ به تعداد **نزدیک‌ترین** یون‌های **ناهمنام** موجود پیرامون هر یون در شبکه بلور، عدد **کئوردیناسیون** می‌گویند.

- ✓ عدد کئوردیناسیون هر یون Na^+ و Cl^- در بلور سدیم کلرید برابر ۶ است زیرا هر یون Na^+ به وسیله ۶ یون Cl^- و هر یون Cl^- به وسیله ۶ یون Na^+ احاطه شده است.



✓ همیشه عدد کوئوردیناسیون آنیون و کاتیون با هم برابر نیست.

مثال: در کلسیم فلئورید (CaF_2) عدد کوئوردیناسیون کاتیون برابر ۸ و برای آنیون ۴ می‌باشد. اگر دقت کنید نسبت آنیون (F^-) به (Ca^{2+}) در فرمول برابر است و عدد کوئوردیناسیون کاتیون ۲ برابر آنیون می‌باشد که با فرمول همخوانی داشته باشد.

✓ ترکیب‌های یونی از نظر بار الکتریکی خنثی هستند یعنی مجموع بار کاتیون‌ها با مجموع بار آنیون‌ها با هم برابر هستند ولی تعداد کاتیون‌ها ممکن است با تعداد آنیون‌ها برابر نباشد.

صفحه ۷۸ کتاب درسی

با هم بیندیشیم

(۱) توضیح دهید چرا برای توصیف ترکیب‌های یونی در منابع علمی معتبر هیچ گاه واژه‌هایی مانند مولکول و فرمول مولکولی به کار نمی‌رود؟ در شبکه بلوری ترکیب‌های یونی، آرایش یون‌ها در سرتاسر شبکه از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند. هر کاتیون و آنیون عدد کوئوردیناسیون معینی دارد به طوری که در ساختار آن‌ها مولکول‌های مجزا وجود ندارد.

(۲) جدول زیر اندازه شعاع برخی یون‌های متداول را در مقایسه با اندازه اتم سازنده آن‌ها نشان می‌دهد. در مورد این جدول با یکدیگر

دوره / گروه	۱	۲	۱۶	۱۷
دوم	<p>Li</p> <p>۱+</p> <p>۱۵۲.۷۶</p>		<p>O</p> <p>۲-</p> <p>۷۳.۱۴۰</p>	<p>F</p> <p>۱-</p> <p>۷۱.۱۳۳</p>
سوم	<p>Na</p> <p>۱+</p> <p>۱۸۶.۱۰۲</p>	<p>Mg</p> <p>۲+</p> <p>۱۶۰.۷۲</p>	<p>S</p> <p>۲-</p> <p>۱۰۲.۱۸۴</p>	<p>Cl</p> <p>۱-</p> <p>۹۹.۱۸۱</p>

گفت‌وگو کنید و روندهای موجود در آن را توضیح دهید.

در همه گروه‌های عناصر اصلی شعاع اتمی و یون پایدار آن‌ها از بالا به پایین افزایش می‌یابد زیرا بر تعداد لایه‌ها افزوده می‌شود. در عناصر هم دوره هرچه بار الکتریکی کاتیون بیشتر باشد، شعاع آن کوچک‌تر و هرچه بار الکتریکی آنیون بیشتر باشد، شعاع آن بزرگ‌تر است.

✓ شعاع کاتیون به دو دلیل از شعاع اتمی آن کوچکتر است:

(۱) در اغلب اتم‌های فلزی با از دست دادن الکترون‌های ظرفیتی، یک لایه الکترونی کم می‌شود.

(۲) نسبت پروتون‌ها بیشتر از الکترون‌ها شده، در نتیجه، لایه‌های الکترونی به هسته نزدیک‌تر می‌شوند.

✓ شعاع آنیون به دو دلیل بزرگتر از شعاع اتمی آن است:

(۱) با اضافه شدن الکترون به اتم نیروی دافعه‌ای میان الکترون‌های اتم و الکترون ورودی ایجاد شده که باعث افزایش حجم اتم می‌گردد.

(۲) با زیاد شدن الکترون‌ها، نسبت پروتون‌ها به الکترون‌ها کاهش یافته و جاذبه کم می‌شود، پس الکترون‌ها راحت‌تر از هم دور شده و شعاع افزایش می‌یابد.

شعاع آنیون < شعاع اتم خنثی < شعاع کاتیون: مقایسه شعاع گونه‌های هم الکترون



✓ با افزایش بار مثبت، شعاع کاتیون کوچکتر و با افزایش بار منفی شعاع آنیون بزرگتر می‌شود.

(۳) اگر هریون را کره‌ای باردار در نظر بگیرید، چگالی بار هم ارز با نسبت بار به حجم آن است. کمیتی که می‌تواند برای مقایسه میزان

برهم‌کنش میان یون‌ها به کار رود.

$$\text{چگالی بار} = \frac{\text{بار یون}}{\text{حجم یون}}$$

نسبت ساده‌تری که می‌توان به کاربرد، نسبت مقدار بار یون به شعاع آن است. $\text{چگالی بار} = \frac{\text{بار یون}}{\text{شعاع یون}}$ با این توصیف جدول زیر را کامل کنید و به پرسش‌ها پاسخ دهید.

کاتیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع	آنیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع
Na ⁺	۱۰۲	$۹/۸۰ \times ۱۰^{-۳}$	F ⁻	۱۳۳	$۷/۵۲ \times ۱۰^{-۳}$
K ⁺	۱۳۸	$۷/۲۴ \times ۱۰^{-۳}$	Cl ⁻	۱۸۱	$۵/۵۲ \times ۱۰^{-۳}$
Mg ²⁺	۷۲	$۲/۷۷ \times ۱۰^{-۲}$	O ²⁻	۱۴۰	$۱/۴۲ \times ۱۰^{-۲}$
Ca ²⁺	۹۹	$۲/۰۲ \times ۱۰^{-۲}$	S ²⁻	۱۸۴	$۱/۰۹ \times ۱۰^{-۲}$

آ) چگالی بار کدام کاتیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

K⁺ کمتر زیرا بار کم و شعاع بزرگتری دارد و Mg²⁺ بیشتر زیرا بار زیاد و شعاع کمتری دارد.

ب) چگالی بار کدام آنیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

Cl⁻ کمتر، زیرا بار کم و شعاع بزرگتری دارد و O²⁻ بیشتر، زیرا بار زیاد و شعاع کمتری دارد.

پ) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه قوی‌تر است؟ چرا؟

نیروی جاذبه میان Mg²⁺ و O²⁻ از همه بیشتر است. زیرا چگالی بار آن‌ها بیشتر است.

ت) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه ضعیف‌تر است؟ چرا؟

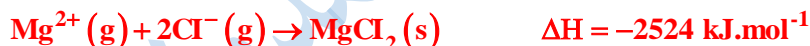
نیروی جاذبه میان K⁺ و Cl⁻ از همه کمتر است. زیرا چگالی بار آن‌ها کمتر است.

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

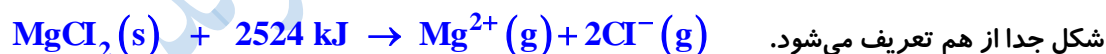
✓ هر چه نیروی جاذبه میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکه یونی بیشتر بوده و برای فروپاشی آن یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر به انرژی بیشتری نیاز است.

آنتالپی فروپاشی شبکه بلور:

✓ در اثر تشکیل پیوند یونی شبکه بلور شکل می‌گیرد و انرژی آزاد می‌شود که به این انرژی، انرژی تشکیل شبکه بلور گفته می‌شود.



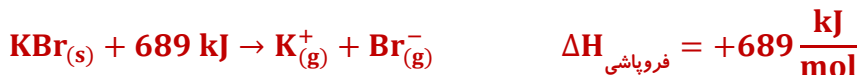
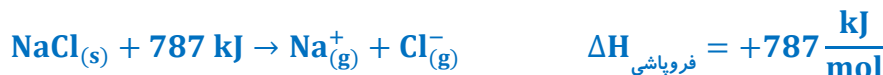
✓ برای جامدات یونی، انرژی فروپاشی شبکه بلور یونی به صورت مقدار انرژی لازم برای تبدیل یک مول جامد یونی به یون‌های گازی



شکل جدا از هم تعریف می‌شود. بنابراین واضح است که بایستی آنتالپی فروپاشی شبکه بلور و تغییر آنتالپی تشکیل شبکه بلور قرینه یکدیگر باشند.

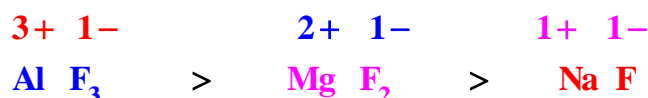
✓ به گرمای مصرف شده در فشار ثابت (آنتالپی) برای فروپاشی یک مول از شبکه یونی و تبدیل آن به یون‌های گازی سازنده می‌گویند.

✓ این فرایند گرماگیر است و علامت Q در سمت چپ معادله نوشته می‌شود. ($\Delta H > 0$)



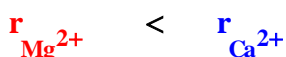
آنتالپی فروپاشی شبکه به چند عامل بستگی دارد:

✓ **بار یون:** هرچه بار یون بیشتر باشد جاذبه بین یون‌ها قوی‌تر بوده در نتیجه انرژی فروپاشی شبکه بیشتر خواهد بود.



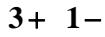
✓ **شعاع یون یا اندازه یون:** اگر بار یون‌ها مساوی بود به اندازه یون‌ها توجه می‌کنیم بدین ترتیب که هر چه اندازه یون کوچک‌تر باشد

تراکم بار در سطح یون بیشتر است و جاذبه آن با یون‌های ناهمنام بیشتر است.

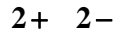


- ✓ برای مقایسه انرژی فروپاشی شبکه ابتدا به سراغ **بار یون** می‌رویم در صورتی که بار یون‌ها برابر بود به سراغ **شعاع** می‌رویم هر چه شعاع یون **کمتر** باشد، چگالی بار آن بیشتر و انرژی فروپاشی شبکه بیشتر چون جاذبه یون‌های ناهمنام بیشتر است.
- ✓ در مقایسه انرژی فروپاشی شبکه‌ی نمک‌هایی با بار چندتایی بهترین روش محاسبه استفاده از فرمول زیر است:

$$\text{انرژی فروپاشی شبکه} = \frac{k \left(\text{بار آنیون} \times \text{بار کاتیون} \times \text{تعداد یون‌ها} \right)}{\text{شعاع کاتیون} + \text{شعاع آنیون}}$$



>



مثال: آنتالپی شبکه بلور MgO را با AlF_3 مقایسه کنید؟

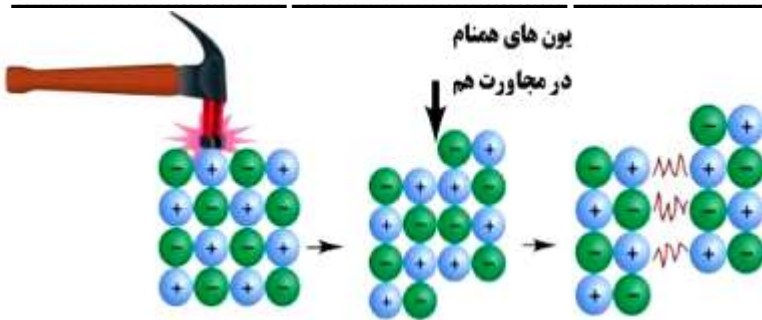
$$\frac{k \times 4 \times (3 \times 1)}{51 + 133}$$

$$\frac{k \times 2 \times (2 \times 2)}{66 + 140}$$

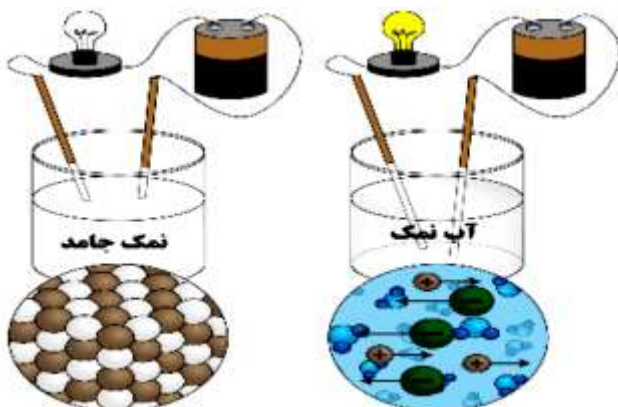
- ✓ آنتالپی فروپاشی شبکه بلور با **چگالی بار** یون رابطه **مستقیم** دارد بنابراین هر ترکیبی که بار **کاتیون** و **آنیون** سازنده آن بیشتر باشد **چگالی بار** آن بیشتر بوده و انرژی فروپاشی شبکه **بیشتری** هم دارد.

سایر ویژگی‌های جامدات یونی:

- ✓ یک ترکیب یونی فقط شامل یک یون مثبت و یک یونی منفی نیست بلکه شامل **بسیار زیادی** از یون‌های مثبت و منفی است.
- ✓ **اغلب** جامدات یونی در حلال‌های قطبی با قطبیت بالا مثل آب **حل** می‌شوند. (مثلاً AgCl در آب حل نمی‌شود).
- ✓ یک ترکیب یونی از نظر بار **خنثی** است چون تعداد کل بارهای **مثبت** و **منفی** برابرند. (شمار کاتیون‌ها و آنیون‌ها لزوماً برابر **نیستند**).
- ✓ جامدات یونی معمولاً دمای ذوب و جوش **بالایی** دارند چون که **پیوند یونی** جزو **قوی‌ترین** پیوندهاست و به حالت مذاب یا بخار در آوردن جامدات یونی نیازمند غلبه بر این **پیوند** است.
- ✓ هرچه **بار** یون‌ها **بیشتر** و **اندازه** یون‌ها **کوچک‌تر** باشد نقطه ذوب و جوش **بالتر** است.
- ✓ جامدات یونی در گستره دمایی بالایی بصورت مذاب هستند. زیرا در حالت مذاب برخی از پیوندهای یونی سست می‌شوند ولی در حالت بخار باید کلیه پیوندهای یونی از بین بروند.
- ✓ جامدات یونی رسانای خوب **گرما** هستند. با توجه به قوی بودن **پیوند یونی** و قرارگیری یون‌ها در فواصل نزدیک نسبت به همدیگر، **گرما** از یک سر جامد به راحتی به سر دیگر آن **منتقل** می‌شود.



- ✓ ترکیبات یونی سخت اما **شکننده‌اند**، علت شکنندگی آنها با توجه به تصویر این است که بر اثر فشار یا ضربه، یون‌های **همنام** در مجاورت همدیگر قرار گرفته و **دافعه** ایجاد شده باعث **جدایی** ساختار از هم می‌شود.



- ✓ ترکیبات یونی در حالت **جامد** رسانای جریان برق **نیستند**، اما در حالت **مذاب** یا **محلول** به دلیل امکان جابجایی یون‌ها، رسانایی ایجاد می‌گردد.

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

(آ) آنتالپی فروپاشی، گرمای (آزاد / **مصرف**) شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک (مول / گرم) از شبکه یونی و تبدیل آن به (اتمهای / **یونهای**) گازی سازنده است.

(ب) هر چه (بار / **چگالی بار**) یونهای سازنده یک جامد یونی کمتر باشد، شبکه آن (**آسان تر** / دشوار تر) فروپاشیده می شود.

(۲) با توجه به داده های متن درس پیش بینی کنید کدام آنتالپی فروپاشی شبکه را می توان به KCl(s) نسبت داد؟ چرا؟

$$717 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ یا } 649, 1037$$

717 kJ mol^{-1} ، زیرا با توجه به داده های موجود در متن درس، آنتالپی فروپاشی شبکه KCl(s) از KBr(s) (**چگالی بار Cl^- از Br^- بیشتر و از NaCl (**چگالی بار K^+ از Na^+ کمتر است.**)**

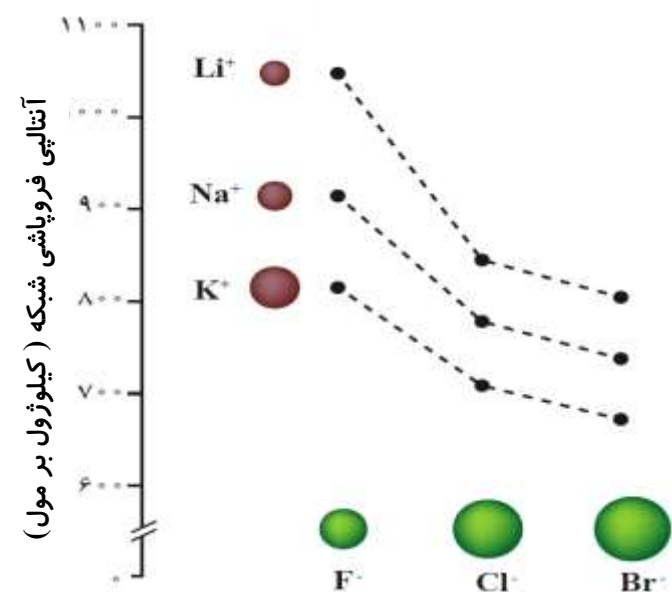
(۳) با توجه به نمودار زیر به پرسش ها پاسخ دهید.

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

هر چه شعاع کاتیون افزایش می یابد، از چگالی بار و استحکام شبکه بلور کاسته شده از این رو آنتالپی فروپاشی کاهش می یابد.

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

هر چه شعاع آنیون افزایش می یابد، از چگالی بار و استحکام شبکه بلور کاسته شده از این رو آنتالپی فروپاشی کاهش می یابد.



مقایسه آنتالپی شبکه بلور: $\text{LiF} > \text{NaF} > \text{LiCl} > \text{KF} > \text{LiBr} > \text{NaCl} > \text{NaBr} > \text{KCl} > \text{KBr}$

(۴) با توجه به جدول زیر که آنتالپی فروپاشی شبکه را برای برخی ترکیب های یونی نشان می دهد، به پرسش ها پاسخ دهید.

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

(آ) درباره درستی جمله زیر گفت و گو کنید.

«آنتالپی فروپاشی شبکه هم با بار الکتریکی کاتیون و هم با بار الکتریکی آنیون، رابطه مستقیم دارد.»

مقایسه NaF با MgF_2 اثر بار کاتیون را در افزایش آنتالپی فروپاشی

شبکه نشان می دهد در حالی که مقایسه NaF با Na_2O اثر افزایش بار آنیون را در آنتالپی فروپاشی شبکه نشان می دهد.

(ب) آیا می توان میان آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطه ذوب جامدهای یونی رابطه ای در نظر گرفت؟ توضیح دهید.

بله، اغلب ترکیب های یونی که دارای آنتالپی فروپاشی شبکه بزرگ تری هستند، نقطه ذوب بالاتری دارند.

فلزها، عنصرهایی شکل پذیر با جلایی زیبا:

✓ مواد از جمله فلزها همواره در زندگی انسان نقش مهمی داشته اند بطوریکه تمدن های آغازین هم بر اساس گستره کاربرد مواد نام گذاری شده اند. پس از دوره سنگی، در دوره برنز و سپس آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشمگیری شدند و این خود نشان از جایگاه برجسته فلزها در تمدن بشری دارد. این عنصرها هنوز هم کلید رشد، گسترش و ارتقای کیفیت زندگی به شمار می روند، آن چنان که بسیاری باور دارند **پایداری** جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گسترده استفاده از عنصرهای **فلزی** وابسته است.

✓ در شیمی یازدهم با فلزات آشنا شدیم و خواندیم که اغلب فلزات در سمت **چپ** و **مرکز** جدول دوره‌ای قرار دارند. این عناصر در هر چهار دسته **s**، **p**، **d** و **f** قرار دارند و رفتارهای **فیزیکی** و **شیمیایی** متنوعی دارند. تمام عناصر دسته **s** که شامل فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی (بجز H و He)، تمام عناصر دسته **d** و دسته **f**، عناصر گروه **۱۳** (بجز بور (5B))، عناصر **قلع** (50Sn) و **سرب** (81Pb) از گروه **۱۴**، عنصر **بیسموت** (83Bi) از گروه **۱۵** همگی فلز هستند.

✓ رفتارهای فیزیکی فلزات شامل: ① **رسانایی گرمایی و الکتریکی** ② **جلاپذیری و داشتن سطح براق** ③ **چکش خوار بودن (خرد نشدن در برابر ضربه)** ④ **شکل پذیری (قابلیت تبدیل شدن به ورقه، مفتول و ...)** می‌باشد.

✓ رفتارهای شیمیایی فلزها به **میزان** از دست دادن **الکترون‌ها** وابسته است یعنی هر چه فلز آسانتر الکترون از دست بدهد خصلت فلزی **بیشتری** دارد و فعالیت شیمیایی آن هم بیشتر است.

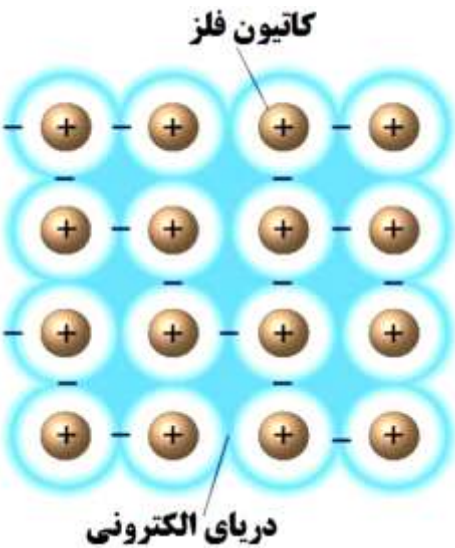
✓ رفتارهای شیمیایی فلزات شامل: ① **واکنش پذیری** و ② **تنوع عدد اکسایش** (که اغلب برای فلزات **واسطه** بکار می‌رود) می‌باشد.

جامدات فلزی :

✓ در نظریه دریای الکترون آزاد **فرض** می‌شود که اتم‌های فلزی الکترون‌های **ظرفیت** خود را از دست می‌دهند و به صورت یون‌های **مثبت** در می‌آیند. سپس این یون‌های مثبت در دریایی از الکترون‌های آزاد بوجود آمده، **غوطه‌ور** می‌شوند و جاذبه بین **کاتیون‌ها** و **الکترون‌های آزاد** اساس کنار هم قرار گرفتن اتم‌های فلزی و تشکیل پیوندی به نام **پیوند فلزی** است.

✓ شکل زیر یک الگوی ساده از شبکه بلوری فلزها را نشان می‌دهد که برای توجیه **برخی** از رفتارهای **فیزیکی** آن‌ها ارائه شده است و به مدل **دریای الکترونی** شهرت دارد.

✓ بر اساس این مدل، ساختار **فلزها** آرایش منظمی از **کاتیون‌ها** در **سه** بُعد است که در فضای میان آن‌ها، **سست‌ترین** الکترون‌های موجود (الکترون‌های ظرفیت) **دریایی** را ساخته‌اند و در آن **آزادانه** جابجا می‌شوند.



✓ **پیوند فلزی** نتیجه جاذبه بین **دریای الکترونی** و **کاتیون‌های فلزی** است.

✓ در این شبکه بلوری، الکترون‌ها **آزادانه** در فضای میان کاتیون‌ها جابجا می‌شوند بنابراین هر الکترون متعلق به **کل شبکه بلور** فلزی است و به یک اتم **خاص** تعلق **ندارد**.

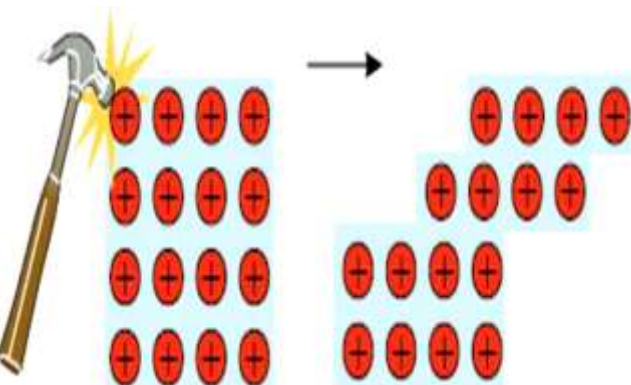
✓ دریای الکترونی عاملی است که **چیدمان** کاتیون‌ها در در شبکه بلوری **حفظ** می‌کند زیرا اگر این الکترون‌ها حضور نداشته باشند به دلیل وجود **دافعه** میان یون‌های **همنام** (کاتیون‌ها)، شبکه بلور از بین می‌رفت.

عوامل موثر بر قدرت پیوند فلزی :

✓ **شعاع کاتیون** : هر چه اندازه کاتیون **کوچک‌تر** باشد جاذبه هسته کاتیون فلز بر دریای الکترون **بیشتر** شده و پیوند فلزی **قوی‌تر** خواهد بود.

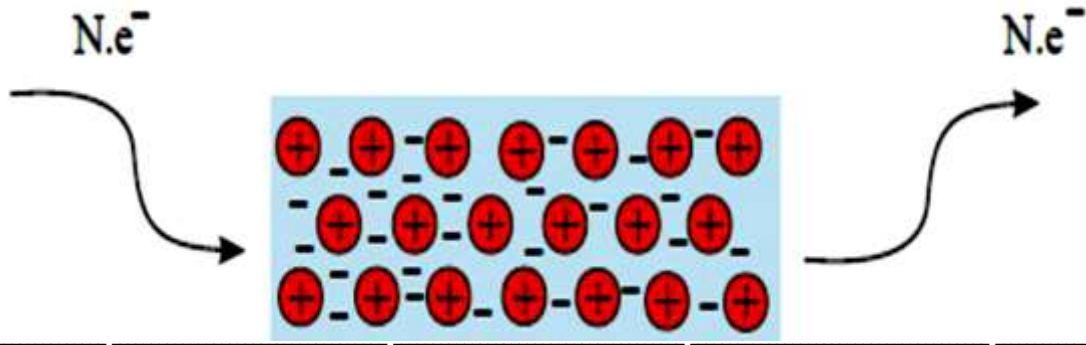
✓ **الکترون‌های ظرفیت** : با **زیادتر** شدن الکترون‌های ظرفیت، مشارکت آن‌ها در پیوند فلزی **بیشتر** و آن را **محکم‌تر** می‌کند.

✓ **بار کاتیون‌ها** : با **افزایش** بار کاتیون نیروی جاذبه بین کاتیون و دریای الکترون **بیشتر** شده و پیوند **قوی‌تر** می‌شود.



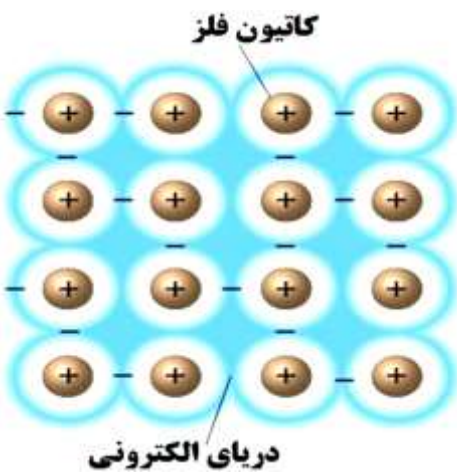
✓ فلزات **چکش خوارند** (شکل‌پذیرند)؛ با توجه به شکل می‌توان گفت که در مقابل ضربه خرد **نمی‌شوند** زیرا با ضربه به فلز، **کاتیون‌ها** تغییر مکان می‌دهند اما جاذبه بین **کاتیون‌ها** و **دریای الکترونی**، شبکه بلوری فلز را حفظ می‌کند؛ به عبارتی لایه‌هایی از کاتیون‌ها روی هم **می‌لغزند** اما الکترون‌های دریای الکترونی **همراه** با کاتیون‌ها جابجا می‌شوند و دوباره در فضای بین کاتیون‌ها قرار می‌گیرند و نمی‌گذارند شبکه بلور فلزی از هم پاشیده شود.

✓ فلزات رسانای جریان الکتریسیته هستند؛ مطابق شکل زیر که رسانایی الکتریکی فلزات را نشان می‌دهد می‌توان اینگونه توجیه کرد که به علت حرکت آزادانه الکترون‌های ظرفیت فلز، اگر $N.e^-$ وارد شبکه فلزی شود (اختلاف پتانسیلی در دو سمت فلز ایجاد می‌شود)، این الکترون‌ها از سمت با پتانسیل بیشتر به سمت با پتانسیل کمتر جابجا شده و رسانایی اتفاق می‌افتد.



