

با هم

کتاب آموزش جامع شیمی کنکور

- ❖ شیمی ۲
- ❖ شیمی ۳
- ❖ شیمی پیش

تهیه شده در گروه آموزشی آلم
کاری از استاد حاجی سلیمانی

" نمی‌توانم بپذیرم که سعی نکنم. من در ذهنم می‌دانستم که چه می‌خواهم باشم و چه نوع بازیکنی بشوم. من دقیقاً می‌دانستم کجا می‌خواهم بروم و روی آن نقطه متمرکز شدم تا رسیدم.

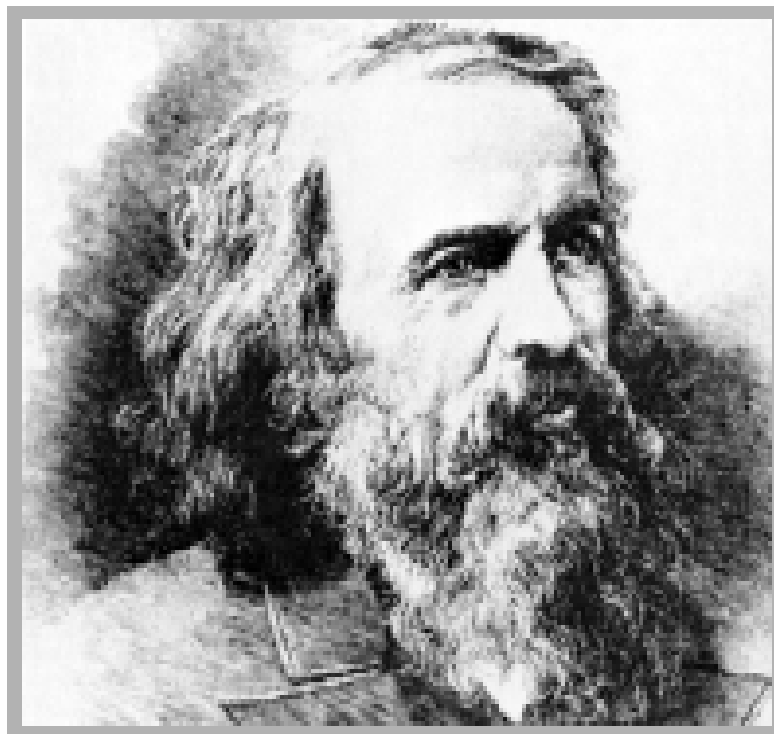
اگر قرار است به چیزی برسید، بر سر راهتان موانعی خواهید یافت و این موضوع در مورد همه انسانها مصداق دارد. اگر به یک دیوار رسیدید، بزنید. سعی کنید از آن بالا بروید و یا به طریقی منفذی در آن ایجاد کنید و یا آن را دور بزنید."

مایکل جوردن

❖ فهرست

شیمی ۲ فصل اوّل	..... صفحه ۱
شیمی ۲ فصل دوم	..... صفحه ۳۴
شیمی ۲ فصل سوم	..... صفحه ۵۱
شیمی ۲ فصل چهارم	..... صفحه ۶۴
شیمی ۲ فصل پنجم	..... صفحه ۹۳
شیمی ۳ فصل اوّل	..... صفحه ۱۰۷
شیمی ۳ فصل دوم	..... صفحه ۱۲۸
شیمی ۳ فصل سوم	..... صفحه ۱۴۲
شیمی پیش فصل اوّل	..... صفحه ۱۵۵
شیمی پیش فصل دوم	..... صفحه ۱۷۳
شیمی پیش فصل سوم	..... صفحه ۱۸۵
شیمی پیش فصل چهارم	..... صفحه ۲۱۱

گنجینه‌های گوناگون

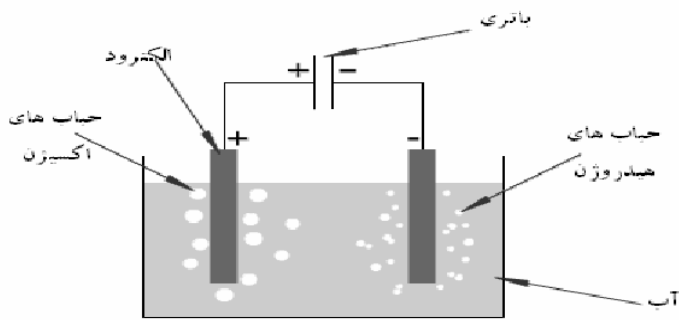


فصل اول

ساختار ماده

نخستین بار فلاسفه ی یونان حدود ۲۵۰۰ سال قبل در مورد ساختار مواد نظرات خود را بیان کردند:

۱. تالس : منشاء همه ی مواد آب است .
 ۲. دموکریت: مواد از ذرات ریز و تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده اند .
 ۳. ارسطو : منشاء مواد چهار عنصر آب، هوا، خاک و آتش است.(نظریه عناصر اربعه یا چهارگانه)
- نظریه ارسطو در این میان، نظریه ی حاکم بود تا اینکه ۲۲ قرن بعد توسط « رابرت بویل » این نظریه در کتاب شیمیدان شکاک رد شد و این دانشمند به جای عناصر ارسطو، مفهوم جدیدی را از عنصر بیان کرد : (همان مفهومی که ما امروزه از عنصر می شناسیم مثل هیدروژن، طلا، آهن و ...)



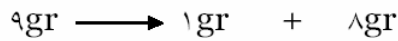
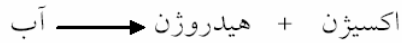
آزمایش الکترولیز نشان می دهد که آب خود یک عنصر نیست بلکه از عناصر هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده است.

حال این سؤال مطرح بود که این عناصر از چه ساختاری تشکیل شده اند؟ نظریه اتمی دالتون اولین پاسخی بود که بر پایه ی شواهد علمی به این سؤال داده شد:

نظریه اتمی دالتون :

۱. همه ی عناصر از ذرات بسیار ریز و تجزیه ناپذیری به نام اتم تشکیل شده اند .
غلط
۲. همه ی اتم های یک عنصر از هر لحاظ کاملاً شبیه یکدیگر بوده و اتم های عناصر گوناگون کاملاً متفاوتند .
غلط
۳. در واکنش های شیمیایی اتم ها از بین نرفته ، به وجود نیامده و به اتم های عناصر دیگر تبدیل نمی شوند . (قانون بقاء ماده)
۴. در به وجود آمدن یک ماده ی مرکب این اتم های عناصر هستند که با نسبت های جرمی ثابت و معینی به یکدیگر متصل می شوند . (قانون نسبت های جرمی ثابت در ترکیب)

۳ به عنوان مثال در آب، اکسیژن و هیدروژن به ترتیب به نسبت جرمی ۸ به ۱ با هم ترکیب می شوند.



نکته: کلیه پدیده هایی که به نحوی با ذرات داخل اتم در ارتباط می باشند توسط نظریه ی اتمی دالتون توجیه نمی شوند.

تست: کدام پدیده را می توان با استفاده از نظریه ی دالتون توجیه کرد ؟

(۱) پرتوزایی (رادیواکتیوی) (۲) الکترولیز (برقکافت)

(۳) ظرفیت شیمیایی عناصر (۴) تبخیر مواد در اثر حرارت

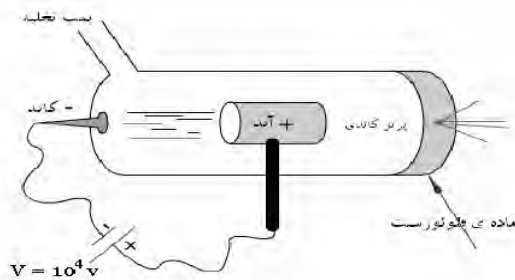
نکته: همه ی تغییر حالت های فیزیکی را با نظریه ی دالتون می توان توجیه کرد .

با اینکه جان دالتون اتم را کره ای تو پر فرض کرده بود سؤال بعدی دانشمندان در مورد چگونگی ساختار اتم بود.

مایکل فارادی: برای نخستین بار در مورد ماهیت جریان برق فرضیه ای را مطرح کرد. او گفت: **جریان الکتریسته از ذرات ریزی تشکیل شده است که حرکت آنها جریان را به وجود می آورد.** از با مشاهده تغییرات مواد در اثر عبور جریان برق دریافت که بین این ذره و مواد ارتباطی وجود دارد، اما چه ارتباطی؟ فارادی نتوانست پاسخی منطقی پیدا کند. دانشمندی به نام استونی این ذره را الکترون نامید.

دانشمندی به نام تامسون با آزمایش روی این ذره ی بنیادی بوجود آورنده ی جریان برق توانست به ماهیت الکتریکی اتم تا حدودی پی ببرد.

آزمایش تامسون : (آزمایش لامپ کاتدی)



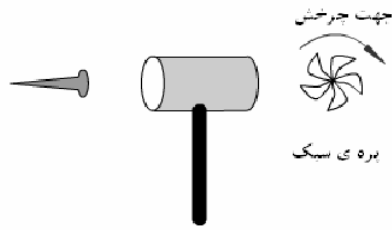
پرتو عبور کرده از مرکز استوانه در آند در اصل همان الکترون فارادی است که در این آزمایش پرتو کاتدی نامیده می شود زیرا از قطب کاتد ساطع میشود.

ماده ی فلئورسنت (فلئورسانس) : ماده ایست که پرتو نامرئی را به نور مرئی تبدیل می کند .

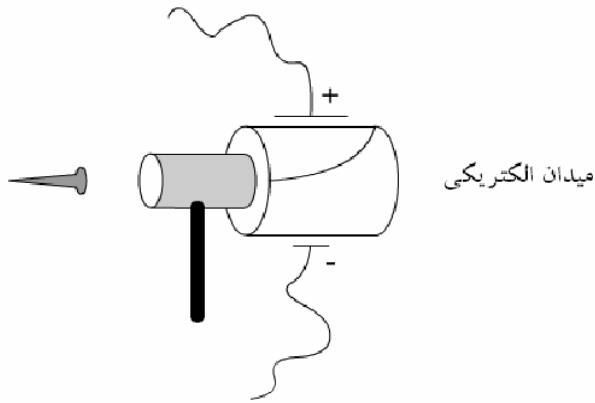
شیمی ۲

یادداشت:

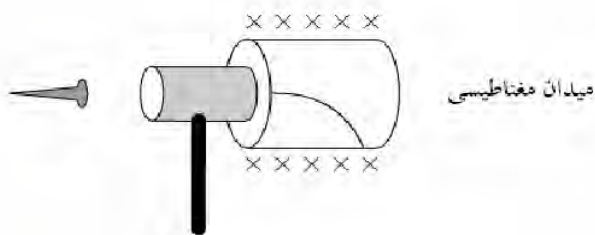
تامسون با انجام دادن آزمایشهای زیر توانست به برخی از خواص الکترون پی ببرد:



الکترون جرم دارد (ذره است)



الکترون دارای بار منفی است



نسبت «جرم/ بار» الکترون بدست آمد.

$$e/m = 1/1836 \times 10^{-18} \text{ C/g}$$

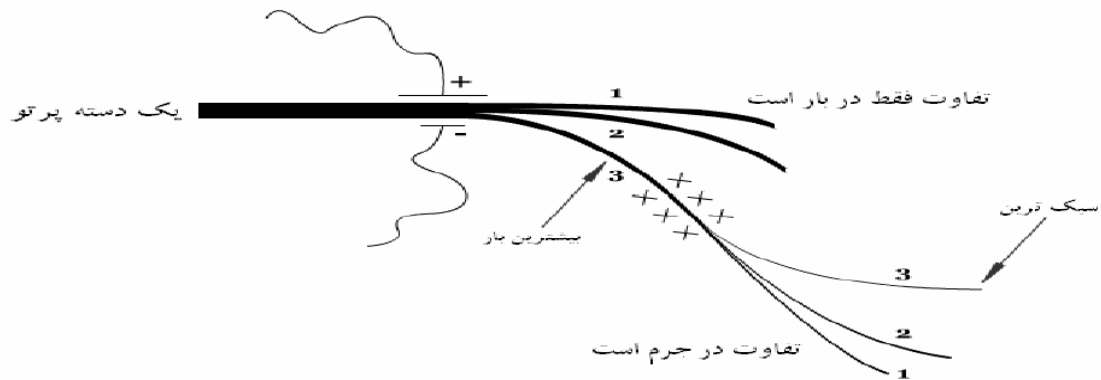
نتایج آزمایش تامسون :

۱. پرتو کاتدی به خط راست سیر می کند .
۲. پرتو کاتدی گاز رقیق درون لوله را ملتهب می کند .
۳. پرتو کاتدی ذره ای با بار الکتریکی منفی است .
۴. همه ی مواد دارای الکترون هستند . (این را با تغییر دادن جنس کاتد فهمید)

شیمی ۲

یادداشت:

✓ میزان انحراف در میدان مغناطیسی با نسبت بار به جرم تناسب دارد (با بار نسبت مستقیم و با جرم نسبت عکس دارد .)



طیف سنج جرمی : دستگاه محاسبه ی جرم اتمها است

محاسبه ی نسبت جرم / بار \Rightarrow میزان انحراف در میدان مغناطیسی \Rightarrow کاتیون \Rightarrow اتم در زمان تامسون مقدار بار الکتریکی هنوز کشف نشده بود ؛ لذا جرم اتم های به طور دقیق به دست نمی آمد . اما نسبت جرم اتم ها را بدست آورده بودند .

بیشترین میزان انحراف مربوط به هیدروژن است ؛ زیرا در بین کاتیون های یک بار مثبت بیشترین نسبت بار به جرم را دارد (در نتیجه سبک ترین اتم است)

اما نسبت بار به جرم در الکترون حدوداً ۱۸۳۷ برابر هیدروژن بود. آزمایشها نشان می داد بار این ذره از نظر اندازه با هم برابر است بنابراین جرم الکترون ۱۸۳۷ بار سبکتر از سبکترین اتم یعنی هیدروژن است.

$$q/m(e) = 1837 q/m(H)$$

یعنی ذره ای کشف شد که از سبک ترین اتم (هیدروژن) ۱۸۳۷ بار سبک تر است و این ذره از اتم های کاتد خارج شده است ؛ پس در داخل اتم قرار دارد. بنابراین برای نخستین بار معلوم شد که در داخل اتم نیز ذراتی وجود دارد.

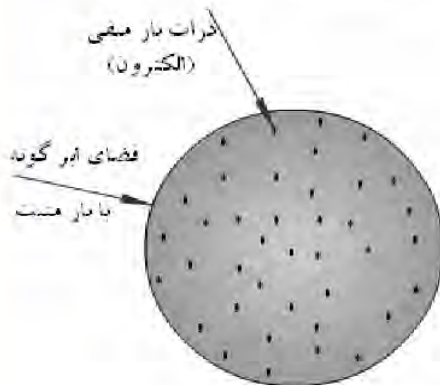
اتم خنثی است و بار الکترون منفی، پس بار مثبتی نیز باید در اتم وجود داشته باشد.

تامسون این بار مثبت را کره ای ابرگونه تصور کرده بود که جرم ندارد و الکترونها در آن پراکنده اند.

شیمی ۲

یادداشت:

مدل اتمی تامسون : (مدل هندوانه ای یا کیک کشمش)



ویژگی های مدل اتمی تامسون :

۱. اتم از فضای ابرگونه با بار مثبت ساخته شده است که الکترون ها در آن پراکنده شده اند.
۲. این فضای ابرگونه جرم نداشته و جرم اتم به الکترون های آن بستگی دارد .
۳. اتم در مجموع خنثی است پس بار مثبت این فضا با مجموع بار منفی الکترون ها برابر است .
۴. جرم نسبتاً زیاد اتم به خاطر وجود تعداد زیاد الکترون در آن است .

رایبرگ میلیکان توانست مقدار بار الکتریکی الکترون را بدست آورد .

$$e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ c}$$

(کوچکترین بار الکتریکی ممکن)

با توجه به نسبت بار به جرم بدست آمده توسط تامسون جرم الکترون نیز بدست آمد:

$$m = 9.1 \times 10^{-28} \text{ g}$$

وبدین ترتیب الکترون به طور کامل شناسایی شد.

پدیده ی فسفرسانس :

خاصیت فیزیکی برخی از مواد است که این مواد نور مرئی را در خود جذب کرده و پس از قطع منبع نور تا مدتی از خود نور مرئی تولید می کنند . با گذشت زمان نور تولید شده از بین می رود .

هانری بکرل :

دانشمندی بود که با آزمایش روی خصلت فسفرسانس مواد گوناگون دریافت که وضوح تصاویر ایجاد شده بر روی فیلم عکاسی با گذشت زمان به شدت کاهش می یابد ؛ اما در مورد نمونه ی اورانیومی مشاهده کرد که بدون تولید نور مرئی وضوح تصاویر ایجاد شده بر روی فیلم عکاسی پس از گذشت زمان تغییری نمی کند .

شیمی ۲

یادداشت:

۷

بنابراین بکول به طور تصادفی به پدیده ای پی برد که بعدها « ماری کوری » آن را « پرتو زایی » یا « رادیو اکتیوی » نامید .

۱. خواص پرتو رادیواکتیو
 ۲. ورقه ی نازک طلا
- آزمایشهای ارست رادرفورد:**

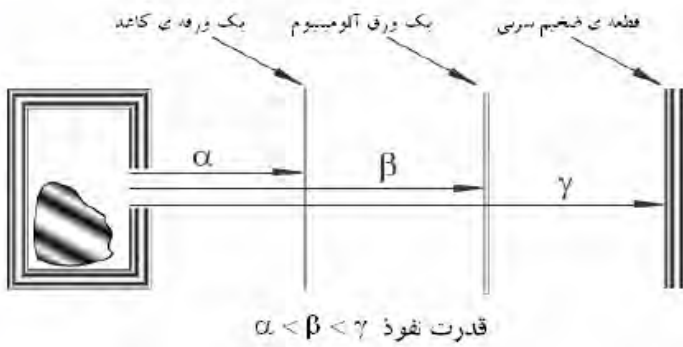
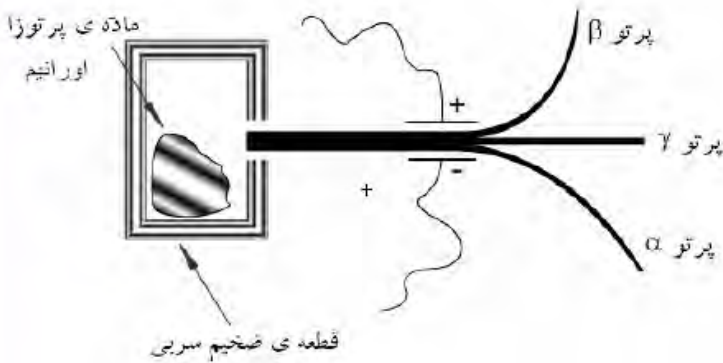
آزمایش اول : خواص پرتو رادیواکتیو

جنس پرتو بتا الکترون، گاما موج و آلفا

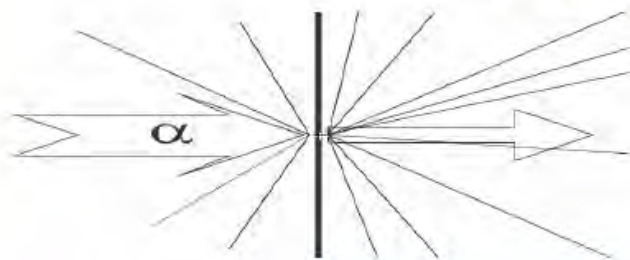
هسته ی هلیوم است.

(یعنی دو پروتون و دو نوترون)

جرم آلفا چهار برابر اتم هیدروژن است.



آزمایش دوم : بمباران ورقه ی نازک طلا توسط ذرات آلفا



شیمی ۲

یادداشت:

نتایج	مشاهدات
۱. بیشتر حجم اتم از فضای خالی تشکیل شده است.	۱. اغلب پرتوها بدون انحراف عبور کردند.
۲. یک میدان الکتریکی قوی در اتم وجود دارد. (هسته)	۲. تعداد زیادی پرتو با زاویه کمی از مسیر اولیه منحرف شده اند.
۳. هسته ی اتم بسیار کوچک اما با جرم زیاد و بار مثبت است.	۳. تعداد بسیار کمی از پرتوها با زاویه ی بیشتر از ۹۰ درجه منحرف شده اند. (بازگشته اند)

رادرفورد با محاسبه ی نسبت پرتوهای تابیده شده به پرتو های بازگشته توانست نسبت قطر اتم به قطر هسته را محاسبه کند:

$$10^5 = \text{قطر هسته} / \text{قطر اتم}$$

مدل اتمی رادرفورد: (مدل هسته دار)

الکترون ها در یک مدار در حال چرخشند.

⊕ هسته (محل تجمع بارهای مثبت)



تست: رادرفورد از کدام مشاهده نتیجه گرفت که یک میدان الکتریکی قوی در اتم وجود دارد؟

- ۱) بیشتر پرتوها بدون انحراف عبور کردند
- ۲) تعداد بسیار کمی از پرتوها با زاویه ی کمی منحرف شدند
- ۳) تعداد کمی از پرتوها با زاویه ای بیش از ۹۰ درجه منحرف شدند
- ۴) تعداد زیادی از پرتوها با زاویه ی کمی منحرف شدند



شیمی ۲

یادداشت:

$$\begin{cases} m = 1836m_e = 1/6 \times 10^{-27} \text{ g} \\ q = q_e = +1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \end{cases}$$

با توجه به خنثی بودن اتم و تقریباً بودن بار الکترون و پروتون تعداد الکترونها و پروتونها در اتم یکسان است.