صفحه ۸۲ کتاب درسی

با هم بیندیشیم



(۱) با توجه به شکل و بر اساس مدل دریای الکترونی به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

(آ) پیش‌بینی کنید کدام الکترون‌ها (درونی / ظرفیت)، دریای الکترونی را می‌سازند؟ چرا؟
الکترون‌های ظرفیت، زیرا در فاصله‌های دورتری از هسته هستند و نیروی جاذبه هسته را کمتر احساس می‌کنند.

(ب) کدام ویژگی دریای الکترونی سبب می‌شود که هر الکترون موجود در آن را نتوان تنها متعلق به یک اتم معین دانست؟

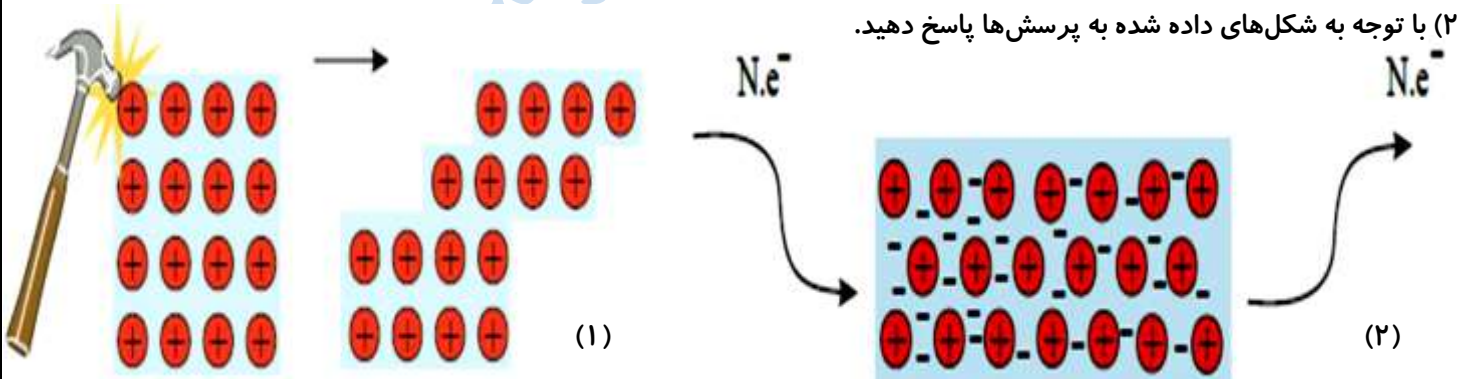
آزادانه جابه جاشدن الکترون‌های ظرفیت در سرتاسر شبکه بلوری

(پ) درباره درستی جمله زیر با یکدیگر گفت‌وگو کنید.

«دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند.»

دریای الکترونی فلزها، سیالی با بار الکتریکی منفی است که با جابجایی آزادانه و یکنواخت میان یون‌های شبکه، آرایش الکترونی آنها را حفظ می‌کند.

(۲) با توجه به شکل‌های داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(آ) هر یک از شکل‌ها نشان دهنده کدام رفتار فیزیکی فلز است؟

(۱) خاصیت چکش‌خواری یا شکل‌پذیری و (۲) رسانایی الکتریکی فلزها

(ب) رفتار فلز را در هر یک از این دو شکل با توجه به الگوی دریای الکترونی توجیه کنید.

شکل (۱): هنگامی که ضربه‌ای به فلز وارد می‌شود، لایه یا لایه‌هایی از کاتیون‌ها در شبکه جابجا شده و در این تغییر شکل، دریای الکترونی جاذبه میان لایه‌ها را حفظ می‌کند.

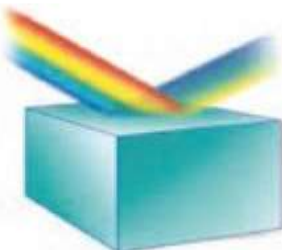
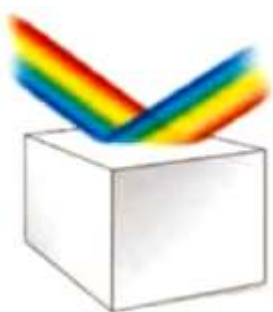
شکل (۲): با ورود الکتریسیته (Ne^-) به شبکه فلزی به دلیل حرکت آزادانه و یکنواخت دریای الکترونی، یک ورود و خروج الکترون‌ها صورت می‌گیرد که باعث رسانایی الکتریکی می‌شود.

ویژگی‌های جامدات فلزی :

- ✓ فلز فقط شامل یک کاتیون و الکترون‌های ظرفیت خودش نیست. بلکه شامل مجموعه بسیار زیادی کاتیون و الکترون‌های آزاد است.
- ✓ نیروی جاذبه در یک فلز محدود به یک کاتیون و الکترون خودش نیست بلکه نیروی جاذبه بین کاتیون و دریای الکترون در تمام جهات مشاهده می‌شود و آرایش سه بعدی به وجود می‌آورد.
- ✓ جامدات فلزی از نظر بار الکتریکی خنثی هستند چون تعداد کل بارهای مثبت و منفی برابرند.
- ✓ پیوند فلزی یک پیوند قوی است، بنابراین دمای ذوب و جوش اغلب مواد فلزی بالاست.
- ✓ برخلاف جامدات کووالانسی اختلاف دمای ذوب و جوش جامدات فلزی معمولاً زیاد است.
- ✓ فلزات هم در حالت جامد و هم در حالت مایع رسانای خوب جریان الکتریکی هستند.
- ✓ فلزات رسانای خوب جریان گرما هستند.
- ✓ فلزات انعطاف پذیرند و معمولاً در اثر ضربه خرد نمی‌شوند بلکه تغییر شکل می‌دهند، در نتیجه خاصیت چکش خواری و ورق کاری دارند.
- ✓ فلزات جلا دارند، به دلیل آزاد بودن الکترون‌های ظرفیت، اتم فلزی تمایلی به جذب پرتوهای تابش شده ندارد. پس همه پرتوها را بازتابش می‌کند.
- ✓ درجه سختی فلزات متفاوت است. در دمای محیط فلز جیوه مایع است در صورتی که در همین شرایط برخی از فلزات بسیار سختند.
- ✓ فلزات معمولاً در حلال‌های معمولی حل نمی‌شوند. البته گاهی اوقات فلزات بخاطر واکنش شیمیایی با حلال در حلال حل می‌شوند مثلاً فلز سدیم با آب واکنش می‌دهد و محلول سدیم هیدروکسید و گاز هیدروژن تولید می‌کند.
- ✓ فلزات می‌توانند با هم محلول جامد در جامد تشکیل بدهند که آلیاژ نامیده می‌شود.
- ✓ آلیاژها از نظر برخی ویژگی‌های فیزیکی یا شیمیایی می‌توانند با فلزات خالص سازنده تفاوت‌های قابل توجهی داشته باشند و بسیاری از معایب فلزات خالص برای کاربرد در صنایع و زندگی روزمره را از بین ببرند. از اینرو است که آلیاژها کاربردهای وسیعی در دنیای امروزه ما دارند. مانند: فولاد - نیتینول - برنز

پیوند با زندگی (رنگ، نماد زیبایی)

- ✓ به طور کلی احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می‌رسد. این نورها همان پرتوهای الکترومغناطیسی بوده که طول موج آنها در گستره ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است و چشم ما آنها را می‌بیند، در واقع اگر در محیط، نور مرئی وجود نداشته باشد انسان نمی‌تواند محیط اطراف خود را ببیند.
- ✓ امواج الکترومغناطیسی شامل گستره وسیعی از طول موج‌های بسیار کوتاه تا طول موج‌های بسیار بلند است که شامل: امواج رادیویی، ریزموج‌ها، پرتوهای فرسوخ، نور مرئی، پرتوهای فرابنفش، پرتوهای X و پرتوهای گاما می‌باشد.
- ✓ اگر یک نمونه ماده همه طول موج‌های مرئی را بازتاب کند به رنگ سفید دیده می‌شود.
- ✓ اگر یک نمونه ماده همه طول موج‌های مرئی را جذب کند به رنگ سیاه دیده می‌شود.
- ✓ در مواد رنگی باید گفت این مواد، بخشی از نور تابیده شده را جذب و باقی مانده آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند بنابراین چشم ما مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آنها می‌بیند.



چرا یک جسم به رنگ خاص دیده می‌شود؟

- ✓ **تعریف رنگدانه:** قسمت اصلی سازنده یک ماده رنگی که باعث رنگ آن می‌شود **رنگدانه** نام دارد.
- ✓ مثلاً: TiO_2 (رنگ سفید)، Fe_2O_3 (رنگ قرمز) و دوده (رنگ سیاه) از جمله رنگدانه‌های **معدنی** هستند.
- ✓ در گذشته، انسان این مواد رنگی را از منابع طبیعی مانند **گیاهان**، **جانوران** و برخی **کانی‌ها** تهیه می‌کرد.

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

- ✓ امروزه پیشرفت و گسترش تولید فراورده‌های صنعتی آن‌چنان سریع و چشمگیر است که این فراورده‌ها در رقابتی اقتصادی افزون بر جنبه‌های کمی و کیفی از دیدگاه زیباشناختی، باید رنگ و رنگ آمیزی مناسب و جذابی نیز داشته باشند. چنین اهمیتی باعث تولید رنگ‌های ساختگی گوناگونی شده است. رنگ‌هایی که در صنایع **غذایی**، **نساجی**، **ساختمانی** و... به کار می‌روند.
- ✓ توجه کنید رنگ‌هایی که برای **پوشش سطح** استفاده می‌شوند، نوعی **کلوئید** هستند که لایه نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر **زیبایی**، **مانع خوردگی** در برابر **اکسیژن**، **رطوبت** و **مواد شیمیایی** گردد.

صفحه ۸۴ کتاب درسی

خود را بیازمایید

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



محلولی از نمک وانادیم (V)

محلولی از نمک وانادیم (IV)

محلولی از نمک وانادیم (III)

محلولی از نمک وانادیم (II)

با توجه به شکل به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

(آ) آرایش الکترونی اتم وانادیم ($23V$) را بنویسید. $23V: [Ar] 3d^3 4s^2$

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



وانادیم (III) :

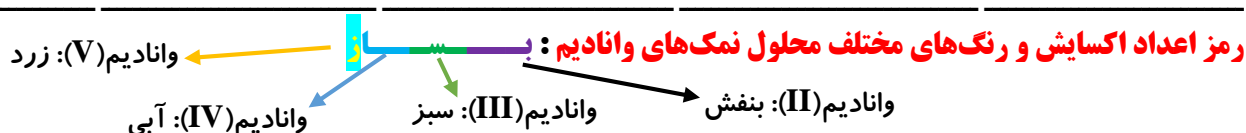


(پ) توضیح دهید چرا در هر مرحله رنگ محلول متفاوت از دیگری است؟

با توجه به این که **شمار الکترون‌های ظرفیت در یون‌ها متفاوت است پس باید رفتار آن‌ها نیز متفاوت باشد**، یکی از این تفاوت‌ها در **رفتار، رنگ محلول نمک آن‌ها است**.

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

نقش اکسنده را دارد زیرا اتم‌های روی با از دست دادن الکترون به $Zn^{2+}(aq)$ تبدیل می‌شود (کاهنده). در حالی که **وانادیم (V) به ترتیب با به دست آوردن الکترون به وانادیم (IV)، وانادیم (III) و وانادیم (II) کاهش می‌یابد (اکسنده)**.



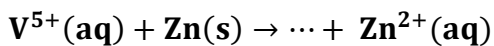
سوال: با محاسبه عدد اکسایش وانادیم در ترکیبات زیر مشخص کنید رنگ محلول نمک‌های زیر چیست؟

الف) NH_4VO_3

ب) VO_2NO_3

پ) VO_4

سوال: به 200 mL از محلول 0.25 M مولار نمک وانادیم (V)، 325 mg از فلز روی اضافه شده است. با توجه به جدول زیر، رنگ نهایی محلول، کدام است؟ ($Zn = 65 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$)؛ واکنش در هر مرحله کامل انجام می‌شود. (کنکور ریاضی ۹۸ خارج)



(II)	(III)	(IV)	(V)	عدد اکسایش وانادیم
بنفش	سبز	آبی	زرد	رنگ محلول

(۱) بنفش (۲) آبی (۳) زرد (۴) سبز

تیتانیوم، فلزی فراتر از انتظار:

- ✓ فلزها افزون بر رفتارهای مشابه، تفاوت‌های آشکاری در برخی رفتارها نشان می‌دهند، در واقع هر فلز علاوه بر رفتارهای مشترک، رفتارهای ویژه خود را نیز دارد.
- ✓ فلزات دسته d همانند فلزات دسته s و p دارای ویژگی‌های مشترکی مانند **جلای فلزی**، **رسانایی الکتریکی** و **گرمایی** و نیز **شکل‌پذیری** هستند اما در ویژگی‌هایی مانند **سختی بالا**، **نقطه ذوب بالا** و **تنوع عدد اکسایش** با آن‌ها تفاوت دارند.
- ✓ برای فلزات دسته d چند استثناء وجود دارد مثلاً فلز جیوه (Hg) دارای نقطه ذوب **پایین** است و در دمای اتاق **مایع** می‌باشد یا فلزات **اسکاندیم** (Sc) و **روی** (Zn) فقط یک عدد اکسایش دارند که به ترتیب **+۲** و **+۳** می‌باشد.
- ✓ در میان عناصر دسته d از دوره **چهارم** جدول دوره‌ای، **تیتانیوم** (22Ti) با ویژگی‌های باور نکردنی، فلزی فراتر از انتظار است.
- ✓ **ماندگاری و استحکام مناسب** از جمله ویژگی‌های تیتانیوم است.
- ✓ **تیتانیوم** متعلق به گروه **۴** و دوره **۴** جدول تناوبی است و در لایه ظرفیت خود **۴** الکترون دارد و اعداد اکسایش آن **+۲** و **+۴** است.

صفحه ۸۵ کتاب درسی

با هم ببیندیشیم

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

ویژگی	ماده	تیتانیوم	فولاد
نقطه ذوب ($^{\circ}\text{C}$)		۱۶۶۷	۱۵۳۵
چگالی (g mL^{-1})		۴/۵۱	۷/۹۰
واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا		ناچیز	متوسط
مقاومت در برابر خوردگی		عالی	ضعیف
مقاومت در برابر سایش		عالی	عالی



(آ) هنگامی که موتور جت کار می‌کند همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارند. تیتانیوم بر اساس کدام ویژگی‌ها برای ساخت این موتور به کار رفته است؟ توضیح دهید. **تیتانیوم به دلیل دمای ذوب بالا، چگالی کم و مقاومت در برابر سایش در ساخت موتور جت به کار می‌رود.**

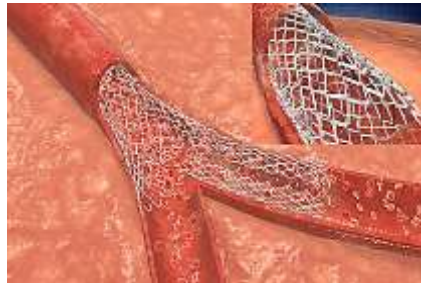
ب) توضیح دهید چرا امروزه در ساخت پروانه کشتی اقیانوس پیما به جای فولاد از تیتانیوم استفاده می‌کنند؟
تیتانیوم فلزی با چگالی کم است که در برابر خوردگی و واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا مقاوم است.

پ) ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار همانند موزه گوگنهایم با پوشش بیرونی تیتانیوم، از چه مزایایی برخوردار است؟ توضیح دهید.
زیبایی، درخشش، شکل‌پذیری مناسب، چگالی کم و مقاومت در برابر خوردگی از جمله ویژگی‌های بارز تیتانیوم است که در ساختار بناهای هنرمندانه به کار می‌رود.



✓ تیتانیوم علاوه بر ویژگی‌های یاد شده در بالا، به شکل **آلیاژهای** گوناگون نیز کاربرد گسترده‌ای در **صنعت** دارد. برای نمونه، **نیتینول** آلیاژی از **نیکل و تیتانیوم** است که به **آلیاژ هوشمند** معروف است.

✓ این آلیاژ در ساخت فرآورده‌های صنعتی و پزشکی همانند **سازه‌های فلزی اورتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک** به دلیل **انعطاف‌پذیری بسیار بالا** کاربرد دارد.



صفحه ۸۶ کتاب درسی

تمرین‌های دوره‌ای

(۱) با توجه به ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای عنصرها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

(آ) عنصرهای کدام گروه‌ها جزو مواد مولکولی هستند؟ **۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸**

(ب) عنصرهای کدام گروه جزو مواد کووالانسی هستند؟ **۱۴**

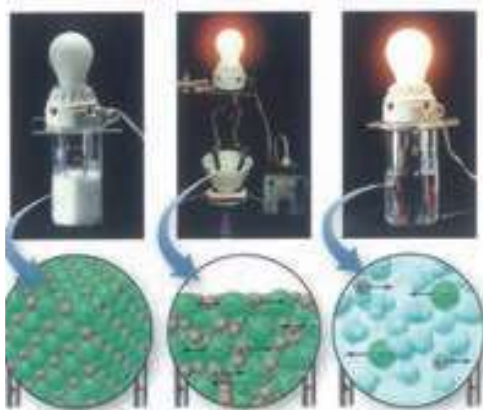
(پ) عنصرهای کدام دسته (p, s, d) یا فلزند؟ **d**

(۲) سیلیسیم کریید (SiC) یک **ساینده** ارزان است که در تهیه **سنباده** به کار می‌رود.

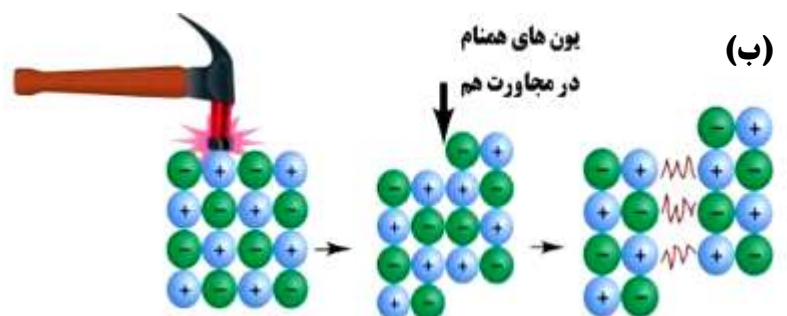
(آ) این ماده را در کدام دسته از مواد جای می‌دهید؟ چرا؟ **جامدهای کووالانسی زیرا ماده‌ای سخت است که به عنوان سنباده به کار می‌رود.**
 (ب) سختی آن را در مقایسه با الماس و سیلیسیم پیش‌بینی کنید.

چون طول پیوند Si-C در سیلیسیم کریید از طول پیوند C-C در الماس بیشتر و از Si-Si در سیلیسیم کمتر است پس میانگین آنتالپی پیوند میان این دو ماده خواهد بود از این رو سختی آن از الماس کمتر اما از سیلیسیم بیشتر است.

(۳) هر یک از شکل‌های زیر رفتاری از مواد یونی را نشان می‌دهد. در هر مورد آن رفتار را با دلیل توصیف کنید.



(آ)



آ) ترکیب‌های یونی در حالت جامد رسانای الکتریسیته نیستند زیرا در این حالت یون‌ها حرکت انتقالی ندارند و جابجا نمی‌شوند. اما در حالت مذاب یا محلول در آب به دلیل جابجایی یون‌ها به سوی قطب‌های ناهمنام رسانایی انجام می‌شود. (ب) هنگامی که به جامدهای یونی، ضربه‌ای در راستای معین وارد می‌شود با جابجایی لایه یا لایه‌هایی از یون‌ها و قرار گرفتن یون‌های همنام مقابل یکدیگر، نیروهای دافعه آشکاری پدید می‌آید که سبب جدا شدن لایه‌ها از هم می‌شود.

۴) برای هر یک از جمله‌های زیر دلیل بنویسید.

آ) تنوع و شمار مواد مولکولی بیشتر از مواد کووالانسی است.

جامدهای کووالانسی به طور عمده از عنصرهای گروه ۱۴ ساخته شده‌اند (الماس (C)، سیلیسیم (Si)، سیلیسیم کربید (SiC) و ...). از اینرو شمار محدودی دارند. اما ترکیب‌های یونی از شبکه بلوری سه بعدی از کاتیون‌ها و آنیون‌های گوناگون (تک اتمی و چند اتمی) با عدد کوئوردیناسیون معین تشکیل می‌شوند. در حالی که ترکیب‌های مولکولی نوع و تعداد اتم‌های سازنده و همچنین تنوع شیوه اتصال آن‌ها به هم بسیار بیشتر است برای نمونه اغلب مواد آلی ترکیب‌های مولکولی هستند.

ب) ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، جزو مواد مولکولی به شمار می‌روند.

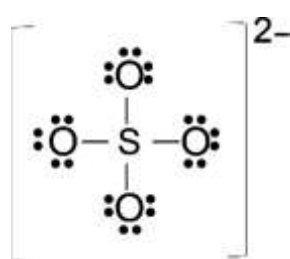
مواد یونی و مواد کووالانسی در دما و فشار اتاق، ترکیب‌هایی جامد هستند به همین دلیل ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، حتماً مواد مولکولی خواهند بود.

پ) ترتیب واکنش پذیری فلزهای پتاسیم، کلسیم و تیتانیم به صورت $19K > 20Ca > 22Ti$ است.

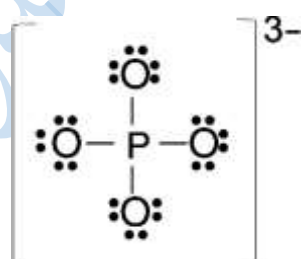
در دوره چهارم، پتاسیم فلز قلیایی با یک الکترون ظرفیت، کلسیم فلز قلیایی خاکی با دو الکترون ظرفیت و تیتانیم فلز واسطه با چهار الکترون ظرفیت است. واکنش پذیری در فلزها به سهولت تشکیل کاتیون وابسته است.

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

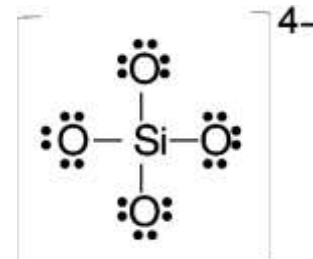
آ) هریک از ساختارهای لوویس را با جفت نقطه‌ها کامل کرده سپس بار الکتریکی هر آنیون را مشخص کنید.



یون سولفات



یون فسفات

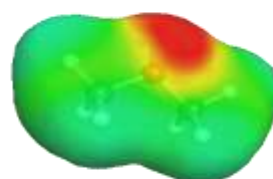


یون سیلیکات

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



۶) نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی پروپان و دی متیل اتر با جرم مولی نزدیک به هم به صورت زیر است. با توجه به آن‌ها به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) کدام یک در میدان الکتریکی جهت گیری نمی‌کند؟ چرا؟

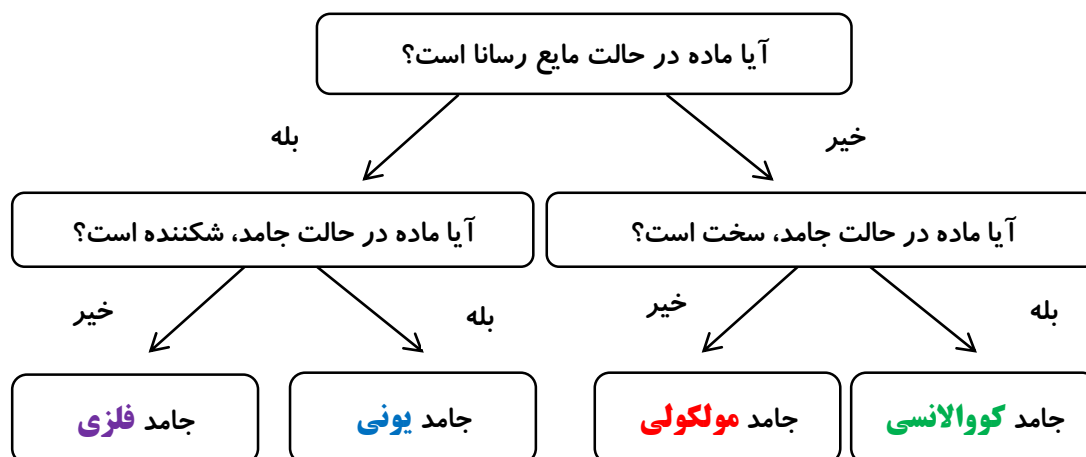
پروپان، زیرا توزیع بارهای الکتریکی در آن متقارن است.

ب) توضیح دهید کدام یک از این دو ماده گازی شکل، آسان تر به مایع تبدیل می شود؟

دی متیل اتر، به دلیل قطبی بودن مولکولها، نیروهای جاذبه قوی تری میان آنها برقرار می شود و آسان تر مایع می شوند.

۷) گروهی از دانش آموزان همه مواد خالص را بر اساس رفتار آنها مطابق نمودار زیر دسته بندی کرده اند. با پر کردن جاهای خالی، نمونه ای

برای هر جامد مثال بزنید.



طلا

پتاسیم کلرید

یخ

الماس

فصل چهارم : شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن

مباحث عمده فصل : آلاینده‌های تولید شده در خودروها، انرژی فعالسازی، تولید صنعتی آمونیاک و فرایند هابر، عوامل مؤثر بر چابایی تعادل و اصل لوشاتلیه، ثابت تعادل و تأثیر دما بر آن، سنتت مواد آلی

رشد و پیشرفت هر جامعه تنها در سایه تلاش **هدفمند** و **آگاهانه** افراد خبره، کاردان و ورزیده دست یافتنی است و این پیشرفت علاوه بر انگیزه به تکیه گاهی مناسب نیاز دارد که همان دانش، توانایی، مهارت و زیرساخت‌های لازم است.

از جمله پیامدهای رشد و پیشرفت، دسترسی **آسان** و **ارزان‌تر** به فناوری‌های نو را می‌توان نام برد. در این فصل با سه نمونه کلی از فناوری‌هایی که دانش شیمی برای ما به ارمغان آورده است آشنا می‌شویم، این موارد عبارتند از :

✓ بهره‌گیری از **مبدل‌های کاتالیستی در خودرو**

✓ **کود شیمیایی سبز**

✓ **تبدیل مواد شیمیایی خام به مواد ارزشمند**

یکی از ویژگی‌های ذاتی انسان، کنجکاوی و پرسشگری اوست. از اینرو، پیوسته در پی شناخت محیط پیرامون خود است. او همواره برای زندگی و ادامه آن با چالش‌ها و مشکلات گوناگونی روبرو بوده است اما با بهره‌گیری از هوش، خرد و الهام از طبیعت توانسته برای هر پرسش در ذهن خود پاسخی بیابد. انسان همچنین برای حل مسئله در هر زمان و مکان، راهکاری **عملی** یافته است.

یکی از دانش‌هایی که نقش پر رنگی برای رسیدن بشر به زندگی مدرن امروزی داشته است **شیمی** است، به چند نمونه از دستاوردهای شیمی توجه نمایید:

✓ فناوری **تصفیه آب** : این فناوری، مانع از گسترش بیماری‌هایی از جمله **وبا** در جهان شده است.

✓ فناوری **تولید پلاستیک** : این فناوری، صنعت **پوشاک** و صنعت **بسته‌بندی** (غذا، دارو و ...) را دگرگون ساخت.

✓ فناوری **شناسایی و تولید مواد بی‌حس کننده** و **آنتی بیوتیک**، این فناوری راه را برای **جراحی‌های** گوناگون هموار کرد.