اما جرم اتم در طیف ستج جرمی با جمع جرم الکترونها و پروتونها در اتم تفاوت دارد. علت این اختلاف این دو عدد را رادرفورد وجود ذره ی دیگری در داخل اتم پیش بینی کرد که این ذره خنثی است و جرمی در حدود پروتون دارد. او این ذره را نوترون نامید. اما کشف این ذره توسط یکی از شاگردان او به نام چادویک صورت گرفت.

$$m_p \cong m_n$$

عدد جرمی (A): مجموع تعداد نوترون و پروتون در اتم

$$A = Z + N$$

ذرات بنیادی اتم

- الکترون (${}_{-1}^0e$)
- پروتون (${}_{1}^1p$)
- نوترون (${}_{0}^1n$)

شیمی ۲

یادداشت:

۱۰

$$\begin{matrix} A & n^{\pm} \\ X \\ Z \end{matrix}$$

$$e^- = Z - n \quad \leftarrow \text{با علامت}$$

$$p^+ = Z$$

$$n^0 = A - Z$$

همواره تعداد $p^+ \leq n^0$ (بجز H که تنها ذره ای است که نوترون ندارد).

$${}^1_1\text{H} \begin{cases} e^- = 1 \\ p^+ = 1 \\ n^0 = 0 \end{cases}$$

مثال : تعداد ذرات بنیادی را در هر یک از مواد داده شده را بدست آورید :

$$1) {}^{14}_7\text{N} \begin{cases} e^- = \\ p^+ = \\ n^0 = \end{cases}$$

$$2) {}^{16}_8\text{O}^{2-} \begin{cases} e^- = \\ p^+ = \\ n^0 = \end{cases}$$

$$3) {}^{238}_{92}\text{U} \begin{cases} e^- = \\ p^+ = \\ n^0 = \end{cases}$$

$$4) {}^{56}_{26}\text{Fe}^{3+} \begin{cases} e^- = \\ p^+ = \\ n^0 = \end{cases}$$

در عناصر رادیواکتیو همواره تعداد نوترونها $1/5$ برابر یا بزرگتر پروتونها است. ($n^0 \geq 1/5 \times p^+$)

مثال: جدول زیر را کامل کنید. کدام دو ذره در این جدول هم الکترون هستند؟

n^0	e^-	p^+	Z	A	
	۱۸			۳۹	K^+
۱۰			۱۰		Ne
		۸		۱۶	O^{2-}

شیمی ۲

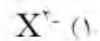
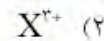
یادداشت:

مثال: اگر عدد جرمی عنصری ۵۵ و تفاوت تعداد نوترون و پروتون آن برابر ۵ باشد تعداد ذرات بنیادی را در این اتم بدست آورید:

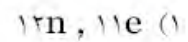
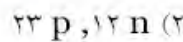
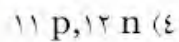
مثال: تفاوت تعداد نوترونها و الکترونهای یون $^{37}\text{X}^{3+}$ برابر ۴ است. تعداد ذرات بنیادی این یون را بیابید:

مثال: یون A^{2+} دارای ۳۶ الکترون و ۴۹ نوترون است. عدد جرمی را بدست آورید:

تست: تفاوت تعداد الکترونها و نوترونهای یونی ۵ است. اگر در این یون $\text{A} = 2\text{Z} + 3$ باشد، نماد یون کدامیک از موارد زیر می تواند باشد؟



تست: هسته ^{23}Na دارای ... است.



ایزوتوپ: (ایزو = یکسان، توپ = جا)

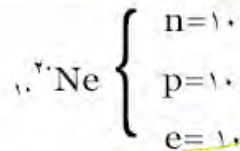
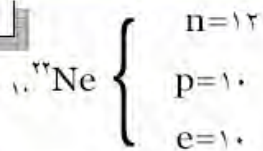
عنصری را گویند که عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوتی دارند.

پروتون ها یکسانند نوترون ها متفاوتند

شیمی ۲

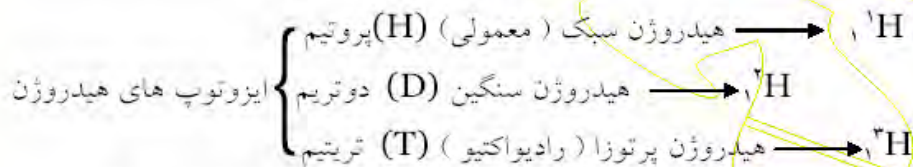
یادداشت:

۱۲



مثال:

نکته: ایزوتوپ ها در خواص شیمیایی یکسان و در خواص فیزیکی متفاوتند (خواص شیمیایی را عدد اتمی یا آرایش الکترون ها معین می کند.)



مثال: با توجه به ایزوتوپ های هیدروژن چند مولکول متفاوت برای آب می توان در نظر گرفت؟

نکته: با توجه به اینکه اکسیژن خود دارای ۳ ایزوتوپ ${}^{16}\text{O}$ ، ${}^{17}\text{O}$ و ${}^{18}\text{O}$ می باشد؛ کلاً ۱۸ نوع مولکول آب داریم.

تست: با توجه به ایزوتوپ های هیدروژن و اکسیژن چند مولکول آب متفاوت با جرم مولکولی ۲۰ میتوان داشت؟

(۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

تست: ۱۰۰ گرم از کدام نمونه مولکول آب داده شده حجم کمتری را اشغال می کند؟

(۱) D_2O (۲) H_2O (۳) T_2O (۴) HTO

نکته: ایزوتوپ سنگین ترچگالی بیش تری دارد.

شیمی ۲

یادداشت:

جرم اتمی : (Atomic Mass)

جرم یک اتم هیدروژن بر حسب گرم $H = 1/166 \times 10^{-24}$ ← $H = 1$ (a.m.u)

جرم یک اتم کلسیم بر حسب گرم $Ca = 64 \times 10^{-24}$ ← $Ca = 40$ (a.m.u)

گرم $1(a.m.u) = 1/166 \times 10^{-24}$

a.m.u : واحد جرم اتمی یا واحد کربنی (یک دوازدهم جرم اتم کربن-۱۲)

تعریف جرم اتمی : جرم یک اتم بر حسب واحد کربنی .

$$\frac{1}{a.m.u} = N \text{ (عدد آووگادرو)}$$

جرم اتمی متوسط با میانگین:

$$\bar{M} = \frac{M_1 a_1 + M_2 a_2 + \dots + M_n a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

در مورد ایزوتوپها جرم اتمی با توجه به فراوانی آنها

میانگین گیری می شود.

M_i : جرم اتمی ایزوتوپ i

a_i : درصد فراوانی ایزوتوپ i

جرم اتمی ثبت شده در جدول تناوبی برای عناصر، جرم اتمی میانگین ایزوتوپهای آنها است.

مثال : آهن دارای ۲ ایزوتوپ به جرم های ۵۵ و ۵۹ است . اگر درصد فراوانی ایزوتوپ سبکتر ۲۵٪ باشد جرم اتمی متوسط چقدر است؟

مثال : عنصر بور دارای ۲ ایزوتوپ به جرم های ۱۰ و ۱۱ است . اگر جرم اتمی میانگین این عنصر برابر ۱۰/۸ باشد، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ ها را بدست آورید:

نکته: هرگاه تعداد ایزوتوپها دو تا بود می توانیم از فرمول زیر استفاده کنیم:

$$\bar{M} = [\text{جرم سبکتر} + \text{فاصله ی دو جرم اتمی} \times \text{درصد سنگین تر}]$$

تست: نقره دارای ۲ ایزوتوپ به جرم های ۱۰۶/۹ و ۱۰۸/۹ است . اگر درصد فراوانی ایزوتوپ سنگینتر ۴۸٪ باشد جرم اتمی میانگین کدام است؟

الف) ۱۰۷/۹

ب) ۱۰۷/۸۴

ج) ۱۰۷/۸۶

د) ۱۰۷/۸۸

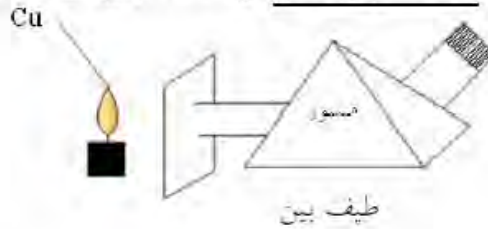
شیمی ۲

یادداشت:

طیف نشری خطی عناصر :

عناصر وقتی در شعله قرار می گیرند، ملتهب شده، نور تولید می کنند. رنگ نور ایجاد شده توسط عناصر گوناگون منحصر به فرد است. این خاصیت عناصر را رنگ شعله می نامند.
رابرت بونزن در دستگاهی به نام طیف بین، رنگ شعله ی عناصر گوناگون را در منشور تجزیه کرد و مشاهده کرد که از کل طیف های مرئی (طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) فقط خطوط رنگی خاصی توسط عناصر ملتهب شده بوجود می آید.

طیف های ثبت شده ی حاصل را طیف نشری خطی می نامند. این طیف ها نیز در عناصر مختلف منحصر به فرد هستند :

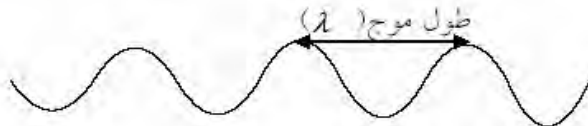


نیوتن نور سفید را تجزیه کرد. طیف حاصل طیفی پیوسته است در حالیکه طیف نشری خطی عناصر گسسته است.

γ	β	α	β	γ	α	β	γ
		۴	۳	۲	۱	۲	۳
		۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰		
		(nm)					

طیف پیوسته

رنگ های مختلف نور طول موج های متفاوت آن است (قرمز ۷۰۰ نانومتر ، بنفش ۴۰۰ نانومتر)



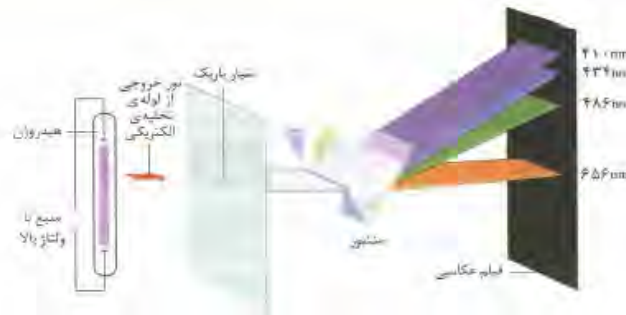
فاصله ی دو قله ی متوالی در یک موج را طول موج گویند.

نکته ! طول موج یک موج با انرژی آن نسبت عکس دارد .

شیمی ۲

یادداشت:

.....
.....
.....
.....
.....

آزمایش بور:

طیف انرژی خطی هیدروژن ۴ رنگ دارد ..

نظریه ی بور:

۱. الکترون در اتم هیدروژن در مدار معینی به دور هسته در حال چرخش است .
۲. در اتم هیدروژن این الکترون تنها در فواصل معینی از هسته می توانند حضور داشته باشند. به این فواصل **تراز یا سطح انرژی یا مدار** می گویند .
۳. سطح انرژی هر تراز با فاصله ی آن از هسته نسبت مستقیم دارد .
۴. الکترون در حالت عادی در پایین ترین سطح انرژی ممکن (نزدیک ترین مدار) به هسته قرار می گیرد. (به این حالت، **حالت پایه** گفته میشود.)
۵. با دادن مقدار معینی انرژی می توان الکترون را از حالت پایه به سطوح انرژی بالاتر منتقل کرد. (به این حالت، **حالت برانگیخته** یا **ملتهب** گفته می شود)
۶. الکترون در حالت برانگیخته ناپایدار بوده و با از دست دادن همان مقدار انرژی که جذب کرده بود به حالت پایه باز می گردد. (این انرژی به صورت موج آزاد می شود)

نکته ! سطح انرژی همواره با پایداری نسبت عکس دارد .

نکته ! سطح انرژی الکترون در اتم یک کمیت کوانتیده (پله ای) است .

کمیت کوانتیده ای (پله ای)

کمیتی که به صورت پله ای تغییر می کند ؛ یعنی کوچک ترین مقدار آن معین است . مثل بار الکتریکی که همیشه $k \times 1/6 \times 10^{-19}$ است یا سطح انرژی الکترون در اتم .

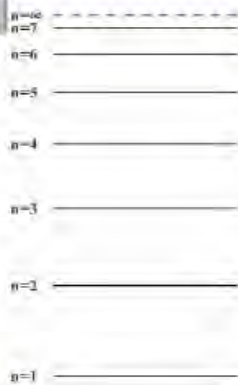
کوانتوم : فاصله ی سطح انرژی میان دو تراز متوالی در اتم را کوانتوم می گویند .

شیمی ۲

یادداشت:

سطوح انرژی در اتم هیدروژن :

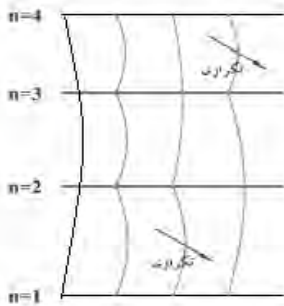
۱۶



یونش

- $n_7 \rightarrow n_1 : 410 \text{ nm}$
- $n_5 \rightarrow n_1 : 434 \text{ nm}$
- $n_4 \rightarrow n_1 : 486 \text{ nm}$
- $n_3 \rightarrow n_1 : 656 \text{ nm}$

طیفهای مرئی در اتم هیدروژن



مثال : از لایه ی اول تا چهارم چند موج به وجود می آید ؟

تست: در اتم هیدروژن از انتقال e^- در کدام گزینه موج مرئی حاصل می شود ؟

- (الف) $4 \rightarrow 6$ (ب) $1 \rightarrow 3$ (ج) $2 \rightarrow 3$ (د) $4 \rightarrow 5$

تست: طول موج حاصل از انتقال e^- در کدام گزینه کمتر است ؟

- (الف) $2 \rightarrow 3$ (ب) $2 \rightarrow 5$ (ج) $2 \rightarrow 4$ (د) $3 \rightarrow 4$

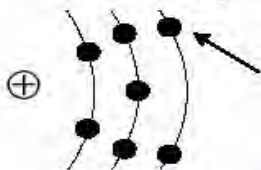
تست: موج حاصل از انتقال e^- در کدام گزینه طول موج کم تری دارد ؟

- (الف) $1 \rightarrow 3$ (ب) $2 \rightarrow 4$ (ج) $3 \rightarrow 5$ (د) $4 \rightarrow 5$

یونش: (یونیزاسیون)

انتقال الکترون به تراز بی نهایت (جدا شدن الکترون)

انرژی یونش: $(E - IE)$ کم ترین انرژی لازم برای فرآیند یونش (جدا شدن الکترون)

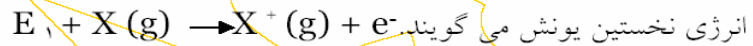


شیمی ۲

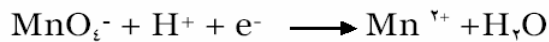
یادداشت:

انرژی نخستین یونش :

انرژی لازم برای کندن سست ترین الکترون از اتم گازی شکل و تبدیل آن به یون مثبت گازی شکل را

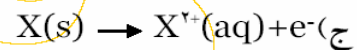
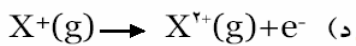
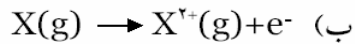


انرژی نخستین یونش می گویند. به واکنش هایی که در یک طرف آنها الکترون قرار دارد نیم واکنش می گویند.

انرژی دومین یونش :

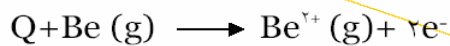
انرژی لازم برای کندن سست ترین الکترون از یون مثبت گازی شکل و تبدیل آن به یون دو بار مثبت گازی شکل .

تست: انرژی مبادله شده در کدام گزینه بیانگر انرژی دومین یونش اتم x است؟



جامد = s ، مایع = l ، محلول در آب = aq

تست: اگر E_1 و E_2 انرژی های نخستین و دومین یونش اتم Be باشند مقدار Q در نیم واکنش زیر



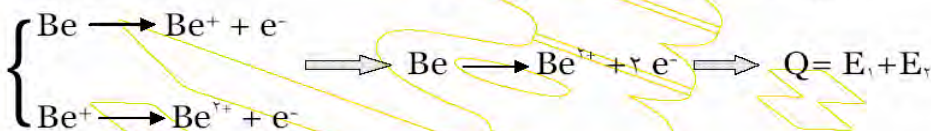
کدام است:

$$\frac{1}{2}(E_1 + E_2) \quad \text{د)}$$

$$E_2 \quad \text{ج)}$$

$$2E_1 \quad \text{ب)}$$

$$E_1 + E_2 \quad \text{الف)}$$

**نکات !**

- ۱) روند انرژی های یونش متوالی یک عنصر همواره صعودی است اما در برخی از موارد این روند با افزایش ناگهانی همراه است که آن را جهش بزرگ یا افزایش ناگهانی می نامند .
- ۲) هر جهش بزرگ نشان دهنده ی یک بار تغییر لایه است بنابراین تعداد جهش $+1 =$ تعداد لایه
- ۳) اگر اولین افزایش ناگهانی در E_n رخ دهد لایه ی آخر $n-1$ الکترون دارد.
- ۴) تعداد الکترون های لایه ی آخر نشان دهنده ی گروه و تعداد لایه ها نشان دهنده ی دوره در جدول تناوبی است .

رسم آرایش لایه ای :

با بررسی انرژی های یونش عناصر مختلف در می یابیم که گنجایش الکترونهاى هر لایه حداکثر چند الکترون است .

شماره لایه	نام لایه	گنجایش لایه	شماره لایه	نام لایه	گنجایش لایه
$n=1$	K	۲	$n=4$	N	۳۲
$n=2$	L	۸	$n=5$	O	(۵۰)
$n=3$	M	۱۸	$n=6$	P	(۷۲)

مثال :

1_1H:	11_{11}Na:
2_2He:	12_{12}Mg:
3_3Li:	13_{13}Al:
4_4Be:	14_{14}Si:
5_5B:	15_{15}P:
6_6C:	16_{16}S:
7_7N:	17_{17}Cl:
8_8O:	18_{18}Ar:
9_9F:	19_{19}K:
10_{10}Ne:	20_{20}Ca:

نکته ! از لایه ی سوم به بعد هرگاه در آخرین لایه ۸ الکترون قرار گرفت به لایه ی بعدی می رویم و تا دو الکترون در آن قرار ندهیم لایه ی قبلی آن را پر نمی کنیم .

مثال :

23_{23}V:	35_{35}Br:
28_{28}Ni:	37_{37}Rb:

شیمی ۲

یادداشت:

- نکات ! (۱) دورترین لایه از هسته را لایه ی ظرفیت و الکترون های آن را الکترون ظرفیت می نامند .
- (۲) در رسم آرایش الکترونی، آخرین الکترون در هر تراز قرار گیرد اصطلاحاً می گویند : " آرایش الکترونی به آن تراز ختم می شود و یا آن تراز در حال پر شدن است ."
- (۳) اگر آرایش الکترونی عنصری به لایه ی ظرفیت آن ختم شود عنصر اصلی و اگر به لایه ی ماقبل آن ختم شود واسطه است .
- (۴) تنها در عناصر اصلی تعداد الکترون های ظرفیت شماره ی گروه عنصر را معین می کند .
- (۵) اگر الکترون های ظرفیت عنصری ۲.۱ یا ۳ الکترون باشد عنصر، فلز و اگر ۴ تا ۸ الکترون باشد، نافلز است . (تنها موارد استثنا : هیدروژن و هلیم)
- (۶) اگر الکترون های ظرفیت عنصری ۸ الکترون باشد گاز نجیب است (بجز هلیم که ۲ الکترون دارد و گاز نجیب است).

مثال: در بین انرژی های یونش متوالی عنصری ۳ جهش بزرگ مشاهده می شود که اولین آن ها در E_4 رخ می دهد . آرایش لایه ای این عنصر را رسم نموده و عدد اتمی آن را بیابید :

مثال : لایه ی سوم عنصری داری ۵ الکترون است ، عدد اتمی این عنصر چند است ؟

مثال : برای انرژی های یونش متوالی عنصری کلاً ۲ جهش متوالی دیده می شود که اولین آنها در E_7 است . عدد اتمی عنصر را بیابید.

مثال: در انرژی های یونش متوالی عنصری ۲ جهش مشاهده می شود که اولین آنها در E_6 است دومین جهش بزرگ آن در کدام انرژی یونش رخ می دهد ؟

مثال: در سدیم چند الکترون باید برداریم تا پس از آن شاهد دومین افزایش ناگهانی در انرژی یونش باشیم؟

شیمی ۲

یادداشت:

مثال: در انرژی های یونش متوالی عنصری ۲ جهش انرژی دیده می شود، چند انرژی یونش آن در زیر داده شده است. آرایش لایه ای عنصر را رسم کنید.

$$E_1 = 577 \text{ kJ/mol}$$

$$E_2 = 2744 \text{ kJ/mol}$$

$$E_3 = 13462 \text{ kJ/mol}$$

$$E_4 = 1816 \text{ kJ/mol}$$

$$E_5 = 11578 \text{ kJ/mol}$$

...

تست: انرژی های یونش متوالی عنصری $IE_1 = 1086$ ، $IE_2 = 2352$ ، $IE_3 = 4620$ ، $IE_4 = 7222$ ، $IE_5 = 37830$ و $IE_6 = 37830$ است. این عنصر به کدام گروه جدول تناوبی تعلق دارد؟

(۱) اول (۲) دوم (۳) سوم (۴) چهارم

تست: با توجه به داده های زیر کدام یک از عنصرها به یک گروه متعلق هستند؟

نام عنصر	IE_1	IE_2	IE_3
A	495	4562	7912
B	737	1450	7732
C	520	7298	11814
D	589	1145	4912

(۴) B,A

(۳) C,B

(۲) B,D

(۱) A,D

نکته! در انرژی متوالی یک عنصر اگر انرژی یونشی از یونش ماقبل آن بیشتر از ۳ برابر باشد این اتفاق را جهش بزرگ در نظر می گیریم.

تست: در بین انرژی های یونش متوالی کدام عنصر سه جهش بزرگ مشاهده می شود؟

(۴) ${}_{20}\text{Ca}$

(۳) ${}_{15}\text{P}$

(۲) ${}_{18}\text{Ar}$

(۱) B

تست: نخستین جهش بزرگ در یونش های متوالی اتم ${}_{32}\text{Ge}$ بین کدام دو انرژی یونش رخ می دهد؟

(۴) E_5, E_6

(۳) E_2, E_3

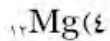
(۲) E_2, E_3

(۱) E_5, E_6

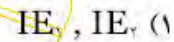
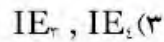
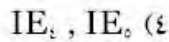
شیمی ۲

یادداشت:

تست: در کدام مورد تفاوت بین انرژی یونش دوم و سوم از همه بیشتر است؟



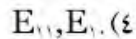
تست: نخستین جهش بزرگ انرژی نوزدهمین عنصر جدول تناوبی بین کدام دو انرژی صورت می گیرد؟



تست: در بین انرژی های یونش متوالی عنصر بیستم جدول تناوبی کدام یک با افزایش ناگهانی همراه است؟



تست: در بین انرژی های یونش متوالی عنصر یازدهم جدول بین کدام دو انرژی تفاوت بیشتری وجود دارد؟



تست: عنصری در لایه ی M خود پنج الکترون دارد. آخرین جهش بزرگ انرژیهای یونش این عنصر در کدام انرژی مشاهده می شود؟



تراز فرعی انرژی (زیر لایه)

هر گاه انرژیهای یونش عناصر را به دقت بررسی کنیم در می یابیم که در هر لایه جهش های کوچکی صورت می گیرد که این جهشها، نشان دهنده ی وجود ترازهایی فرعی در هر تراز اصلی است .

تراز فرعی	گنجایش e	تراز فرعی	گنجایش e
s	۲	f	۱۴
p	۶	(g)	(۱۸)
d	۱۰	(h)	(۲۲)

نکته ! تراز های (g) و (h) در حالت پایه هیچ اتمی وجود خارجی ندارد .

شیمی ۲

یادداشت:

شماره ی لایه	تراز های فرعی	گنجایش لایه
$n = 1$	s	2
$n = 2$	s,p	8
$n = 3$	s,p,d	18
$n = 4$	s,p,d,f	32

رسم آرایش های الکترونی به کمک تراز های فرعی :

nX^m

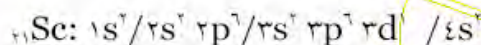
(شماره لایه (تراز اصلی))

(نماد تراز فرعی (X=(s,p,d,f)

(تعداد الکترون های قرار گرفته در تراز فرعی (m=)

$1\text{H: } 1s^1$	$11\text{Na: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^1$
$2\text{He: } 1s^2$	$12\text{Mg: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2$
$3\text{Li: } 1s^2/2s^1$	$13\text{Al: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^1$
$4\text{Be: } 1s^2/2s^2$	$14\text{Si: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^2$
$5\text{B: } 1s^2/2s^2 2p^1$	$15\text{P: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^3$
$6\text{C: } 1s^2/2s^2 2p^2$	$16\text{S: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^4$
$7\text{N: } 1s^2/2s^2 2p^3$	$17\text{Cl: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^5$
$8\text{O: } 1s^2/2s^2 2p^4$	$18\text{Ar: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6$
$9\text{F: } 1s^2/2s^2 2p^5$	$19\text{K: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6/4s^1$
$10\text{Ne: } 1s^2/2s^2 2p^6$	$20\text{Ca: } 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6/4s^2$

سطح تراز 4s از 3d پایین تر است . بنابراین 4s از 3d زودتر پر می شود .



نکته ! بعد از قرار گرفتن اولین الکترون در تراز 3d این تراز به قبل از 4s منتقل می شود به همین خاطر 3d بعد از گرفتن الکترون قبل از 4s نوشته می شود .

نکته ! در هنگام جدا شدن الکترون و تشکیل کاتیون، الکترون ابتدا از 4s جدا می شود سپس از 3d.

شیمی ۲

یادداشت:

مثال: آرایش تراز فرعی موارد زیر را رسم نمایید:

${}_{25}\text{Mn}$:

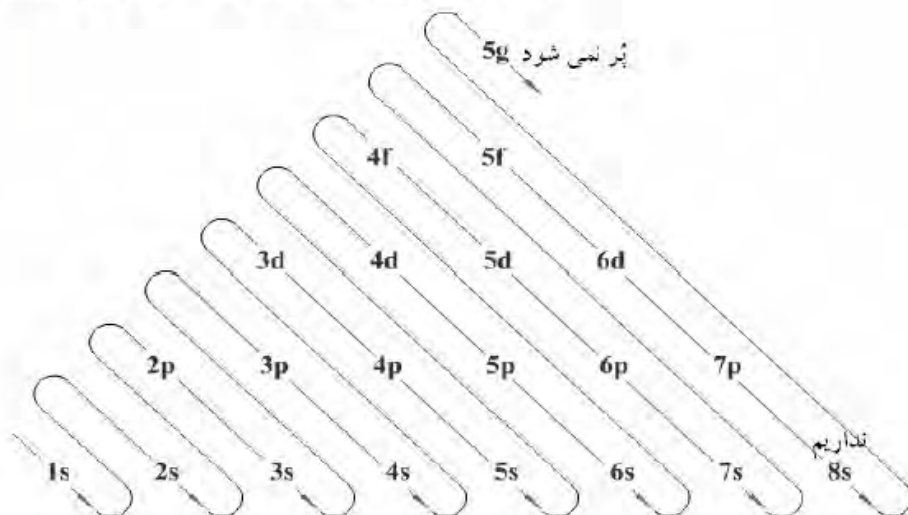
${}_{30}\text{Zn}$:

${}_{30}\text{Zn}^{2+}$:

${}_{26}\text{Fe}^{2+}$:

ترتیب پر شدن تراز فرعی :

$ns (n-2)f (n-1)d np$
 (s در: $n \geq 1$, f در: $n \geq 6$, d در: $n \geq 4$, p در: $n \geq 2$)



اصل آقا (تا گذاری) :

ترتیب پر شدن ترازهای فرعی را بیان می کند.

نکته! فقط در اتم هیدروژن ترازهای فرعی یک تراز اصلی همگی در یک سطح قرار دارند.

رسم آرایش با استفاده از گاز نجیب ماقبل :

برای رسم آرایش الکترونی یک عنصر با استفاده از گاز نجیب ماقبل آن اولاً باید ترتیب گازهای نجیب را با اعداد اتمی آنها بیاموزیم :

۱) ${}_{2}\text{He}$

۴) ${}_{36}\text{Kr}$

۲) ${}_{10}\text{Ne}$

۵) ${}_{54}\text{Xe}$

۳) ${}_{18}\text{Ar}$

۶) ${}_{86}\text{Rn}$

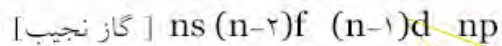
شیمی ۲

یادداشت:

۲۴

بعد از هر گاز نجیب تراز S لایه ی بعدی پر می شود و ترتیب پر شدن ترازهای بعدی به صورت زیر

است:

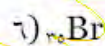


مثال :



نکته ! ترازهای فرعی را پس از گرفتن الکترون به ترتیب ضرایب آنها می نویسیم زیرا به همین ترتیب در اتم قرار می گیرند.

مثال: آرایش الکترونی موارد زیر را با استفاده از گاز نجیب قبلی رسم کنید :



تست: کدام عدد اتمی به عنصری مربوط است که تعداد الکترونهاى لایه ظرفیت آن بیشتر است؟

۱۹(۴)

۱۵(۳)

۱۴(۲)

۱۳(۱)

تست: عنصر ۳۴ در آخرین لایه اصلی الکترونی دارای چند الکترون است؟

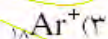
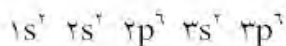
۵(۴)

۴(۳)

۳(۲)

۶(۱)

تست: آرایش الکترونی زیر در مورد کدام یون درست نیست؟



شیمی ۲

یادداشت:

تست: برای نشان دادن این که اتمی در سومین تراز انرژی خود ۱۰ الکترون دارد، آن را به چه صورت بنویسیم؟



تست: آخرین الکترون اسکاندیم (Sc) در کدام تراز وارد میشود؟



تست: در آرایش الکترونی کدام عنصر واسطه تعداد الکترونهاي rd و rp برابرند؟



تست: آرایش الکترونی کاتیون A^{2+} به تراز d^1 ختم میشود، کدام عدد اتمی زیر را میتوان به این عنصر نسبت داد؟



تست: کدامیک از آرایشهای الکترونی زیر برای تراز آخر یک عنصر غلط است؟



تست: کدام آرایش الکترونی زیر را می توان فقط به یک کاتیون نسبت داد؟



مثال: آخرین تراز X^{2-} به $3p^1$ ختم می شود. با نوشتن آرایش الکترونی، عدد اتمی X را مشخص کنید. اگر در این عنصر $Z=N$ باشد، عدد جرمی آن چقدر است؟

مثال: آرایش الکترونی یون M^{3+} به $3p^1$ ختم می شود. آرایش الکترونی عنصر M را رسم نمائید.

شیمی ۲

یادداشت:

مدل اوربیتالی (کوانتومی)

دوبروی : ثابت کرد حرکت الکترون حرکتی موجی است .

بنابراین الکترون رفتار دوگانه دارد ؛ ذره ای - موجی

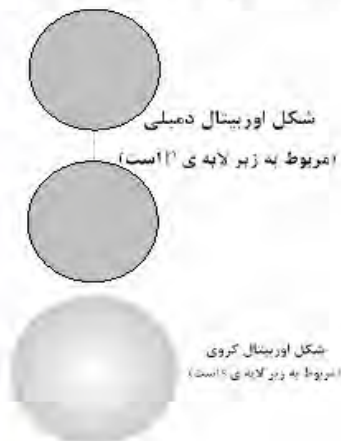
$$\left. \begin{array}{l} \text{موج : } \gamma, \lambda, \dots \\ \text{ذره : } a, \beta, \dots \end{array} \right\} \text{پرتوها}$$

با در نظر گرفتن حرکت بسیار سریع الکترون در اتم و حرکت موجی آن می توان دریافت که حرکت الکترون در اتم، فضایی ابرگونه را ایجاد می کند که این فضا حتی ممکن است مربوط به حضور یک الکترون باشد. این فضا را اوربیتال یا ابر الکترون می گویند .

اوربیتال :

فضایی است در اطراف هسته که احتمال حضور الکترون در آن زیاد است (بیش از ۹۰٪)

دانشمندی به نام **شرودینگر** بر اساس رفتار دوگانه الکترون و با تأکید بر حرکت موجی آن مدلی برای اتم پیشنهاد کرد که به مدل اوربیتالی یا کوانتومی معروف است .



- شکل اوربیتال s
- شکل اوربیتال p
- شکل اوربیتال d
- شکل اوربیتال f

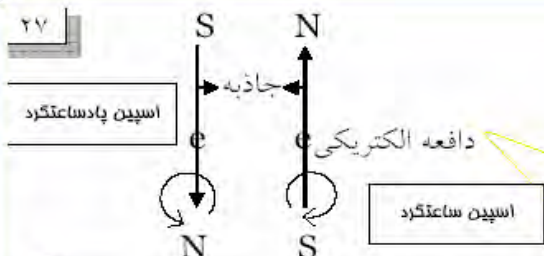


نماد اوربیتال :

اسپین : حرکت چرخشی الکترون به دور خودش را اسپین می گویند .

شیمی ۲

یادداشت:



اسپین الکترون میدان مغناطیسی تولید می کند.

نکته! دو الکترونی که در یک اوربیتال قرار می گیرند باید اسپین مخالف داشته باشند زیرا دافعه ی الکتریکی آنها با جاذبه ی مغناطیسی متقابل می شود و اگر الکترون سومی در اوربیتال قرار گیرد توسط یکی از این دو اسپین طرد می شود.

اصل طرد پائولی

در هر اوربیتال تنها دو الکترون آن هم با اسپین مخالف قرار خواهد گرفت بنابراین:

تراز فرعی	گنجایش e	تعداد اوربیتال	نماد
s	۲	۱	□/○
p	۶	۳	□□□/○○○
d	۱۰	۵	□□□□□/○○○○○
f	۱۴	۷	□□□□□□□/○○○○○○○

رسم آرایش اوربیتالی:

همان رسم آرایش تراز فرعی است + رسم نماد اوربیتالها
مثال:

${}_1\text{H:}$

${}_3\text{Li:}$

${}_2\text{He:}$

${}_4\text{Be:}$

اصل هوند:

در اوربیتال های با سطح انرژی یکسان (سه اوربیتال p یا پنج d) ابتدا الکترون ها به صورت تک تک و با اسپین یکسان در اوربیتالها قرار میگیرند سپس هر اوربیتال توسط الکترونی با اسپین مخالف جفت میشود:

${}_5\text{B:}$

${}_6\text{C:}$

${}_7\text{N:}$

${}_8\text{O:}$

شیمی ۲

یادداشت:

تست: عنصری با ۲۵ الکترون دارای چند اوربیتال حاوی الکترون است؟

- (۱) ۱۵ اوربیتال (۲) ۱۳ اوربیتال (۳) بیش از ۱۵ اوربیتال (۴) ۱۴ اوربیتال

تست: عنصر شماره ۲۶ دارای چند اوربیتال تک الکترونی در لایه ی والانس خود است؟

- (۱) ۴ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۵

تست: حداکثر تعداد الکترون هایی که یک اوربیتال در تراز فرعی ۳d در خود جای می دهد، کدام است؟

- (۱) ۲ (۲) ۱۰ (۳) ۵ (۴) ۱

تست: در کدام یون تعداد الکترون های جفت نشده بیشتر است؟

- (۱) ${}_{26}\text{Fe}^{3+}$ (۲) ${}_{27}\text{Co}^{3+}$ (۳) ${}_{23}\text{V}^{3+}$ (۴) ${}_{28}\text{Ni}^{2+}$

تست: کدام مطلب در مورد تراز ۳d نادرست است؟

- (۱) با ۱۰ الکترون کاملاً پر می شود (۲) در اتم ${}_{26}\text{Fe}$ ، قبل از تراز ۴s پر میشود

- (۳) در اتم ${}_{19}\text{K}$ ، سطح آن از تراز ۴s بالاتر است (۴) دارای پنج اوربیتال است

تست: در سومین لایه ی الکترونی اصلی اتم ${}_{22}\text{Ti}$ به ترتیب چند اوربیتال و چند الکترون وجود دارد؟

- (۱) ۲ و ۵ (۲) ۹ و ۴ (۳) ۹ و ۱۰ (۴) ۶ و ۱۰

تست: در کدام اتم یا یون در حالت پایه تعداد الکترون های جفت نشده ی بیشتری وجود دارد؟

- (۱) ${}_{25}\text{Mn}^{2+}$ (۲) ${}_{7}\text{N}$ (۳) ${}_{24}\text{Cr}^{3+}$ (۴) ${}_{13}\text{Al}^{3+}$

تست: آرایش الکترونی ۴s ۳d [Ar] معرف کدام یک از یون های زیر است؟

- (۱) ${}_{25}\text{Mn}^{2+}$ (۲) ${}_{26}\text{Fe}^{3+}$ (۳) ${}_{27}\text{Co}^{3+}$ (۴) ${}_{28}\text{Ni}^{2+}$

تست: در کدام گزینه تعداد اوربیتال های تک الکترونی برابر است؟

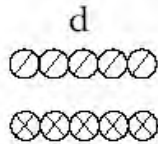
- (۱) ${}_{25}\text{Mn}$ و ${}_{15}\text{P}$ (۲) ${}_{13}\text{Al}$ و ${}_{33}\text{As}$ (۳) ${}_{30}\text{Zn}$ و ${}_{31}\text{Ga}$ (۴) ${}_{28}\text{Ni}$ و ${}_{16}\text{S}$

شیمی ۲

یادداشت:

پایداری تراز فرعی :

یک تراز فرعی هرگاه متقارن باشد پایدار است یعنی اوربیتال ها به یک میزان الکترون داشته باشند .



(۱) کامل نیمه پر
(۲) کامل پر

حالت های تقارن

به عنوان مثال کندن الکترون از p^3 سخت تر از p^4 است .

پایداری : تمایل به حفظ حالت کنونی را پایداری می گویند .

مثال : آرایش الکترونی اوربیتالی دو عنصر مس و کروم را رسم کنید (${}_{24}\text{Cr}$, ${}_{29}\text{Cu}$)

${}_{29}\text{Cu}$:

${}_{24}\text{Cr}$:

نکته ! در این دو عنصر یک الکترون از s به d منتقل می شود که تراز d تقارن پیدا کرده پایدارتر شود. بنابراین در هیچ اتمی در حال خنثی d^4, d^9 نداریم.

مثال : آرایش الکترونی اوربیتالی عناصر زیر را با استفاده از گاز نجیب رسم کنید:

${}_{42}\text{Mo}$:

${}_{47}\text{Ag}$:

مثال: آرایش اوربیتالی یونهای ${}_{25}\text{Mn}^{2+}$ و ${}_{25}\text{Mn}^{3+}$ را رسم نموده : توضیح دهید کدام یون پایدارتر است ؟

(۱) عدد کوانتومی اصلی (n) = لایه

(۲) عدد کوانتومی اوربیتالی (l) = زیر لایه

(۳) عدد کوانتومی مغناطیسی (m_l) = اوربیتال

(۴) عدد کوانتومی اسپین (m_s) = اسپین

اعداد کوانتومی :

آدرس الکترون :

(۱) عدد کوانتومی اصلی (n) : شماره ی لایه (تراز اصلی) الکترون را معین می کند. $n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots$

نکته ! تعداد اوربیتال های لایه ی n ام برابر است با: n^2

نکته ! گنجایش الکترون در لایه ی n ام برابر است با: $2n^2$

شیمی ۲

یادداشت:

۳۰

(۲) عدد کوانتومی اوربیتالی (l): شماره ی تراز فرعی را معلوم می کند .

l	۰	۱	۲	۳
تراز اصلی	s	p	d	f

 $l=0 \rightarrow s \rightarrow$ کروی $l=1 \rightarrow p \rightarrow$ دمبلینکته! محدوده ی تغییرات l از صفر تا $n-1$ است.

نکته! شکل اوربیتال را معین می کند .

نکته! تعداد اوربیتال های زیر لایه ی l ام برابر است با: $2l+1$ نکته! گنجایش اوربیتال های زیر لایه ی l ام برابر است با: $2(2l+1)$ (۳) عدد کوانتومی مغناطیسی (m_l): شماره ی اوربیتال الکترون را معلوم می کند . $m_l = -l, \dots, l$ $l=0 \rightarrow m_l = 0$ $l=1 \rightarrow m_l = -1, 0, 1$ نکته! m_l جهت گیری فضایی اوربیتال را معین می کند .

$$l=1 \begin{cases} m_l = -1 & p_x \\ m_l = 0 & p_y \\ m_l = 1 & p_z \end{cases}$$

(۴) عدد کوانتومی اسپین (m_s): جهت گیری اسپین الکترون را مشخص می کند .

$$m_s: \begin{cases} +\frac{1}{2} & \text{پادساعتگرد} \\ -\frac{1}{2} & \text{ساعتگرد} \end{cases}$$

نکته! در میدان مغناطیسی زمین اسپین ساعتگرد از پادساعتگرد پایدارتر است به همین خاطر اولین الکترون قرار گرفته در اوربیتال، اسپین ساعتگرد دارد و در دومین الکترون اسپین، پادساعتگرد است. در غیاب میدان مغناطیسی اسپین ساعتگرد و پادساعتگرد تفاوتی با هم ندارند.

شیمی ۲

یادداشت:

بیان دیگر اصل هوند

با توجه به پایدارتر بودن اسپین ساعتگرد از اسپین پادساعتگرد، در یک تراز فرعی، الکترونها به گونه ای در تراز قرار می گیرند که بیشترین الکترون با اسپین ساعتگرد را داشته باشیم.

بیان دیگر اصل طرد پائولی :

در یک اتم هیچ گاه هر چهار عدد کوانتومی دو الکترون با هم برابر نمی شود .
مثال : در هر یک از موارد زیر اعداد کوانتومی الکترون نمایش داده شده را بنویسید :

$n=$, $l=$, $m_l=$, $m_s=$ $3p$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px; text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px;"></div> </div>	$n=$, $l=$, $m_l=$, $m_s=$ $3d$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px; text-align: center;">↑</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px;"></div> </div>
$n=$, $l=$, $m_l=$, $m_s=$ $5s$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px; text-align: center;">↓</div> </div>	$n=$, $l=$, $m_l=$, $m_s=$ $3s$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 2px; text-align: center;">↑↓</div> </div>

نکته! در اتم هیدروژن موقعیت الکترون را فقط عدد کوانتومی اصلی (n) بیان میکند.

مثال: اعداد کوانتومی آخرین الکترون وارد شده در آرایش الکترونی هر یک از موارد زیر را بنویسید:

۱) He ۲) Fe ۳) Ar ۴) F ۵) Sc ۶) Zn

مثال : عدد کوانتومی آخرین الکترون قرار گرفته در عنصری به صورت زیر است ، عدد اتمی آن را

$$n=4, l=1, m_l=0, m_s=-1/2$$

بدست آورید:

شیمی ۲

یادداشت:

۳۲

مثال: اگر الکترون آخرین لایه ی اصلی عنصر کروم (${}_{24}\text{Cr}$) دارای اسپین ساعتگرد باشد، چند الکترون

در آرایش این عنصر دارای عدد کوانتومی $m_s = +\frac{1}{2}$ و $m_s = -\frac{1}{2}$ هستند؟

مثال: اعداد کوانتومی الکترون های آخرین تراز فرعی عنصری $n=3$ ، $l=1$ و $m_s = \pm\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{2}$ است. با رسم آرایش الکترونی این عنصر عدد اتمی آنرا بدست آورید.

تست: در اتم پتاسیم (${}_{19}\text{K}$) چند الکترون دارای عدد کوانتومی $m_l=0$ هستند؟

- ۸ (۱) ۱۱ (۲) ۷ (۳) ۱۲ (۴)

تست: در اتم ${}_{26}\text{Fe}$ چند الکترون دارای $m_l=+1$ هستند؟

- ۴ (۱) ۳ (۲) ۶ (۳) ۵ (۴)

تست: اعداد کوانتومی الکترون ظرفیت عنصری به صورت زیر است. عدد اتمی این عنصر کدام گزینه میتواند باشد؟

$$n=4, l=0, m_s = +\frac{1}{2}$$

- ۱۹ (۱) ۳۰ (۲) ۱۸ (۳) ۲۱ (۴)

تست: در اتم ${}_{33}\text{As}$ آخرین تراز حاوی الکترون به ترتیب دارای کدام اعداد کوانتومی l, n است؟

- ۱، ۳ (۱) ۲، ۳ (۲) ۱، ۴ (۳) ۲، ۴ (۴)

تست: در اتم فلئور (${}_{9}\text{F}$) وجود الکترون با کدام اعداد کوانتومی زیر غیر ممکن است؟

- ۱) $n=1$ ۲) $l=1$ ۳) $m_l=-2$ ۴) $l=0$

شیمی ۲

یادداشت:

۳۳

تست: کدام مجموعه اعداد کوانتومی زیر، الکترونی که آسان تر از اتم آهن (${}_{26}\text{Fe}$) خنثی جدا میشود را

توصیف میکند؟

$$n=3 \text{ و } l=2 \text{ و } m_l=0 \text{ و } m_s=+\frac{1}{2} \quad (2)$$

$$n=1 \text{ و } l=0 \text{ و } m_l=0 \text{ و } m_s=-\frac{1}{2} \quad (4)$$

$$n=4 \text{ و } l=0 \text{ و } m_l=0 \text{ و } m_s=-\frac{1}{2} \quad (1)$$

$$n=3 \text{ و } l=2 \text{ و } m_l=-1 \text{ و } m_s=-\frac{1}{2} \quad (3)$$

تست: در اتم نیکل چند الکترون دارای اعداد کوانتومی $n=3, l=2$ هستند؟ (${}_{28}\text{Ni}$)

۶ (۴)

۸ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)

تست: در اتم کبالت چند الکترون دارای اعداد کوانتومی زیر هستند؟

$$n=3, l=2, m_s=+\frac{1}{2}$$

۱۰ (د)

۷ (ج)

۳ (ب)

۵ (الف)

تست: در کدام گزینه اعداد کوانتومی داده شده آدرس اوربیتال را به درستی نشان می دهد؟

گزینه	n	l	m_l
۱	۲	۲	-۱
۲	۳	۰	۱
۳	۴	۱	۰
۴	۲	۱	-۲

شیمی ۲

یادداشت:

فصل دوم

خواص ثانوی عناصر

تاریخچه ی جدول تناوبی عناصر

مندلیف عناصر را به ترتیب جرم اتمی مرتب کرد . او مشاهده کرد که خواص شیمیایی و فیزیکی عناصر در این روند به تناوب تکرار می شود. با زیر هم قرار دادن این تناوب ها جدولی تهیه کرد که در آن عناصری که زیر هم قرار می گرفتند خواص شیمیایی و فیزیکی مشابهی داشتند. این ستون های عمودی را گروه یا خانواده و ردیف های افقی را دوره یا تناوب نامید.