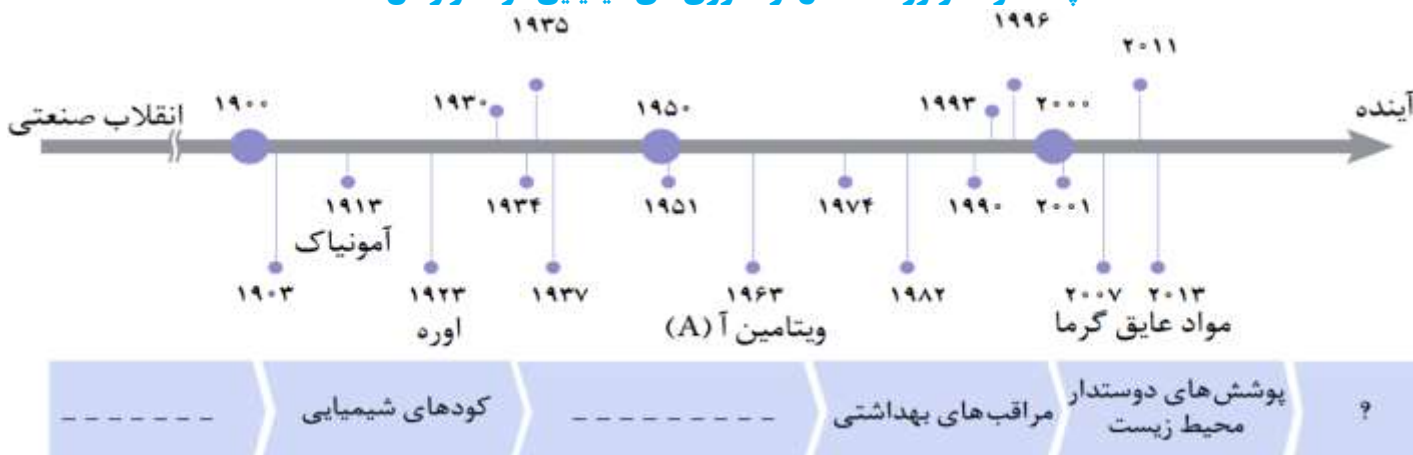
✓ فناوری‌های **شناسایی و تولید کودهای شیمیایی** مناسب، نقش چشمگیری در **تأمین غذای** جمعیت جهان دارد.

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

✓ گسترش فناوری **صفحه‌های نمایشگر** در وسایل **الکترونیک**، مدیون دانش شیمی است.

بنزین و مبدل کاتالیستی	تولید کودهای شیمیایی	صفحه‌های نمایشگر الکترونیکی
دستاوردهای مهم شیمی		
تولید و شناسایی آنتی بیوتیک	تصفیه آب	تولید پلاستیک

چند نمونه فراورده حاصل از فناوری‌های شیمیایی در گذر زمان :



✓ ترتیب زمانی شناسایی و تولید برخی از فرآورده‌های حاصل از فناوری‌های شیمیایی :

..... → مواد عایق گرما → ویتامین A → اوره → آمونیاک

✓ اوره ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) و آمونیاک (NH_3) در تهیه کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

✓ با توجه به کارآمدی علوم تجربی، بسیاری بر این باورند که این علوم و یکی از زیرشاخه‌های آن یعنی دانش شیمی و فناوری‌های آن می‌توانند آینده روشنی را برای جهان رقم بزنند. در واقع نوع استفاده از دانش و فناوری دو روی سکه هستند. برای مثال تولید سلاح‌های شیمیایی، استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهد.

به دنبال هوای پاک :

✓ هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور یکنواخت در هواکره پخش شده‌اند. در سال دهم خواندیم که حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره، در نزدیک‌ترین لایه به زمین یعنی لایه تروپوسفر وجود دارد. این بخش همان بخشی است که ما در آن زندگی می‌کنیم.

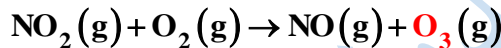
✓ در هوای آلوده، علاوه بر گازهای موجود در هوای پاک، گازهای گوناگونی مانند کربن مونوکسید (CO)، نیتروژن مونوکسید (NO)، نیتروژن دی اکسید (NO₂)، گوگرد دی اکسید (SO₂)، اوزون (O₃)، CxHy، ذره‌های معلق و مواد آلی فرار، وجود دارد. گاز گوگرد دی اکسید از سوختن گوگرد موجود در سوخت‌های فسیلی ایجاد می‌شود.

✓ گاز نیتروژن هم در دمای بالای درون موتور خودرو به گازهای NO و NO₂ تبدیل می‌شود.

✓ گاز گوگرد دی اکسید و اکسیدهای نیتروژن با آب و اکسیژن موجود در هوا واکنش می‌دهند و در نهایت به سولفوریک اسید و نیتریک اسید تبدیل می‌شوند. این اسیدها هنگام بارش، باران‌های اسیدی تولید می‌کنند و به شدت محیط زیست را تخریب می‌کنند.

✓ سوختن ناقص هیدروکربن‌ها باعث تولید CO(g) و C (دوده) و گاهی هیدروکربن‌های شکسته شده از مولکول‌های بنزین با فرمول CxHy می‌شود.

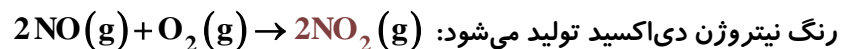
✓ مولکول‌های O₃ از واکنش مقابل تولید می‌شوند :



✓ اوزون در لایه تروپوسفر به دلیل واکنش‌پذیری بیشتر نسبت به اکسیژن، آلاینده‌ای سمی و خطرناک محسوب می‌شود.

✓ مقایسه مقدار آلاینده تولید شده بر حسب گرم به ازای طی یک کیلومتر : $\text{CO} > \text{CxHy} > \text{NO}$

✓ گاز نیتروژن دی اکسید NO₂ جزو گازهای خروجی از آگزوز خودروها به شمار نمی‌رود. زمانی این گاز تولید می‌شود که گاز نیتروژن مونوکسید (NO) خروجی از آگزوز خودروها، وارد هواکره شده و به دلیل واکنش‌پذیری بالا، با اکسیژن هوا ترکیب شده و گاز قهوه‌ای رنگ نیتروژن دی اکسید تولید می‌شود:



✓ گازهای NO و NO₂ به دلیل داشتن الکترون تک (جفت نشده) در ساختار خود، بسیار فعال و واکنش‌پذیر بوده و از رادیکال‌ها به شمار می‌آیند و از قاعده هشتایی پیروی نمی‌کنند.



✓ با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با رفتارهای نادرست، دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است.

چند مورد از اثرات نامطلوب هوای آلوده :

✓ هوای آلوده نفس کشیدن را دشوار و مشکلات تنفسی ایجاد می‌کند.

✓ هوای آلوده بوی بدی دارد و چهره شهر را زشت می‌کند. (معمولاً به رنگ قهوه‌ای است).

علت قهوه‌ای روشن دیده شدن هوای آلوده وجود گاز قهوه‌ای رنگ NO₂ است.

✓ هوای آلوده فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد.

✓ هوای آلوده سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود.

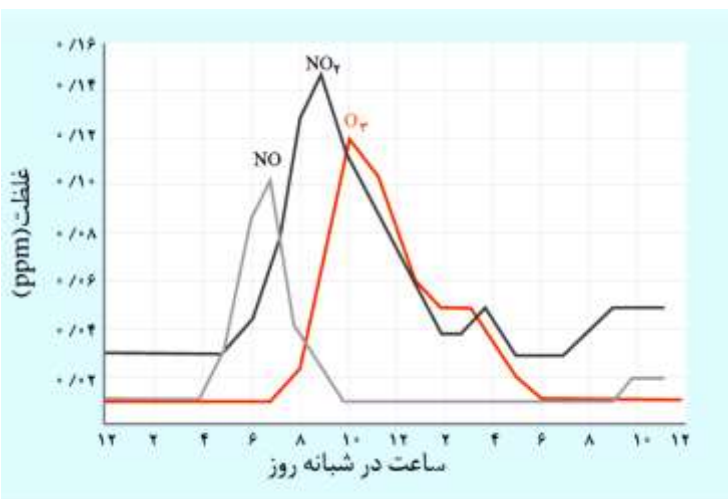
مقدار آلاینده به ازای طی یک کیلومتر (گرم)	فرمول شیمیایی آلاینده
۵/۹۹	CO
۱/۶۷	CxHy
۱/۰۴	NO

با توجه به جدول، روزانه چند تن آلاینده وارد هوا کرده می‌شود؟
(فرض کنید روزانه صد میلیون خودرو در جهان به طور میانگین ۵۰ کیلومتر مسافت طی می‌کنند).
ابتدا مجموع جرم سه آلاینده مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

$$1/04 + 1/67 + 5/99 = 8/7 \text{ g}$$

$$\text{ton?} = 10^8 \text{ خودرو} \times \frac{50 \text{ km}}{1 \text{ خودرو}} \times \frac{8/7 \text{ g آلاینده}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ ton}}{10^6 \text{ g}} = ۴۳۵۰۰ \text{ ton}$$

صفحه ۹۲ کتاب درسی



خود را بیازمایید

(۱) نمودار زیر غلظت برخی از آلاینده‌ها را در نمونه‌ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می‌دهد.

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

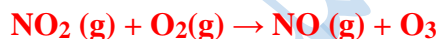
NO حدود ساعت ۷ صبح، NO₂ حدود ساعت ۹ صبح و O₃ حدود ساعت ۱۰ صبح به بیشترین حد خود می‌رسد.

(ب) چرا هوای آلوده به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود؟

به دلیل وجود مقدار قابل توجهی از گاز آلاینده NO_۲

(پ) چرا با کاهش مقدار گاز NO₂، مقدار گاز O₃، رو به افزایش است؟

با افزایش مقدار NO₂ در هوای آلوده، این آلاینده با O₂ واکنش داده و به تدریج مقدار آن کاهش می‌یابد و همزمان با مصرف آن مطابق واکنش زیر اوزون تروپوسفری تولید می‌شود.



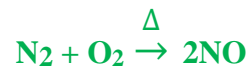
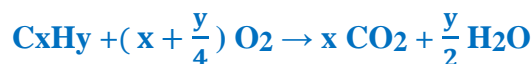
مقایسه بیشترین مقدار آلاینده در شبانه روز: $\text{NO} < \text{O}_3 < \text{NO}_2$

(۲) در شیمی ۱، آموختید که آلاینده‌های مقابل در خروجی آگزوز خودروها وجود دارند. (CO, SO₂, NO, CxHy)
(آ) دلیل وجود هیدروکربن‌ها در گازهای خروجی از آگزوز را توضیح دهید.

وجود هیدروکربن در گازهای خروجی از آگزوز دو دلیل عمده دارد یکی نامرغوب بودن سوخت و دیگری کافی نبودن اکسیژن آن.

(ب) پیدایش گازهای کربن مونوکسید، گوگرد دی‌اکسید و نیتروژن مونوکسید را با نوشتن معادله شیمیایی موازنه شده توجیه کنید.

CO از سوختن ناقص سوخت، SO₂ از سوختن نامرغوب و حاوی گوگرددار و NO از واکنش میان N₂ و O₂ موجود در هوا در دمای بالای موتور خودرو تولید می‌شود.



مقدمه‌ای بر طیف سنجی

شناسایی آلاینده‌ها با بررسی رفتار مواد آلاینده:

✓ هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب بی‌رنگ هستند و نمی‌توان به آسانی آن‌ها را تشخیص داد. از طرفی آلاینده‌ها و مقدار هر

یک از آن‌ها در شهرهای گوناگون متفاوت است. البته برخی آلاینده‌ها مانند گاز NO_۲، رنگی هستند (NO_۲ قهوه‌ای رنگ است).

✓ برای شناسایی نوع و مقدار آلاینده‌ها از برهمکنش این مواد با پرتوهای الکترومغناطیسی استفاده می‌شود.

✓ در شیمی دهم آموختیم که نور کلید شناخت جهان است و دانستیم که اگر یک نمونه ماده در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی قرار

گیرد، ممکن است گستره معینی از آن‌ها را جذب و پرتوهای باقی مانده را بازتاب یا عبور دهد.

خود را بیازمایید:

صفحه ۹۳ کتاب درسی

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

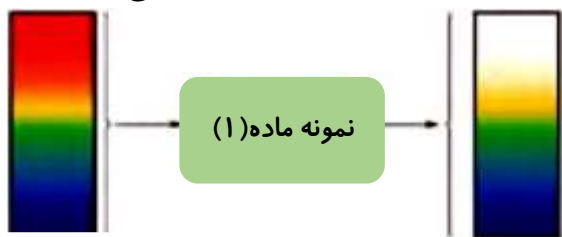
(آ) کدام نمونه ماده طول موج‌های بیشتری از پرتوهای مرئی را جذب کرده است؟

نمونه (۲)

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

خیر زیرا بر همکنش نور با دو ماده متفاوت است.

هر یک از شکل‌های مقابل رفتار یک نمونه ماده در برابر پرتوهای مرئی را نشان می‌دهد. ماده (۱)، نورهای سرخ و نارنجی را جذب کرده و بقیه پرتوها را عبور داده یا بازتاب کرده است. در حالی که ماده (۲) همه نورها به جز سبز را جذب می‌کند. در نتیجه ماده (۲) طول موج‌های بیشتری از پرتو مرئی را جذب می‌کند و از آنجا که ماده (۲) و (۱) بر همکنش متفاوتی در مقابل پرتوهای مرئی دارند، می‌توان نتیجه گرفت که ساختار این دو متفاوت است.



نور مرئی



نور مرئی

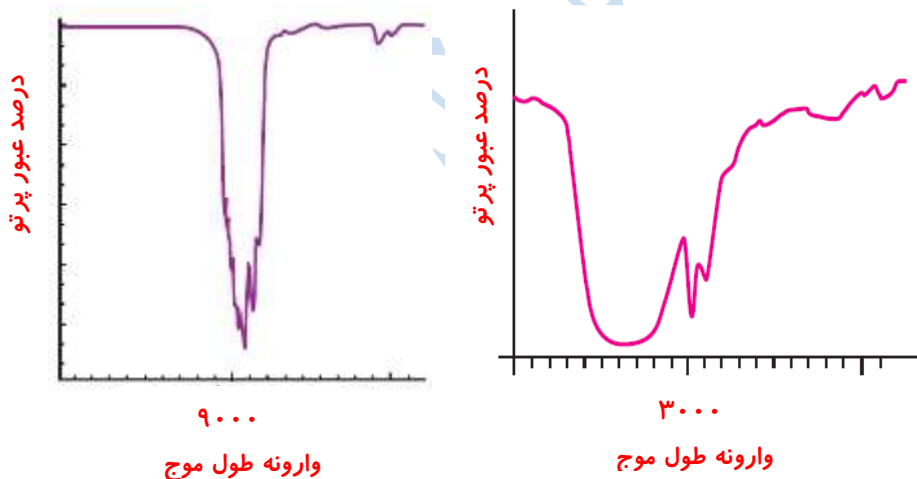
✓ علاوه بر پرتوهای نور مرئی از سایر پرتوهای الکترومغناطیس برای **شناسایی و اندازه‌گیری** مواد می‌توان استفاده کرد.

✓ شیمی‌دان‌ها با استفاده از چنین برهمکنش‌هایی میان **ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی**، روش‌های گوناگون طیف‌سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه‌گذاری کرده‌اند.

✓ یکی از **رایج‌ترین** روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی **گروه‌های عاملی** به کار می‌رود، طیف‌سنجی **فروسرخ** است.

✓ با توجه به اینکه **شمار و نوع** اتم‌های سازنده هر گروه عاملی **متفاوت** از دیگری است، هر یک از آن‌ها **گستره معین و منحصر به فردی** از پرتوهای فرسرخ را **جذب** می‌کنند؛ و همین تفاوت **عامل** شناسایی گروه‌های عاملی از یکدیگر است.

✓ برای نمونه در شکل زیر طیف‌سنجی **فروسرخ** برای شناسایی و تشخیص گروه‌های عاملی موجود در دو ترکیب با فرمول یکسان C_2H_6O است (یکی اتانول و دیگری دی‌متیل اتر)



تشخیص گروه‌های عاملی

شناسایی آلاینده‌هایی مانند CO و NOx در هواگره

شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای

کاربردهای طیف‌سنجی فرسرخ (IR)

علاوه بر طیف‌سنجی **فروسرخ** می‌توان از برهمکنش پرتوهای **فرابنفش**، **نور مرئی**، **امواج رادیویی** و ... نیز، برای **شناسایی** مواد گوناگون استفاده کرد. دستگاه **تصویربرداری ام.آر.آی (MRI)** مثالی از کاربرد **طیف‌سنجی** در علم پزشکی است.

انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های شیمیایی :

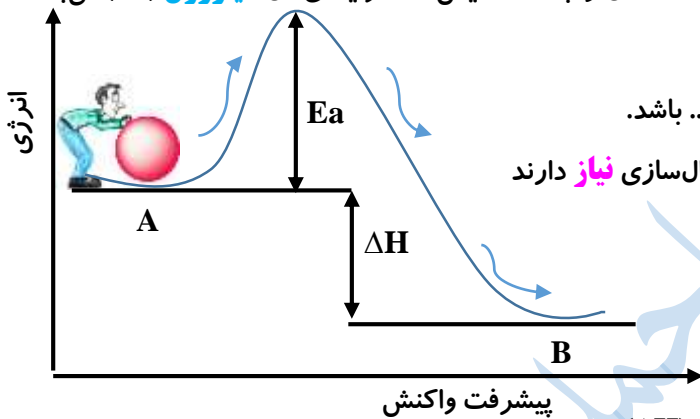
✓ می‌دانیم که واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های **گونگون** انجام می‌شوند. برای نمونه واکنش **زنگ زدن آهن کُند** در حالی که واکنش **سوختن متان، تند** است.

✓ **افزایش دما** چه در واکنش‌های **گرما ده** و چه در واکنش‌های **گرما گیر** سبب **افزایش** سرعت واکنش‌ها می‌شود.

✓ برای نمونه گاز **نیتروژن** با گاز **اکسیژن** در دمای اتاق واکنش **نمی‌دهد** اما **درون موتور** خودرو (دمای موتور خودروها بیشتر از 1000°C است.) **اندکی** از آنها به **نیتروژن مونوکسید (NO)** تبدیل می‌شود.

اگر بخواهیم علت **تأثیر گذاری دما بر سرعت** واکنش‌ها را بررسی کنیم به نمودارها و مفاهیم جدیدتری نیاز داریم که به آنها می‌پردازیم :
برای درک بهتر این موضوع، فرض کنید شخصی می‌خواهد گلوله‌ای را از نقطه A به نقطه B منتقل کند برای این منظور، او دست کم باید انرژی لازم برای رساندن گلوله به بالای قله را تأمین کند؛ زیرا از آن به بعد گلوله بر اثر نیروی گرانش روی سطح شیب‌دار به پایین سرازیر می‌شود. بدیهی است هر چه ارتفاع قله کمتر باشد، انتقال گلوله آسان‌تر و سریع‌تر انجام می‌شود.

انرژی فعال‌سازی : به **حداقل** انرژی **لازم** برای شروع یک واکنش شیمیایی، انرژی **فعال‌سازی** گفته می‌شود در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی **آغاز** شود باید واکنش‌دهنده‌ها مقدار **معینی** انرژی داشته باشند، که آن را با **Ea** نمایش داده و یکای آن **کیلوژول (kJ)** می‌باشد.



✓ اگر انرژی فعال‌سازی واکنش تأمین **نشود** واکنش انجام **نمی‌شود**.

✓ انرژی فعال‌سازی ممکن است بصورت **جرقه، ضربه، گرما، نور** و ... باشد.

✓ **همه** واکنش‌ها، چه **گرما گیر** و چه **گرما ده** برای شروع به انرژی فعال‌سازی **نیاز** دارند

تا با عبور از **سد** انرژی به فرآورده(ها) تبدیل شوند.

✓ **اختلاف** سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها، **آنتالپی واکنش** (ΔH) است.

✓ هر چه انرژی فعال‌سازی واکنشی **بزرگ‌تر** یا **بیشتر** باشد، سرعت آن واکنش **کمتر** است. یعنی واکنش در شرایط **دشوارتر** و در دمای **بالا**تری انجام می‌شود.

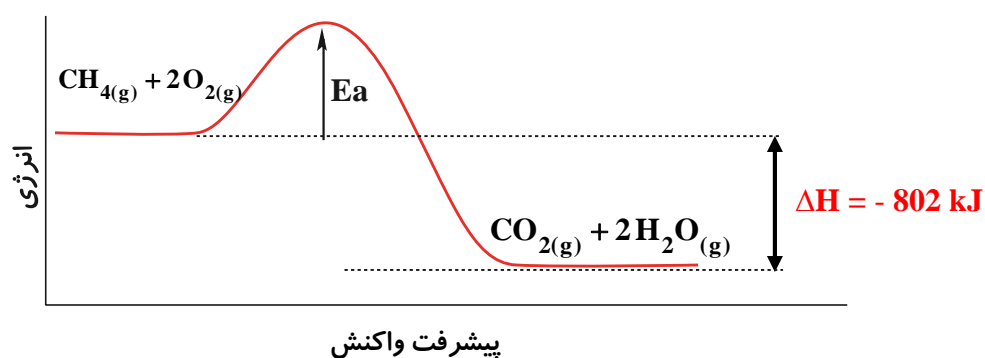
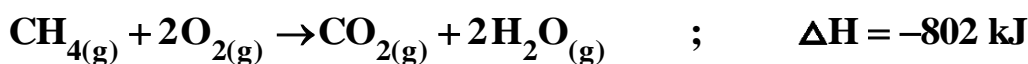
انرژی فعال‌سازی بیشتر ↑	سرعت واکنش کمتر ↓
انرژی فعال‌سازی کمتر ↓	سرعت واکنش بیشتر ↑
انرژی فعال‌سازی بیشتر ↑	انجام واکنش در دمای بالا تر ↑

✓ انرژی فعال‌سازی با **سرعت** واکنش رابطه **وارونه** دارد.

✓ انرژی فعال‌سازی همواره مقداری **مثبت** است.

✓ هنگامی که نوک کبریت روی سطح زبر قوطی کبریت کشیده شود، **گرما** تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش شیمیایی انجام شده را **تأمین** می‌کند.

✓ برای نمونه به واکنش سوختن متان (گاز شهری) در اجاق گاز توجه کنید:



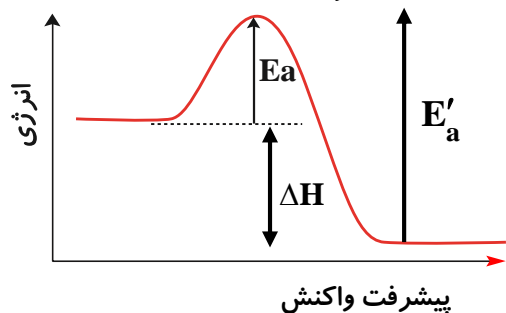
✓ هر چند این واکنش **گرماده** است اما برای آغاز شدن به **جرقه** یا **شعله** نیاز دارد. در واقع جرقه یا شعله فندک و کبریت، انرژی فعال سازی واکنش را تأمین می کند.

✓ با **افزایش** دما، انرژی واکنش دهنده ها **بیشتر** می شود. به طوری که شمار **ذره های** که در واحد **زمان** می توانند به **فراورده ها** تبدیل شوند، **افزایش** یافته و در نتیجه **سرعت** واکنش **افزایش** می یابد.

✓ **پیشتر** بدانید: **واکنش های** وجود دارند که **انرژی فعال سازی** آنها **پسپار کم** و **حتی صفر** است. مثلاً **واکنش پر خورد یک الکترون** با **پوزیترون** که به دو فوتون تبدیل می شود از این نوع است.

انرژی فعال سازی در واکنش های برگشت پذیر:

✓ در برخی از واکنش ها فراورده ها نیز ممکن است بتوانند با هم واکنش داده و واکنش دهنده ها را دوباره تولید کنند؛ انرژی فعال سازی در



این جهت را انرژی فعال سازی برگشت و با E'_a نمایش می دهند.

محاسبه گرمای واکنش:

$$\Delta H = E_a - E'_a$$

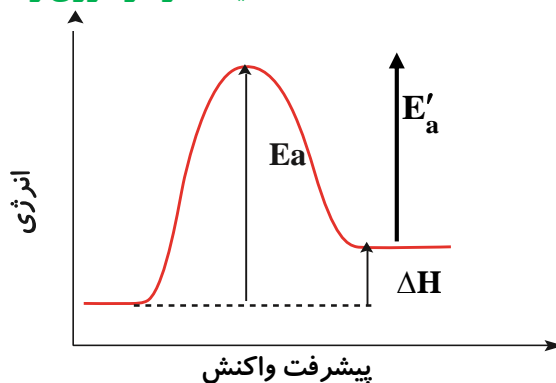
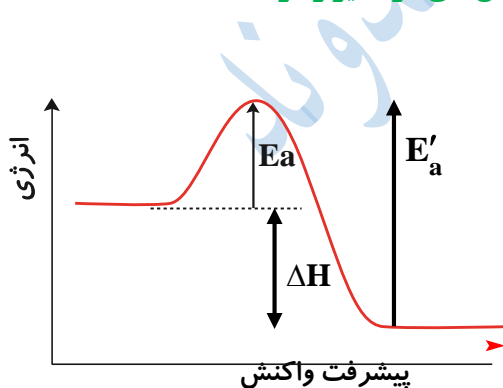
با استفاده از انرژی فعال سازی واکنش های رفت و برگشت امکان پذیر است:

مثال: اگر فرض کنیم انرژی فعال سازی واکنش سوختن متان برابر 18 kJ باشد و انرژی فعال سازی واکنش برگشت 820 kJ باشد آنتالپی

$$\Delta H = E_a - E'_a = 18 - 820 = -802 \text{ kJ}$$

واکنش را محاسبه کنید؟

مقایسه نمودار انرژی واکنش های گرماگیر و گرماده:

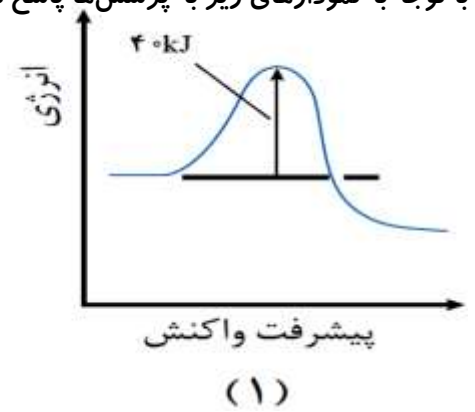
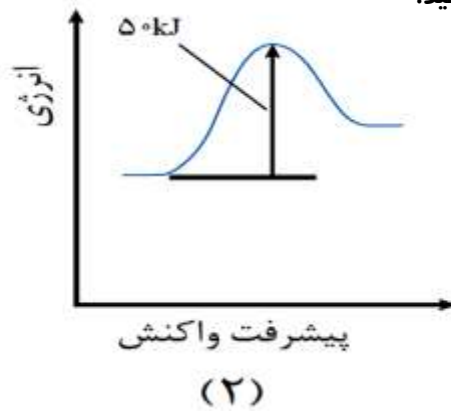
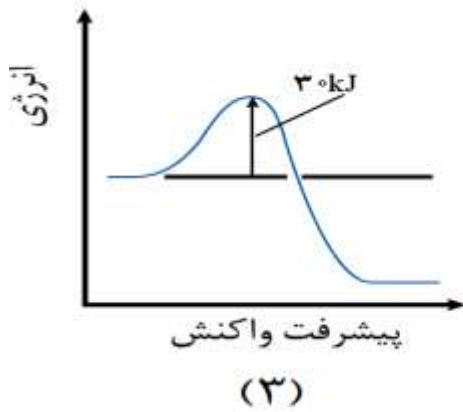


واکنش گرماده	واکنش گرماگیر
گرما + فراورده ها → واکنش دهنده ها	فراورده ها → گرما + واکنش دهنده ها
سطح انرژی: واکنش دهنده ها < فراورده ها	سطح انرژی: فراورده ها < واکنش دهنده ها
پایداری: فراورده ها < واکنش دهنده ها	پایداری: واکنش دهنده ها < فراورده ها
انرژی فعال سازی: واکنش برگشت < واکنش رفت	انرژی فعال سازی: واکنش رفت < واکنش برگشت
سرعت واکنش: واکنش رفت < واکنش برگشت	سرعت واکنش: واکنش برگشت < واکنش رفت
مجموع انرژی های پیوندی: فراورده ها < واکنش دهنده ها	مجموع انرژی های پیوندی: واکنش دهنده ها < فراورده ها
$\Delta H = E_a - E'_a$ $\Delta H < 0$	$\Delta H = E_a - E'_a$ $\Delta H > 0$

خود را بیازمایید :

صفحه ۹۶ کتاب درسی

با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) گرماده یا گرماگیر بودن هر یک از واکنش‌ها را مشخص کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

واکنش‌های (۱) و (۳) گرماده هستند، چون سطح انرژی فرآورده‌ها پایین‌تر از واکنش‌دهنده‌هاست، یعنی فرآورده‌ها پایدارتر هستند.

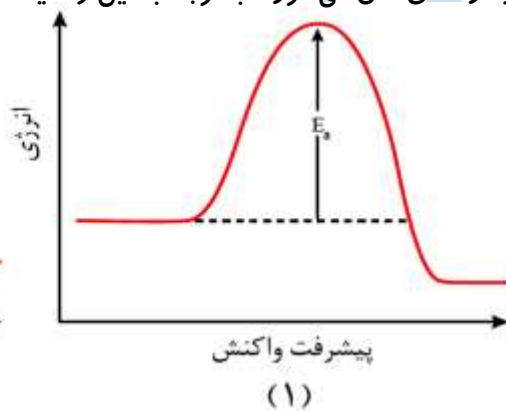
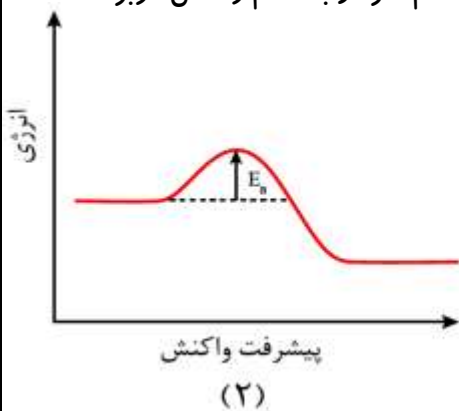
واکنش (۲) گرماگیر است، چون سطح انرژی فرآورده‌ها بالاتر از واکنش‌دهنده‌هاست.

ب) کدام واکنش در شرایط یکسان سریع‌تر انجام می‌شود؟ چرا؟

واکنش (۳) سرعت بیشتری دارد چون انرژی فعال‌سازی E_a آن کمتر است.

پ) فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. با توجه به این واقعیت کدام نمودار به کدام واکنش مربوط است؟

چرا؟



وقتی برخلاف هیدروژن در دمای اتاق می‌سوزد، یعنی E_a واکنش سوختن آن از سوختن هیدروژن کمتر است در نتیجه سرعت واکنش

آن بیشتر است، پس نمودار (۲) که انرژی فعال‌سازی کمتری دارد مربوط به سوختن فسفر سفید و نمودار (۱) مربوط به سوختن

هیدروژن است.

کاتالیزورها :

✓ برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فرآورده‌ها در آنها صرفه اقتصادی ندارد. از اینرو شیمی‌دان‌ها

در پی یافتن شرایط بهینه (دما و فشار پایین‌تر) برای انجام چنین واکنش‌هایی هستند.

چگونه می‌توان واکنش‌هایی که انرژی فعال‌سازی زیادی دارند را در دما و فشار پایین با سرعت مناسب انجام داد؟

یافتن راهی برای کاهش انرژی فعال‌سازی است که با استفاده از کاتالیزگر امکان‌پذیر است.

ویژگی‌های کاتالیزگر :

✓ کاتالیزگر در واکنش شرکت می‌کند؛ اما در پایان واکنش دست‌نخورده باقی می‌ماند. از این رو می‌توان آنها را بارها و بارها به کار برد.

✓ کاتالیزگر ماده‌ای است که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد.

✓ استفاده از کاتالیزگرها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود، زیرا برای تأمین انرژی لازم برای انجام یک

واکنش سوخت زیادی مصرف می‌شود.

✓ بجای افزایش دما برای افزایش سرعت واکنش‌ها از کاتالیزگر استفاده می‌شود، زیرا کاتالیزگر نسبت به دما سه مزیت دارد:

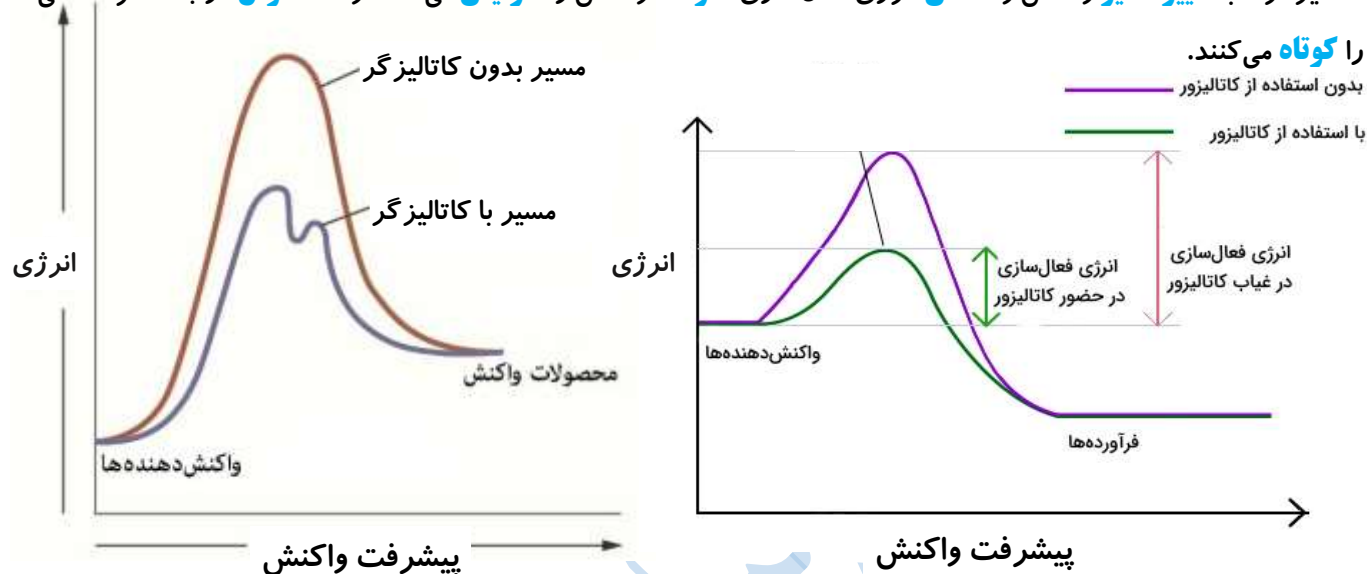
(۱) انرژی کمتری مصرف می‌شود و هزینه‌ها کاهش می‌یابد.

(۲) خطر تجزیه گرمایی موادی که نسبت به گرما حساسند، حذف می‌شود.

(۳) کاهش آلودگی محیط زیست به دلیل کاهش استفاده از منابع انرژی و استفاده از مبدل‌های کاتالیستی

✓ کاتالیزگرها انتخابی عمل می‌کنند و یک کاتالیزگر نمی‌تواند همه واکنش‌ها را سرعت ببخشد.

✓ کاتالیزگرها با تغییر مسیر واکنش و کاهش انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را افزایش می‌دهند و مانند تونل در جاده کوهستانی مسیر



اثر کاتالیزگر بر روی موارد مختلف در یک واکنش:

در مقابل کاتالیزگر ثابت می‌ماند	در مقابل کاتالیزگر کاهش می‌یابد	در مقابل کاتالیزگر افزایش می‌یابد
سرعت واکنش	انرژی فعال‌سازی	تبدیل ذره‌هایی که در واحد زمان به فرآورده تبدیل می‌شود.
سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها	زمان انجام واکنش	مقدار نهایی فرآورده
تبدیل یک واکنش غیر خودبخودی به خودبخودی	سطح انرژی قله در نمودار	آنتالپی واکنش

صفحه ۹۷ کتاب درسی

با هم بیندیشیم:

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

پاسخ دهید.

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

(آ) توضیح دهید چرا این واکنش در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود؟ چون انرژی فعال‌سازی واکنش بالاست و دمای اتاق

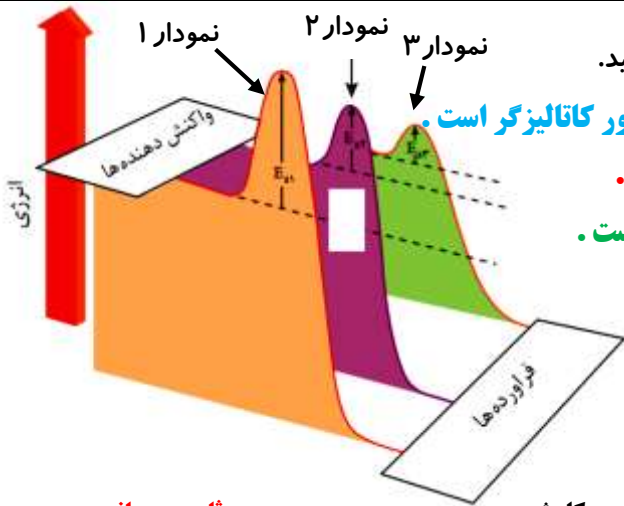
قادر به تأمین این انرژی نمی‌باشد و واکنش بدون کاتالیزگر در دمای اتاق انجام نمی‌شود.

(ب) نقش جرقه در انجام واکنش چیست؟ جرقه، تأمین کننده انرژی فعال‌سازی است.

(پ) نقش پودر روی و توری پلاتینی در این واکنش چیست؟ پودر روی و پودر پلاتین به عنوان کاتالیزگر استفاده شده‌اند.

(ت) کدام کمیت برای این واکنش در هر شرایطی ثابت می‌ماند؟ آنتالپی واکنش (ΔH) همواره ثابت است. $\Delta H = -572 \text{ kJ}$

۲) هر یک از نمودارها را به کدام شرایط واکنش می توان نسبت داد؟ توضیح دهید.



نمودار (۱) که E_{a1} دارد، مربوط به انجام واکنش در دمای اتاق و بدون حضور کاتالیزگر است.

نمودار (۲) که E_{a2} دارد، مربوط به انجام واکنش در حضور پودر روی است.

نمودار (۳) که E_{a3} دارد، مربوط به انجام واکنش در حضور توری پلاتینی است.

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

کاتالیزگر در هر واکنش شیمیایی با **کاهش** انرژی فعال سازی، سرعت واکنش را **کاهش** می دهد، اما آنتالپی واکنش **ثابت می ماند** افزایش می یابد.

✓ می دانیم که انرژی فعال سازی واکنش ها را می توان با **افزایش دما** تأمین کرد یا با **کاتالیزگر** را **کاهش** داد تا واکنش ها با سرعت دلخواه انجام شوند.

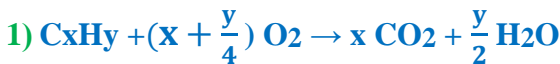
✓ اکنون با این دانسته ها می خواهیم **آلاینده های خروجی** از خودروها را **کاهش** داده یا **حذف** نماییم.

✓ برای حذف **CO**، **NO** و **هیدروکربن های نسوخته**، مشکل اساسی وجود دارد:

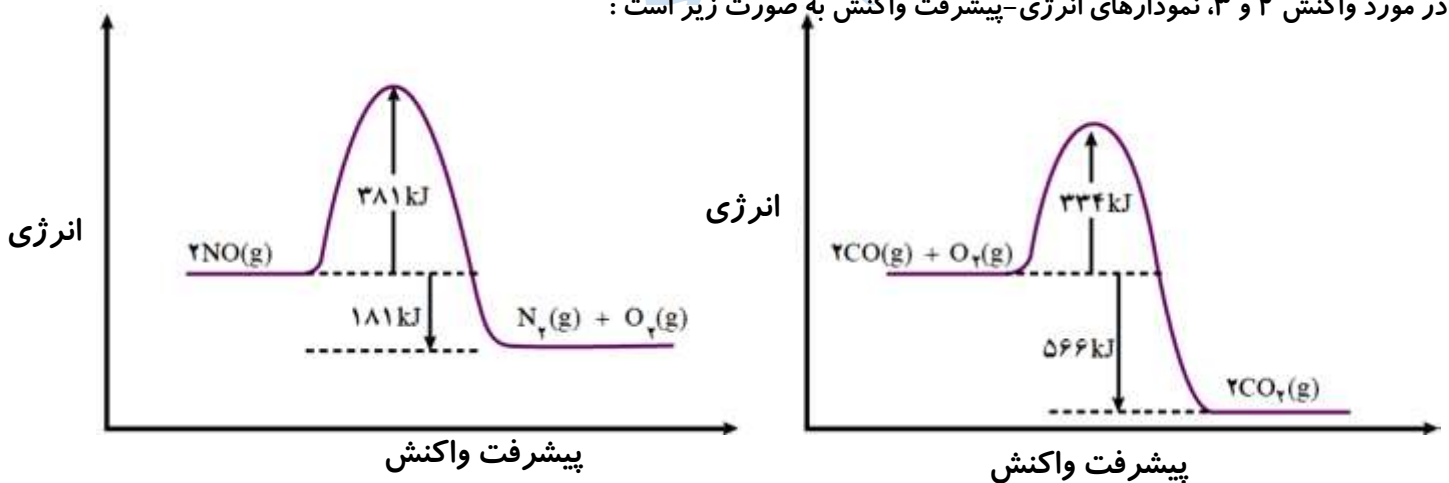
۱) آلاینده های خروجی از آگزوز خودروها در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد **هواکره** می شوند.

۲) **کاهش سریع دمای** این گازها که سرعت واکنش های **حذف** یا **کاهش** آلاینده ها را به شدت **کم** می کند.

برای حذف آلاینده های ذکر شده بایستی واکنش های گرماده زیر انجام شوند:



در مورد واکنش ۲ و ۳، نمودارهای انرژی-پیشرفت واکنش به صورت زیر است:



✓ مقدار انرژی فعال سازی واکنش تجزیه **NO** برابر **۳۸۱** کیلوژول و آنتالپی آن **-۱۸۱** کیلوژول است.

✓ مقدار انرژی فعال سازی واکنش ترکیب **CO** با **O2** برابر **۳۳۴** کیلوژول و آنتالپی آن **-۵۶۶** کیلوژول است.

✓ این واکنش ها در دماهای پایین انجام **نمی شوند** یا بسیار **کند** هستند که علت آن **بالا** بودن انرژی فعال سازی می باشد.

✓ این واکنش ها تنها در **دمای بالا** با سرعت مناسب انجام می شوند؛ در نتیجه برای این که در دمای پایین بتوان این واکنش ها را با سرعت

مناسب انجام داد، شیمی دان ها استفاده از **کاتالیزگرها** را پیشنهاد داده اند.

شیمی دان ها برای یافتن کاتالیزگرهای مناسب بایستی شرایط زیر مورد توجه باشند:

✓ هر سه واکنش باید بصورت **همزمان** انجام شوند.

✓ **یک** کاتالیزگر نمی تواند هر **سه** واکنش را کاتالیز کند و کاتالیزگرها اغلب **اختصاصی** و **انتخابی** عمل می کند.

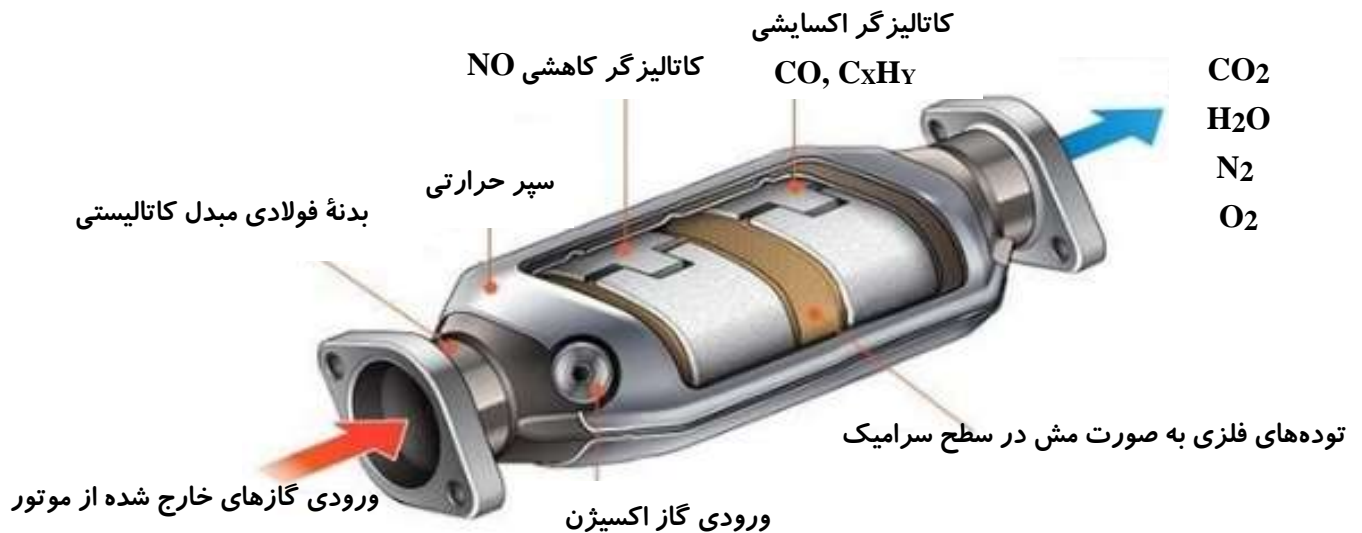
✓ هر کاتالیزگر واکنش **خاصی** را سرعت می بخشد.

✓ نباید در حضور کاتالیزگر واکنش **ناخواسته** دیگری صورت بگیرد.

✓ کاتالیزگرهای مورد استفاده باید پایداری **شیمیایی** و **گرمایی** بالایی داشته باشند (به دلیل شرایط خاص درون موتور خودرو).

مبدل کاتالیستی: قطعه **سرامیکی**، در مسیر گازهای **خروجی** از خودرو، به شکل **توری** که کاتالیزگرهایی مانند **پلاتین**، **پالادیم** و **رودیم** روی آن قرار می‌گیرد.

نقش مبدل کاتالیستی: از ورود **آلاینده‌های** تولید شده در خودروهای **بنزینی** به **هواکره** جلوگیری می‌کند.



➤ کاتالیزگرهای مورد استفاده در خودروهای **بنزینی** شامل **۳ فلز واسطه پلاتین (Pt)**، **پالادیم (Pd)** و **رودیم (Rh)** هستند.

➤ برای اینکه **سطح تماس** کاتالیزگرها و واکنش‌دهنده‌ها افزایش یابد، کاتالیزگرها را بر روی **توری‌هایی** از جنس **سرامیک** می‌نشانند که درون مبدل‌های کاتالیستی خودرو قرار گیرند.

➤ امروزه در برخی مبدل‌های کاتالیستی، سرامیک‌ها را به صورت **مش (دانه‌های ریز)** می‌سازند و **کاتالیزگرها** را روی آن‌ها می‌نشانند که دارای **سطح تماس بیشتری** نسبت به **توری‌ها** هستند.

➤ در سطح سرامیک‌ها در مبدل‌ها، **توده‌های فلزی** با قطر **۲ تا ۱۰ نانومتر** قرار دارند.

➤ یکی از بزرگ‌ترین معایب مبدل کاتالیستی عملکرد آنها در **دمای نسبتاً بالاست**.

➤ هنگامی که موتور خودرو **سرد** است، مبدل کاتالیزور تقریباً **هیچ کاری** برای کاهش آلاینده‌ها صورت **نمی‌دهد**.

برای رفع این مشکل **دو** راه حل ساده وجود دارد که به بررسی هر یک از آنها می‌پردازیم:

(۱) **نصب** کردن مبدل کاتالیستی در **نزدیکی موتور خودرو**: با این کار گازهای گرم موتور به مبدل برخورد کرده و **سریع‌تر** آن را **گرم** کند.

عیب این روش: به علت برخورد گازهای بسیار داغ خروجی از موتور به مبدل، **عمر آن کاهش** می‌یابد.

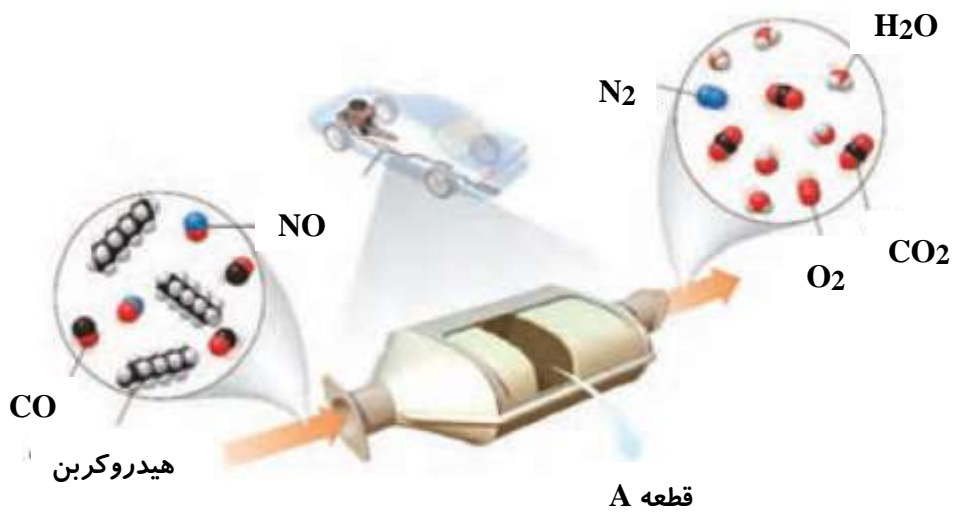
(۲) **گرم کردن** مبدل کاتالیستی با استفاده از **گرمکن‌های الکتریکی**: با این روش مبدل به **سرعت گرم** می‌شود و کارایی آن **افزایش** یافته و **عمر آن نیز افزایش** می‌یابد.

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

پیشتر بدانید: اغلب کاتالیزگرهای **جامد** با گذشت زمان با برخی مواد **شیمیایی گوگردار**، **فسفردار** یا **بنزین سردار** کارایی خود را از دست می‌دهند، در این حالت می‌گویند کاتالیزگر **مسموم شده است**.

با هم ببیندیشیم: **صفحه ۹۸ کتاب درسی**

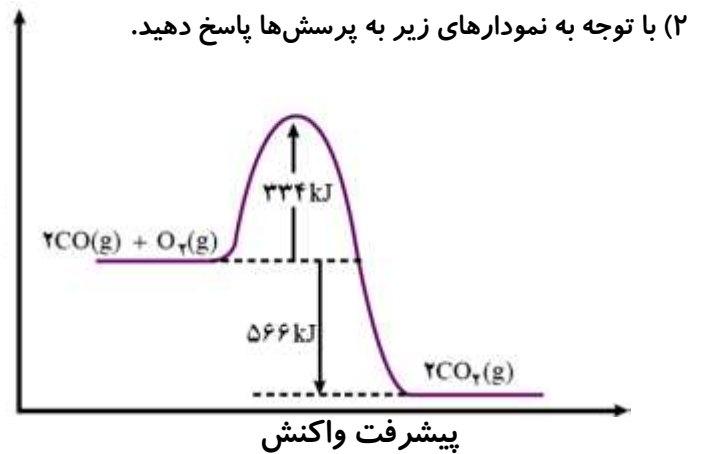
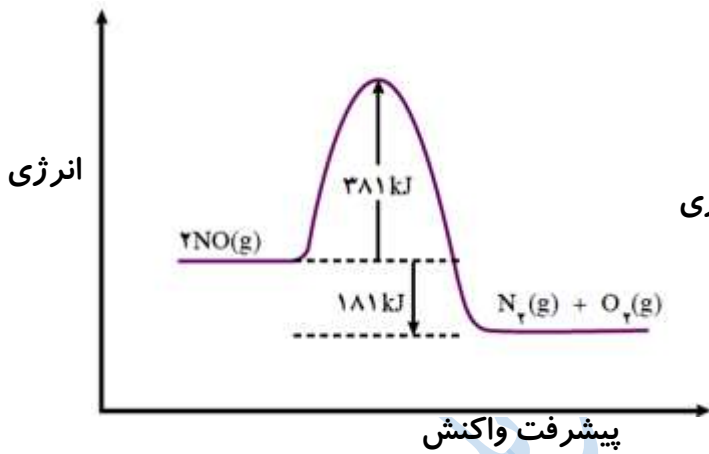
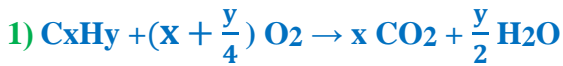
برای حذف آلاینده‌های موجود در اگزوز خودروها (**CO**، **NO**، **C_xH_y**) قطعه‌ای را در مسیر خروج گازها قرار می‌دهند. با توجه به شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ هر آلاینده پس از عبور از قطعه A به چه فرآورده‌ای تبدیل می‌شود؟

CxHy به گازهای **CO2** و **H2O** ، گاز **CO** به گاز **CO2** و گاز **NO** به گاز **N2** تبدیل می‌شود.

ب) معادله شیمیایی حذف هر یک از آلاینده‌ها را بنویسید و موازنه کنید.



۲) با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ چرا این واکنش‌ها در دماهای پایین انجام نمی‌شوند یا بسیار کند هستند؟

چون انرژی فعال‌سازی بالایی دارند و در دمای پایین این انرژی تامین نمی‌شود.

ب) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی هر واکنش را تعیین کنید.

✓ مقدار **انرژی فعال‌سازی** واکنش تجزیه **NO** برابر **۳۸۱** کیلوژول و **آنتالپی** آن **۱۸۱- کیلوژول** است.

✓ مقدار **انرژی فعال‌سازی** واکنش ترکیب **CO** با **O2** برابر **۳۳۴** کیلوژول و **آنتالپی** آن **۵۶۶- کیلوژول** است.

۳) جدول زیر مقدار این آلاینده‌ها را در حضور و غیاب قطعه A نشان می‌دهد:

NO	CxHy	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	

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

قطعه A نقش کاتالیزگر را دارد چون در حضور آن مقدار آلاینده‌ها کمتر شده ، یعنی واکنش حذف آنها با سرعت بیشتر و بهتر انجام شده است.

ب) تجربه نشان می‌دهد که کارایی قطعه A به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن بستگی دارد. این قطعه محتوی سه نوع کاتالیزگر است. با

این توصیف کدام عبارت زیر درست است؟ چرا؟

(A) هر کاتالیزگر می‌تواند به همه واکنش‌ها سرعت ببخشد.

(B) هر کاتالیزگر به شمار معدودی واکنش سرعت می‌بخشد.

عبارت « هر کاتالیزگر به شمار معدودی واکنش سرعت می‌بخشد. » درست است. چون کاتالیزگرها اختصاصی عمل می‌کنند و ممکن است در یک واکنش باعث افزایش سرعت و در واکنش‌های دیگر بی‌تأثیر باشند یا حتی باعث کاهش سرعت شوند.

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

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

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

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

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

مقدار آلاینده: $\text{CO} > \text{CxHy} > \text{NO}$

درصد کاهش آلاینده: $\text{NO} > \text{CxHy} > \text{CO}$

صفحه ۱۰۰ کتاب درسی

خود را بیازمایید:

(۱) با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از اگزوز خودروها CO، CxHy، NO به هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای بیشتری مشاهده می‌شود.
(آ) دلیل این پدیده را توضیح دهید.

هر کاتالیزگر در گستره دمایی مناسب و معینی واکنش را به بهترین شکل سرعت می‌بخشد، به دیگر سخن کاتالیزگر باید در گستره دمایی ویژه خود باشد تا عملکرد بهینه داشته باشد. هنگامی که دما پایین است، مبدل‌ها اندکی دیرتر فعالیت خود را شروع می‌کنند.

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

پیشنهاد می‌شود در خودروها گرمکن‌های خودکار تعبیه شود تا پیش از روشن شدن خودرو (هنگام باز شدن سوئیچ) مبدل کاتالیستی را به دمای مناسب برساند.

(۲) درباره درستی جمله‌های زیر گفت و گو کنید.

(A) کاتالیزگر اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می‌کند.

هر کاتالیزگر ممکن است یک یا شمار معدودی واکنش را تسریع کند اما همیشه برای یک واکنش با هدف معین به کار می‌رود.

(B) در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود.

کاتالیزگر نباید واکنش دیگری را همزمان سرعت ببخشد که فرآورده‌های آن ایجاد آلودگی نموده یا آلاینده باشند.