نکته ! مندلیف در تنظیم جدول خود، دو اصل زیر را رعایت کرد :

- (۱) افزایش تدریجی جرم اتم ها
 - (۲) تشابه خواص گروهی عناصر
- نکته !** در اغلب موارد دو اصل فوق با هم مطابقت دارند اما در مواردی که برخلاف هم حرکت می کردند اصل تشابه خواص گروهی را بر افزایش جرم اتمی ترجیح داد بنابراین :
- (۱) جای برخی عناصر را با هم عوض کرد . (استثنا های مندلیف)
 - (۲) برخی خانه های جدول را خالی گذاشت . (عناصر کشف نشده)

Ar , K (آرگون و پتاسیم)

Ni , Co (کبالت و نیکل)

Te , I (تلوریم و ید)

(۱) استثنای مندلیف :

عناصری هستند که بر خلاف روند افزایش جرم اتمی در جدول قرار گرفته اند.

نکته ! مندلیف علت این پدیده ها را خطا در اندازه گیری جرم اتم ها تصور کرده بود .

(۲) عناصر کشف نشده : مندلیف توانست با استفاده از عناصر هم گروه، خواص عناصر کشف نشده را پیش بینی کند و با این کار کمک بزرگی به کشف عناصر نمود.

اکا بور : Sc

اکا آلومینیم : Ga

اکا سیلیسیم : Ge

اکا : شبیه

نکته ! سالها بعد با کشف عدد اتمی توسط موزلی قانون تناوبی عناصر به شکل زیر بیان شد :

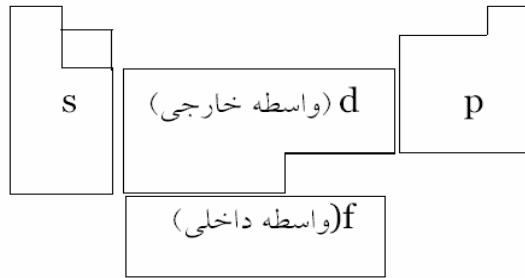
اگر عناصر را به ترتیب عدد اتمی مرتب کنیم خواص شیمیایی و فیزیکی آنها به تناوب تکرار می شود.

نکته ! جدول تنظیم شده براساس عدد اتمی دیگر استثنا در جابجایی ندارد و عناصر در آن به صورت متوالی به ترتیب عدد اتمی قرار می گیرند.

یادداشت:

جدول امروزی :

- (۱) دارای ۷ ردیف افقی است که به آن دوره یا تناوب می گویند.
 (۲) دارای ۱۸ ستون عمودی است که به آن گروه یا خانواده می گویند .



- ◆ عناصر در جدول تناوبی به دو دسته ی اصلی () و فرعی (واسطه)، () تقسیم می شوند.
 - ◆ عناصر واسطه خود به دو دسته ی داخلی () و خارجی () تقسیم میشوند.
 - ◆ عناصر واسطه ی داخلی خود به دو دسته ی زیر تقسیم میشوند:
- لانثانیدها : (عدد اتمی ۷۱-۵۸) تراز در حال پر شدن در این عناصر : f ,
 متعلق به دوره ی $n=6$ و گروه سوم جدول هستند. این فلزها فعالیت شیمیایی قابل توجهی دارند .
- آکتینیدها : (عدد اتمی ۱۰۳-۹۰) تراز در حال پر شدن در این عناصر: f
 متعلق به دوره ی $n=7$ و گروه سوم جدول هستند. این فلزها همگی پرتوزا هستند .

نکات !

شبه فلز : نافلزهایی را گویند که برخی خواص فیزیکی آنها شبیه فلزها است . (بازستا : بور، آرسنیک ، ژرمانیم ، سیلیسیم ، تلوریم و آنتیموان)
 آمفوترها : فلزهایی هستند که اکسید آنها هم اسید را خنثی می کند، هم باز را (سارق : سرب ، آلومینیوم ، روی و قلع)

فلزی (بازی) : اسید را خنثی می کند .
 نافلزی (اسید) : باز را خنثی می کند .
 آمفوتری : هم اسید و هم باز را خنثی می کند .

} اکسید

یادداشت:

جدول تناوبی عناصرها

فیلد ها: فلزها (بازو)، فلزهای قلیایی (بازو)، فلزهای قلیایی خاکی (بازو)، فلزهای واسطه (بازو)، آمپتیزها (بازو)، شبه فلزها (بازو)، نافلزها (بازو)، هالوژن‌ها (بازو)، دیگر نافلزها (بازو)، گازهای نجیب (بازو)

1	1	H Hydrogen 1.00794	2	He Helium 4.002602	3	Li Lithium 6.941	4	Be Beryllium 9.012182	5	B Boron 10.81	6	C Carbon 12.01	7	N Nitrogen 14.0074	8	O Oxygen 15.9994	9	F Fluorine 18.998432	10	Ne Neon 20.1797	11	Na Sodium 22.989766	12	Mg Magnesium 24.3050	13	Al Aluminum 26.981539	14	Si Silicon 28.0865	15	P Phosphorus 30.9739	16	S Sulfur 32.06	17	Cl Chlorine 35.4527	18	Ar Argon 39.948	19	K Potassium 39.0983	20	Ca Calcium 40.078	21	Sc Scandium 44.95591	22	Ti Titanium 47.88	23	V Vanadium 50.9415	24	Cr Chromium 51.9961	25	Mn Manganese 54.93805	26	Fe Iron 55.847	27	Co Cobalt 58.9328	28	Ni Nickel 58.6934	29	Cu Copper 63.546	30	Zn Zinc 65.38	31	Ga Gallium 69.723	32	Ge Germanium 72.61	33	As Arsenic 74.9216	34	Se Selenium 78.96	35	Br Bromine 79.904	36	Kr Krypton 83.80	37	Rb Rubidium 85.4678	38	Sr Strontium 87.62	39	Y Yttrium 88.906	40	Zr Zirconium 91.224	41	Nb Niobium 92.90638	42	Mo Molybdenum 95.94	43	Tc Technetium 97.9072	44	Ru Ruthenium 101.07	45	Rh Rhodium 102.9056	46	Pd Palladium 106.42	47	Ag Silver 107.8682	48	Cd Cadmium 112.411	49	In Indium 114.818	50	Sn Tin 118.710	51	Sb Antimony 121.757	52	Te Tellurium 127.6	53	I Iodine 126.90545	54	Xe Xenon 131.29	55	Cs Cesium 132.90545	56	Ba Barium 137.327	57	La Lanthanum 138.905	58	Pr Praseodymium 140.908	59	Ce Cerium 140.115	60	Th Thorium 232.038	61	Pa Protactinium 231.036	62	Sm Samarium 150.36	63	Eu Europium 151.96	64	Gd Gadolinium 157.25	65	Tb Terbium 158.92534	66	Dy Dysprosium 162.5	67	Ho Holmium 164.930	68	Er Erbium 167.26	69	Fm Fermium 257.108	70	Yb Ytterbium 173.04	71	Lu Lutetium 174.967	72	No Nobelium 259.108	73	U Uranium 238.0289	74	Np Neptunium 237.0482	75	Pu Plutonium 244.042	76	Am Americium 243.0614	77	Cm Curium 247.073	78	Bk Berkelium 247.073	79	Hf Hafnium 178.49	80	Ta Tantalum 180.9479	81	W Tungsten 183.84	82	Os Osmium 193.22	83	Ir Iridium 192.22	84	Pt Platinum 195.084	85	Au Gold 196.96657	86	Hg Mercury 200.59	87	Ra Radium 226.075	88	Ac Actinium 227.0729	89	Fr Francium 223.0279	90	Rn Radon 222.0175	91	Db Dubnium 262.11	92	Sg Seaborgium 263.103	93	Bh Bohrium 264.1045	94	Hs Hassium 265	95	Mt Meitnerium 268
---	---	--------------------------	---	--------------------------	---	------------------------	---	-----------------------------	---	---------------------	---	----------------------	---	--------------------------	---	------------------------	---	----------------------------	----	-----------------------	----	---------------------------	----	----------------------------	----	-----------------------------	----	--------------------------	----	----------------------------	----	----------------------	----	---------------------------	----	-----------------------	----	---------------------------	----	-------------------------	----	----------------------------	----	-------------------------	----	--------------------------	----	---------------------------	----	-----------------------------	----	----------------------	----	-------------------------	----	-------------------------	----	------------------------	----	---------------------	----	-------------------------	----	--------------------------	----	--------------------------	----	-------------------------	----	-------------------------	----	------------------------	----	---------------------------	----	--------------------------	----	------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	-----------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	--------------------------	----	--------------------------	----	-------------------------	----	----------------------	----	---------------------------	----	--------------------------	----	--------------------------	----	-----------------------	----	---------------------------	----	-------------------------	----	----------------------------	----	-------------------------------	----	-------------------------	----	--------------------------	----	-------------------------------	----	--------------------------	----	--------------------------	----	----------------------------	----	----------------------------	----	---------------------------	----	--------------------------	----	------------------------	----	--------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	--------------------------	----	-----------------------------	----	----------------------------	----	-----------------------------	----	-------------------------	----	----------------------------	----	-------------------------	----	----------------------------	----	-------------------------	----	------------------------	----	-------------------------	----	---------------------------	----	-------------------------	----	-------------------------	----	-------------------------	----	----------------------------	----	----------------------------	----	-------------------------	----	-------------------------	----	-----------------------------	----	---------------------------	----	----------------------	----	-------------------------

یادداشت:

تشخیص دوره و گروه از روی آرایش الکترونی :

الف) دوره : بزرگترین ضریب در آرایش الکترونی

ب) گروه :

گروه های ساخته شده	شماره ی گروه	ختم آرایش
۲و۱	تعداد الکترون s	s
۱۸و...۱۵و...۱۳	تعداد الکترون p+۱۲	p
۳و...۵و...۱۲	تعداد الکترون s+d	d
لانتانیدها و آکتینیدها	گروه ۳	f

مثال: دوره و گروه عناصر زیر را معین کنید :

گروه دوره

A: $1s^2 2s^2 2p^1 3s^2 3p^2$

B: $[Ar] 4s^1$

C: $\dots 3d^0 4s^2$

D: $\dots 4p^1 4d^1 5s^2$

E: $\dots 4d^1 5s^2 5p^1 6s^1$

F: $\dots 4f^1 6s^2$

G: $1s^2 2s^2 2p^2$

مثال: آرایش الکترونی عنصری به $3p^0$ ختم می شود. این عنصر در کدام دوره و گروه جدول تناوبی قرار دارد؟

مثال: عدد جرمی عنصری ۵۰ و تفاوت تعداد نوترون ها و پروتون های آن ۲ است. آرایش الکترونی این عنصر را رسم کرده ، دوره و گروه آن را تعیین کنید .

یادداشت:

مثال: آرایش الکترونی عنصری به d^y ختم شده است. دوره و گروه آنرا معین کنید.

مثال: اگر اتم X هم دوره با عنصری به آرایش $[Ar] 3d^y \epsilon s^2$ و هم گروه عنصری با آرایش $[Ne] 3s^2 3p^2$ باشد با استفاده از جدول تناوبی نماد و نام این عنصر را یافته ، آرایش الکترونی آن را رسم کنید.

مثال: آرایش الکترونی عناصر آرگون ، کلسیم ، آهن ، سلنیم (گروه VI A) و یک عنصر دیگر بدون ترتیب در زیر نشان داده شده است. کدامیک آرایش الکترونی عنصر نامعلوم می باشد؟ نام این عنصر چیست؟

(الف) $[Ar] \epsilon s^2$ (د) $[Ar] 3d^1 \epsilon s^2$

(ب) $[Ar] 3d^3 \epsilon s^2$ (ه) $[Ar] 3d^1 \epsilon s^2 4p^4$ (ج) $[Ne] 3s^2 3p^1$

مثال: آرایش الکترونی پنج عنصر A تا E در زیر نشان داده شده است .

A: $1s^2 2s^2 2p^1 3s^2 3p^1 3d^0 \epsilon s^2$

B: $1s^2 2s^2 2p^1 3s^2 3p^2$

C: $1s^2 2s^2 2p^1$

D: $1s^2 2s^2 2p^1 3s^2$

E: $1s^2 2s^1$

(الف) کدام یک گاز بی اثر؟ نام آن چیست؟

(ب) دوره و گروه این عناصر را معین کنید .

	E	D	C	B	A	
دوره						
گروه						

(ج) آرایش A^{2+} را رسم نمایید .

(د) کدامیک اکسید اسیدی تولید میکند؟

(ه) کدام عنصر فلز قلیایی خاکی است؟

یادداشت:

مثال: عناصر فرضی A ۳۱ و B ۲۹ و C ۲۰ و D ۱۵ مفروضند:

الف) دوره کدام عنصر با بقیه متفاوت است؟

ب) کدامیک اکسید اسیدی تولید میکند؟

پ) آرایش الکترونی عنصر B را رسم نمایید.

نکته! در عناصر واسطه دوره ی چهارم (۲۱-۳۰) و دوره ی پنجم (۳۹-۴۸) جمع ارقام عدد اتمی نشان دهنده ی شماره ی گروه است.



نکته! در عناصر واسطه ی دوره ی چهارم (۲۱-۳۰) ارقام عدد اتمی آرایش الکترونی تراز فرعی را مشخص می کند.



تست: در مورد عنصر بیست و پنجم جدول تناوبی کدام گزینه نادرست است؟

الف) به دوره ی چهارم و گروه هفتم جدول تعلق دارد.

ب) دارای پنج اوربیتال نیمه پر در آرایش الکترونی خود است.

ج) در واکنشهای شیمیایی با از دست دادن هفت الکترون به آرایش گاز نجیب آرگون میرسد.

د) به عناصر واسطه ی خارجی تعلق دارد.

نکته! یک عنصر بیش از ۳ الکترون را در حالت طبیعی نداده و نمی گیرد به جز Pb^{4+} , Sn^{4+} و Mn^{4+}
نکته! با استفاده از فاصله با گاز نجیب می توان دوره و گروه یک عنصر را در یک جدول معین کرد.

تست: در مورد عنصر ۳۴ جدول کدام گزینه نادرست است؟

الف) به دوره ی ۴ جدول تعلق دارد

ب) دارای تشابه خواص با گوگرد است

ج) در آرایش الکترونی خود ۳ اوربیتال نیمه پر دارد

د) به گروه VI A تعلق دارد

یادداشت:

تست: عنصر ۱۴ جدول با کدام عدد اتمی زیر هم گروه است؟

۴۴(د)

۵۰(ج)

۲۲(ب)

۴۰(الف)

نکته! از روی تفاضل عدد اتمی عنصرها با عدد اتمی گاز نجیب ماقبل می توان شماره گروه عنصر را فهمید.

مثال: گروه هر یک از عناصر زیر را بنویسید:

 ${}_{29}\text{Cu} =$ ${}_{33}\text{As} =$

تست: کدام عدد اتمی مربوط به عنصری است که آرایش الکترونی لایه ی ظرفیت آن با آرایش الکترونی لایه ظرفیت سی و دومین عنصر جدول تناوبی مشابهت دارد؟

۵۰(۴)

۴۷(۳)

۲۵(۲)

۲۴(۱)

تست: دو عنصر A و B به ترتیب در گروه های IIA و IIIA و در دوره ی چهارم جدول تناوبی قرار دارند. تفاوت عدد اتمی آنها کدام است؟

۱۱(۴)

۱۰(۳)

۳(۲)

۱(۱)

تست: سی و نهمین عنصر جدول تناوبی به ترتیب در کدام دوره و کدام گروه این جدول قرار دارد؟

(۲) دوره ی چهارم، گروه IB

(۱) دوره ی چهارم، گروه IIIB

(۴) دوره ی پنجم، گروه IB

(۳) دوره ی پنجم، گروه IIIB

تست: عنصری با عدد اتمی ۱۷ با کدام عنصر که عدد اتمی آن در زیر داده شده، از نظر خواص شیمیایی شباهت دارد؟

۱۸(۴)

۱۶(۳)

۳۵(۲)

۳۴(۱)

تست: عنصری در دوره ی چهارم و گروه چهاردهم جدول تناوبی جای دارد. عدد اتمی آن کدام است؟

۳۲(۴)

۳۴(۳)

۵۰(۲)

۵۳(۱)

تست: آخرین تراز انرژی یک عنصر 2d می باشد. جای آن در کدام دوره و گروه جدول تناوبی است؟

(۲) تناوب سوم، گروه چهارم

(۱) تناوب چهارم، گروه دوم

(۴) تناوب سوم، گروه دوم

(۳) تناوب چهارم، گروه چهارم

تست: عدد اتمی عنصر متعلق به گروه IB از دوره ی پنجم کدام است؟

۴۷(۴)

۳۹(۳)

۲۹(۲)

۲۱(۱)

یادداشت:

تست: در صورتی که یون X^{3+} ، دارای آرایش الکترونی $18Ar$ باشد، عنصر X به کدام دوره و گروه ۴۲ جدول تناوبی تعلق دارد؟

(۱) سوم، IIIA (۲) سوم، IB (۳) چهارم، IB (۴) چهارم، IIIB
تست: در مجموعه عنصرهایی که با عدد اتمی ۱۵ شروع شده، به عدد اتمی ۲۶ ختم می شود چند عنصر نافلز وجود دارد؟

(۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۸ (۴) ۶

تست: کدام دسته از عناصر زیر، در یک دوره ی جدول تناوبی قرار دارند؟

(۱) ${}_{34}Se, {}_{25}Mn, {}_{19}K$ (۲) ${}_{19}K, {}_{18}Ar, {}_{17}Cl$ (۳) ${}_{20}Ca, {}_{23}V, {}_{11}Na$ (۴) ${}_{20}Ca, {}_{19}K, {}_{18}Ar$

تست: عدد جرمی عنصری ۴۵ و تفاوت تعداد نوترونها و پروتونهای آن برابر ۳ است. دوره ی این عنصر در جدول تناوبی کدام است؟

(۱) دوم (۲) سوم (۳) چهارم (۴) پنجم

تست: آرایش الکترونی عناصر گروه پنجم اصلی در جدول تناوبی به کدام گزینه ختم می شود؟

(۱) d^0 (۲) p^3 (۳) p^0 (۴) d^3

تست: در دوره ی چهارم جدول تناوبی چند عنصر دارای آرایش الکترونی $3d^{11}$ در آرایش خود هستند؟

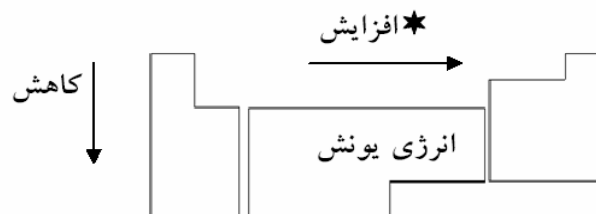
(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۷ (۴) ۸

تست: حداکثر چند عنصر با آرایش الکترونی $4s^1$ در لایه ی ظرفیت داریم؟

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

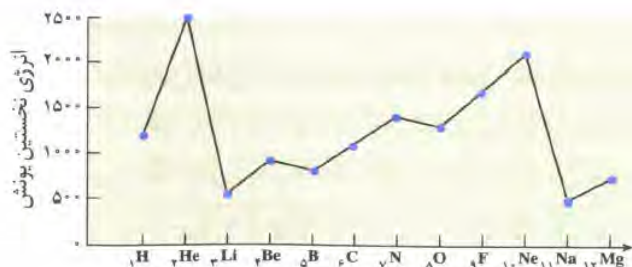
بررسی روندهای جدول تناوبی:

الف) انرژی یونش:



* بجز گروه های ۲ به ۱۳ و ۱۵ به ۱۶

یادداشت:



مثال: با رسم آرایش اوربیتالی توضیح دهید چرا انرژی یونش در گروه‌های ۲ به ۱۳ و ۱۵ به ۱۶ کاهش می‌یابد؟

نکته! در مقایسه انرژی یونش به ترتیب اولویت موارد زیر را چک می‌کنیم:

۱. تعداد لایه: هر چه بیشتر باشد انرژی یونش کمتر است.
۲. تقارن تراز فرعی: در صورت متقارن بودن، فقط از یک عنصر بعدی بیش تراست ($3 < 2$, $6 < 5$)
۳. بار هسته: هر چه بیشتر باشد انرژی یونش بیشتر است.

مثال: در هر کدام از موارد، انرژی یونش ذرات داده شده را مقایسه کنید:

الف) ${}_{3}\text{Li}$, ${}_{11}\text{Na}$

ب) ${}_{11}\text{Na}$, ${}_{12}\text{Mg}$

ج) ${}_{12}\text{Mg}$, ${}_{13}\text{Al}$

نکته! برای مقایسه E_n ، یون $(n-1)+$ را رسم می‌کنیم.