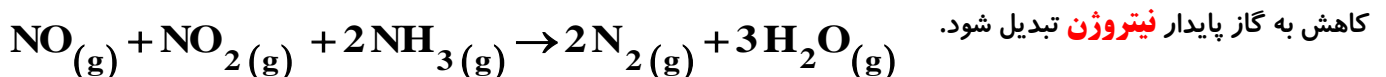
(C) کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.

کاتالیزگر باید در حضور مواد شیمیایی گوناگون در محیط واکنش و تغییرات دمایی کارایی خود را حفظ نماید.

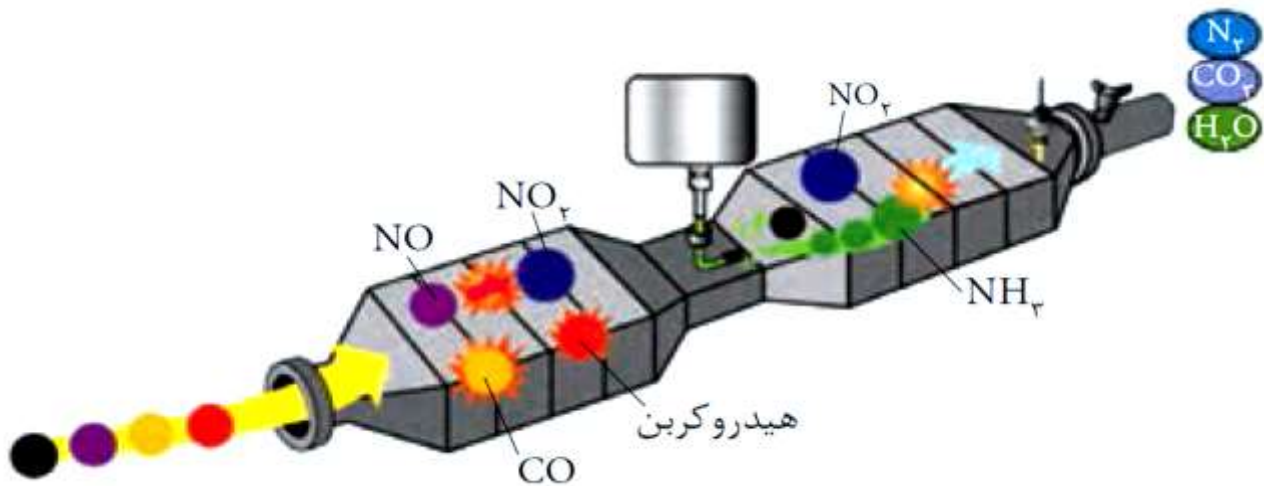
مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی:

✓ با استفاده از مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی نمی‌توان گازهای NO و NO₂ خروجی از خودروهای دیزلی را به N₂ تبدیل کرد.

✓ برای تبدیل گازهای NO و NO₂ از گاز آمونیاک استفاده می‌کنند تا باعث فرایند کاهش آنها شوند و مطابق یک واکنش اکسایش - کاهش به گاز پایدار نیتروژن تبدیل شود.



در این معادله نیتروژن اکسیدهای نیتروژن کاهش و نیتروژن آمونیاک اکسایش یافته است.



تعدلات شیمیایی :

- ۱) واکنش **کامل**: برخی واکنش‌ها تا جایی پیش می‌روند که تقریباً **همه** واکنش‌دهنده (ها) به فراورده (ها) تبدیل شوند. واکنش‌هایی که کامل انجام می‌شوند یا تا مرز کامل شدن پیش می‌روند؛ مانند واکنش **سوختن گاز متان** یا واکنش فلزات **قلیایی با آب**.
 - ۲) اغلب واکنش‌ها بصورت **کامل** پیش **نمی‌روند**؛ بلکه تا حدی پیش می‌روند و پس از آن دیگر مقدار فراورده (ها) افزایش نمی‌یابد. به این واکنش‌ها **برگشت‌پذیر** می‌گویند؛ به‌عنوان مثال واکنش بین گازهای **نیتروژن** و **هیدروژن** در شرایط **بهینه** تا تولید **۲۸٪** مولی **آمونیاک** در مخلوط پیش می‌رود. یعنی در مخلوط هم **واکنش‌دهنده‌ها** حضور دارند و هم **فراورده‌ها**.
 - ✓ پدیده‌های **فیزیکی** مانند تغییر حالت ماده (**ذوب** و **انجماد-تبخیر** و **میعان-فرازش** و **چکالشی**) برگشت‌پذیرند.
 - ✓ یک راه حل ساده جهت تشخیص اینکه کدام واکنش‌های شیمیایی برگشت‌پذیر هستند این است که بینیم علامت **Q** در کدام سمت واکنش است اگر **Q** سمتی از واکنش باشد که دارای مول‌های گازی کمتر است، واکنش برگشت‌پذیر است.
- مثال :
$$\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 + \text{Q}$$
- ✓ **تبادل**: حالت خاصی از یک واکنش برگشت‌پذیر را می‌گویند که در آن سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در زمان خاصی (لحظه تعادل) باهم برابر می‌شود.
 - ✓ هر واکنش برگشت‌پذیری به تعادل **نمی‌رسد**؛ بلکه برای ایجاد تعادل باید شرایط زیر برقرار باشد :
 - ۱) سیستمی که واکنش در آن انجام می‌شود باید **بسته** باشد. در سیستم باز به دلیل امکان **خروج** محصولات ممکن است واکنش برگشت انجام نشود.
 - ۲) خواص **ماکروسکوپی** سامانه نظیر **فشار**، **غلظت مواد**، **رنگ**، **دما** و ... **ثابت** باقی بماند.
 - ✓ اگر چه خواص **ماکروسکوپی** ثابت باقی مانده، اما در سطح **میکروسکوپی** واکنش‌های رفت و برگشت **در حال انجام** هستند؛ که اصطلاحاً در این حالت می‌گویند تعادل **دینامیک** و **پویا** است.
 - ۳) **سرعت** واکنش‌های رفت و برگشت **برابر** باشند.

نکات مربوط به ثابت تعادل :

- ✓ ثابت تعادل هر واکنش در دمای ثابت، مقداری **ثابت** است.
- ✓ ثابت تعادل به **مقدار اولیه** واکنش‌دهنده‌ها یا فراورده‌ها بستگی **ندارد**. و **تغییر** غلظت مواد، تغییر **فشار** یا استفاده از **کاتالیزگر** و ... تأثیری بر مقدار آن **ندارد**.
- ✓ برای بدست آوردن **ثابت تعادل** باید غلظت‌های **تعادلی** مواد شرکت کننده در واکنش را در رابطه قرار دهیم نه غلظت‌های **اولیه**.
- ✓ **مقدار عددی** ثابت تعادل معیاری برای میزان **پیشرفت واکنش** است.
- ✓ مقدار عددی ثابت تعادل در همه واکنش‌ها نشان‌دهنده این است که در تعادل، **غلظت** کدام شرکت کننده‌ها **بیشتر** است.

✓ هر چه ثابت تعادل **بزرگتر** باشد، تمایل تبدیل **واکنش‌دهنده‌ها** به **فراورده‌ها** بیشتر است یا **درصد پیشرفت واکنش** بیشتر و **غلظت** فراورده‌ها **زیادتر** می‌شود.

✓ با آن‌که هنگام نوشتن عبارت ثابت تعادل از نوشتن غلظت مواد **جامد** و **مایع خالص** صرف نظر می‌کنیم، اما حضور مواد **جامد** و **مایع**

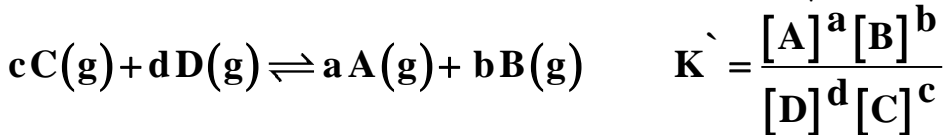


✓ ثابت تعادل دارای **یکا** است و در واکنش: $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ برابر است با:

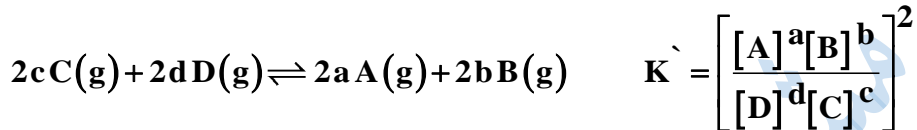
$$K = \left[\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right]^n \quad n = (c+d) - (a+b)$$

✓ زمانی که مجموع توان‌های صورت و مخرج رابطه با هم **برابر** باشد ثابت تعادل **بدون یکا** خواهد بود.

✓ چنانچه یک واکنش تعادلی را به طور **معکوس** بنویسیم، رابطه ثابت تعادل نیز **برعکس** می‌شود یعنی به توان **منفی یک** می‌رسد.



✓ چنانچه یک واکنش تعادلی را در **ضریب**، **ضرب** کنیم، رابطه ثابت تعادل نیز به **توان آن ضریب** می‌رسد.



✓ در صورتی که واکنشی از **جمع** دو واکنش دیگر حاصل شود، ثابت تعادل واکنش جدید بصورت $K_1 \times K_2$ خواهد بود.

تفسیر مقدار عددی ثابت تعادل:

✓ مقدار عددی ثابت تعادل دارای مفهومی از **میزان پیشرفت واکنش** است؛ بنابراین **نمی‌تواند** در مورد **سرعت** واکنش به کار رود.

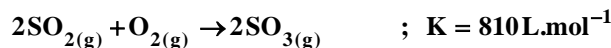
✓ تولید فراورده بیشتر در شرایط معین، به **میزان پیشرفت واکنش** در آن شرایط بستگی دارد. به دیگر سخن هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، **درصد** بیشتری از واکنش‌دهنده‌ها به **فراورده‌ها** تبدیل می‌شوند.

✓ از آنجایی که $K \propto \frac{[\text{فراورده}]}{[\text{واکنش‌دهنده}]}$ می‌توان گفت زمانی که پیشرفت واکنش **زیاد** ثابت تعادل **عدد بزرگی** خواهد بود.

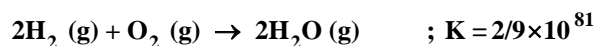
✓ ثابت تعادل ربطی به **سرعت** ندارد؛ ممکن است ثابت تعادل یک واکنش **بسیار بزرگ** باشد اما با سرعت **پایینی** انجام شود. در بحث سرعت از E_a برای توجیه استفاده می‌کنیم.

✓ اگر $K = 1$ باشد \Leftarrow تعادل در **میان** است \Leftarrow فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها، هر دو به مقدار قابل ملاحظه‌ای در تعادل حضور دارند.

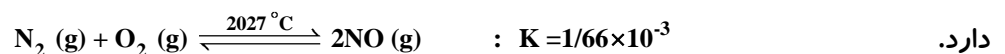
✓ اگر **عدد یک رقمی** $K = 10^+$ \Leftarrow تعادل در سمت فراورده‌ها است \Leftarrow درصد کمی واکنش‌دهنده و درصد زیادی فراورده در تعادل حضور دارد.



✓ اگر **عدد دو رقمی** $K = 10^+$ \Leftarrow واکنش کامل شده یا تا مرز کامل شدن پیش‌رفته است \Leftarrow درصد بسیار کمی واکنش‌دهنده و درصد بسیار زیادی فراورده در تعادل حضور دارد.

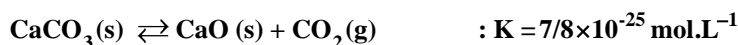


✓ اگر **عدد یک رقمی** $K = 10^-$ \Leftarrow تعادل در سمت واکنش‌دهنده‌ها است \Leftarrow درصد کمی فراورده و درصد زیادی واکنش‌دهنده در تعادل حضور



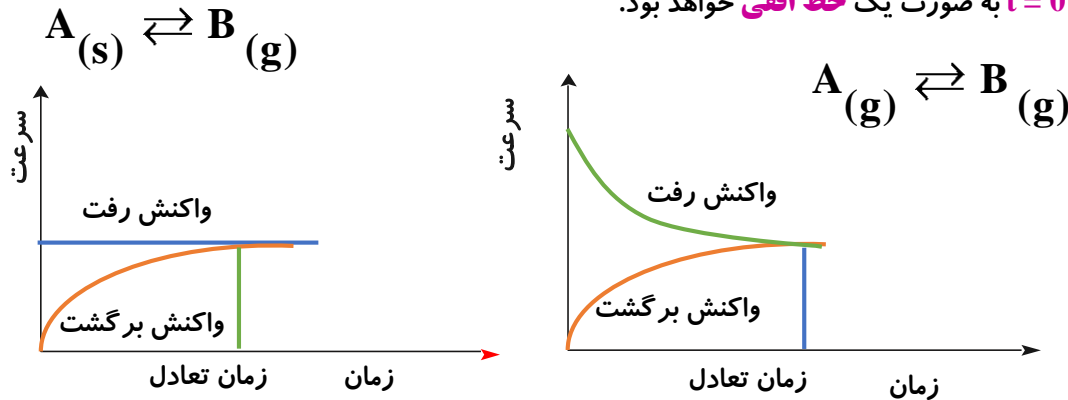
دارد.

✓ اگر **عدد دو رقمی** $K = 10^-$ \Leftarrow واکنش رفت انجام نمی‌شود \Leftarrow درصد واکنش‌دهنده‌ها بسیار زیاد و درصد فراورده‌ها بسیار ناچیز است.



نمودارهای (سرعت-زمان) و (غلظت-زمان) در واکنش‌های تعادلی

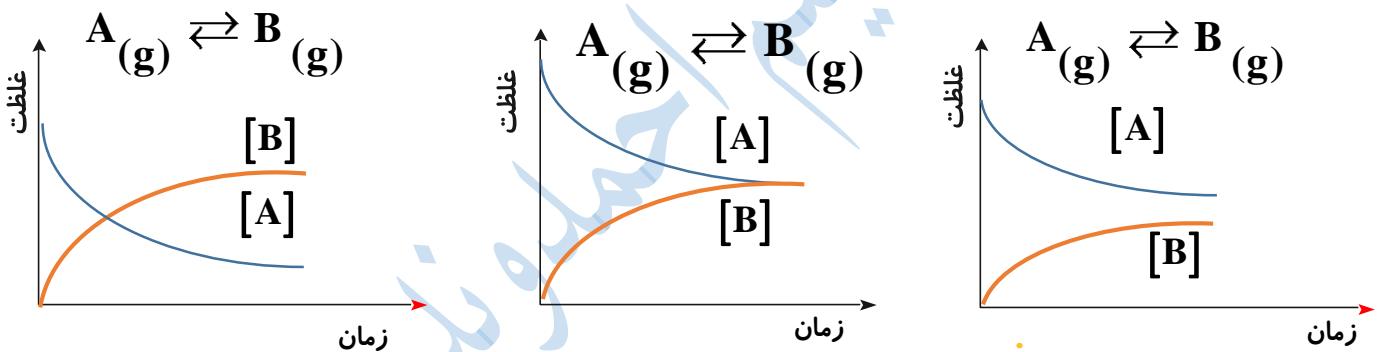
- ✓ **زمان تعادل:** لحظه برقراری تعادل در هر دو نوع نمودار، لحظه‌ای است که **نمودارها** به صورت **افقی** در می‌آیند.
- ✓ اگر نمودار مربوط به یک ماده **جامد** یا **مایع خالص** باشد، به دلیل **ثابت** بودن غلظت این مواد، هر دو نوع نمودار آن (سرعت-زمان و غلظت-زمان) از زمان $t = 0$ به صورت یک **خط افقی** خواهد بود.



- ✓ نمودار سرعت-زمان برای واکنش رفت و برگشت در انتها باید به هم رسیده و برابر شود، اما غلظت‌ها می‌تواند به سه صورت زیر باشد.
- ✓ میزان تغییرات غلظت مواد در نمودار، مشابه نمودارهای فصل اول به ضریب استوکیومتری مواد وابسته است.

(**ضریب بیشتر = تغییرات غلظت بیشتر**)

- ✓ با توجه به مقدار تغییرات تمام مواد و تبدیل این تغییرات به **ساده‌ترین** اعداد طبیعی ممکن می‌توان **ضرایب** مواد را مشخص نمود.



محاسبات کمی ثابت تعادل:

- ✓ هنگامی می‌توان از عبارت **ثابت تعادل** استفاده کرد که واکنش **برگشت‌پذیر** به **تعادل** رسیده باشد؛ اما این که چه موقع، تعادل برقرار می‌شود، به **سرعت** واکنش بستگی دارد.
- ✓ در تعادل **تغییرات غلظت** واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها رابطه دارد. یعنی آنچه که از واکنش دهنده‌ها **کاسته** می‌شود با توجه به **ضرایب** استوکیومتری آن‌ها به **فراورده‌ها** تبدیل می‌شود.
- ✓ نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی **فراورده‌ها** هریک به **توان** ضریب **استوکیومتری** آن‌ها به حاصل ضرب غلظت تعادلی **واکنش‌دهنده‌ها** هر یک به **توان** ضریب **استوکیومتری** آن‌ها، همواره مقدار **ثابتی** است.

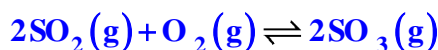
$$K = \frac{[D]^d [C]^c}{[A]^a [B]^b}$$

در واکنش تعادلی $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ مقدار ثابت برابر است:

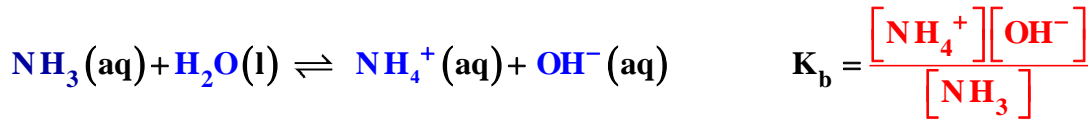
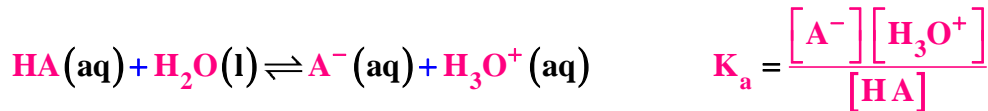
- ✓ مقدار ثابت تعادل با جایگزین کردن **غلظت‌های تعادلی** واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌های **گازی** و یا **محلول** به دست می‌آید.

تعادل‌های همگن و ناهمگن

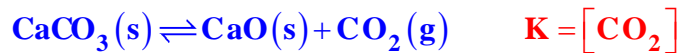
- ✓ در تعادل **همگن** همه مواد شرکت کننده در تعادل، در **یک فاز** هستند. تعادل‌های **گازی** و **محلول**، یک فازی هستند. از این رو، این واکنش‌ها تعادلی، **همگن** به شمار می‌روند.



مثال: اسیدها و بازها که در آب به یون‌های مثبت و منفی یونیده می‌شوند، و به تعادل می‌رسند. تک فازی هستند چون همگی در آب محلول هستند. ولی آب در رابطه ثابت یونش به دلیل ثابت بودن غلظت نوشته نمی‌شود.



✓ در تعادل **ناهمگن**، مواد شرکت کننده در تعادل در فازهای **متفاوتی** قرار دارند. برای نمونه، هرگاه کلسیم کربنات جامد در سامانه بسته‌ای گرم شود، تعادل زیر میان این ترکیب و فراورده‌های حاصل از تجزیه آن برقرار می‌شود. این تعادل، نمونه‌ای از یک تعادل ناهمگن سه فازی است. (هر ماده جامد یک فاز محسوب می‌شود)



الف) حل مسائل تعادل با داشتن غلظت‌های تعادلی مواد

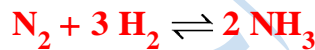
با جایگزین کردن غلظت‌های تعادلی در عبارت ثابت تعادل می‌توان به سه دسته از مسائل پاسخ داد:

(۱) **محاسبه ثابت تعادل:**

مقدار ثابت تعادل با جایگزین کردن غلظت‌های تعادلی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، به دست می‌آید.

✓ اگر داده‌ها بر حسب **جرم** یا **مول** باشد، باید داده‌ها را با استفاده از **حجم** سامانه و یا **جرم مولی** به غلظت تبدیل کرد.

مثال: هرگاه در ظرف ۴ لیتری در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد، ۱ مول NH_3 به همراه ۲ مول N_2 و ۴ مول H_2 در تعادل باشند. ثابت تعادل در این دما چند است؟



برای بدست آوردن ثابت تعادل، ابتدا باید غلظت‌ها محاسبه شود:

$$[\text{NH}_3] = \frac{1}{4} = 0/25, \quad [\text{N}_2] = \frac{2}{4} = 0/5, \quad [\text{H}_2] = \frac{4}{4} = 1 : \text{mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{0/25^2}{0/5 \times 1^3} = 0/125 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2$$

✓ گاهی، غلظت‌های تعادلی همه گونه‌های شرکت کننده در تعادل داده **نمی‌شود**. در این موارد اگر غلظت تعادلی برخی گونه‌ها معلوم باشد، می‌توان با بهره‌گیری از نسبت ضرایب استوکیومتری واکنش، غلظت‌های تعادلی دیگر گونه‌ها را محاسبه کرد.

مثال: مقداری NH_4Cl را در ظرف سربسته ۲ لیتری در دمای ثابت قرار می‌دهیم تا تعادل زیر برقرار شود. اگر جرم آمونیاک در زمان تعادل 5/1 گرم باشد ثابت تعادل را محاسبه کنید. ($\text{N}=14$, $\text{Cl}=35/5$, $\text{H}=1 : \text{g.mol}^{-1}$)

$$[\text{NH}_3] = [\text{HCl}] \quad [\text{NH}_3] = \frac{5/1}{2} = 0/15 \text{ mol.L}^{-1}$$



مثال: هرگاه مقدار ۱۰ مول $\text{SO}_3(\text{g})$ در ظرف ۲ لیتری وارد شود و پس از برقراری تعادل، ۲ مول $\text{SO}_3(\text{g})$ و ۴ مول $\text{O}_2(\text{g})$ در ظرف واکنش موجود است، ثابت تعادل را به دست آورید.

پاسخ: از روی مقدار گاز اکسیژن می‌توان مقدار گاز $\text{SO}_2(\text{g})$ را بدست آورد که با توجه به ضریب استوکیومتری آن دو برابر اکسیژن



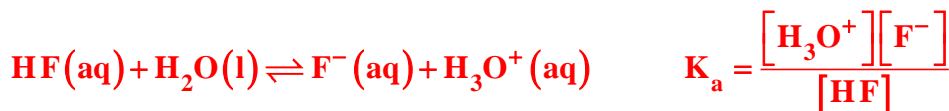
$$[\text{SO}_3] = \frac{2}{2} = 1, \quad [\text{O}_2] = \frac{4}{2} = 2, \quad [\text{SO}_2] = \frac{8}{2} = 4 : \text{mol.L}^{-1} \quad \text{یعنی ۸ مول است.}$$

$$K = \frac{[O_2][SO_2]^2}{[SO_3]^2} = \frac{2 \times 4^2}{1^2} = 32 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲) محاسبه غلظت یکی از واکنشگرها با استفاده از ثابت تعادل:

می توان با بهره گیری از ثابت تعادل، غلظت(های) تعادلی گونه(های) مجهول را حساب کرد.

مثال: در محلول هیدروفلئوریک اسید که غلظت HF برابر با ۰/۰۱ مول بر لیتر و ثابت یونش اسیدی برابر $5/76 \times 10^{-4}$ است، غلظت یون هیدرونیوم چند مول بر لیتر خواهد بود؟



$$[H_3O^+] = [F^-]$$

$$5/76 \times 10^{-4} = \frac{[H_3O^+][H_3O^+]}{[HF]} \Rightarrow [H_3O^+]^2 = 5/76 \times 10^{-4} \times 0/01 \Rightarrow [H_3O^+] = 2/4 \times 10^{-3}$$

مثال: در یک آزمایش ۰/۵ مول N₂ و ۰/۵ مول O₂ در یک ظرف به حجم ۲۵۰ میلی لیتر در تعادل است. غلظت تعادلی گاز NO به تقریب



$$[N_2] = \frac{0/5}{0/250} = 2 \quad [O_2] = \frac{0/5}{0/250} = 2 \quad [NO] = ?$$

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) \quad K = 4 \times 10^{-4} = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} \Rightarrow [NO]^2 = 4 \times 10^{-4} \times 2 \times 2 = 1/6 \times 10^{-3} \Rightarrow [NO] = 0/04 \text{ mol.L}^{-1}$$

۳) محاسبه حجم ظرف واکنش:

با استفاده از ثابت تعادل و مقدار گونه های شرکت کننده در تعادل، می توان حجم محلول را به دست آورد.

✓ می توان رابطه ثابت تعادل را برای واکنش عمومی $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ به صورت زیر نوشت:

$$K = \frac{[D]^d [C]^c}{[A]^a [B]^b} = \frac{(\text{mol D})^d (\text{mol C})^c}{(\text{mol A})^a (\text{mol B})^b} \times V^m \quad m = (a+b) - (d+c)$$

مثال: مقدار ۶ مول ماده A و ۱ مول ماده B با ۲ مول ماده C در ظرفی به حجم V لیتر در تعادل $A(s) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g)$ است. اگر ثابت تعادل واکنش فوق برابر $0/5 \text{ mol}^{-1} \text{L}$ باشد حجم ظرف چند لیتر است؟

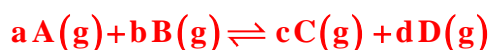
$$1) K = \frac{\text{mol C}}{(\text{mol B})^2} \times V^{2-1} \Rightarrow 0/5 = \frac{2}{1^2} \times V \Rightarrow V = \frac{0/5}{2} = 0/25 \text{ L} \quad 2) K = \frac{[C]}{[B]^2} = \frac{\frac{2}{V}}{\left[\frac{1}{V}\right]^2} = 0/5 \Rightarrow V = 0/25 \text{ L}$$

ب) روش حل مسائل در مبحث تعادل با مطرح شدن غلظت های اولیه (فرا تر از کتاب)

در ۲ مورد این روش کاربرد دارد، اول اینکه ثابت تعادل و مسائل مربوط حل شوند، دوم در مسائل استوکیومتری که بصورت کامل پیش رفته اند می شود از جدول استفاده کرد. برای امتحان نهایی نیازی به مطالعه این قسمت نیست.

✓ **اغلب**، غلظت های تعادلی همه گونه های شرکت کننده در تعادل در دسترس نیست. در این موارد اگر غلظت برخی گونه ها معلوم باشد،

می توان با بهره گیری از استوکیومتری واکنش، غلظت های تعادلی دیگر گونه ها را محاسبه کرد. در واکنش عمومی زیر که در جهت رفت جابجا می شود.

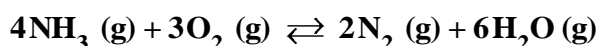


برای به دست آوردن غلظت های تعادلی از یک جدول با اطلاعات داده شده استفاده می گردد.

معادله واکنش	$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$			
مول اولیه	m	n	0	0
Δn : تغییر مول	- aX	- bX	+ cX	+ dX
مول تعادلی	m-aX	n-bX	cX	dX
غلظت تعادلی	$\frac{m-aX}{V}$	$\frac{n-bX}{V}$	$\frac{cX}{V}$	$\frac{dX}{V}$

- ✓ تغییر مول (Δn)، برای واکنش دهنده همان مقدار شرکت کننده در واکنش و برای فرآورده، مقدار تولید شده در زمان تعادل است.
- ✓ علامت منفی نشان دهنده مصرف ماده و علامت مثبت نشان دهنده تولید شدن ماده است. بنابراین با توجه به این که کدام ماده در حال مصرف شدن است برای تغییر غلظت آن از علامت منفی استفاده می کنیم و بالعکس.