د) $E_r(\text{Al})$, $E_i(\text{Si})$

هـ) $E_r({}_{6}\text{C})$, $E_r({}_{7}\text{N})$

یادداشت:

تست: در بین عناصر جدول تناوبی انرژی نخستین یونش کدام عنصر از همه بیشتر است؟

الف) He (ب) Ne (ج) Li (د) H

تست: انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از کدام گزینه بیشتر است؟

الف) O (ب) Li⁺ (ج) N (د) He

تست: انرژی دومین یونش کدام عنصر بیشتر است؟

الف) F (ب) O (ج) N (د) C

تست: انرژی نخستین یونش ۶ عنصر متوالی از جدول تناوبی در زیر داده شده است. کدام عنصر فلز قلیایی است؟

عنصر	A	B	C	D	E	F
انرژی یونش	۱۴۰۲	۱۳۱۴	۱۶۱۸	۲۰۸۰	۴۹۵	۷۳۷

A (د) E (ج) F (ب) B (الف)

تست: با توجه به شکل زیر که قسمتی از جدول تناوبی است کدام مقایسه نادرست است؟

	۱	۲
n=۲	A	B
n=۳	C	D

E_r(C) > E_r(B) (ب) E_r(A) < E_r(B) (الف)

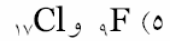
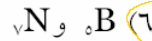
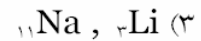
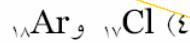
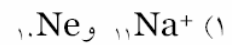
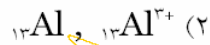
E_r(A) < E_r(B) (د) E_r(D) < E_r(B) (ج)

تست: در کدام گزینه عنصری که عدد اتمی بیشتری دارد دارد انرژی نخستین یونش آن کمتر است؟

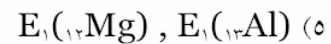
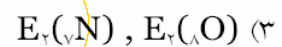
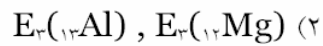
الف) N, F (ب) Na, Mg (ج) P, S (د) Al, Si

یادداشت:

تمرین: در هر یک از موارد زیر پس از رسم آرایش لایه ای معین کنید انرژی لازم برای کندن الکترون از کدام ذره بیشتر است؟



تمرین: موارد داده شده را با هم مقایسه کنید:



تست: به کدام علت اساسی زیر، انرژی نخستین یونش فلز قلیایی از گازی اثر قبل از خود، کمتر است؟

(1) قرار داشتن آخرین الکترون فلز قلیایی در تراز انرژی بالاتر

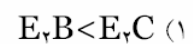
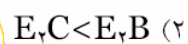
(2) بزرگتر بودن عدد اتمی فلز قلیایی

(3) بزرگتر بودن جرم اتمی فلز قلیایی

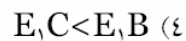
(4) وجود الکترون منفرد در آرایش الکترونی اتم فلز قلیایی

تست: عنصرهای A، B و C به صورت زیر در گروه های اول و دوم جدول تناوبی قرار دارند. کدام

مقایسه در مورد انرژی یونش آنها درست است؟



IA	IIA
A	
B	C



یادداشت:

تست: کدام آرایش الکترونی به لایه ی ظرفیت اتمی مربوط است که کمترین انرژی یونش را دارد؟

- ۱) $4s^1$ (۱) ۲) $4p^0$ (۲) ۳) $5s^1$ (۳) ۴) $5p^0$ (۴)

تست: کدام عدد اتمی به عنصری مربوط است که انرژی نخستین یونش آن بیشتر است؟

- ۱) ۷ (۱) ۲) ۸ (۲) ۳) ۱۵ (۳) ۴) ۱۶ (۴)

تست: نخستین انرژی یونش کدام عنصر از بقیه بیشتر است؟

- ۱) B (۱) ۲) ^{15}P (۲) ۳) ^{11}Na (۳) ۴) ^{7}N (۴)

تست: با توجه به جدول زیر که بخش کوچکی از جدول تناوبی است، کدام عنصر کمترین انرژی یونش را دارد؟

	IV A	V A	VI A
۲	A		C
۳		B	D

- ۱) A (۱) ۲) B (۲)

- ۳) D (۳) ۴) C (۴)

تست: در مورد انرژی های یونش دو عنصر نیتروژن (^{7}N) و اکسیژن (^{8}O) کدام مقایسه درست است؟

- ۱) $E_{1O} = E_{1N}$ (۱) ۲) $E_{1O} < E_{1N}$ (۲) ۳) $E_{1O} > E_{1N}$ (۳) ۴) $E_{1O} > E_{1N}$ (۴)

تست: در کدام عنصر انرژی سومین یونش از همه بیشتر است؟

- ۱) Li (۱) ۲) N (۲) ۳) Be (۳) ۴) Al (۴)

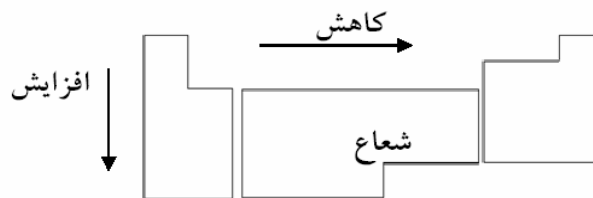
تست: انرژی های نخستین یونش چند عنصر متوالی از جدول تناوبی بر حسب کیلو کالری بر مول در زیر

عنصر	A	B	C	D	E	F
انرژی یونش	۳۳۴	۳۱۴	۴۰۱	۴۹۸	۱۱۸	۱۷۵

داده شده است. کدام مربوط به یک فلز قلیایی خاکی است؟

- ۱) A (۱) ۲) B (۲) ۳) F (۳) ۴) D (۴)

یادداشت:



تنها استثنا مهم: $r(\text{Ga}) < r(\text{Al})$

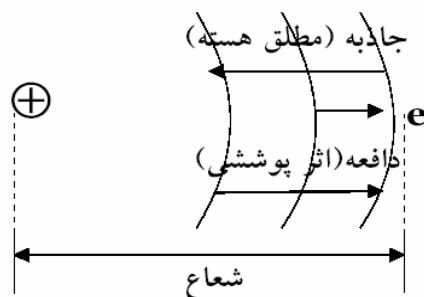
نکته! شعاع همواره با بار مؤثر هسته نسبت عکس دارد.

بار مؤثر هسته: نیروی جاذبه ای است که الکترون های ظرفیت از جانب هسته دریافت می کنند.

بار مطلق هسته (جاذبه ی مطلق هسته): نیروی جاذبه ای است که از جانب هسته به لایه ی ظرفیت وارد می شود.

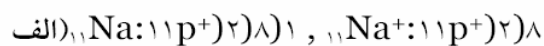
اثر پوشندگی (پوششی) الکترون ها: نیروی دافعه ای است که الکترون های درونی تر به الکترون های ظرفیت وارد می کنند.

(اثر پوشندگی الکترون ها) - (جاذبه ی مطلق هسته) = بار مؤثر هسته



شعاع یونی: با کم شدن یا زیاد شدن تعداد الکترون ها شعاع اتم تغییر می کند شعاع جدید را شعاع یونی می گویند.

مثال:



به علت تعداد لایه $r(\text{Na}) > r(\text{Na}^+)$

یادداشت:

ب) ${}_{17}\text{Cl} : (17p^+)(2)8)7$, ${}_{17}\text{Cl}^- : (17p^+)(2)8)8$

$$r(\text{Cl}^-) > r(\text{Cl})$$

نکته! هر چه ذره منفی تر شود شعاع آن بیشتر و هر چه مثبت تر شود شعاع آن کمتر می شود.

مثال:



تست: در کدام گزینه اندازه ی شعاع افزایش پیدا می کند؟



تست: شعاع کدام ذره بزرگتر است؟



نکته! در یون های هم الکترون (ایزو الکترون) هر چه بار یون مثبت تر باشد (پروتون بیشتر باشد) شعاع آن کمتر می شود.

تست: با توجه به شعاع های یونی زیر، موقعیت یون فلئورید کدام است؟



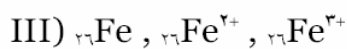
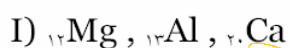
(۳) بعد از یون Mg^{2+}

(۴) قبل از یون Na^+

مثال: در هر یک از زوج ذرات زیر معین کنید شعاع کدامیک از دیگری بیشتر است؟

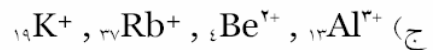
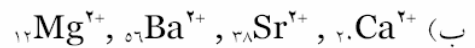
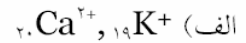


مثال: هر یک از مجموعه اتم ها و یون های زیر را بر حسب افزایش اندازه مرتب کنید:

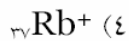


یادداشت:

مثال: در هر مورد کاتیون ها را به ترتیب افزایش شعاع یونی مرتب کنید:

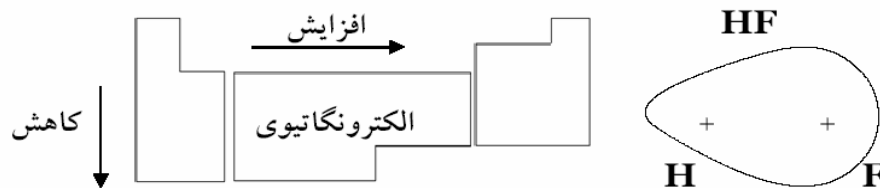
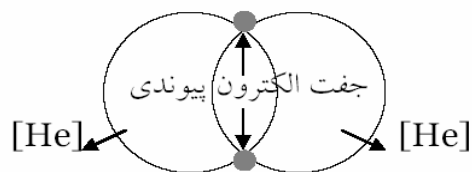
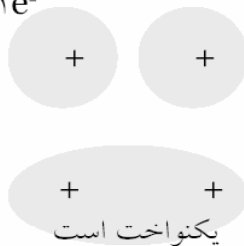
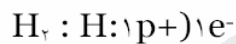


تست: شعاع کدام ذره بزرگتر است؟



ج) الکترونگاتیوی (Electronegativity):

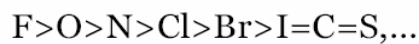
میزان تمایل یک اتم به جذب جفت الکترون پیوندی را الکترونگاتیوی گویند.



مقایسه الکترونگاتیوی اولویت بردار نیست.

نکات!

بیشترین الکترونگاتیویها:



الکترونگاتیوی نازلها < الکترونگاتیوی هیدروژن < الکترونگاتیوی فلزها

یادداشت:



۱ H ۱/۱											
۳ Li ۱/۰	۴ Be ۱/۲										
۱۱ Na -۱	۱۲ Mg ۱/۲	۵ B ۲/-	۶ C ۲/۲	۷ N ۳/۱	۸ O ۳/۲	۹ F ۳/۰					
۱۹ K -۱	۲۰ Ca ۱/۲	۳۱ Ga ۱/۳	۳۲ Ge ۱/۴	۳۳ As ۲/-	۳۴ Se ۲/۲	۳۵ Br ۲/۳					
۳۷ Rb -۱	۳۸ Sr ۱/۲	۴۹ In ۱/۳	۵۰ Sn ۱/۴	۵۱ Sb ۱/۳	۵۲ Te ۲/۱	۵۳ I ۲/۴					
۵۵ Cs -۱	۵۶ Ba -۱	۸۱ Tl ۱/۳	۸۲ Pb ۱/۴	۸۳ Bi ۱/۳	۸۴ Po ۲/-	۸۵ At ۲/۲					

الکترونگاتیوی عناصرهای اصلی جدول تناوبی

الکترونگاتیوی: نافلزها (۲ ← ۴) < فلزها (۰/۷ ← ۲)

نکته! الکترونگاتیوی در گازهای نجیب تعریف نمی شود. (زیرا پیوند نمی دهند).

اعداد الکترونگاتیوی: به طور نسبی توسط پولینگ ارائه شد.

الکتروپوزیتیوی: بر عکس الکترونگاتیوی است.

فلزها الکترون از دست می دهند ← هر چه الکتروپوزیتیوی بیشتر باشد فعال ترند.

نافلزها الکترون می گیرند ← هر چه الکترونگاتیوی بیشتر باشد فعال ترند.

فعال ترین فلز: Fr, Cs فعال ترین نافلز: F

نکته! هر چه الکترونگاتیوی بیشتر باشد خصلت نافلزی بیشتر است و هرچه کمتر باشد خصلت فلزی بیشتر است.

تست: کدام گزینه نادرست است؟

(۱) بیشترین انرژی نخستین یونش را هلیوم دارد.

(۲) فعالیت شیمیایی در جدول از چپ به راست افزایش می یابد.

(۳) خصلت نافلزی از بالا به پایین کاهش می یابد.

(۴) کمترین شعاع اتمی را هیدروژن دارد.

یادداشت:

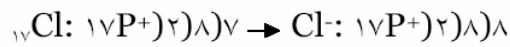
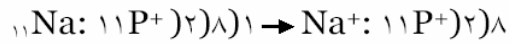
فصل سوم

ترکیب های یونی

فصل سوم: پیوند یونی (الکترووالانسی)

پیوندی است میان یک فلز و یک نافلز که در آن فلز الکترون های ظرفیت خود را به نافلز می دهد.
(پیوندی است میان یک کاتیون و یک آنیون)

مثال :



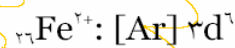
قاعده هشتایی (اکتت)

اساس برقراری پیوند در عناصر، رسیدن به آرایش هشتایی در لایه ظرفیت است.

(این قاعده استثنا دارد. مثل: B, Be, H, Li)

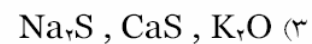
[He] آرایش گاز نجیب هست، اما هشتایی نیست. هلیوم تنها گازنجیبی است که هشتایی نیست، پس رسیدن به آرایش گاز نجیب با هشتایی شدن فرق دارد.

یا مثل: عناصر واسطه (بجز Sc) و ...

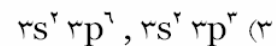
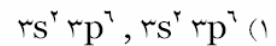


به آرایش گاز نجیب نمی رسند.

تست: در کدام گزینه همه ی گونه ها پیوند یونی دارند؟



تست: آرایش الکترونی لایه ی خارجی آنیون و کاتیون در کلسیم فسفید به ترتیب از راست به چپ به کدام صورت است ؟



نکته ! یونهایی از یک عنصر را که در طبیعت وجود دارند، بونهای متداول می گوئیم. اما یونهایی که آرایش الکترونی آنها پایدار است یون پایدار می نامیم. (آرایش پایدار یعنی آرایش گاز نجیب، یا d^0 یا d^10) هر یون متداولی لزوماً پایدار نیست.

یادداشت:

در فلزها با از دست دادن حداکثر ۳ الکترون و در نافلزها با گرفتن حداکثر ۳ الکترون اگر به آرایش پایدار رسیدیم یون پایدار داریم وگرنه عنصر، یون پایدار ندارد.

مثال: آرایش الکترونی یونهای Cu^+ و Cu^{2+} را رسم نمایید. کدام یون پایدارتر است؟ چرا؟

تست: کدام آرایش الکترونی زیر را می توان به یک یون دو بار منفی پایدار نسبت داد؟



مثال: آرایش الکترونی عنصر X به $1s^2 3d^1 4s^2$ و آرایش الکترونی عنصر Y به $1s^2 3d^0 4s^2$ ختم می شود. پایدارترین یون حاصل از این دو عنصر را معین کنید.

شبکه بلوری:

ساختاری منظم که از کنار هم چیدن ذرات تشکیل دهنده ی یک جسم در سه بعد حاصل می شود.

(شبکه بلور یونی: شبکه است منظم که از کنار هم چیدن یونها در سه بعد به وجود می آید.)

سلول واحد:

کوچک ترین بخش از یک شبکه بلوری است که از تکرار آن در سه بعد شبکه بلوری حاصل می شود.

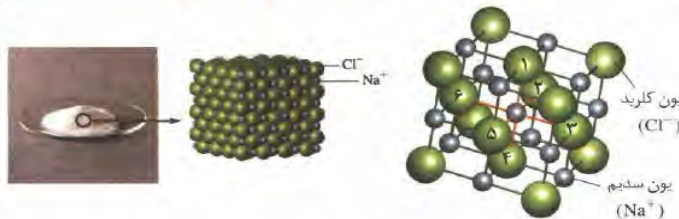
عدد کوئوردیناسیون:

تعداد یونهای با بار مخالف که اطراف یک یون را در شبکه بلور یونی احاطه می کنند.

(به عنوان مثال عدد کوئوردیناسیون در NaCl ، برابر ۶ و در CsCl ، برابر ۸ است)

سلول واحد طوری انتخاب می شود که در مرکز آن کاتیون قرار گرفته باشد.

در سلول واحد نمک طعام محل قرار گرفتن یونهای سدیم در مرکز مکعب و وسط یالهاست و محل قرار گرفتن یونهای کلرید در رؤوس مکعب و مرکز وجوه است.



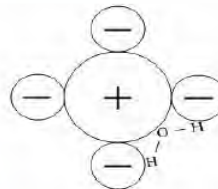
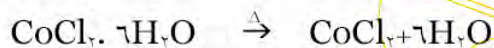
یادداشت:

خواص شبکه ی بلور یونی:

۱. داشتن نقطه ی ذوب و جوش نسبتاً زیاد:
۲. استحکام بلوری نسبتاً زیاد:
۳. نارسانای الکتریکی بودن در حالت جامد:
۴. رسانای الکتریکی بودن در حالت مذاب یا محلول:
۵. شکستن در اثر ضربه:

نمکهای متبلور (آبدار):

در شبکه ی بلوری برخی نمکها شعاع کاتیونها و آنیونها به گونه ای است که بین آنها فضاهای خالی نسبتاً زیادی به وجود می آید که این فضاها توسط تعداد معینی مولکول آب پر می شود. به این نمکها نمک متبلور (آبدار) و به این مولکولهای آب، آب تبلور گفته می شود. در اثر حرارت دادن این نمکها، آب تبلور از ساختمان آنها خارج شده، نمک بی آب پدید می آید. تعداد مولهای آب تبلور موجود در یک مول شبکه را عدد آب تبلور می نامند:

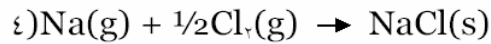
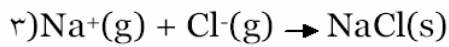
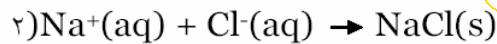


تبلور

یادداشت:

انرژی شبکه:

انرژی حاصل از تشکیل ۱ مول شبکه بلوری جامد از یونهای سازنده ی گازی شکل آن.
تست: در کدام گزینه انرژی مبادله شده، انرژی شبکه نمک طعام را نشان می دهد؟



نکته! هر چه انرژی شبکه بیشتر باشد، انرژی لازم برای بر هم زدن شبکه بیشتر است در نتیجه نقطه ذوب و جوش ماده بیشتر خواهد بود.

انرژی شبکه به چه عواملی بستگی دارد؟

۱- بار یونها: هر چه اندازه ی بار یونها بیشتر باشد انرژی شبکه بیشتر است.

۲- شعاع یونها: هر چه شعاع یونها کمتر باشد انرژی شبکه بیشتر است.

انرژی شبکه با چگالی بار یونها (حجم بار) نسبت مستقیم دارد.

مثال: در هر یک از موارد زیر معین کنید انرژی شبکه کدام ترکیب بیشتر است.



تست: نقطه ذوب و جوش کدام ترکیب زیر از همه بیشتر است؟



تست: کدام مقایسه در مورد انرژی شبکه درست نشان داده شده است؟



تست: در کدام گزینه انرژی شبکه بیشتر است؟



یادداشت:

فرمول نویسی و نامگذاری:

قواعد فرمول نویسی:

- ۱- عنصر دارای الکترونگاتیوی کمتر سمت چپ و عنصر دارای الکترونگاتیوی بیشتر سمت راست نوشته می شود. (به جز NH_3 و CH_4)
 در ترکیب فلز و نافلز: فلز همیشه سمت چپ و نافلز سمت راست قرار می گیرد.
 در ترکیبات یونی: کاتیون سمت چپ و آنیون سمت راست قرار می گیرد.
 هیدروژن در ترکیب با نافلزها سمت چپ (به جز CH_4 و NH_3 و هم گروهیهای آنها) و در ترکیب با فلزها سمت راست نوشته می شود. مثل NaH و HCl
 ۲- ظرفیت هر عنصر را ضریب عنصر دیگر قرار می دهیم.
 ۳- در صورت ساده شدن این ضرایب را ساده کرده و از نوشتن عدد ۱ خودداری می کنیم.

مثال:

الف) O, Al : ب) Si, F :

پ) O, N : ت) H, Cl :

نکته! نافلز دارای ظرفیتهای متفاوت اگر سمت راست قرار گیرد کمترین ظرفیت آنرا در نظر می گیریم اما اگر سمت چپ قرار گیرد تک تک ظرفیتهای آن باید منظور شود.

مثال:

الف) Ca , PO_4^{3-} :ب) K_2O , O_2^{2-} :پ) Zn , SO_4^{2-} :

تست: عددهای اتمی عنصر های A و B به ترتیب ۱۹ و ۳۵ است. فرمول ماده ای که از ترکیب آنها حاصل میشود کدام است ؟

AB (۴) A_۲B (۳) A_۲B (۲) AB_۲ (۱)

نکته! بیشترین ظرفیت یک گروه، شماره ی گروه و کمترین ظرفیت آن، فاصله تا گاز نجیب است.

یادداشت:

دوتایی: ۱- فلزو نافلز ۲- نافلز و نافلز

چندتایی: ۳- اسید اکسیژن‌دار ۴- نمک ۵- باز

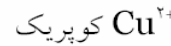
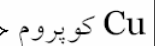
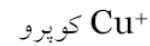
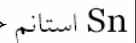
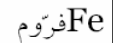
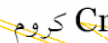
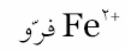
۱- فلز و نافلز: نام فلز (نام کاتیون) + نام نافلز + پسوند "سید" (نام آنیون)

 O^{2-} : یون اکسید Na^+ : یون سدیم S^{2-} : یون سولفید

نکته! اگر فلز دارای ظرفیتهای متعدد باشد، باید به یکی از دو روش زیر ظرفیت آنرا معین کنیم:

۱- با استفاده از اعداد رومی داخل پرانتز پس از نام فلز

۲- با استفاده از پسوند "و" برای ظرفیت کمتر و پسوند "یک" برای ظرفیت بیشتر پس از نام لاتین فلز



۲- نافلز و نافلز:

(تعداد و) نام نافلز سمت چپ + تعداد و نام نافلز سمت راست + پسوند "سید"

۱- منو ۲- دی ۳- تری ۴- تترا ۵- پنتا ۶- هگزا ۷- هپتا ۸- اوکتا ۹- نونا ۱۰- دکا



یادداشت:



نکته! هر ماده ای که در سمت چپ فرمول خود هیدروژن دارد در آب خاصیت اسیدی از خود نشان می دهد. (به جز H_۲O)

نامگذاری هیدراسیدها: (اسیدهای بدون اکسیژن)

لفظ هیدرو + نام نافلز + پسوند "یک" + لفظ اسید.

aq		g
هیدرو کلریک اسید	HCl	هیدروژن کلرید
هیدرو برمیک اسید	HBr	هیدروژن برمید
هیدرو یدیک اسید	HI	هیدروژن یدید
هیدرو فلئوریک اسید	HF	هیدروژن فلئورید
هیدرو سولفوریک اسید	H _۲ S	هیدروژن سولفید

۳- اسیدهای اکسیژندار (اکسی اسیدها):

نام بنیان } ات ← یک
+ لفظ اسید }
یت ← و



۴- نمک:

نام فلز + نام بنیان



یادداشت:

۵- باز(قلیا):

نام فلز + هیدروکسید

سدیم هیدروکسید(سود سوز آور) NaOH ، پتاسیم هیدروکسید(پتاس سوز آور) KOH ،
 کلسیم هیدروکسید (آب آهک) Ca(OH)_2 ، آهن (III) هیدروکسید Fe(OH)_3
 (آهک CaO)

مثال: نام ترکیبات زیر را بنویسید:

 KClO_3 : سدیم سیانید PCl_3 : کلسیم هیدروکسید AgCl : آمونیوم دی کرومات: SF_6 : گوگرد دی اکسید: CuSO_4 : کبالت (II) کلرید : NH_4Br : تمرین: نام هر یک از ترکیبات های زیر را بنویسید : MnO_2 : سدیم سیانید :

کلسیم هیدروکسید:

آمونیم دی کرومات:

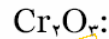
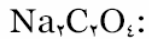
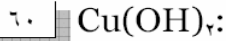
گوگرد دی اکسید:

کبالت (II) کلرید :

تمرین: نام هر یک از ترکیب های زیر را بنویسید :

 NaNO_2 : AlPO_4 : NaHSO_4 : $\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$: Mg(OH)_2 : KClO_3 : SnCrO_4 : Na_2HPO_4 : BaMnO_4 : Mn(OH)_2 : $\text{Mg(NO}_3)_2$: $\text{Ca(MnO}_4)_2$:

یادداشت:



تمرین: فرمول شیمیایی ترکیبات زیر را بنویسید:

منیزیم سولفات:

پتاسیم نیترات:

پتاسیم سیلیکات:

آهن (III) هیدروکسید:

باریم پراکسید:

پتاسیم کربنات:

قلع (IV) پیرمات:

سرب (II) برمید:

آمونیم فسفات:

منیزیم هیدروژن سولفیت:

لیتیم هیدروکسید:

نقره تیوسیانات:

منیزیم سولفید:

سدیم هیدروژن فسفات:

روی منگنات:

منگنز (II) کلرید:

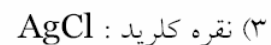
سدیم سیانید:

آهن (II) پرکلرات:

کروم (III) سولفات:

پتاسیم سوپر اکسید:

مثال: در فرمول نویسی ها و نامگذاری های زیر دو غلط وجود دارد. آن دو را پیدا کرده و اصلاح نمایید.



تست: آخرین تراز انرژی عنصری به np^1 ختم می شود. فرمول اکسید این عنصر کدام ترکیب زیر است؟



تست: عنصر X درخانه ی شماره ۵۰ جدول تناوبی جای دارد. فرمول سولفات این عنصر با بالاترین ظرفیت

آن کدام است؟



یادداشت:



تست: آرایش الکترونی عنصر A به صورت $[\text{Ne}]3s^2 3p^3$ و عنصر B به صورت $[\text{Ar}]4s^2$ است. فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از این دو عنصر کدام است؟



عدد اکسایش:

تعداد الکترونی است که یک اتم از دست داده است

اکسایش: از دست دادن الکترون (Oxidation)

کاهش: گرفتن الکترون (Reduction)

قواعد بدست آوردن اکسایش:

- عدد اکسایش عنصر دارای الکترونگاتیوی بیشتر، منفی و عنصر دارای الکترونگاتیوی کمتر، مثبت است.
- در یک مولکول خنثی جمع جبری (با علامت) اعداد اکسایش برابر صفر است.
- در یون ها جمع جبری اعداد اکسایش برابر بار یون است.

نکات:

۱. عدد اکسایش فلورین در ترکیبات آن همواره ۱- است.

۲. عدد اکسایش اکسیژن اغلب در ترکیبات آن ۲- است.

موارد استثنا: ۱. در ترکیب با فلورین OF_2 و O_2F_2

۲. در پروکسیدها (O_2^{2-})

۳. در سوپراکسیدها (O_2^-)

۳. عدد اکسایش فلزها در ترکیبات آنها همواره مثبت است و برابر ظرفیت آنهاست.

گروه ۱: +۱، گروه ۲: +۲، Al : +۳، $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$: +۲

۴. عدد اکسایش هیدروژن در ترکیب با نافلزها +۱ و در ترکیب با فلزها ۱- است.

(زیرا: نافلز < الکترونگاتیوی < H < فلز)

۵. در مولکول ساده (از یک نوع اتم ساخته شده است) عدد اکسایش برابر صفر است.

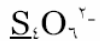
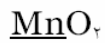
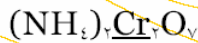
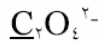
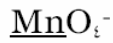
$\text{Mg } x=0$ ، $\text{P}_4 \quad 4x=0$ ، $\text{O}_3 \quad 3x=0$ ، $\text{F}_2 \quad 2x=0$

۶. در یونهای تک اتمی عدد اکسایش همان بار یون است.

$\text{O}^{2-} \quad x=-2$ ، $\text{Na}^+ \quad x=+1$ ، $\text{Al}^{3+} \quad x=+3$

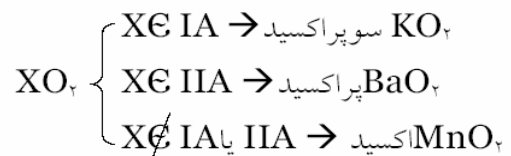
یادداشت:

مثال : عدد اکسایش هر یک از اتم ها که زیر آنها خط کشیده شده است را معلوم کنید :

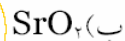


پراکسیدها و سوپراکسیدها فقط در گروه ۱ و ۲ بوجود می آیند.

	اکسید (O^{2-})	پراکسید (O_2^{2-})	سوپراکسید (O_2^-)
گروه ۱	X_2O	X_2O_2	XO_2
گروه ۲	XO	XO_2	—



تست: کدام یک از موارد زیر پراکسید است؟



(۴) ج و د

(۳) فقط الف

(۲) فقط ب

(۱) الف و ب

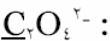
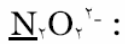
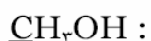
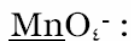
یادداشت:

نکته! در برخی نافلزها که ظرفیتهای متعدد دارند می توان نام ترکیبات آنها را با استفاده از عدد اکسایش

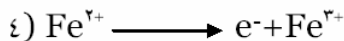
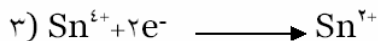
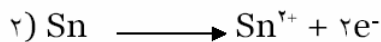
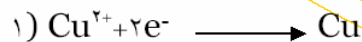
بیان نمود:

فسفر (III) کلرید	PCl_3	فسفر تری کلرید
فسفر (V) کلرید	PCl_5	فسفر پنتا کلرید
کربن (II) اکسید	CO	کربن مونوآکسید
کربن (IV) اکسید	CO_2	کربن دی اکسید

تمرین: عدد اکسایش عناصر معین شده را بدست آورید:



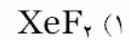
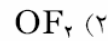
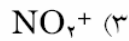
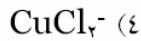
مثال: معین کنید هر یک از نیم واکنش های زیر اکسایش یا کاهش است؟



یادداشت:

۶۴

تست: در کدام گزینه عدد اکسایش اتم مرکزی "+۱" است؟



تست: عدد اکسایش اکسیژن در OF_۲ کدام است؟

+۱ (۴)

-۱ (۳)

-۲ (۲)

+۲ (۱)

تست: در کدام دو ترکیب زیر درجه ی اکسایش کربن یکسان است؟



(۴) ب و د

(۳) الف و ج

(۲) ج و د

(۱) الف و ب

تست: در کدام مورد عدد اکسایش اتم مرکزی با عدد اکسایش کروم در Cr_۲O_۷^{۲-} یکسان است؟

(۴) کرومات

(۳) نیترات

(۲) پیکرات

(۱) فسفات

تست: عدد اکسایش کربن در مولکول کربن مونوکسید کدام است؟

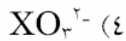
+۲ (۴)

-۴ (۳)

-۲ (۲)

+۴ (۱)

تست: در کدام ترکیب زیر X به گروه هفتم اصلی تعلق ندارد؟

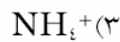


نکته ! بیشترین و کمترین عدد اکسایش ممکن برای یک گروه:

تست: عدد اکسایش اکسیژن در کدام گزینه برابر $-\frac{1}{2}$ است؟



تست: عدد اکسایش نیتروژن در کدام گزینه کمترین مقدار است؟



یادداشت:

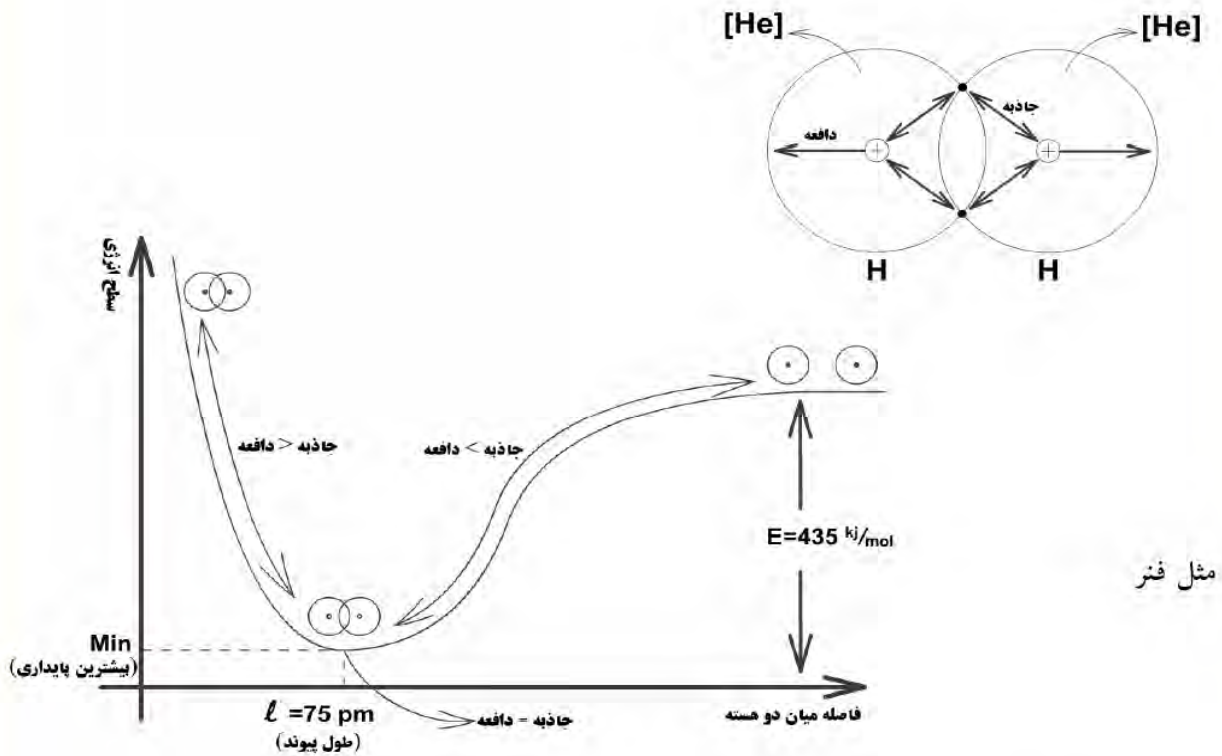
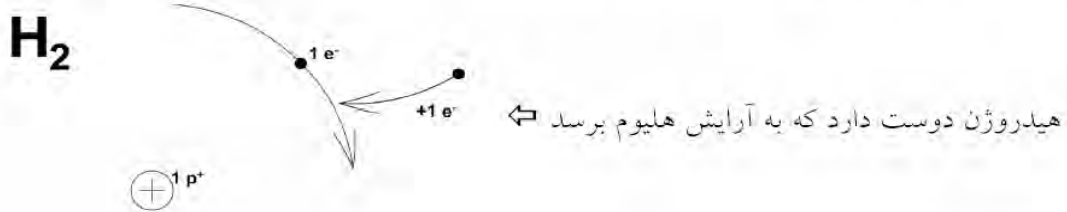
فصل چهارم

ترکیب های کرواالسی

شیمی ۲

فصل چهارم : پیوند کووالانسی (اشتراکی)

پیوندی است میان دو نافلز که در آن الکترون های ظرفیت خود را به اشتراک می گذارند .



طول پیوند (l) : فاصله تعادلی میان دو هسته را گویند در حالتی که اتم ها با هم پیوند داده اند .

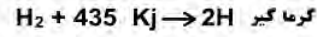
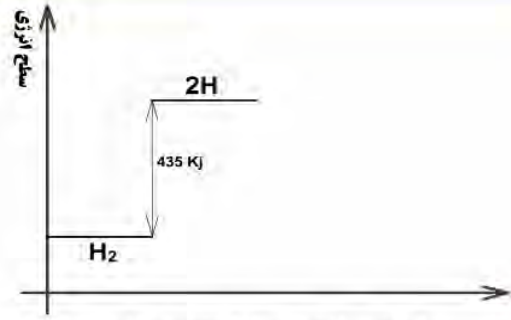
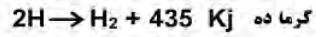
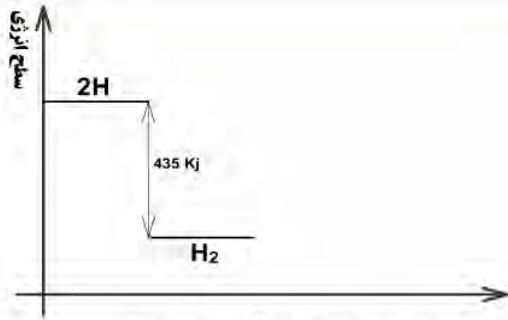
انرژی پیوند : انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند را گویند .

نکته ! شکستن پیوند همواره گرماگیر (انرژی گیر) و تشکیل پیوند همواره گرماده (انرژی ده) است .

یادآوری : هر مول به تعداد عدد آووگادرو ذره است . (6.02×10^{23} = عدد آووگادرو)

شیمی ۲

یادداشت:



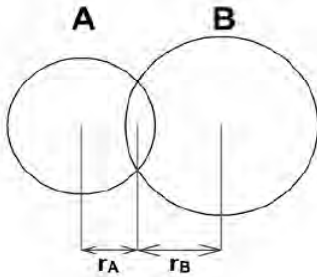
نکته! انرژی پیوند با طول پیوند رابطه عکس دارد.

شعاع اتمی (کووالانسی) : (r_c)

نصف طول پیوند میان دو اتم یکسان. (نصف فاصله میان هسته های دو اتم یکسان که با هم پیوند اشتراکی داده اند.)

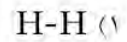
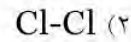
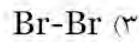
$$r_c = l/2$$

اگر اتم ها متفاوت باشند:

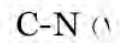
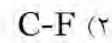
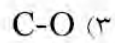


$$l_{AB} = r_A + r_B$$

تست: در کدام گزینه طول پیوند بزرگ تر است؟



تست: در کدام گزینه طول پیوند کم تر است؟



شیمی ۲

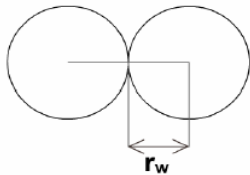
یادداشت:

مثال : اگر طول پیوند A-B برابر ۲۴۶ pm طول پیوند A-A برابر ۲۱۲ pm باشد ؛ طول پیوند B-B چند pm است ؟

نکته ! گازهای نجیب پیوند نمی دهند در نتیجه برای آنها شعاع کووالانسی تعریف نمی شود .

شعاع واندروالسی : (r_w)

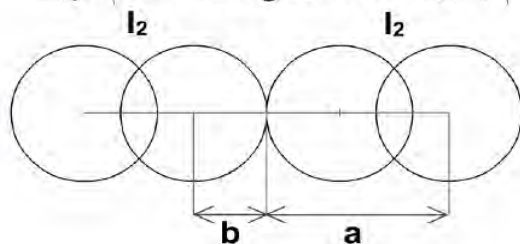
نصف فاصله ی میان هسته های دو اتم یکسان که مماس یکدیگرند. فقط برای گازهای نجیب از این شعاع استفاده می کنیم و در اتم های دیگر منظور از شعاع اتمی، شعاع های کووالانسی است ، زیرا ثابت است.



تست: در کدام گزینه شعاع واندروالسی همان مفهوم شعاع اتمی را دارد ؟

(۱) نئون (۲) فلورئور (۳) فسفر (۴) اکسیژن

تست: در شکل مقابل که دو مولکول ید را در حالتی که به هم چسبیده اند، نشان می دهد ؛ کدام گزینه



نمایشگر شعاع اتمی ید است ؟

$$\begin{array}{ll} \frac{a+b}{2} \text{ (۲)} & a-2b \text{ (۱)} \\ \frac{a-b}{2} \text{ (۴)} & \frac{a-b}{2} \text{ (۳)} \end{array}$$

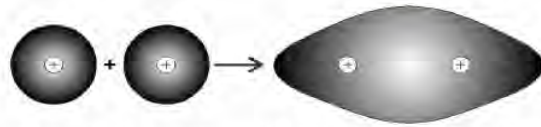
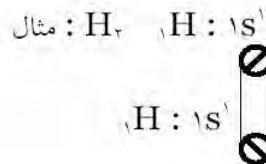
مدل های نمایش پیوند کووالانسی :

۱. مدل اوربیتالی
۲. مدل الکترون- نقطه ای
۳. مدل خطی یا ساختاری
۴. مدل لوئیس

شیمی ۲

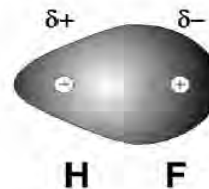
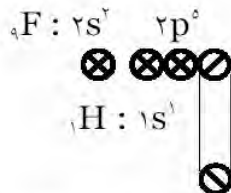
یادداشت:

۱. مدل اوربیتالی: در این مدل آرایش اوربیتالی اتم ها را رسم کرده، اوربیتال های تک الکترونی آنها را با اسپین مخالف با هم به اشتراک می گذاریم.

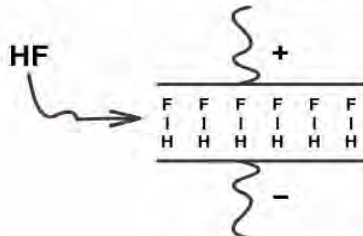


احتمال حضور الکترون های پیوند در فضای میان دو هسته بیشتر از جاهای دیگر است.

مثال: HF



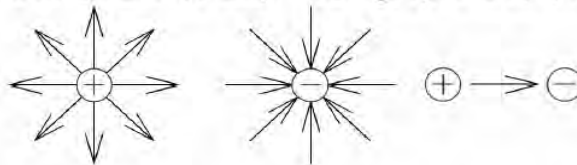
احتمال حضور الکترون های پیوندی در اطراف F بیش تر از H است. (زیرا الکترونگاتیوی F بیشتر است) در نتیجه ابر الکترونی نامتقارن است.



δ : بار الکتریکی جزئی

قطبی: پیوندی است میان دو اتم با اختلاف الکترونگاتیوی قابل ملاحظه.
 (ابر الکترونی نامتقارن است)
 ناقطبی: پیوندی است میان دو اتم با اختلاف الکترونگاتیوی ناچیز.
 (ابر الکترونی متقارن است)

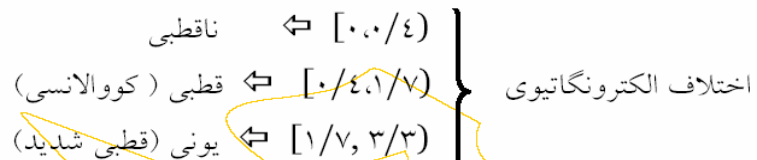
در فیزیک، جهت بردار میدان الکتریکی جهت حرکت بار مثبت در میدان الکتریکی است.



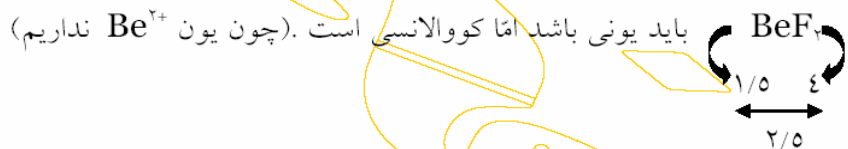
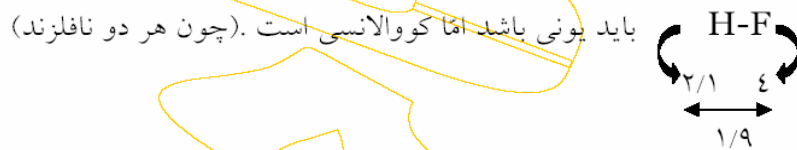
در شیمی نیز برای دو قطبی الکتریکی بردار تعریف می شود از قطب + به قطب - به این بردار، بردار قطبیت پیوند گفته می شود.

شیمی ۲

یادداشت:



در این اعداد استثناهایی هم دیده می شود، مثل:



نکات !

- پیوند نافلز و نافلز همواره کووالانسی است. (حتی اگر اختلاف الکترونگاتیوی آنها زیاد باشد).
- پیوند فلز و نافلز یونی است مگر در موارد زیر:
 - Be تنها فلزی است که تمامی پیوندهای آن کووالانسی است
 - فلزهای آمفوتر (سارق) فقط با O، F و N پیوند یونی می دهند و پیوند آنها با سایر نافلزها کووالانسی است.
 - AlCl₃ کووالانسی است اما AlF₃ یونی است.

تست: با توجه به اطلاعات داده شده کدام ماده دارای پیوند قطبی تر است؟

الکترونگاتیوی	۴	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{5}$	OF ₂ (۲)	CH ₄ (۱)
عنصر	F	H	O	C	H ₂ O (۴)	HF (۳)

نکته! هر چه اختلاف الکترونگاتیوی بیشتر باشد اصطلاحاً می گویند خصلت یونی پیوند بیشتر است و هر چه کمتر باشد خصلت کووالانسی آن بیشتر است.