مثال: یک مول $NH_3(g)$ و یک مول $O_2(g)$ در یک ظرف یک لیتری در بسته، مطابق واکنش زیر، در دمای معین به تعادل رسیده اند. اگر در حالت تعادل، $0/2$ مول $N_2(g)$ در مخلوط وجود داشته باشد، غلظت مولار کدام گاز در مخلوط از همه بیشتر و ثابت تعادل به تقریب کدام است؟ (تجربی ۹۲)



الف) آب - $0/042$ ب) آب - $0/125$ ج) اکسیژن - $0/042$ د) اکسیژن - $0/125$

	$4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2(g) + 6H_2O(g)$			
مول اولیه	۱	۱	۰	۰
Δn : تغییر مول	- ۴X	- ۳X	+ ۲X	+ ۶X
مول تعادلی	۱- ۴X	۱- ۳X	+ ۲X	+ ۶X
غلظت تعادلی	$1-4(0/1)=0/6$	$1-3(0/1)=0/7$	$0/2$	$0/6$

$$+2X = 0/2 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow X = 0/1$$

$$K = \frac{(0/2)^2 (0/6)^6}{(0/6)^4 (0/7)^3} = 0/042 \text{ mol.L}^{-1}$$

مثال: از واکنش $0/25$ مول گاز A با نیم مول گاز B در ظرف یک لیتری مطابق واکنش: $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons C(g)$ در دمای معین $0/15$ مول گاز C تشکیل می شود. ثابت تعادل در این دما چقدر است؟

معادله واکنش	$A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons C(g)$		
مول اولیه	$0/25$	$0/5$	۰
Δn : تغییر مول	-X	-3X	+X
مول تعادلی	$0/25 - X = 0/1$	$0/5 - 3X = 0/05$	$0/15$
غلظت تعادلی	$0/1$	$0/05$	$0/15$

$$K = \frac{[C]}{[A][B]^3} = \frac{0/15}{0/1 \times 0/05^3} = 1/2 \times 10^4$$

مثال: $1/32$ مول گاز N_2O_4 را در یک ظرف ۱۰ لیتری تا دمای معینی گرما می دهیم اگر در لحظه تعادل: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ تعداد مول های N_2O_4 و NO_2 برابر باشد، مقدار K کدام است؟

معادله واکنش	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$	
مول اولیه	1/32	0
Δn : تغییر مول	-X	+2X
مول تعادلی	$1/32 - X = 0/88$	$2X = 0/88$
غلظت تعادلی	$0/088$	$0/088$

$$\text{mol NO}_2 = \text{mol N}_2\text{O}_4 \Rightarrow 1/32 - X = 2X \Rightarrow X = 0/44 \text{ mol} \quad K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{0/088^2}{0/088} = 0/088$$

✓ اگر در مسئله‌ای بازده واکنش یا درصد تفکیک، برای یکی از واکنشگرها داده شود، برای به دست آوردن تغییرات مول Δn از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\Delta n}{n} \times 100$$

✓ لازم به ذکر است که درصد پیشرفت واکنش برحسب واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها یکسان است.

مثال: اگر در واکنش تعادلی $2A_2(g) \rightleftharpoons D_2(g)$ مقدار K برابر یک لیتر بر مول باشد بازده درصدی واکنش هنگامی که غلظت اولیه A_2 برابر یک مولار باشد، چقدر است؟

معادله واکنش	$2A_2(g) \rightleftharpoons D_2(g)$	
مول اولیه	1	0
تغییر مول	-2 X	+ X
مول تعادلی	1- 2X	+ X
تغییر غلظت	0/5	0/25

$$K = \frac{[D_2]}{[A_2]^2} = 1 = \frac{X}{(1-2X)^2} \Rightarrow 4X^2 - 5X + 1 = 0 \quad X = \begin{cases} 1 \\ 0/25 \end{cases} \quad \text{غیر قابل قبول}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{0/5}{1} \times 100 = 50 \%$$

عوامل مؤثر بر تعادل و اصل لوشاتلیه:

✓ از لحظه تعادل به بعد **سرعت** واکنش‌های رفت و برگشت **برابر** و **غلظت** مواد نیز **ثابت** می‌ماند؛ این امر تا زمانی که عاملی تعادل را بر هم نزنند برقرار است.

✓ عواملی مانند **تغییر غلظت مواد**، **تغییر دما** و **فشار** (یا حجم ظرف واکنش) می‌توانند تعادل را بر هم زنند. اما اگر شرایط برقراری تعادل (بسته بودن سیستم و ...) برقرار باشد، واکنش با آن عامل **مقابله** کرده و سعی در برقراری مجدد تعادل (تعادل **جدید**) خواهد داشت.

✓ **اصل لوشاتلیه (اصل لچبازی):** اگر تغییری مانند (**تغییر غلظت مواد**، **تغییر دما** و **تغییر فشار و حجم**) سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابجا می‌شود که **تا حد امکان** اثر آن تغییر را **جبران** کند. این توصیف، بیانی از اصل **لوشاتلیه** است.

عوامل مؤثر بر جابجایی تعادل:

(۱) **اثر تغییر غلظت:** اگر غلظت گونه‌ای با **افزودن** آن به ظرف واکنش **افزایش** یابد، تعادل در جهت **مصرف** آن پیش می‌رود تا تعادل جدید برقرار شود؛ (هر چند که پس از مصرف مقداری از آن ماده، هم چنان غلظت نهایی از غلظت ابتدای کار بیشتر خواهد بود).

برعکس با کاهش **غلظت** یک گونه، تعادل در جهت **تولید** و جبران غلظت آن جابجا می‌شود؛ هر چند که پس از جابجایی تعادل، غلظت نهایی هم چنان از غلظت ابتدای کار **کمتر** خواهد بود. (هر چقدر که جبران شود باز هم مثل حالت اول نمی‌شود).

✓ تغییر مقدار مواد **جامد** یا **مایع خالص**، به دلیل اینکه غلظت آنها **ثابت** است؛ به طور مستقیم تأثیری بر جابجایی تعادل **ندارند**.

✓ افزایش **غلظت**، سرعت واکنش‌ها را **افزایش** می‌دهد.

(۲) **اثر تغییر فشار (یا تغییر حجم ظرف واکنش):** این تغییر، زمانی مؤثر است که **تعداد** مول گازی در **دو** طرف واکنش **برابر** نباشد، پس اگر در واکنشی ماده **گازی** شکل وجود **نداشت** یا تعداد مول گازی در دو طرف **برابر** بود؛ تغییر فشار یا حجم ظرف واکنش بر جابجایی تعادل مؤثر **نیست**.

ماده گازی در واکنش حضور نداشته باشد.

تعداد مول‌های گازی در دو طرف واکنش با هم برابر باشد.

تغییر فشار بر جابجایی تعادل مؤثر نیست:

✓ **افزایش فشار** (یا کاهش حجم ظرف) در واکنش‌هایی با شروط بالا باعث **افزایش تعداد بر خورد** بین ذرات شده و به همین دلیل **سرعت** هر **دو** واکنش **رفت و برگشت** را **افزایش** می‌دهد.

✓ با افزایش فشار (یا کاهش حجم ظرف) به دلیل اینکه مخرج کسر غلظت $\left(\frac{\text{مول}}{\text{حجم}}\right)$ برای همه گونه‌ها کوچک می‌شود در نتیجه غلظت تمام گونه‌ها نسبت به حالت اول بیشتر خواهد بود.

✓ با افزایش فشار (یا کاهش حجم ظرف) تعادل در جهت تعداد مول‌های گازی کمتر جابجا می‌شود، زیرا هرچه شمار مول‌های گازی کمتر باشد، شمار برخوردها مولکول‌ها به دیواره‌ها کمتر و فشار گاز نیز کمتر خواهد بود.

افزایش فشار \Rightarrow جابجایی تعادل به سمت مول گازی کمتر به دلیل اشغال جای کمتر توسط مول‌های گازی کمتر

تغییر فشار:

کاهش فشار \Rightarrow جابجایی تعادل به سمت مول گازی بیشتر

۳) اثر تغییر دما: افزایش دما به دلیل افزایش انرژی ذرات باعث افزایش برخورد و در نتیجه افزایش سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت می‌شود.

افزایش دما: واکنش در جهت مصرف گرما پیش می‌رود. واکنش گرماگیر در جهت رفت و واکنش گرماده در جهت برگشت

تغییر دما:

کاهش دما: واکنش در جهت تولید گرما پیش می‌رود. واکنش گرماگیر در جهت برگشت و واکنش گرماده در جهت رفت

✓ تنها عامل، از بین عوامل یاد شده که بر مقدار K تأثیر گذار است، تغییر دما می‌باشد.

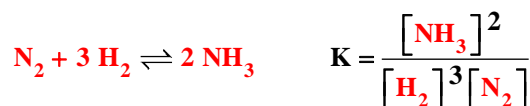
تغییر K:

✓ واکنش گرماگیر \Rightarrow با افزایش دما، واکنش رفت بیشتر انجام شده، غلظت محصولات افزایش یافته و مقدار K افزایش می‌یابد و بالعکس (رابطه مستقیم دما با K)

✓ واکنش گرماده \Rightarrow با افزایش دما، واکنش برگشت بیشتر انجام شده، غلظت محصولات کاهش یافته و مقدار K کاهش می‌یابد و بالعکس (رابطه عکس دما با K)

عامل تغییر	تغییر وارده بر تعادل	تعدیل انجام شده توسط تعادل
غلظت	افزایش غلظت	جابجایی تعادل در جهت مصرف و کاهش آن ماده
	کاهش غلظت	جابجایی تعادل در جهت تولید و جبران آن ماده
فشار	افزایش فشار (کاهش حجم) سامانه	جابجایی تعادل در جهت تولید تعداد مول گازی کمتر
	کاهش فشار (افزایش حجم) سامانه	جابجایی تعادل در جهت تولید تعداد مول گازی بیشتر
دما	افزایش دمای سامانه	جابجایی تعادل در جهت مصرف گرمای اضافی
	کاهش دمای سامانه	جابجایی تعادل در جهت تولید گرما

خود را بیازمایید: صفحه ۱۰۱ کتاب درسی
با توجه به معادله واکنش تعادلی تولید گاز آمونیاک و عبارت ثابت تعادل آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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

باید حاصل ضرب غلظت مولی تعادلی فرآورده‌ها به توان ضرایبشان را بر حاصل ضرب غلظت مولی تعادلی واکنش‌دهنده‌ها به توان ضرایبشان را تقسیم کرد.

ب) جدول صفحه بعد غلظت تعادلی گونه‌ها را در دمای معینی برای این واکنش نشان می‌دهد. با محاسبه K، مشخص کنید میزان پیشرفت واکنش در این دما کم است یا زیاد؟ چرا؟ میزان پیشرفت کم بوده است چون ثابت تعادل کوچک است.

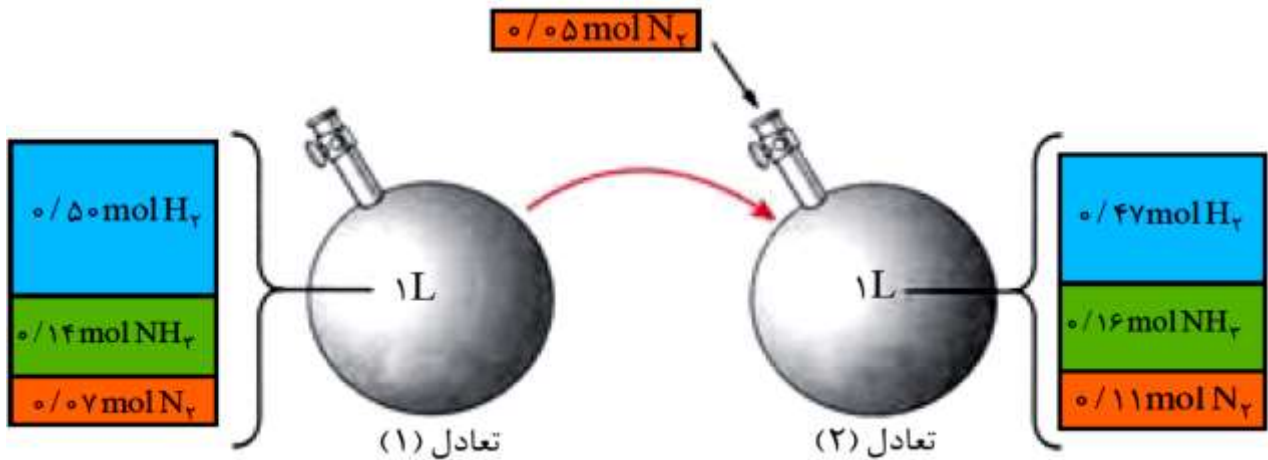
$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$	K
۰/۰۲	۰/۵	۰/۴	8×10^{-3}

$$K = \frac{[0/02]^2}{[0/5]^3 [0/4]} = 8 \times 10^{-3}$$

صفحه ۱۰۲ کتاب درسی

با هم بیندیشیم:

در محفظه‌ای به حجم یک لیتر، تعادل مقابل در دمای $200^\circ C$ برقرار است. $N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$. شکل زیر افزودن مقداری نیتروژن را به این سامانه در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



K	$[N_2]$	$[H_2]$	$[NH_3]$	کمیت تعادل
۲/۲۴	۰/۰۷ mol.L ⁻¹	۰/۵ mol.L ⁻¹	۰/۱۴ mol.L ⁻¹	۱
۲/۲۴	۰/۱۱ mol.L ⁻¹	۰/۴۷ mol.L ⁻¹	۰/۱۶ mol.L ⁻¹	۲

(۱) جدول زیر را کامل کنید.

$$K_1 = \frac{[0/14]^2}{[0/5]^3 [0/07]} = 2/24$$

$$K_2 = \frac{[0/16]^2}{[0/47]^3 [0/11]} = 2/24$$

(۲) غلظت کدام مواد در تعادل (۲) در مقایسه با تعادل (۱) افزایش یافته است؟ N_2 و NH_3 ✓
 غلظت مولی از تقسیم مول ماده بر حجم ظرف (محلول) بدست می‌آید. در محاسبات بالا، غلظت تمام گازها از تقسیم مول آنها بر حجم ظرف (یک لیتر) بدست آمده است.

(۳) با افزودن $N_2(g)$ به تعادل (۱)، واکنش در چه جهتی پیش رفته است تا به تعادل جدید برسد؟ چرا؟

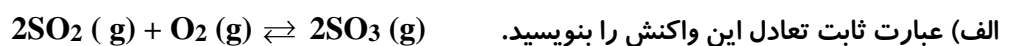
در جهت تولید آمونیاک (جهت رفت) - زیرا با مصرف گاز نیتروژن و هیدروژن و تولید گاز آمونیاک دوباره تعادل ایجاد شود.

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

تغییری نگرده، نتیجه می‌گیریم که مقدار K در یک دمای معین، به غلظت مواد بستگی ندارد. پس با تغییر غلظت مواد تغییر نمی‌کند. (۵) با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت کننده در سامانه تعادلی $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{تولید}}{\text{مصرف}}$ آن تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل $\frac{\text{آغازی}}{\text{جدید}}$ برسد.

تمرین: با توجه به معادله واکنش تعادلی زیر پاسخ دهید:



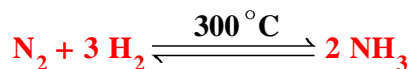
(ب) با خروج گاز اکسیژن از ظرف واکنش تعادل به چه سمتی جابجا می‌شود؟ چرا؟

(ج) یکای ثابت تعادل را بدست آورید.

خود را بیازمایید :

صفحه ۱۰۳ کتاب درسی

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



(آ) خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه

تعادل در جهت رفت (تولید آمونیاک) جابجا خواهد شد تا کم شدن آمونیاک را جبران نماید.

(ب) وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه

تعادل در جهت رفت (مصرف گاز هیدروژن) جابجا خواهد شد تا مقدار اضافی هیدروژن را مصرف کند.

خود را بیازمایید :

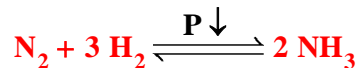
صفحه ۱۰۵ کتاب درسی

(۱) اگر در سامانه زیر، پیستون بیرون کشیده شود تا در دمای ثابت حجم آن افزایش یابد :

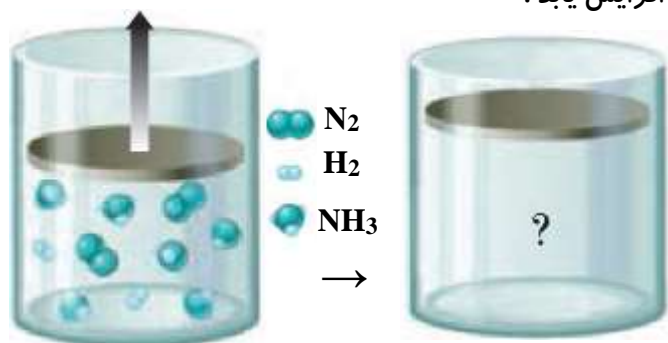
(آ) پیش بینی کنید تعادل در کدام جهت جابجا می‌شود؟ چرا؟

با افزایش حجم فشار کم می‌شود از تعادل در جهت افزایش فشار و

شمار مول‌های گازی بیشتر جابجا می‌شود یعنی در جهت برگشت :



تعادل به سمت برگشت جابجا می‌شود.



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

شمار مول‌های آمونیاک کم می‌شود، زیرا در جهت برگشت آمونیاک مصرف می‌شود.

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

هنگامی که در دمای ثابت، فشار بر یک تعادل گازی کاهش می‌یابد، واکنش در جهت شمار مول‌های گازی کمتر پیش می‌رود تا به تعادل آغازی جدید برسد.



(آ) شمار مول‌های هر یک از مواد شرکت‌کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ **چون مول‌های گازی در دو سمت معادله واکنش برابر است با**

افزایش فشار (یا کاهش حجم) در دمای ثابت شمار مول‌های مواد شرکت‌کننده ثابت می‌ماند.

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

با این که شمار مول‌های مواد شرکت‌کننده ثابت می‌ماند اما با افزایش فشار یا کاهش حجم سامانه، غلظت همه مواد شرکت‌کننده

افزایش می‌یابد.

با هم ببیندیشیم :

صفحه ۱۰۶ و ۱۰۷ کتاب درسی

(۱) جدول داده شده اثر دما را بر ثابت تعادل زیر نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

دما (°C)	25	225	435
K	$2/5 \times 10^{-25}$	4×10^{-11}	4×10^{-5}



(آ) عبارت ثابت تعادل را برای آن بنویسید.
$$K = \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2}$$

(ب) میزان پیشرفت واکنش در کدام دما بیشتر است؟ چرا؟ **در دمای 435 °C زیرا K بزرگ‌تر است.**

(پ) با افزایش دما K چه تغییری کرده است؟ این تغییر، جابجا شدن تعادل را در چه جهتی نشان می‌دهد؟

K افزایش یافته است در واقع با افزایش دما تعادل به سمت راست جابجا شده است.

ت) اگر برای این واکنش $\Delta H > 0$ باشد، جابجا شدن تعادل و افزایش K را به کمک اصل لوشاتلیه توجیه کنید.

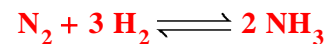
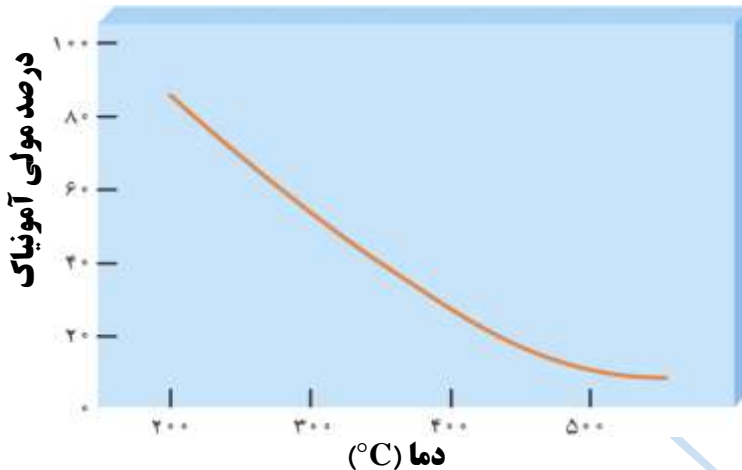
$\Delta H > 0$ نشان می‌دهد که واکنش در جهت رفت گرماگیر است با این توصیف با افزایش دما واکنش در جهت مصرف گرما یعنی در جهت رفت تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل جدید برسد.

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

هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی افزایش می‌یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{مصرف}}{\text{تولید}}$ گرما پیش می‌رود، اگر این واکنش گرماگیر باشد مقدار

فرآورده‌ها در سامانه کاهش می‌یابد.
واکنش دهنده‌ها

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



آ) با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در سامانه چه تغییری می‌کند؟ **کاهش یافته است.**

ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

گرماده است زیرا در جهت مصرف گرما یا در جهت برگشت پیش رفته و از مقدار فرآورده کاسته شده است.

پ) مقدار ثابت تعادل آن در سه دمای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به صورت زیر است.

$$K_1 = 6/2 \times 10^{-4} \quad K_2 = 2/24 \quad K_3 = 6 \times 10^5$$

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

چون واکنش در جهت رفت گرماده است پس هر چه دما پایین‌تر باشد میزان پیشرفت واکنش بیشتر است، با این توصیف K_3 ثابت تعادل را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نشان می‌دهد.

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی :

- ✓ تأمین غذا به دو دلیل مهم یک چالش مهم محسوب می‌شود. ۱- **محدودیت منابع** ۲- **افزایش جمعیت**
- ✓ **بهترین** راه حل برای تأمین غذا افزایش **بهره‌وری** در تولید فرآورده‌های **کشاورزی** است.
- ✓ گیاهان با جوی سرشار از **نیتروژن** احاطه شده‌اند اما **نمی‌توانند** این عنصر ضروری برای رشد خود را بطور **مستقیم** از **هوا** جذب کنند.
- ✓ **نیتروژن** را به شکل ترکیب‌های **نیتروژن‌دار** از جمله **آمونیاک** (NH_3) و **اوره** ($CO(NH_2)_2$) به خاک می‌افزایند. که برای این کار، **شناسایی، تولید و افزودن** کودشیمیایی مناسب به خاک **راه گشا** است.
- ✓ در برخی کشورها **آمونیاک** را به صورت **مایع** به طور **مستقیم** به عنوان **کود شیمیایی** به **خاک** زراعی تزریق می‌کنند.
- ✓ گیاهان برای رشد افزون بر **کربن‌دی‌اکسید** و **آب** به عنصرهایی مانند **K ، P ، N ، S** و ... نیاز دارند.
- ✓ یکی از روش‌های تولید **آمونیاک**، واکنش بین گازهای **نیتروژن** و **هیدروژن** است. اما واکنش بین این دو گاز، به دلیل واکنش‌پذیری **بسیار کم** نیتروژن در **دمای اتاق**، حتی در حضور **کاتالیزگر** و یا **جرقه** امکان‌پذیر **نیست**.
- ✓ شیمی‌دان‌ها به دنبال یافتن شرایطی هستند که در آن واکنش‌دهنده‌ها تا حد ممکن به فرآورده تبدیل شوند. بدیهی است که به لحاظ **اقتصادی** باید شرایطی را فراهم کرد که مقدار **بیشتری** فرآورده در مدت زمان **کوتاه‌تر** تولید شود. یعنی هم باید میزان پیشرفت واکنش رازیاد کرد، هم سرعت واکنش را **افزایش** داد.

می‌دانیم که واکنش $N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$ برگشت‌پذیر است و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد. تعادلی که در دمای معین، مخلوطی از گازهای واکنش‌دهنده و فراورده با غلظت ثابت است.

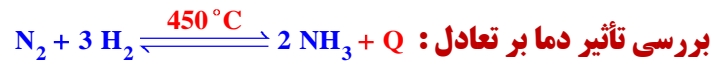
اولین بار دانشمندی به نام فریتس هابر توانست با تکیه بر عوامل مؤثر بر فرایندهای تعادلی، شرایط تولید آمونیاک را بهینه کند.

شرایط بهینه در روش هابر: دمای $450^\circ C$ یا $723 K$ ، فشار $200 atm$ ، کاتالیزگر: Fe



فرایند هابر در تولید آمونیاک:

فریتس هابر انتظار داشت که با تغییر عوامل مؤثر بر تعادل بتواند مقدار آمونیاک را در مخلوط تعادلی افزایش دهد.



با افزایش دما و تأمین انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. از اینرو هابر واکنش را در دماهای بالاتر بررسی کرد.

دماهایی که در آن‌ها واکنش با سرعت چشمگیری انجام می‌شد، اما با پیشرفت کمی به تعادل می‌رسید بطوری که سامانه محتوی مخلوطی از هر سه گاز بود. جالب اینکه او هر چه دما را بالاتر می‌برد درصد مولی آمونیاک در مخلوط کاهش می‌یافت. زیرا تولید آمونیاک یک فرایند گرماده است. پس قاعدتاً با کاهش دما طبق اصل لوشاتلیه می‌توان تعادل را به سمت تولید آمونیاک بیشتر جابجا کرد.

با توجه به گرماده بودن واکنش، از لحاظ تئوری انتظار می‌رود که با کاهش دما، واکنش به سمت تولید آمونیاک جابجا شده و درصد مولی آن در مخلوط تعادلی زیاد شود.

با توجه به جدول K و دما می‌بینیم که در دمای پایین‌تر مقدار K بیشتر است به این معنا است که با کاهش دما، واکنش از لحاظ تئوری پیشرفت بالایی خواهد داشت.

دما ($^\circ C$)	۲۵	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰
$(K) mol^{-2} \cdot L^2$	6×10^5	0/65	0/011	$6/2 \times 10^{-4}$	$7/4 \times 10^{-5}$

هابر دریافت که افزایش دما نمی‌تواند برای تولید آمونیاک بیشتر ثمر بخش باشد.

در صنعت، هدف این است که در مدت زمان کمتر مقدار آمونیاک بیشتری تولید شود. بنابراین روش هابر در مقیاس صنعتی در دماهای بالا (حدود $450^\circ C$) انجام می‌شود و برای جبران تأثیر افزایش نسبی دما، از کاتالیزگر و فشار بالا استفاده می‌کنند.



افزایش بیش از اندازه دما علاوه بر کاهش پیشرفت واکنش، به دستگاه‌های صنعتی نیز آسیب می‌رساند.

کاتالیزگر با کاهش انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت، سرعت واکنش را در دو طرف به یک اندازه و یک نسبت افزایش می‌یابد. بنابراین با به کار بردن کاتالیزگر سرعت رسیدن به تعادل افزایش می‌یابد.

در صنعت برای اینکه سرعت برقراری تعادل و در نتیجه سرعت تولید آمونیاک را بیشتر کنند واکنش مورد نظر را در مجاورت کاتالیزگر آهن (Fe) انجام می‌دهند. در واقع کاتالیزگر کمک می‌کند تا در دماهای پایین‌تر، آمونیاک سریع‌تر تشکیل شود و در نتیجه $NH_3(g)$ به مقدار بیشتر و ارزان‌تر تولید شود.

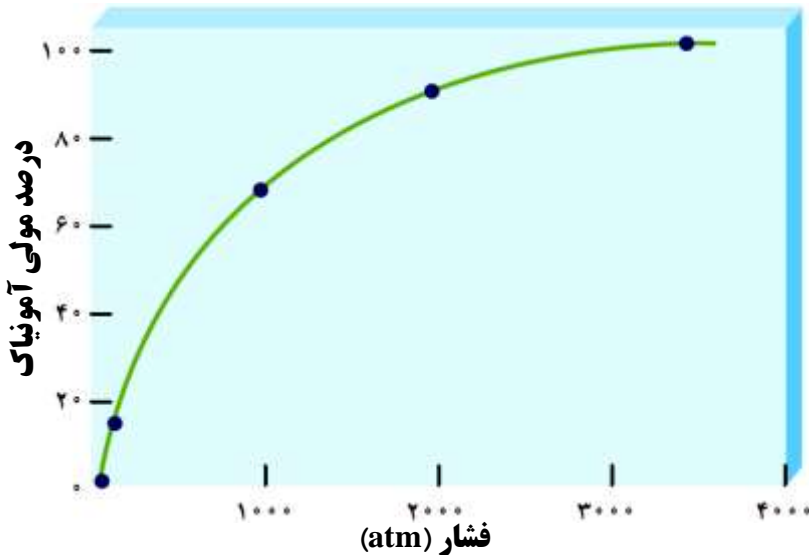
کاتالیزگر ثابت تعادل را تغییر نمی‌دهد.



به دلیل اینکه تعداد مول‌های گازی در سمت آمونیاک کمتر است، با افزایش فشار می‌توان تعادل را به سمت تولید محصول بیشتر هدایت کرد. بنابراین در فشارهای بالا واکنش در جهت تولید $NH_3(g)$ پیش می‌رود.