تست: در کدام گزینه خصلت یونی پیوند بیشتر است؟



شیمی ۲

یادداشت:

تست: در کدام ترکیب خصلت یونی پیوند از همه بیشتر است؟

LiI (۴)

RbF (۳)

KBr (۲)

NaCl (۱)

مثال: کدام پیوند قطبی تر است؟

S-F یا O-F (ب)

N-O یا C-O (الف)

مثال: با توجه به الکترونگاتیوی عناصر H, O, F از مولکول های زیر کدامیک پیوندشان قطبی تر است؟

آنها را به ترتیب قطبیت مرتب کنید: HF, H₂O, OF₂ و H₂

مثال: در هر مورد پیوند قطبی تر را مشخص کنید:

C-N, C-Cl (ج)

P-Br, S-Br (ب)

S-Cl, S-F (الف)

تست: قطبیت پیوند میان اکسیژن با کدام عنصر بیشتر است؟

¹⁷Cl (۴)¹⁵P (۳)⁹F (۲)⁷N (۱)

تست: بر اساس تفاوت الکترونگاتیوی عناصرها، کدام پیوند زیر قطبی تر است؟

P-H (۴)

N-O (۳)

Be-F (۲)

N-F (۱)

تست: بر اساس تفاوت الکترونگاتیوی، قطبیت کدام پیوند بیشتر است؟

P-H (۴)

C-Cl (۳)

N-H (۲)

O-F (۱)

۲. مدل الکترون - نقطه ای: در این مدل الکترون های ظرفیت اتم ها را به صورت نقطه در اطراف نماد

شیمیایی آنها نمایش می دهیم:



جفت الکترون (الکترون جفت نشده یا منفرد) ← تک الکترون (الکترون جفت نشده یا منفرد)

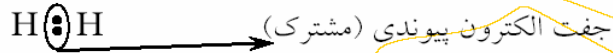
- برای رسم مدل الکترون - نقطه ای باید شماره ی گروه عناصر را بلد باشیم.

- مدل الکترون - نقطه ای در اصل خلاصه ای از مدل اوربیتالی است .

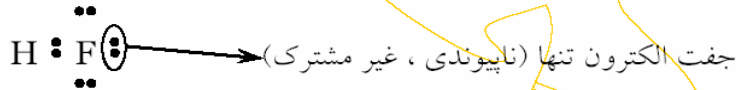


در این مدل، اتم ها تک الکترون های خود را به اشتراک می گذارند :

مثال : H_2



HF



۳. مدل خطی یا ساختاری : در این مدل هر جفت الکترون پیوندی را با یک خط نشان می دهند .

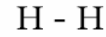
مثال : H_2



۴. مدل لوئیس : این مدل در اصل تلفیقی از مدل الکترون نقطه ای و خطی است .

پیوندها \leftarrow مدل خطی + مدل نقطه ای \Rightarrow الکترون های تنها

مثال : H_2



تفاوت مدل لوئیس و مدل ساختاری در رسم الکترون های تنها است .

مثال : مدل های نمایش پیوند را در موارد زیر بررسی کنید :

الف) SF_2 :

ب) O_2 :

ج) N_2 :

نکته! چندگانه بودن پیوند را مرتبه ی پیوند میگویند. مثلاً در پیوند دوگانه مرتبه ی پیوند ۲ است.

شیمی ۲

یادداشت:

چگونگی رسم ساختار لوئیس :

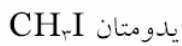
۱. در ساختار لوئیس باید مدل الکترون - نقطه ای عناصر را بلد باشیم (شماره ی گروه). در این مدل تک الکترون ها را به صورت دست در نظر می گیریم. در یک ساختار، اتم ها طوری با یکدیگر دست می دهند که دستی اضافه نیاید.

مثال:



اتم مرکزی : اتمی است که در مرکز ساختار قرار گرفته ، سایر اتم ها به آن متصل می شوند .

نکته ! اتم مرکزی اتمی است که کمترین تعداد و بیشترین ظرفیت را داشته باشد . (اغلب، اتمی که الکترونگاتیوی کمتری دارد .)



در رسم ساختار لوئیس رعایت کردن زوایا اصل نیست.



شیمی ۲

یادداشت:

۷۴

۲. اگر ظرفیت اتمی از تعداد دست های آن بیشتر بود و اتم مقابل آن هالوژن بود، برانگیخته شده است. برانگیختگی: هر گاه در لایه ی ظرفیت اتمی لاقبل یک اوربیتال کاملاً پر و لاقبل یک اوربیتال کاملاً خالی وجود داشته باشد؛ با صرف اندکی انرژی یک الکترون از اوربیتال کاملاً پر به نزدیک ترین اوربیتال کاملاً خالی منتقل می شود و بدین ترتیب ظرفیت اتم دو واحد افزایش پیدا می کند.



نکته! انرژی لازم برای برانگیختگی توسط اتم مقابل تأمین می شود و این انرژی را فقط هالوژن ها تأمین میکنند.

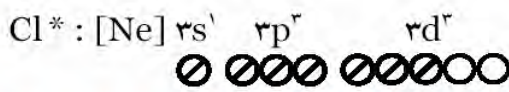
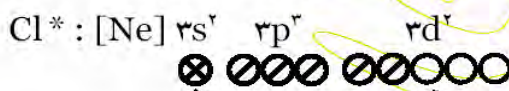
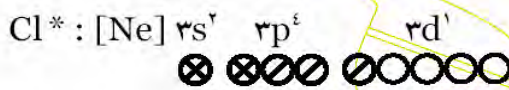
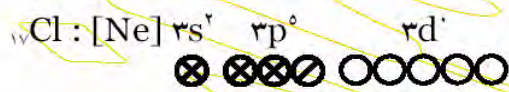


از نظر توان برانگیخته کردن:

۱- داشتن اوربیتال پر و خالی در لایه ی ظرفیت

شرایط برانگیختگی

۲- هالوژن بودن اتم مقابل



شیمی ۲

یادداشت:

.....

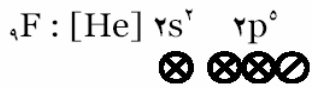
.....

.....

.....

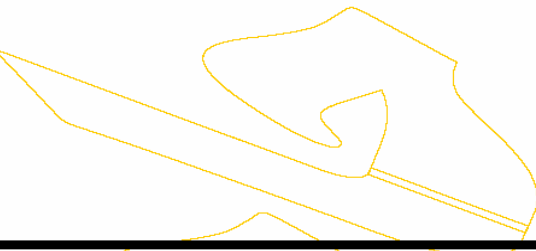
.....

۷۵



ظرفیت فلورین فقط یک است (۲d ندارد)

مثال:



نکته! اتم های برانگیخته شده از قاعده ی ۸ تایی تبعیت نمی کنند .



۳. اگر ظرفیت اتمی از تعداد دست های آن بیشتر بود اما شرایط برانگیختگی را نداشت (اتم مقابل آن هالوژن نبود) پیوند داتیو برقرار کرده است .

Dative Bond

پیوند داتیو (کووالانسی کوئوردینانسی):

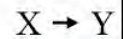
پیوندی است اشتراکی میان دو اتم که در آن یک اتم جفت الکترون تنها و یک اتم اوربیتال کاملاً خالی خود را با هم به اشتراک می گذارند .

نکته! پیوند داتیو را می توان با فلش (پیکان) نمایش داد . جهت فلش از سمت اتم دهنده ی جفت



الکترون به گیرنده ی آن است .

نماد اوربیتال خالی

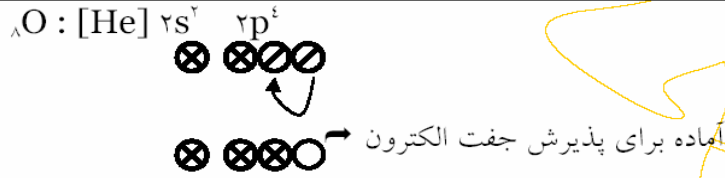


شیمی ۲

یادداشت:

نکته! پیوند داتیو برای اتم دهنده ی جفت الکترون دو ظرفیت به حساب می آید.

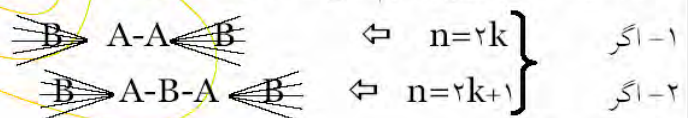
نکته! اکسیژن هیچ گاه اتم مقابل خود را برانگیخته نمی کند بلکه با جفت کردن تک الکترون های خود، یک اوربیتال جهت برقراری پیوند داتیو خالی می کند.



مثال:



نکته! در ساختارهایی با فرم کلی A_2B_n ($n > 1$):



(B ها به تعداد مساوی تقسیم می شوند.)

شیمی ۲

یادداشت:

مثال:



نکته ! در اسیدهای اکسیژن دار همواره هیدروژن اسیدی به O وصل می شود . (و O به اتم مرکزی وصل می شود .)

مثال:



شیمی ۲

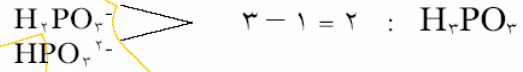
یادداشت:

.....
.....
.....
.....
.....

اسیدهای عوضی : H_2PO_2 و H_2PO_3

فقط دو H اسیدی دارد → فقط یک H اسیدی دارد ←

نکته! در اسیدهای فسفر: تعداد H اسیدی = تعداد O - ۱



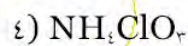
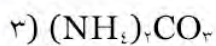
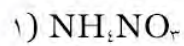
نکته! برای رسم یون ها باید دقت داشته باشیم که بار منفی را به اتم الکترونگاتر و بار مثبت را به اتم الکتروپوزیتو تر نسبت می دهیم.

نکته! در اغلب موارد بار به اتم جانبی می رسد نه اتم مرکزی.

مثال:



تست: در کدام گزینه تعداد پیوند داتیو از سایر گزینه ها بیشتر است؟



نکته! در ترکیبات یونی آنیون ها و کاتیون ها جداگانه رسم می شوند (پیوند یونی رسم نمی شود).

شیمی ۲

یادداشت:

رسم چند مثال استثنایی :

۱. NO و NO_۲: تنها استثناءهای قاعده ی اول :

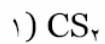
رادیکال آزاد : ترکیباتی که تک الکترون دارند . یعنی آمادگی تشکیل پیوند کووالانسی دارند .

۲. CO : تنها ترکیبی از کربن که در آن کربن برانگیخته نشده است .

۳. CH_۳⁺ و SCN⁻ ، CN⁻ : تنها استثناءهای رسم یون ها .

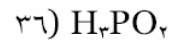
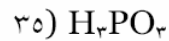
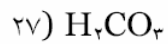
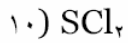
۴. IF_۴⁻ و AlCl_۴⁻ :

تمرین: ساختار لوئیس موارد زیر را رسم کنید :



شیمی ۲

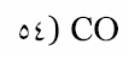
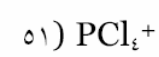
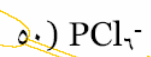
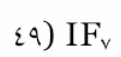
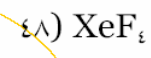
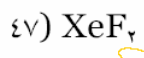
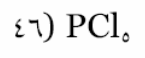
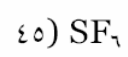
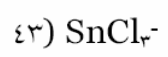
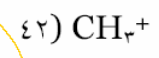
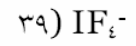
یادداشت:



شیمی ۲

یادداشت:

Four horizontal dotted lines for taking notes.

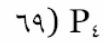
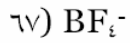
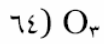
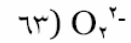
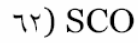
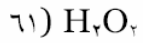


شیمی ۲

یادداشت:

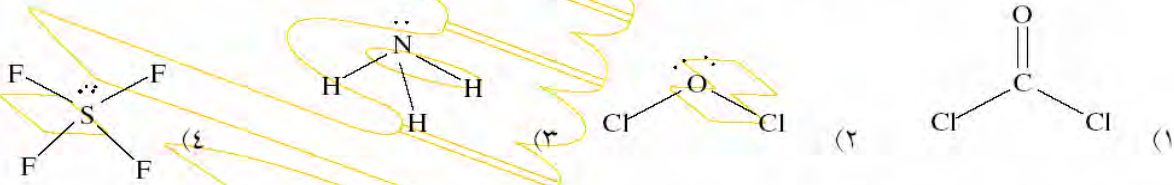
Five horizontal dotted lines for taking notes.

۸۲

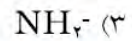
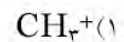


استنهای قاعده ی هشتایی:

تست: در کدام ترکیب ، اتم مرکزی آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره ی خود را ندارد ؟

مثال: در آمونیوم کلرید جامد (NH_4Cl) چه نوع پیوندهایی وجود دارد ؟

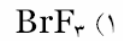
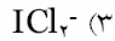
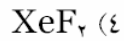
۱۱. تعداد الکترون های پیوندی و ناپیوندی را در گونه های زیر مشخص کنید:



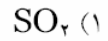
شیمی ۲

یادداشت:

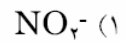
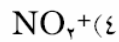
تست: در کدام نمونه ، در لایه ی ظرفیت اتم مرکزی کمتر از پنج جفت الکترون وجود دارد ؟



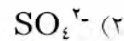
تست: در کدام مولکول ، تعداد جفت الکترون های پیوندی با جفت الکترون های ناپیوندی لایه ی ظرفیت اتم ها برابر است ؟



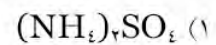
تست: کدام نمونه الکترون منفرد (جفت نشده) دارد ؟



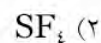
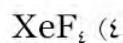
تست: کدام گونه جفت الکترون های ناپیوندی بیشتری دارد ؟



تست: در کدام ترکیب دو پیوند از طریق داتیو تشکیل شده است ؟



تست: تعداد الکترون های ناپیوندی اتم مرکزی در کدام مولکول بیشتر است ؟



شیمی ۲

یادداشت:

نظریه (Valence Shell Electron Pairs Repulsion) VSEPR

(دافعه ی جفت الکترون های لایه ی ظرفیت)

اوربیتال های لایه ی ظرفیت یک اتم به علت دافعه ی الکترون ها نسبت به هم ، حداکثر فاصله ی ممکن را از هم می گیرند .

قلمرو الکترونی : فضای حضور الکترون .

مثال	نام شکل هندسی	شکل ساختاری	زاویه پیوندی	تعداد قلمرو الکترونی
BeF ₂	خطی		۱۸۰°	۲
BCl ₃	مسطح (مثلثی)		۱۲۰°	۳
CH ₄	چهار وجهی (منتظم)		۱۰۹/۵° (۱۰۹°, ۲۸')	۴

نکته ! اگر یکی از قلمروهای الکترونی ، ناپیوندی باشد به علت آزادی حرکت بیشتر، به اوربیتال های پیوندی فشار آورده و زاویه ی پیوندی را کاهش می دهد . تقریباً این کاهش زاویه در مدل سه قلمرویی ۰/۵° و در مدل چهار قلمرویی ۲/۵° است .

مثال:



نکته ! پیوند دوگانه و سه گانه هر یک ، یک قلمرو به حساب می آید . البته از نظر فضای اشغال شده توسط قلمرو :





نکته! از نظر دافعه: پیوندی - پیوندی > تنها - پیوندی > تنها - تنها

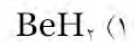
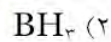
نکته! تعداد قلمرو اتم مرکزی = تعداد اتم جانبی + اوربیتال های ناپیوندی

(ظرفیت در ترکیب) - (شماره گروه اصلی) = تعداد اوربیتال ناپیوندی

مثال: حدود زوایا و نام شکل هندسی را معین کنید.



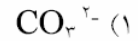
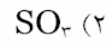
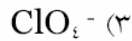
تست: در کدام گزینه اندازه زاویه ی پیوندی از سایر گزینه ها بزرگتر است؟



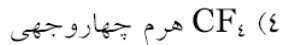
شیمی ۲

یادداشت:

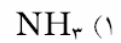
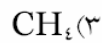
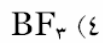
تست: در کدام گزینه ذره ی داده شده دارای ساختار مسطح نیست؟



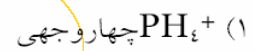
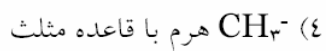
تست: شکل فضایی کدام ذره نادرست است؟



تست: اندازه ی زوایای پیوندی در کدام مولکول بزرگتر است؟



تست: ساختار کدام گزینه درست نوشته نشده است؟



رزونانس:

هرگاه اتمی با دو اتم یکسان پیوندهایی با مرتبه های متفاوت داده باشد، اوربیتالهای پیوندی به گونه ای بین این دو اتم تقسیم می شوند که مرتبه های پیوندی آنها یکسان شود.

مثال:



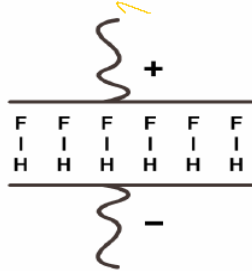
مثال: ساختار لوئیس یون فرمات (HCOO^-) را رسم نموده حدود زوایای پیوندی را در آن معلوم کنید. مرتبه ی پیوند کربن - اکسیژن در این یون چند است؟

شیمی ۲

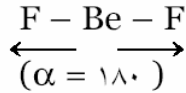
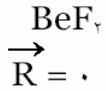
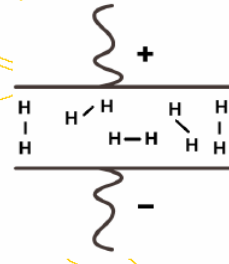
یادداشت:

HF مثل A-B : قطبی } پیوند
 H_۲ مثل A-A : ناقطبی } پیوند

در میدان الکتریکی عکس العمل نشان می دهد:



در میدان الکتریکی عکس العمل نشان نمی دهد



پیوند ها یکسانند پس بردارها برابرند

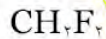
پس در کل ، مولکول ناقطبی است با وجود این که پیوندها قطبی هستند .

نکته ! همواره قطبیت پیوند دلیل بر قطبیت مولکول نیست زیرا ممکن است برآیند بردارها صفر شود .

پس اگر در مولکولی برآیند بردارهای قطبیت صفر شد ، مولکول ناقطبی است و اگر صفر نشد ، قطبی است .



نکته ! برآیند بردارهای قطبیت هنگامی صفر نمی شود که یکی از دو حالت زیر رخ دهد :
 بردارها مساوی نباشند (اتم های جانبی یکسان نباشند)
 زوایا استاندارد نباشند (اتم مرکزی دارای اوربیتال ناپیوندی باشد)



مثال : قطبی یا ناقطبی بودن هر یک از مولکول های زیر را بررسی کنید :



همواره : }
 قطبی = AB
 ناقطبی = A_۲

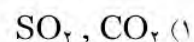
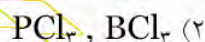
تست: در کدام گزینه ترکیبات داده شده همگی ناقطبی هستند ؟

- ۱) H_۲ , NO , BH_۳
- ۲) SO , SO_۲ , SO_۳
- ۳) CH_۲F_۲ , PCl_۳ , SCl_۲
- ۴) SF_۶ , PCl_۵ , SiF_۴

شماره گروه = ظرفیت ← ناقطبی

شماره گروه ≠ ظرفیت ← قطبی

مثال: در هر مورد قطبیت مولکول های داده شده را با هم مقایسه کنید :



تست: کدامیک از ترکیبات زیر کووالانسی قطبی است ؟



تست: در کدام گزینه ترکیبات همگی قطبی هستند ؟



تست: کدام مولکول غیرقطبی و پیوند آن کووالانسی قطبی است؟

CCl₄ (۴) H₂O (۳) F₂ (۲) HF (۱)

تست: کدام مولکول غیرقطبی است؟

BF₃ (۴) NF₃ (۳) CH₂Cl₂ (۲) H₂O (۱)

تست: کدام دسته از مولکول‌های زیر همگی غیر قطبی اند؟

CH₄, BeCl₂, H₂S, HI (۲) F₂, H₂S, SiH₄, BeCl₂ (۱)

CO₂, BH₃, SiH₄, BeH₂ (۴) I₂, CCl₄, SO₂, CH₄ (۳)

تست: بر اساس تفاوت الکترونگاتیوی، در کدام مولکول زیر اتم گفته شده قطب مثبت پیوند قطبی را

تشکیل میدهد؟

NH₄⁺ در N (۴) OF₂ در F (۳) SO₂ در O (۲) CCl₄ در C (۱)

نیروهای واندروالسی

نیروهای بین مولکولی

پیوند هیدروژنی

الف - نیروهای واندروالسی: هنگامی که دو مولکول به هم نزدیک می‌شوند هسته‌ی هر یک از آن‌ها الکترون‌های دیگری را جذب می‌کند و این جاذبه‌ی بوجود آمده میان هسته و الکترون‌ها سبب می‌شود که مولکول‌ها کنار هم قرار بگیرند. به این نیرو، لاندون می‌گویند. حال اگر مولکول‌ها قطبی باشند، علاوه بر نیروی لاندون نیروی جاذبه‌ی میان قطب‌های مثبت و منفی آن‌ها بوجود می‌آید (که به این نیرو، کیسوم می‌گویند). مجموعه‌ی نیروهای بین مولکولی در مولکول‌های قطبی و ناقطبی را نیروهای واندروالسی می‌گویند.

نکته! هرچه مولکول سنگینتر باشد تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های آن بیشتر بوده، جاذبه‌ی بین آنها و در نتیجه نیروی لاندون بوجود آمده بین آنها قویتر می‌شود.

شیمی ۲

یادداشت:

مثال: در هر مورد ترکیبات داده شده را به ترتیب نقطه ی ذوب و جوش مرتب کنید:

الف) F_2, Br_2, Cl_2, I_2

ب) $SiH_4, CH_4, SnH_4, GeH_4$

مثال: نمودار نقطه ی جوش ترکیبات هیدروژندار گروههای ۴ و ۵ و ۶ و ۷ را رسم نمایید:

پیوند هیدروژنی:

هرگاه هیدروژن به یکی از سه عنصر N, O, F متصل شده باشد توان برقراری نیروی جاذبه ی ویژه ای موسوم به پیوند هیدروژنی را دارد. چگالی بار بسیار شدید بوجود آمده روی هیدروژن علت قدرت ویژه ی این نیروی بین مولکولی است.

نکته! از نظر قدرت: پیوند کووالانسی < پیوند هیدروژنی < نیروهای واندروالسی

نکته! از نظر قدرت: $H...F > H...O > H...N$

مثال: با اینکه پیوند هیدروژنی در HF قویتر از H_2O است نقطه ی ذوب و جوش H_2O بیشتر از HF است. علت را بررسی کنید:

شیمی ۲

یادداشت:

جامد کووالانسی

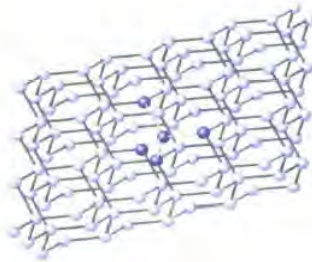
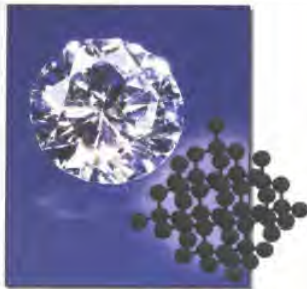
جامد مولکولی

شبکه های بوجود آمده در پیوند کووالانسی

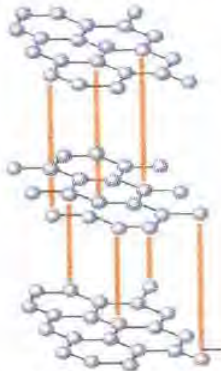
الف - شبکه ی کووالانسی (مشبک): در این شبکه ها واحدهای سازنده ی شبکه، اتم ها هستند که همگی با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل شده اند. از این رو شبکه های بسیار محکمی هستند که نقطه ی ذوب و جوش بسیار زیادی دارند اما فاصله ی بین دمای ذوب و جوش آن ها غالباً کم است به طوری که برخی از آن ها تصعید می شوند؛ رسانای جریان برق نیستند (به جز گرافیت) و در اثر ضربه می شکنند.
مثل الماس (C) و گرافیت (C)

نکته! اشکال مختلف یک عنصر را در طبیعت آلوتروپ می نامند. مثال دیگر: $O_2(g)$ و $O_3(g)$.