بنابراین فرایند هابر تا جایی که امکان داشت (تا حدی که به دستگاه‌های صنعتی تولید آمونیاک آسیب نرسد) در فشار بالا صورت گرفت. در نهایت واکنش در فشار 200 اتمسفر انجام می‌گیرد.

✓ افزایش فشار به دلیل افزایش **غلظت** مواد، باعث **افزایش** سرعت واکنش رفت و برگشت می‌شود؛ اما با توجه به اصل لوشاتلیه سرعت واکنش **رفت** را **بیشتر** افزایش می‌دهد.



✓ در نهایت با استفاده از کاتالیزگر **آهن (Fe)**، افزایش **دما** (450°C) و **افزایش** فشار تنها **۲۸** درصد مخلوط تعادلی را **آمونیاک** تشکیل می‌دهد.



✓ برای افزایش **پیشرفت** واکنش می‌توان بار دیگر از اصل لوشاتلیه کمک گرفت. به این منظور می‌توان با خارج کردن **آمونیاک** از ظرف واکنش، تعادل را به سمت تولید محصول بیشتر و جابجایی به سمت فراورده‌ها ترغیب کرد. این کار با مایع کردن آمونیاک و خارج کردن آن از محفظه واکنش در صنعت انجام می‌شود.

✓ به خاطر نقطه جوش بالاتر آمونیاک از گازهای نیتروژن و هیدروژن (به ترتیب -33°C ، -196°C و -253°C) با سرد کردن مخلوط آن‌ها تا، 40°C آمونیاک به صورت مایع در می‌آید، در نتیجه می‌توان آمونیاک را از محفظه واکنش خارج نمود.

✓ در ضمن $\text{N}_2(\text{g})$ و $\text{H}_2(\text{g})$ واکنش نداده، به دستگاه واکنش **بازگردانی** می‌شوند.

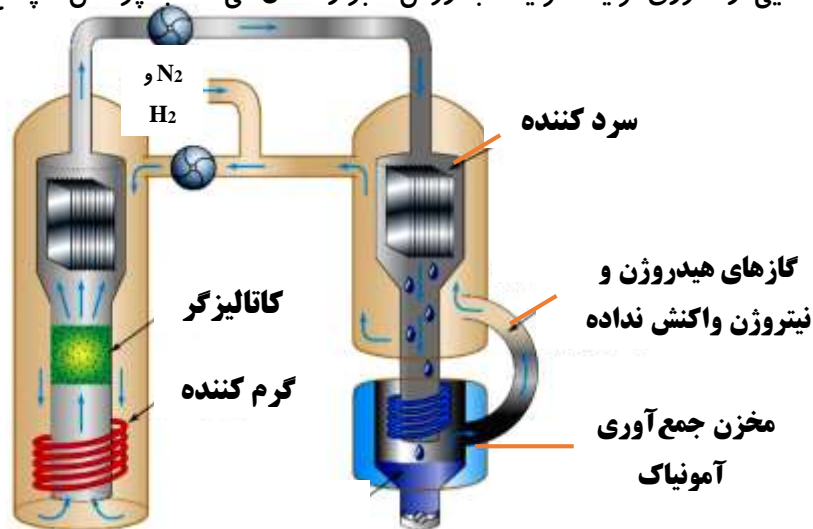
✓ فرایند هابر نمونه تاریخی جالبی از تأثیر پیچیده شیمی بر زندگی ماست. هرچند تولید آمونیاک باعث طولانی‌تر شدن جنگ جهانی اول گردید؛ اما به دنبال آن **شرایط تولید کودهای شیمیایی** و **افزایش بازدهی** فراورده‌های کشاورزی فراهم شد.

✓ دلیل نقطه جوش بالاتر **آمونیاک** نسبت به گازهای نیتروژن و هیدروژن این است که مولکول‌های گازی **آمونیاک** به دلیل برقراری **پیوند هیدروژنی**، سریع‌تر به هم متصل شده و به حالت **مایع** در می‌آیند.



تأثیر بر K	تأثیر بر سرعت	درصد مولی آمونیاک و پیشرفت واکنش	جهت جابجایی تعادل	عامل موثر بر تعادل
-	افزایش سرعت رفت و برگشت	افزایش	به سمت فراورده	افزایش فشار تا ۲۰۰ اتمسفر
کاهش	افزایش سرعت رفت و برگشت	کاهش	به سمت واکنش‌دهنده	افزایش دما تا 450°C
-	افزایش سرعت رسیدن به تعادل و واکنش‌های رفت و برگشت	-	-	افزایش کاتالیزگر Fe
افزایش	کاهش	افزایش	به سمت فراورده	سرد کردن و خارج کردن $\text{NH}_3(\text{l})$ از محفظه واکنش

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



(آ) در مورد روش کار هابر در این فناوری با یکدیگر گفت‌وگو کنید.

N₂ و H₂ پس از عبور از گرم کننده و در حضور کاتالیزگر (Fe (s)) ، یکدیگر واکنش داده و مقداری NH₃ تولید می‌کنند. مخلوط واکنش که حاوی هر سه ماده گازی است به محفظه سردکننده وارد شده که در اثر ایجاد سرما و رساندن دما به حدود ۴۰°C- تنها NH₃ به حالت مایع تبدیل و جدا می‌شود. گازهای N₂ و H₂ موجود در مخلوط دوباره بازگردانی شده و وارد چرخه تولید آمونیاک می‌شوند.

ب) اگر نقطه جوش آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن به ترتیب ۳۳-، ۱۹۶- و ۲۵۳- درجه سلسیوس باشد، کدام دما (۴۰°C یا ۲۰۰-) را برای سردکننده مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

۴۰°C- مناسب است زیرا در این دما تنها NH₃ مایع و جدا می‌شود در ۲۰۰°C- گاز نیتروژن نیز مایع و جدا خواهد شد.

ارزش فناوری‌های شیمیایی :

- ✓ نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به همین دلیل برخی کشورها صادر کننده این منابع و برخی دیگر وارد کننده آنها هستند. در واقع برخی کشورهای دنیا با کسب درآمد از فروش منابع خود زمینه آسایش، رشد و توسعه را فراهم می‌کنند.
- ✓ بسیاری از کشورهای منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. فرایندی که به **خام فروشی** منابع معروف است.
- ✓ روش دیگر این است که به کمک **فناوری های شیمیایی** مواد خام و اولیه را به فرآورده‌های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند.
- ✓ برای نمونه **فروش نفت خام** ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است و راه دیگر آن، **پالایش نفت خام** و تبدیل آن به فرآورده‌های پتروشیمیایی مانند **آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین** و ... است.
- ✓ خام فروشی برای منابع معدنی مانند نفت، سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه است.
- ✓ هر چه درصد خلوص ماده شیمیایی بیشتر باشد، قیمت آن نیز بیشتر خواهد بود. برای مثال فلز مس با درصد خلوص ۹۹/۹ درصد به طور چشمگیری از همین فلز با درصد خلوص ۹۶ درصد قیمت بالاتری دارد.
- ✓ فناوری‌های **جداسازی و خالص سازی** مواد یکی از فناوری‌های **پیشرفته، گران، پرکاربرد** و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به شمار می‌رود.
- ✓ به کارگیری **فناوری** و تبدیل مواد خام به مواد **فراوری** شده، سبب رشد و بهره‌وری اقتصاد یک کشور می‌شود.



آ) جدول زیر را کامل کنید.

نام ماده	نفت خام	بنزین	متانول	اتیلن گلیکول	پلی اتن	اتانول
قیمت ۱۵۹ لیتر یا کیلوگرم (ریال)	۲۹۴۰۰۰۰	۱۵۹۰۰۰۰	۲۹۴۰	۶۴۳۹۵۰۰۰	۶۰۰۰۰	۹۵۴۰۰۰۰

در واقع انتظار می رود قیمت مواد فراوری شده بیشتر از نفت خام باشد که در مورد بنزین این طور نیست زیرا به آن یارانه تعلق می گیرد. در مورد متانول نیز به نظر داده های سوال نادرست است.

ب) درباره جمله زیر گفت و گو کنید.

« به کارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فراوری شده، سبب رشد و بهره وری اقتصاد یک کشور می شود.»

با به کارگیری دانش و فناوری برای جداسازی و خالص سازی اجزای سازنده نفت خام و فرآورده آنها افزون بر ایجاد اشتغال و ثروت باعث رشد و بهره وری در سطح کشور و منطقه خواهد شد زیرا دست کم مواد اولیه صنایع گوناگون سوخت مورد نیاز تامین خواهد شد.

فناوری چیست؟

تعریف فناوری: فناوری را می توان به کار بردن **دانش** برای حل یک مسأله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی **خاص** دانست. فناوری همیشه با **ساخت** یا استفاده از یک وسیله **همراه** است.

تعریف مواد خام: مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده اند و با استفاده از آنها می توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

✓ فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری هایی هستند که بشر امروزی از آنها برای حل مسائل خود بهره می برد. برای نمونه دانشمندان با استفاده از **علم مواد** و **دانش الکتریسته** و **مغناطیس**، وسایلی مانند **تلفن همراه** و رایانه همراه و بی سیم طراحی و تولید می کنند و این وسایل مشکل **برقراری ارتباط** را برطرف می سازند.

✓ شیمی‌دان‌ها نیز مواد جدیدی می‌سازند یا با استفاده از دانش شیمی روشی برای ساخت **آسان‌تر** و با **صرفه‌تر** آنها ارائه می‌کنند. آنها همچنین به دنبال یافتن **روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی** برای **شناسایی دقیق** ساختار مواد هستند؛ هر یک از این موارد بیانی از فناوری شیمیایی است.



روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی

گروه عاملی، کلید سنتز مولکول‌های آلی:

یکی از لذت‌بخش‌ترین فناوری‌های شیمیایی، **سنتز مواد نو** از جمله **رنگ‌دانه‌ها، خوشبوکننده‌ها، داروهای ضد سرطان، الیاف، سوخت‌های دوستدار محیط زیست و مواد هوشمند** است. در واقع **سنتز** را می‌توان کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی دانست که منجر به **طراحی و تولید** مواد جدید می‌شود.

✓ **اغلب** مواد آلی شامل گروه‌های عاملی گوناگون هستند.

✓ گروه‌های عاملی **رفتار** مواد آلی را تعیین می‌کنند.

✓ تولید یک ماده آلی جدید می‌تواند با **تغییر ساختار** یا ایجاد یک یا چند **گروه عاملی** همراه باشد.

✓ شیمی‌دان‌ها به کمک اطلاعات زیر ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند:

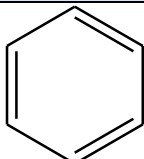
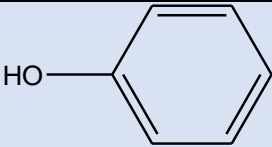
(۱) دانش مربوط به **ساختار و رفتار** گروه‌های عاملی

(۲) **دانستن شرایط و عوامل مؤثر** بر انجام واکنش‌های شیمیایی از مواد خام یا اولیه در دسترس

(۳) **تغییر گروه‌های عاملی** موجود در یک ماده آلی

یادآوری

تعریف گروه عاملی: آرایش **منظمی** از اتم‌ها که به مولکول دارای آن، خواص **فیزیکی و شیمیایی** منحصر به فردی می‌بخشد. در جدول زیر خلاصه گروه‌های عاملی آورده شده است:

فرمول کلی مولکول	نام گروه عاملی	فرمول گروه عاملی	نام خانواده دارای گروه عاملی
$C_nH_{2n+1}X$	هالید	X- (F, Cl, Br, I)	هالوآلکانی
C_nH_{2n}	ین	$\begin{array}{c} -C=C- \\ \quad \end{array}$	آلکنی
C_nH_{2n-2}	ین	$-C \equiv C-$	آلکینی
C_6H_6	بنزنی		آروماتیک
C_6H_6O	فنول		فنولی
R-OH	$C_nH_{2n+1}OH$	هیدروکسیل	الکل
R-O-R'	$C_nH_{2n+2}O$	اتری	اتر

R-CHO	C _n H _{2n} O	آلدهیدی	-CHO یا $\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-H}$	آلدهید
R-CO-R'	C _n H _{2n} O	کتونی	-CO- یا $\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-}$	کتون
R-COOH	C _n H _{2n} O ₂	کربوکسیل	-COOH یا $\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-OH}$	اسید (کربوکسیلیک اسید)
R-COO-R'	C _n H _{2n} O ₂	کربوکسیلات	-COO- یا $\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-O-}$	استر
R-NH-R'	C _n H _{2n+3} N	آمینی	-NH-	آمین
R-CO-NH-R'	C _n H _{2n+1} N	آمیدی	$\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-NH}_2$	آمید

✓ اولین عامل‌های شناخته شده در کتاب شیمی ۲ پیوند دوگانه با نام عامل **آلکنی** و پیوند سه گانه با نام عامل **آلکینی** و ترکیبات **آروماتیک** با نام عامل **بنزنی** بودند.

✓ قرار گرفتن اتم‌های **هالوژن** به جای هیدروژن **آلکان‌ها** نیز به آن خواص و رفتار ویژه‌ای می‌بخشد.

✓ شیمی‌دان‌ها به موادی که **فرمول مولکولی یکسان** ولی فرمول ساختاری متفاوت دارند، **ایزومر** (همپار) می‌گویند.

✓ فرمول عمومی **آلدهیدها و کتون‌ها** (تک عاملی و سیرشده) بصورت **C_nH_{2n}O** است، و در صورت هم کربن بودن ایزومرند.

✓ فرمول عمومی **کربوکسیلیک اسیدها و استرها** (تک عاملی و سیرشده) بصورت **C_nH_{2n}O₂** است و در صورت هم کربن بودن ایزومرند.

✓ فرمول عمومی **الکل‌ها و اترها** (تک عاملی و سیرشده) به صورت **C_nH_{2n+2}O** است و در صورت هم کربن بودن ایزومرند.

✓ به گروه $\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-}$ **کربونیل** گفته می‌شود. مهم‌ترین تفاوت گروه عاملی آلدهیدی و کتونی، اتم هیدروژن متصل به گروه کربونیل در گروه عاملی **آلدهیدی** است.

✓ ساده‌ترین آلدهید **یک کربن (فرمالدهید H - $\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}$ - H)** و ساده‌ترین کتون نیز **سه کربن (استون CH₃ - $\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}$ - CH₃)** دارد.

✓ **استون** یک ترکیب آلی **اکسیژن‌دار** است که به عنوان **حلال** در صنعت و آزمایشگاه بکار می‌رود. (نام دیگر استون، **پروپانون** می‌باشد).

✓ الکل‌ها به دلیل برقراری پیوند **هیدروژنی** نسبت به **اترها** هم کربن نقطه جوش **بالتری** دارند.

✓ آلکن‌های کوچک تحت شرایطی می‌توانند **پلیمر** شوند و انواع **پلاستیک‌ها** را تولید کنند. بطوری که **اتن** یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع **پتروشیمی** است.

✓ از ترکیب یک **اسید آلی** با **الکل** در حضور **سولفوریک اسید (H₂SO₄)** بعنوان کاتالیزگر طی یک واکنش برگشت‌پذیر، **استر** تولید می‌شود (واکنش برگشت این واکنش **آبکافت استر** نام دارد).

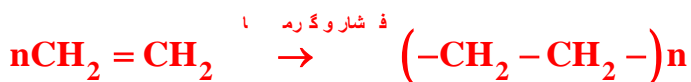
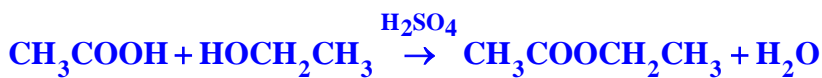
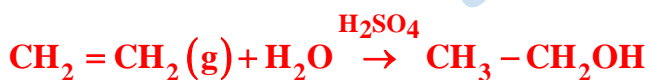
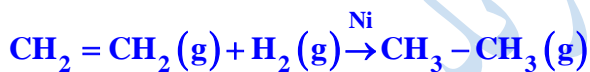
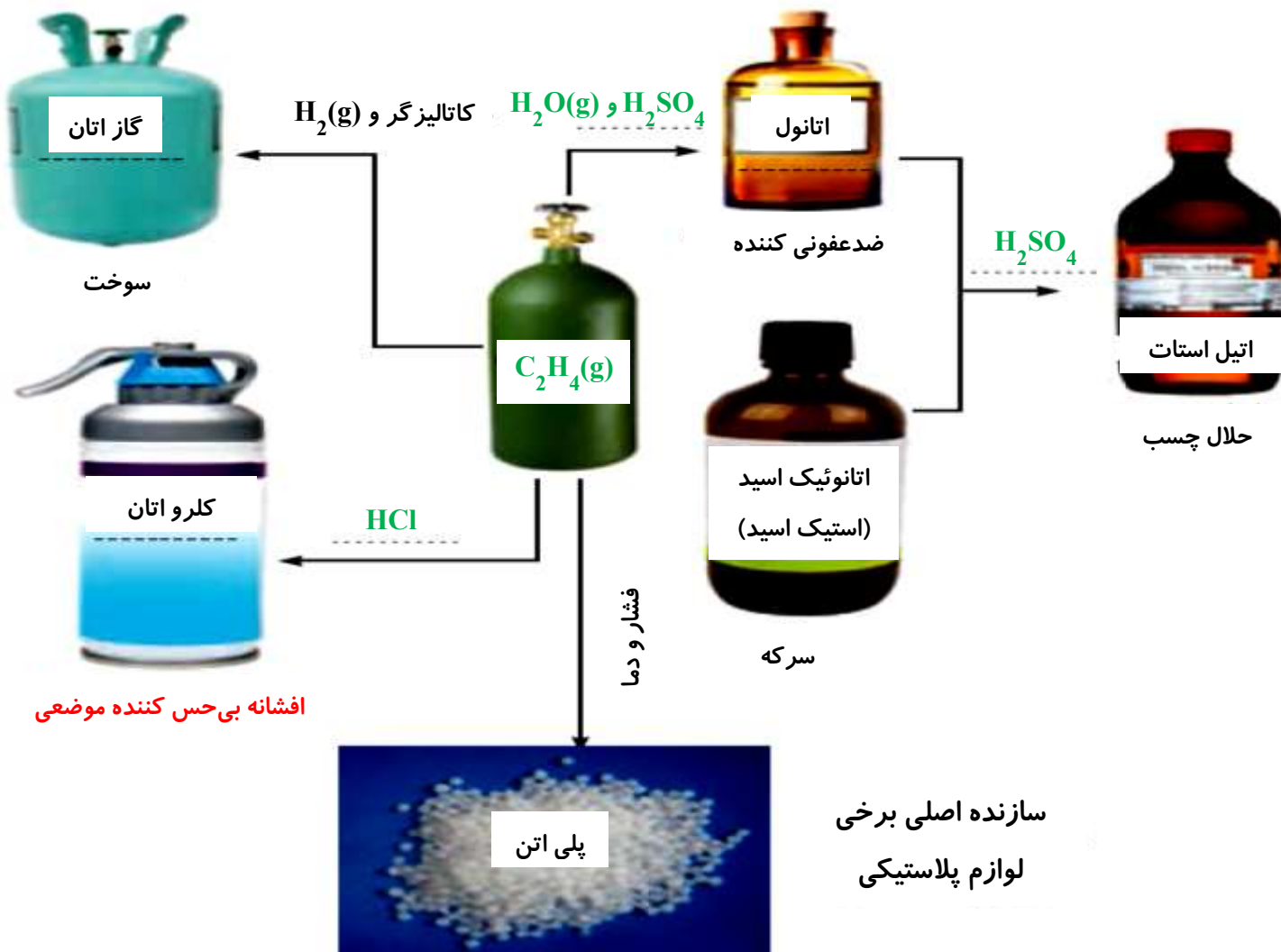
✓ از واکنش اسید و الکل‌های **دو عاملی پلی استر** حاصل می‌گردد.

✓ از واکنش **آمین** با یک **اسید**، **آمید** تولید می‌شود و اگر **دو عاملی** باشند **پلی آمید** تولید می‌گردد.

سنتر چیست ؟

سنتر یک فرایند شیمیایی **هدفمند** است که در آن با استفاده از مواد **ساده‌تر**، مواد شیمیایی دیگر را تولید می‌کنند.

می‌توان از گاز **اتن** مواد آلی گوناگون **پر مصرف** و **ارزشمند** تهیه کرد. این گاز یکی از مهم‌ترین **خوراک‌ها** در صنایع **پتروشیمی** است. به همین ترتیب با استفاده از مواد مناسب و واکنش‌های شیمیایی می‌توان مواد آلی گوناگون را به یکدیگر تبدیل کرد.



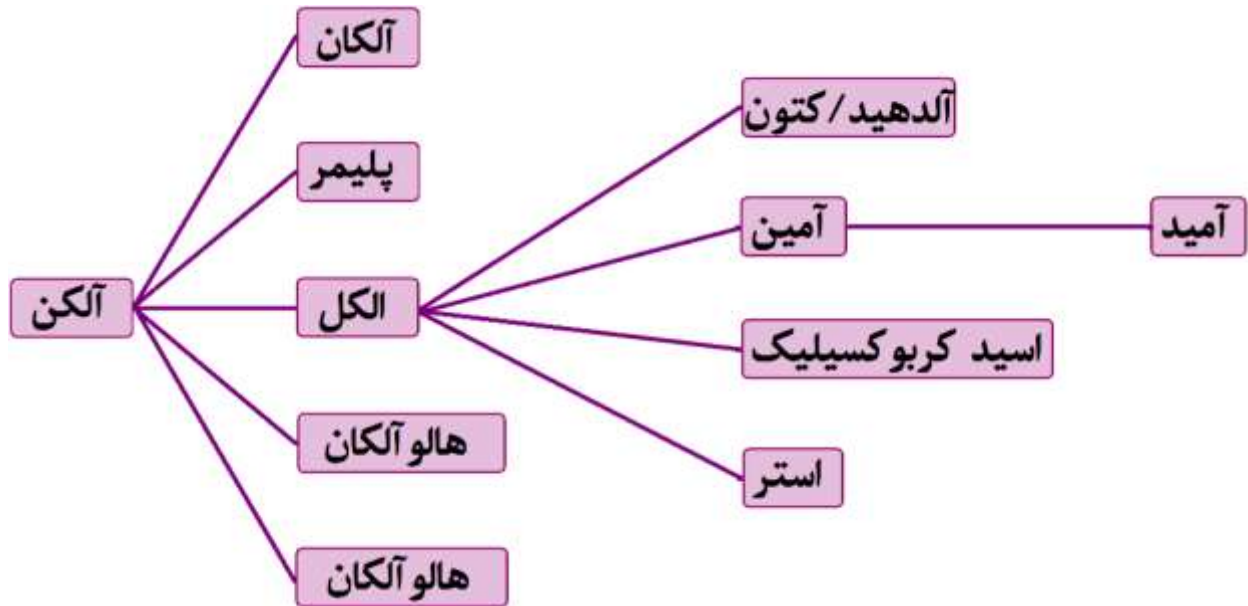
✓ به آلکان‌هایی که یک یا چند هیدروژن آنها با هالوژن جایگزین شده باشد، هالوآلکان می‌گویند.

کاربرد مواد حاصل از اتن :

کاربرد	ماده
سوخت	اتان
افشانه بی حس کننده موضعی	کلرواتان
سازنده اصلی برخی پلاستیک‌ها	پلی اتن
در مواد آرایشی و بهداشتی و ضد عفونی کننده	اتانول
با اتانویک اسید، تولید اتیل استات به عنوان حلال چسب	

تبدیل عامل‌ها به یکدیگر

شکل زیر نمونه‌ای از تبدیلات امکان‌پذیر در شیمی آلی را نشان می‌دهد که در ادامه با ذکر مثال‌هایی چگونگی این سنتزها را بررسی می‌کنیم.



✓ بدیهی است هر چه **نوع و تعداد** گروه‌های عاملی در مولکول هدف **بیشتر** باشد ساخت آن **دشوارتر** بوده و به دانش **پیشرفته‌تر** و فناوری **کارآمدتری** نیاز دارد.

✓ با استفاده از **مواد مناسب** و **واکنش‌های شیمیایی** می‌توان مواد **آلی** گوناگون را به یکدیگر تبدیل کرد.

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

اهداف شیمی‌دان‌ها

گام اول

۱. تهیه مواد مناسب
۲. ارزان بودن مواد و روش تهیه آنها
۳. دوستدار محیط زیست
۴. واکنش‌های شیمیایی آسان
۵. فرآورده و واکنش پربازده
۶. کاهش هزینه تمام شده برای تولید یا سنتز

گام دوم

- (۱) طراحی فناوری
- (۲) اجرا
- (۳) تولید در مقیاس صنعتی

ساخت بطری آب (PET)

✓ سالانه شمار بسیار زیادی بطری **پلاستیکی** برای نگهداری و بسته‌بندی **آب آشامیدنی** تولید می‌شود.

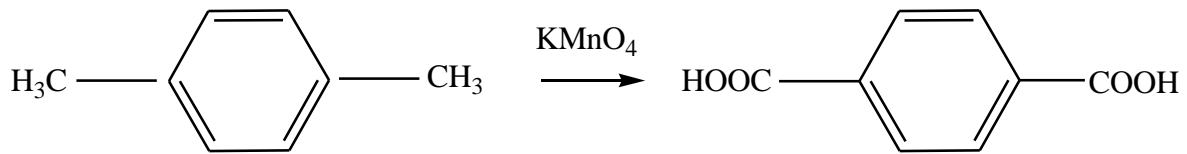
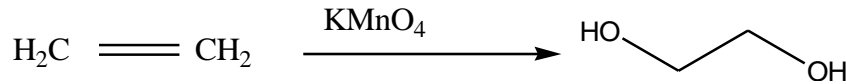
✓ بطری آب از **پلیمری** به نام **پلی اتیلن ترفتالات (PET)** ساخته می‌شود.

✓ برای ساخت 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.

✓ برای ساخت **بطری پلاستیکی** یا **PET** به تهیه مواد اولیه یعنی **اتیلن گلیکول (الکل دوعاملی)** و **ترفتالیک اسید (اسید دوعاملی)** نیاز داریم.

✓ اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند.

✓ مطابق با طرح زیر، مواد اولیه ساخت PET فراهم می‌شود.



✓ در این واکنش‌ها پارازیلین و اتن نقش کاهنده و پتاسیم پرمنگنات نقش اکسنده دارند.

✓ واکنش پارازیلین با پتاسیم پرمنگنات در دمای بالا به این صورت است:



✓ ترفتالیک اسید یک ماده مهم و پرمصرف است که برای تولید پلی اتیلن ترفتالات به کار می‌رود اما جداسازی و خالص‌سازی آن یکی

از مراحل مهم در تهیه ترفتالیک اسید است. این فرایند معیبهی نیز دارد، مانند:

➤ شرایط عملیاتی دشوار

➤ استفاده از کاتالیست‌های فلزی سنگین

➤ تولید مواد نامطلوب

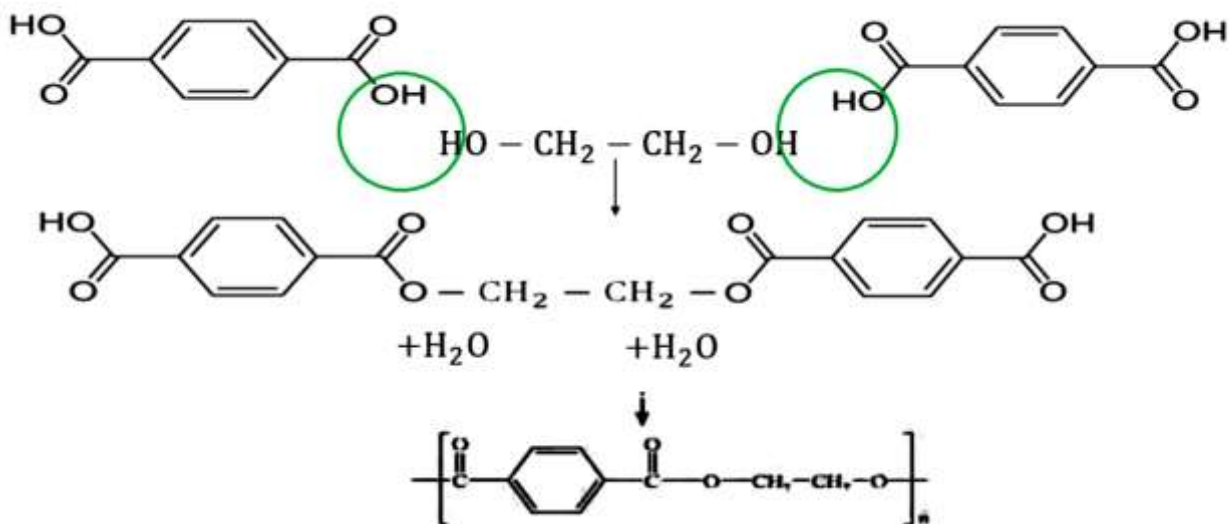
➤ اکسایش مواد دیگر در حضور غلظت بالای اکسنده و ایجاد ترکیبات ناخواسته

➤ نیاز به دمای بالا

✓ از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایطی آسان‌تر برای انجام این واکنش با بازده بالا هستند. آنها با پژوهش‌های فراوان دریافتند که

استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می‌تواند راهگشا باشد.

✓ البته پژوهش‌ها برای یافتن واکنشی پربازده و با صرفه اقتصادی همچنان ادامه دارد.

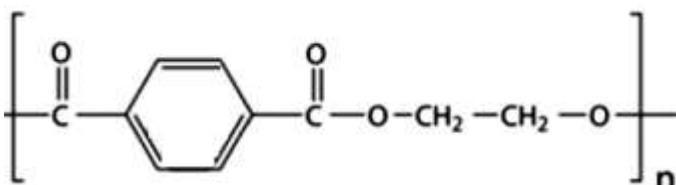


صفحه ۱۱۳ کتاب درسی

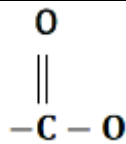
خود را بیازمایید:

فرمول ساختاری پلیمر سازنده بطری آب به شکل زیر است. با توجه به

آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

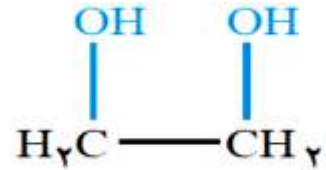
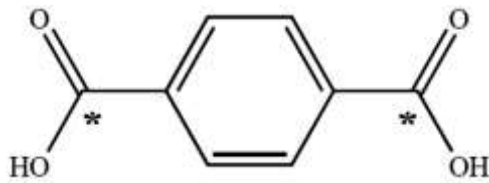


آ) این پلیمر از کدام دسته پلیمرهاست؟ چرا؟



از دسته پلی استرهاست زیرا در واحد تکرار شونده آن گروه عاملی استری وجود دارد.

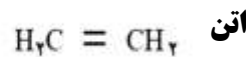
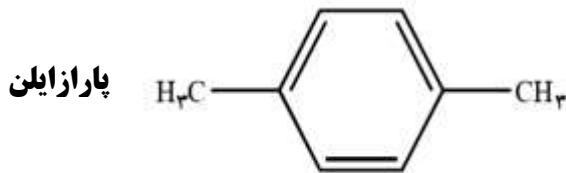
ب) ساختار مونومرهای سازنده این پلیمر را رسم کنید.



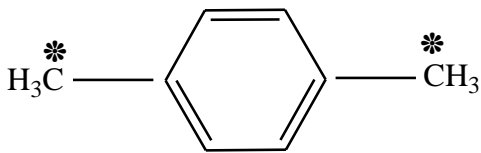
صفحه ۱۱۴ و ۱۱۵ کتاب درسی

با هم بیندیشیم:

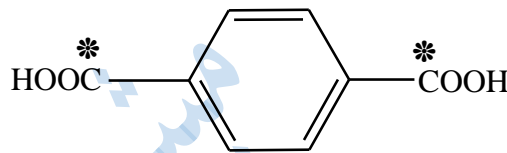
۱) بررسی‌ها نشان می‌دهند که از تقطیر نفت خام می‌توان مواد زیر را به دست آورد.



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



پارازایلن

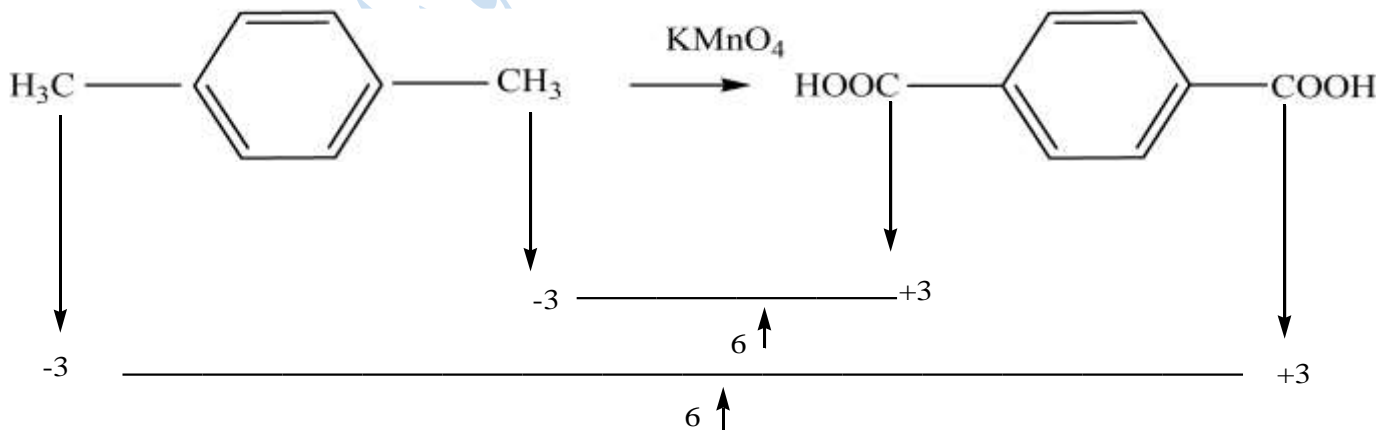


ترفتالیک اسید

آ) برای تهیه ترفتالیک اسید از پارازایلن، چه تغییری باید در ساختار پارازایلن ایجاد کرد؟

باید گروه‌های متیل در پارازایلن به گروه‌های عاملی کربوکسیل تبدیل شوند.

ب) عدد اکسایش اتم‌های کربن ستاره‌دار را در این دو ترکیب تعیین کنید.



✓ در مجموع به ازای هر مولکول پارازایلن ۱۲ درجه عدد اکسایش افزایش می‌یابد.

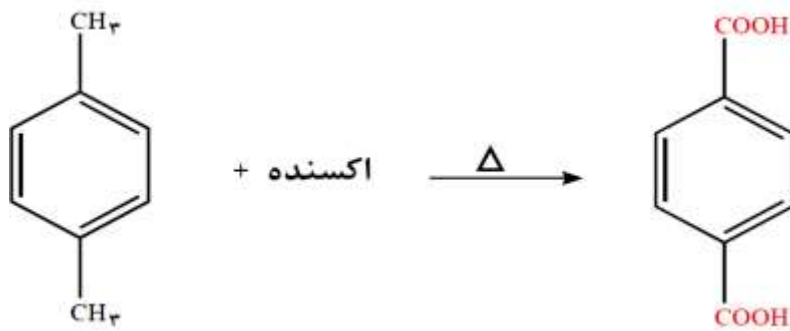
پ) با توجه به آموخته‌های خود درباره واکنش‌های اکسایش-کاهش، برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید کدام دسته از مواد زیر را مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

کاهنده‌ها

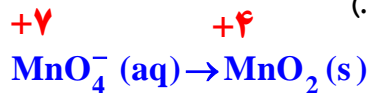
اکسنده‌ها

برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید باید گروه‌های عاملی متیل به گروه‌های کربوکسیل تبدیل شوند در واقع عدد اکسایش اتم‌های کربن نام برده شده باید از -۳ به +۳ افزایش یابد، از این رو واکنش تنها در حضور اکسنده انجام می‌شود.

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



آ) در این واکنش یون پرمنگنات به منگنز (IV) اکسید تبدیل می‌شود. تغییر عدد اکسایش اتم منگنز در این واکنش چند است؟ (عدد اکسایش اتم منگنز در یون پرمنگنات برابر با +۷ است.)



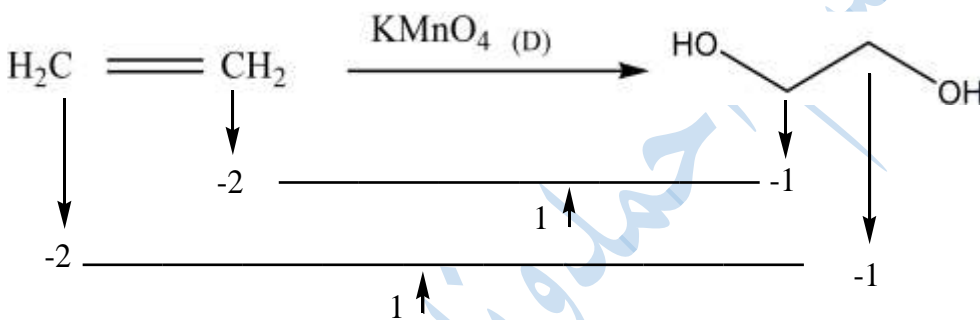
ب) انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است یا کم؟ چرا؟

چون برای انجام این واکنش افزون بر اکسنده به گرما نیاز است پس باید Ea آن زیاد باشد.

✓ برای تهیه پلی اتیلن ترفتالات علاوه بر ترفتالیک اسید به اتیلن گلیکول نیز مورد نیاز است.

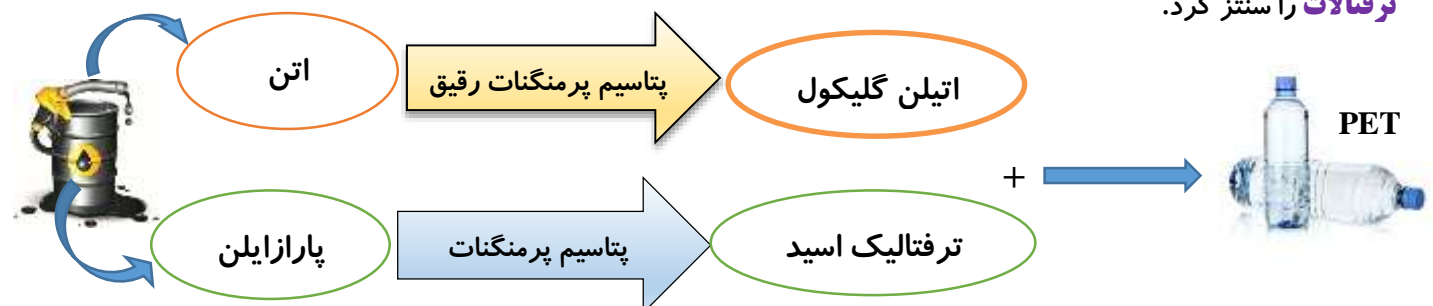
✓ برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد.

✓ بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



✓ در این واکنش به ازای هر مول اتن ۲ درجه عدد اکسایش، افزایش می‌یابد.

✓ اکنون می‌توان با انجام واکنش اتیلن گلیکول (الکل دو عاملی) با ترفتالیک اسید (اسید دو عاملی) (مونومرهای سازنده پلیمر) پلی اتیلن ترفتالات را سنتز کرد.



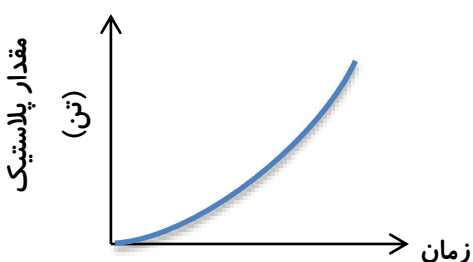
✓ این پلیمر همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند آنها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به شمار می‌آید.

باز یافت PET

✓ پلاستیک‌ها را می‌توان یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر دانست که امروزه سالانه

حدود ۴۰۰ میلیون تن از این مواد در جهان تولید می‌شود و این روند رو به افزایش

است :



این مواد به دلیل ویژگی‌های زیر کاربردهای وسیعی دارند :

۱. چگالی کم

۲. نفوذ ناپذیری نسبت به هوا و آب

۳. ارزان بودن

۴. مقاومت در برابر خوردگی

- ✓ استفاده بی‌رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون به همراه زیست تخریب ناپذیری آنها سبب شده که در جای جای کره زمین یافت شوند. از اینرو بازیافت آنها اجتناب ناپذیر، بسیار ضروری و ارزشمند است.
- ✓ یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی اتیلن ترفتالات است.
- ✓ برای این منظور، باید آنها را جداگانه جمع آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد.

راه‌های بازیافت

- ۱) پس از شست‌وشوی مواد پلاستیکی می‌توان آنها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پُرک تبدیل و یا ذوب کرده و دوباره از آنها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند.
 - ۲) پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند.
- ✓ عامل تعیین‌کننده روش بازیافت، سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است.
 - ✓ صنعت بازیافت به یکی از کلیدی‌ترین صنایع در قرن آینده تبدیل خواهد شد. بدیهی است هر کشوری که از دانش و فناوری پیشرفته‌تری برخوردار باشد سهم قابل توجهی از این بازار جهانی را به خود اختصاص خواهد داد.

- ✓ شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود.

ویژگی‌های متانول (CH₃OH)

✓ متانول مایعی بی‌رنگ و بسیار سمی است.

✓ ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است.

✓ متانول را از چوب تهیه می‌کنند.

روش‌های تولید متانول :

۱. در صنعت گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند :

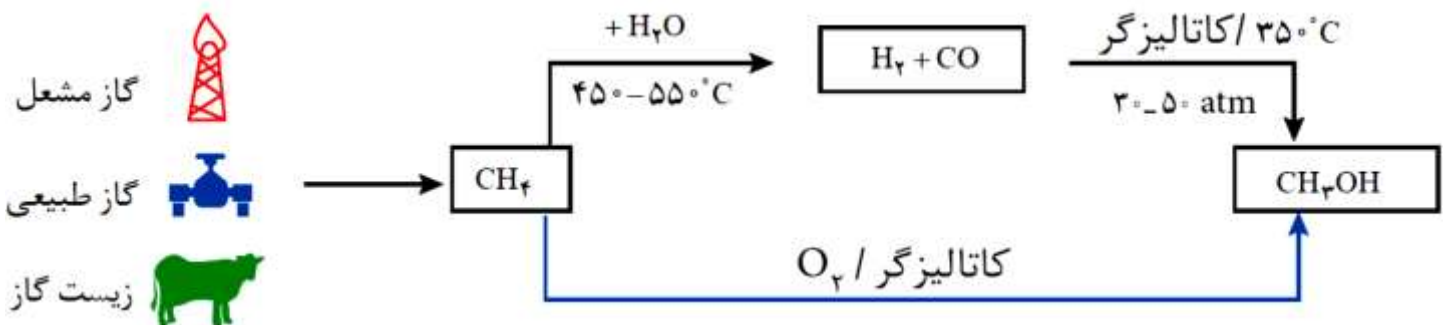


برای تهیه گازهای هیدروژن و کربن مونواکسید، گاز متان را با بخار آب در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند:



گاز متان به عنوان زیست گاز و سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی با قیمت ارزان یافت می‌شود.

۲. گاز متان را در حضور کاتالیزگر با اکسیژن واکنش می‌دهند.

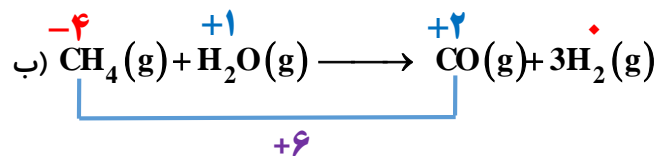
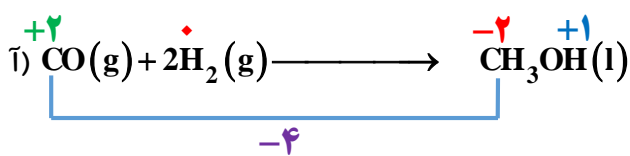


✓ تولید مستقیم متانول از متان در حضور گاز اکسیژن و کاتالیزگر کمک می‌کند تا در فشار کم، دماهای به نسبت پایین‌تر و در مدت زمان کمتری به فرآورده مورد نیاز دست یافت، هم چنین دمای بالا **استهلاک** دستگاه‌ها را زیاد کرده و **عمر مفید** آنها را کاهش می‌دهد.

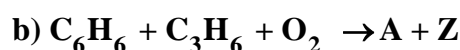
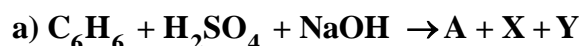
صفحه ۱۱۹ کتاب درسی

خود را بیازماید:

(۱) در هر یک از واکنش‌های زیر مشخص کنید کدام گونه اکسایش و کدام کاهش یافته است؟



(۲) شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کمترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. معادله‌های شیمیایی موازنه نشده زیر



تهیه ماده A را به دو روش نشان می‌دهد.

در این واکنش‌ها X و Y پسماند هستند، اما Z یک حلال صنعتی است.

آ) در کدام واکنش، همه اتم‌های مواد واکنش دهنده، به مواد ارزشمند تبدیل شده‌اند؟ چرا؟

در واکنش (b) زیرا A فرآورده هدف و Z یک حلال صنعتی است و هر دو فرآورده از جمله مواد قابل استفاده هستند.

ب) بر اساس اصول شیمی سبز، کدام واکنش از دیدگاه اتمی صرفه اقتصادی دارد؟ چرا؟

واکنش (b)، زیرا شمار اتم‌های بیشتری از مواد واکنش دهنده به فرآورده‌های سودمند تبدیل شده است.

✓ یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به **صرفه‌تر** است که **شمار بیشتری** از اتم‌های **واکنش دهنده** به فرآورده‌های **سودمند** تبدیل شود.

صفحه ۱۲۰ و ۱۲۱ کتاب درسی

تمرین‌های دوره‌ای:

(۱) برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

آ) استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

استفاده از کاتالیزگر سبب می‌شود تا در دما و فشارهای پایین‌تری با سرعت مناسب انجام شود به همین دلیل از مصرف انرژی می‌کاهد.

کاهش مصرف انرژی کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و تولید آلاینده‌ها را در پی دارد.

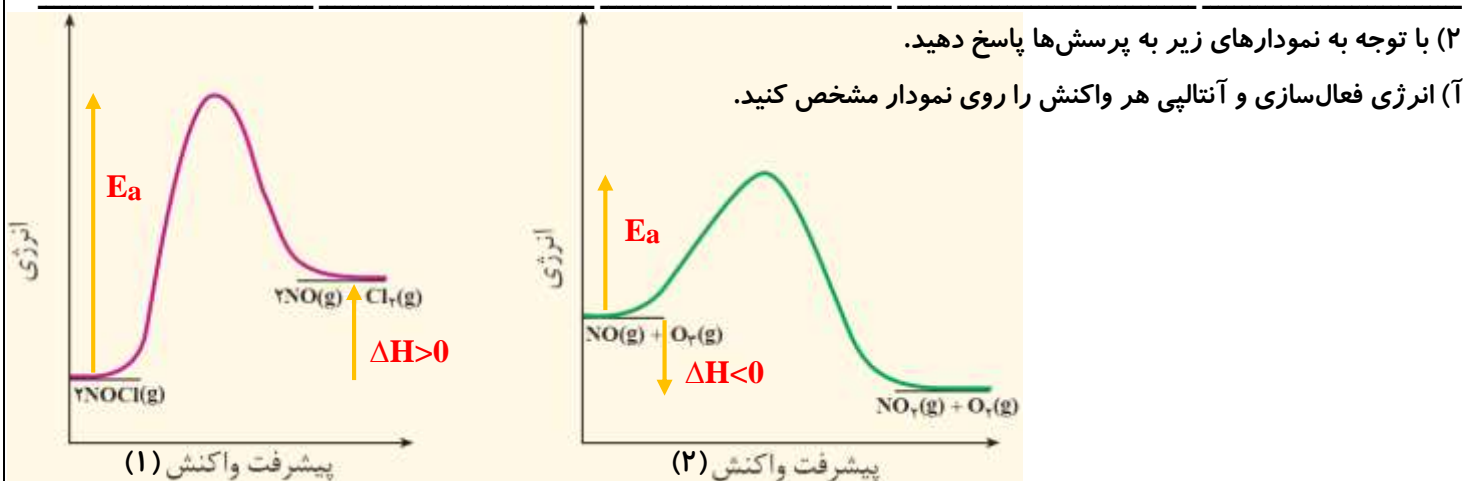
ب) در تعادل‌های گازی گرماگیر با افزایش دما در فشار ثابت، K افزایش می‌یابد.

با افزایش دمای سامانه تعادلی واکنش در جهت مصرف گرمای اضافی یا جهت رفت تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل جدید برسد.

پ) واکنشی که در آن از یک هیدروکربن، ترکیب آلی اکسیژن‌دار تولید می‌شود، یک واکنش اکسایش-کاهش است.

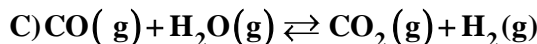
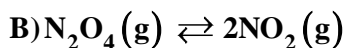
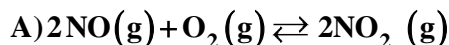
چون اتم اکسیژن خاصیت نافلزی بیشتری از کربن و هیدروژن دارد با تولید ترکیب آلی اکسیژن‌دار عدد اکسایش اتم‌های کربن متصل

به آن تغییر خواهد کرد.



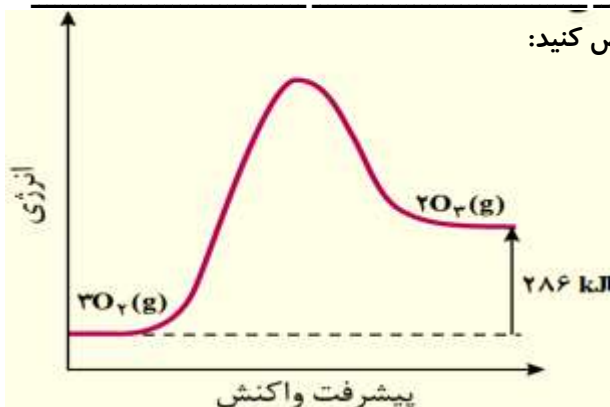
ب) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان کمتر است؟ چرا؟ **سرعت واکنش ۲ بیشتر است، چون انرژی فعال سازی کمتری دارد.**

۳) در کدام سامانه تعادلی زیر، کاهش حجم سامانه در دمای ثابت سبب افزایش مقدار فراورده‌ها می‌شود؟ توضیح دهید.



کاهش حجم سامانه در دمای ثابت نشانه افزایش فشار بر سامانه تعادلی است به همین دلیل واکنش در جهت تولید مول‌های گازی کمتر پیش می‌رود. با این توصیف سامانه (A) در جهت مول‌های گازی کمتر یعنی فراورده‌ها پیش خواهد رفت. در واکنش (B) تعداد مول‌های گازی در سمت واکنش دهنده‌ها بیشتر است و در واکنش (C) تعداد مول‌های گازی در دو طرف با هم برابر است.

۴) با توجه به نمودار روبه‌رو، درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را مشخص کنید:



آ) انرژی فعال سازی از آنتالپی واکنش بزرگ‌تر است. **درست**

ب) آنتالپی (محتوای انرژی) فراورده‌ها از واکنش دهنده‌ها کمتر است.

نادرست، بیشتر است.

پ) مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش دهنده‌ها بزرگ‌تر از فراورده‌ها است.

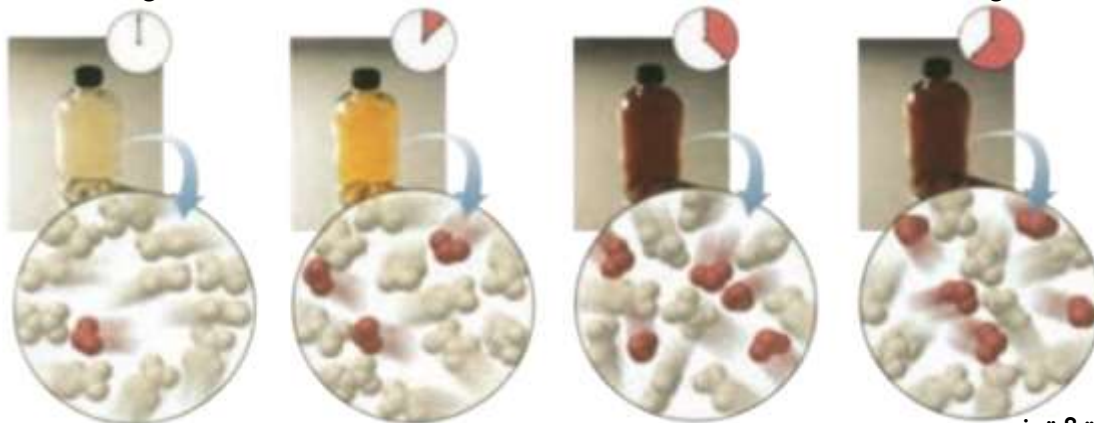
درست چون واکنش گرماگیر است.

ت) اگر این واکنش درون سیلندر با پیستون روان به تعادل برسد، با افزایش فشار در دمای ثابت، شمار مول‌های اوزون کاهش می‌یابد.

نادرست، با افزایش فشار مطابق اصل لوشاتلیه تعادل به سمت تعداد مول‌های گاز کمتر پیش می‌رود پس با افزایش فشار تعداد مول‌های اوزون بیشتر می‌شود.

۵) شکل زیر پیشرفت واکنش تبدیل گاز بی‌رنگ N_2O_4 به گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 را با گذشت زمان در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه

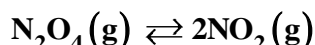
به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) آیا واکنش به تعادل رسیده است؟ توضیح دهید.

بله واکنش به تعادل رسیده است زیرا در دو شکل سمت راست رنگ سامانه تغییر نکرده و شمار مولکول‌های قهوه‌ای NO_2 و مولکول‌های N_2O_4 ثابت مانده است.

ب) اگر حجم سامانه ۲ لیتر و هر ذره هم ارز با ۰/۰۱ مول از آن گونه باشد، ثابت تعادل واکنش زیر را در این دما حساب کنید.

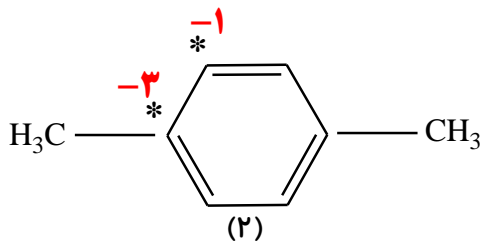


$$[\text{NO}_2] = \frac{(5 \times 0/01)}{2} = 0/025 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{(9 \times 0/01)}{2} = 0/045 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{(0/025)^2}{0/045} = 0/0139$$

۶) با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



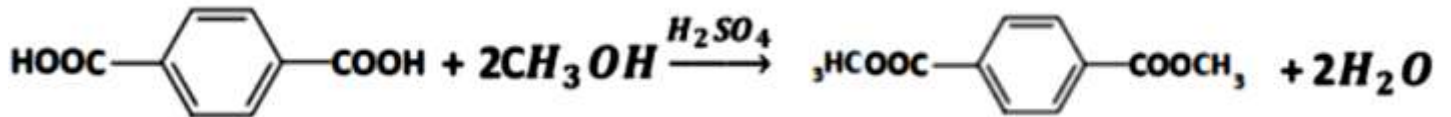
(۱)

آ) عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن ستاره‌دار را تعیین کنید.

ب) در تبدیل ترکیب (۲) به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش کدام اتم ستاره‌دار تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

عدد اکسایش اتم کربن متیل تغییر می‌کند زیرا به گروه کربوکسیل اکسایش یافته و عدد اکسایش آن از -۳ به +۳ می‌رسد.

پ) روش تهیه یک دی‌استر از مواد (۱) و (۲) را با نوشتن معادله‌های شیمیایی موازنه شده نشان دهید.



۷) هر یک از موارد زیر سنتز یک فراورده هدف را نشان می‌دهد. هر نقطه‌چین را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.