الماس (C):



گرافیت (C): ساختار لایه لایه دارد.



الکترون چهارم کربن ها به صورت الکترون آزاد بین لایه ها قرار می گیرد. (علت رسانایی گرافیت) بین لایه ها نیروی واندروالسی وجود دارد که به علت ضعیف بودن این نیروها، این لایه ها روی هم می لغزند (علت استفاده در مغز مداد) الماس از گرافیت سخت تر است اما گرافیت پایدارتر است.

نکته! پیوند کربن - کربن در گرافیت محکمتر از الماس است و طول پیوند کمتری دارد.

شیمی ۲

یادداشت:

ب - شبکه ی مولکولی : در این جامدات، واحدهای سازنده ی شبکه، مولکول ها هستند که با نیروهای بین مولکولی به هم متصل می شوند. به علت ضعیف بودن این نیروها، شبکه های محکمی نداشته، نقطه ی ذوب و جوش آن ها غالباً بسیار کم است. تفاوت بین نقطه ی ذوب و جوش آن ها نیز کم است به طوری که برخی از آن ها تصعید می شوند. مثل ید و نفتالن. این ترکیبات رسانای جریان برق نیستند و در اثر ضربه می شکنند (مثل یخ) برای بررسی نقطه ی ذوب و جوش این دسته از مواد به ترتیب اولویت، موارد زیر را بررسی می کنیم:

۱. پیوند هیدروژنی: $H_2O > HF > NH_3$

۲. قطبیت مولکول: قطبی < ناقطبی

۳. جرم مولکولی: هر چه مولکول سنگین تر باشد نقطه ی ذوب و جوش آن بیشتر است.

تست: نقطه ی ذوب در کدام گزینه کمتر است؟

H_2Te (۴) H_2Se (۳) H_2S (۲) H_2O (۱)

تست: نیروی لاندون در کدام گزینه بیشتر است؟

HI (۴) HBr (۳) HCl (۲) HF (۱)

تست: در کدام گزینه شبکه ی بلوری در حالت جامد با سایر گزینه ها تفاوت دارد؟

(۱) کربن دی اکسید (۲) ید (۳) گرافیت (۴) فسفر سفید

تست: کدام ماده در حالت جامد رسانای جریان برق است؟

(۱) سدیم کلرید (۲) مس (۳) یخ (۴) الماس

تست: در کدام گزینه در حالت جامد نیروی بین اتمها صرفاً از نوع لاندون است؟

(۱) ید (۲) یخ (۳) آرگون (۴) گوگرد دی اکسید

تست: در کدام گزینه در حالت جامد نیروی بین ذرات در شبکه به طور عمده نیروی دوقطبی - دوقطبی

است؟

(۱) آب (۲) گرافیت (۳) کربن مونوکسید (۴) گوگرد

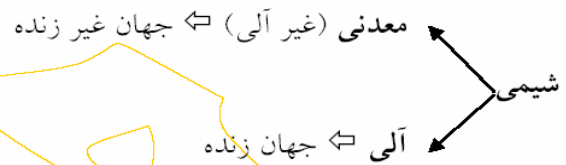
نکته! ترکیبات آلی همگی جزو مواد مولکولی هستند.

فصل پنجم

کرین و ترکیب های آبی

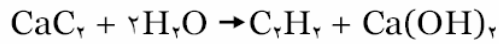
شیمی ۲

فصل پنجم: شیمی آلی (Organic-Chemistry)



تعریف قدیمی: شیمی ترکیباتی که فقط در اندام جانداران ساخته می شوند. (در آزمایشگاه نمی توان تهیه کرد) خصوصیت مشترک این ترکیبات این بود که همگی کربن داشتند البته هر ترکیب کربن داری آلی نیست مانند CO و CO₂.

دانشمندی به نام **وهرل (ولر)** استیلن و او را در آزمایشگاه تهیه کرد:

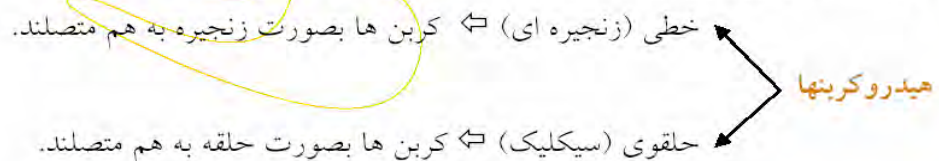


ولر کلسیم کابید را کشف کرد. او این ترکیب را از حرارت دادن کربن در مجاورت آلیاژی از روی و کلسیم بدست آورد. با توجه به اینکه از استیلن تعداد زیادی از ترکیبات آلی را می توان تهیه کرد، پلی میان ترکیبات معدنی و آلی زده شد.

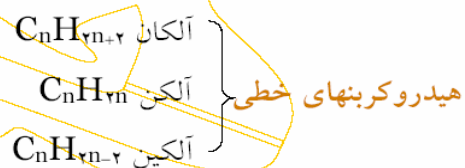
تعریف جدید: شیمی ترکیبات کربن (بجز CO و CO₂ و ...)

عناصر موجود در شیمی آلی محدودند به ترتیب اولویت:

- ۱- کربن
 - ۲- هیدروژن
 - ۳- اکسیژن
 - ۴- نیتروژن
 - ۵- هالوژنها، گوگرد، فسفر و ... که به ندرت در ترکیبات آلی وجود دارند.
- نکته: از نظر تنوع عناصر ساده ترین ترکیبات آلی، ترکیباتی هستند که فقط کربن و هیدروژن دارند. این ترکیبات را هیدروکربن می نامند.



در فرم خلاصه شده هیدروژن نوشته نشده ، فقط پیوند میان کربنها نمایش داده می شوند.



n= ...	n=۳	n=۲	n=۱	
...	C_3H_8	C_2H_6	CH_4	آلکان
...	C_3H_6	C_2H_4	-	آلکن
...	C_3H_4	C_2H_2	-	آلکین

در آلکان ها همه پیوندها کربن - کربن یگانه است.

در آلکن ها یک پیوند دو گانه ی کربن - کربن وجود دارد.

در آلکین ها یک پیوند سه گانه کربن - کربن وجود دارد.

نامگذاری هیدروکربن های خطی:

تعداد کربن (n) +
 ان (آلکان)
 -ین (آلکن)
 -ین (آلکین)

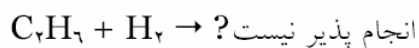
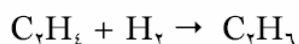
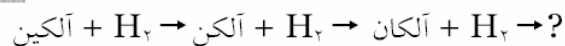
n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	مت	ات	پروپ	بوت	پنت	هگز	هپت	اوکت	نون	دک

مثال:



شیمی ۲

یادداشت:



آلکان ها >> آلکن ها > آلکین ها : از نظر فعالیت شیمیایی

از این رو آلکانها را پارافین به معنی بی میل می نامند.

سیر نشده ← می توان هیدروژندار کرد. (پیوند چندگانه کربن - کربن دارند)

هیدروکربن ها

سیر شده ← نمی توان هیدروژن دار کرد. (همه پیوندها یگانه است)

نکته ! هرگاه از یک آلکان، یک هیدروژن جدا کنیم، رادیکال آزادی حاصل می شود که آنرا آلکیل نامیده با "R-" نشان می دهند.

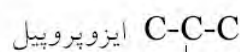
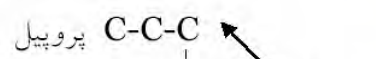
آلکیل → آلکان

متیل CH_3 → $-\text{CH}_3$ متان

اتیل C_2H_5 → $-\text{C}_2\text{H}_5$ اتان

پروپیل C_3H_7 → $-\text{C}_3\text{H}_7$ پروپان

...



ایزومر (همپار): ترکیباتی هستند که فرمول مولکولی آنها یکسان است اما فرمول ساختاری آنها تفاوت دارد.

شیمی ۲

یادداشت:

انواع فرمول:

۱. فرمول تجربی: نوع اتمها و ساده ترین نسبت میان تعداد آنها را نشان می دهد.
۲. فرمول مولکولی: نوع اتمها و تعداد آنها را معین می کند.
۳. فرمول ساختاری: نوع اتمها، تعداد آنها و نحوه ی اتصال آنها به یکدیگر را معین می کند.

نکته! ممکن است ترکیبات متفاوتی فرمول تجربی یکسانی داشته باشند.

مثال:

فرمول مولکولی = n (فرمول تجربی)

مثال: فرمول تجربی ماده ای آلی CH و جرم مولکولی آن برابر ۷۸ است. فرمول مولکولی آن چیست؟

($\text{C}=۱۲, \text{H}=۱$)

مثال: فرمول تجربی ماده ای آلی CH_2O و جرم مولکولی آن برابر ۱۸۰ است. فرمول مولکولی آن چیست؟

($\text{C}=۱۲, \text{O}=۱۶, \text{H}=۱$)

نکته! هیدروکربن ها همگی ناقطبی هستند بنابراین نقطه ذوب و جوش آنها با افزایش جرم افزایش می یابد.

در ایزومرها که جرم مولکولی آنها برابر است، هر چه شاخه فرعی کمتری داشته باشند نقطه ذوب و جوششان بیشتر است زیرا مولکولها راحت تر به یکدیگر نزدیک می شوند و نیروهای لاندون بوجود آمده در آنها قوی تر است.

نکته! اگر به یک آلکیل گروه عاملی متصل شود به آن خواص ویژه ای می بخشد.

شیمی ۲

یادداشت:

گروههای عاملی:

فرمول ساختاری	مثال	نام خانواده	فرمول ساختاری	نام گروه عاملی
	اتانول	الکل	-OH	هیدروکسیل
	دی متیل اتر	اِتر	-O-	اِتر
	استالدهید	آلدهید	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	آلدهید
	استون	کتون	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	کربونیل
	استیک اسید	کربوکسیلیک اسید	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	کربوکسیل
	متیل استات	استر	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$	استر

شیمی ۲

یادداشت:

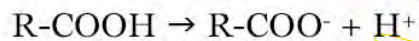
نامگذاری گروههای عاملی:

ول (الکل ها)	} تعداد کل کربن + آن +	الکل ها	} الف) دسته اول
ال (آلدهیدها)		آلدهیدها	
آمین (آمین ها)		آمین ها	
ون (کتون ها)		کتون ها	
اویک اسید (اسیدها)		اسیدها	



نامگذاری بنیان حاصل از اسید کربوکسیلیک:

حذف لفظ اسید + تبدیل "یک" به "ات"



آلکانوات آلکانوئیک اسید

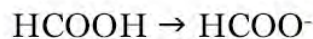


نیترات نیتریک اسید



اتانوات اتانوئیک اسید

(استات) (استیک اسید)



متانوات متانوئیک اسید

(فرمات) (فرمیک اسید)



ب) استرها: $R-COO + R'$

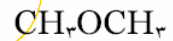
آلکیل بنیان اسید کربوکسیلیک

نامگذاری: نام آلکیل + نام بنیان



ج) اترها $R-O-R'$:

نام آلکیل اول + نام آلکیل دوم + لفظ "اتر" (آلکیلهای به ترتیب الفبای لاتین نوشته می شود)



تست: در کدام گزینه ترکیب داده شده دارای پیوند



در ساختار خود نیست؟

۱) کتون

۲) آلدهید

۳) اتر

۴) استر

تست: در کدام گزینه پیوند هیدروژنی برقرار نمی شود؟



تست: در کدام گزینه ترکیب داده شده نقطه جوش بیشتری دارد؟

۱) بوتانول

۲) دی متیل اتر

۳) بوتان

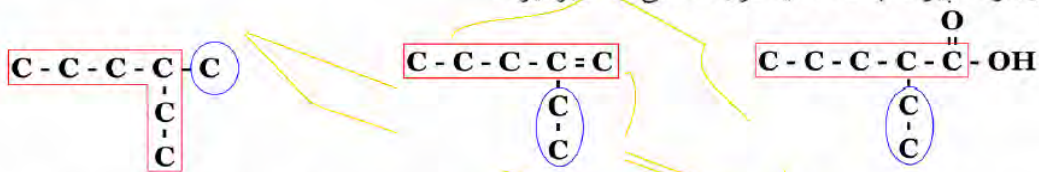
۴) پروپانول

شیمی ۲

یادداشت:

نامگذاری ترکیبات شاخه دار :

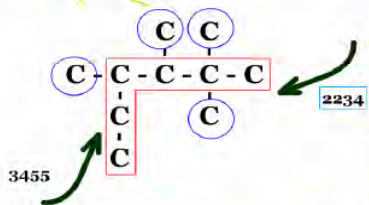
a. بلندترین زنجیره ی کربنی را به عنوان زنجیره ی اصلی انتخاب می کنیم به طوری که در صورت وجود ، پیوند چندگانه یا گروه عاملی را دربرگیرد .



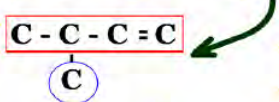
b. کربن های زنجیره اصلی را شماره گذاری می کنیم. از سمتی شماره گذاری را شروع می کنیم که زودتر به شاخه ی فرعی برسیم .



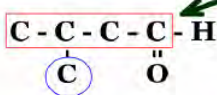
نکته ! از سمتی شماره گذاری می کنیم که عدد ساخته شده با ارقام کربن های دارای شاخه ی فرعی ، عدد کوچک تری باشد .



c. اگر در ترکیب پیوند چندگانه وجود داشته باشد ؛ اولویت شماره گذاری کربن ها بر اساس پیوند چندگانه است نه شاخه ی فرعی.



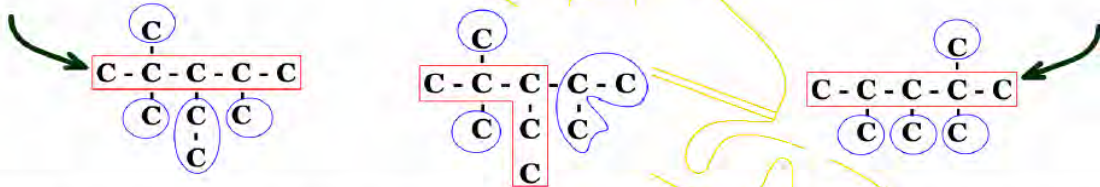
d. اگر در ترکیب آلی گروه عاملی وجود داشته باشد ؛ اولویت شماره گذاری کربن ها با گروه عاملی است نه شاخه ی فرعی.



شیمی ۲

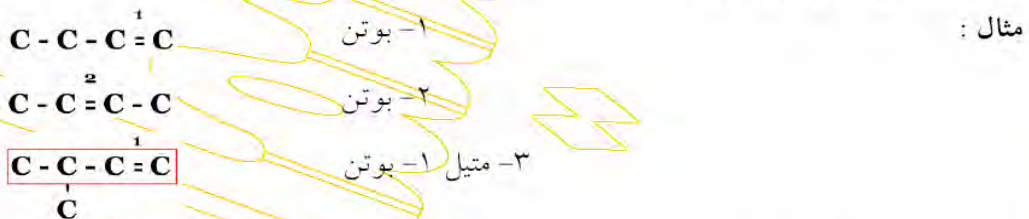
یادداشت:

e. شماره کربن های دارای شاخه ی فرعی یکسان را پشت سر هم نوشته ، خط تیره گذاشته ، تعداد و نام شاخه ی فرعی و در نهایت نام زنجیره ی اصلی را می نویسیم.



نکته ! اگر در یک هیدروکربن دو زنجیره ی اصلی متفاوت بتوانیم در نظر بگیریم ؛ زنجیره ای اصلی خواهد بود که شاخه ی فرعی بیشتری داشته باشد.

f. اگر در زنجیره ی اصلی پیوند چندگانه وجود داشته باشد ؛ شماره ی پیوند چندگانه را باید قبل از نام زنجیره ی اصلی بنویسیم .



g. اگر در ترکیب آلی گروه عاملی وجود داشته باشد و این گروه عاملی مربوط به الکل ها یا کتون ها باشد ؛ شماره کربن دارای گروه عاملی را باید قبل از نام زنجیره ی اصلی بنویسیم .



۱- پروپانول (پروپیل الکل)

۲- پروپانول (ایزو پروپیل الکل)

تست: کدام نام داده شده صحیح است ؟

۱) ۳-پنتن (۲) ۰،۴،۲-تری متیل هگزان (۳) ۳-متیل-۲-بوتن (۴) ۴،۲،۲-تری متیل پنتان

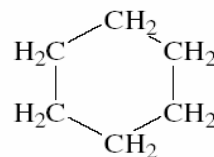
شیمی ۲

یادداشت:

هیدروکربنهای حلقوی:

نامگذاری: لفظ سیکلو + نام حلقه به صورت زنجیره ای

مثال:

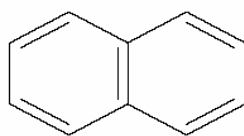
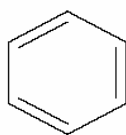


سیکلو هگزان (C_6H_{12})

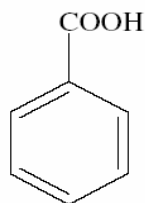
نکته: در تعداد کربن برابر، سیکلو آلکانها ایزومر آلکانها هستند.

ترکیبات آروماتیک: (معطر)

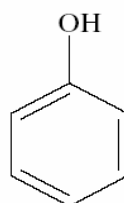
به بنزن و مشتقات آن گفته می شود.



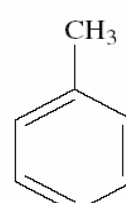
نفتالن



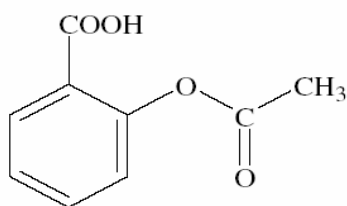
بنزویک اسید



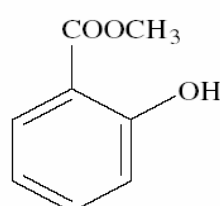
فنول



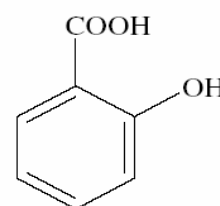
تولوئن



آسپیرین



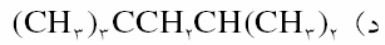
متیل سالیسیلات



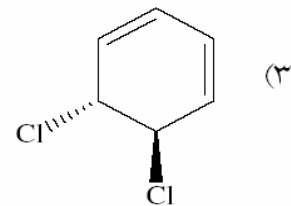
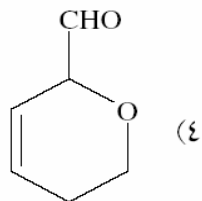
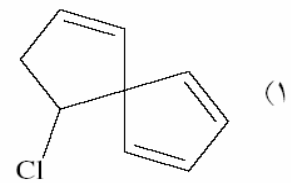
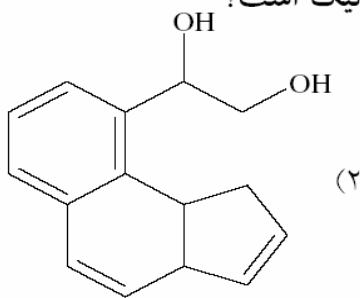
سالیسیلیک اسید

یادداشت:

مثال: هر یک از ترکیبات زیر را نامگذاری کنید:



تست: در کدام گزینه ترکیب داده شده یک ترکیب آروماتیک است؟



یادداشت:

۳ شیخیه گناپ



بخش اول

واکنش‌های شیمیایی و استوکیومتری

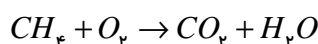
فرآیندها ← فیزیکی (ماده تغییر ماهیت نمی‌دهد)
 ← شیمیایی (ماده تغییر ماهیت می‌دهد)

مثال: فیزیکی یا شیمیایی بودن فرآیندهای زیر را تعیین کنید:

- الف) تبخیر آب
 ب) سفت شدن سیمان
 ج) زرد شدن برگ درختان
 د) فاسد شدن غذا
 ه) شکستن شیشه
 و) سوختن متان (گاز شهری)



معادله نوشتاری واکنش: بخار آب + کربن دی‌اکسید → اکسیژن + متان



معادله نمادی واکنش:

نکته: در معادله‌ی نمادی واکنش می‌توان موارد زیر را نشان داد:

الف) گرماگیر یا گرماده بودن واکنش

ب) حالت فیزیکی مواد: گاز (g)، مایع (l)، جامد (s)، محلول در آب (aq)

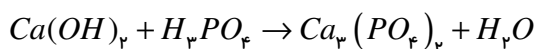
ج) شرایط لازم برای انجام واکنش (روی فلش نوشته می‌شود):



نکته: طبق قانون بقای ماده، باید تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله با هم برابر باشد، در صورت نیاز با قرار دادن ضرایبی برای مواد واکنش این کار را انجام می‌دهیم به این کار موازنه گفته می‌شود.

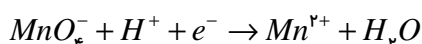
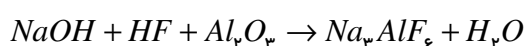
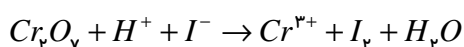
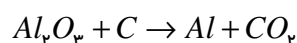
موازنه به روش واریسی: در این روش، موازنه را از ترکیبی آغاز می‌کنیم که بیشترین تعداد اتم را داشته باشد و در بین عناصر آن از عنصری آغاز می‌کنیم که بیشترین تعداد را داشته باشد به جز H و O (هیدروژن و اکسیژن را در آخر موازنه می‌کنیم)

مثال: در واکنش زیر برای موازنه به روش واریسی موازنه را از عنصر در ترکیب آغاز می‌کنیم.



نکته: در موازنه باید هم به جرم (تعداد اتم) و هم به بار الکتریکی توجه کرد. بار الکتریکی در دو طرف معادله باید یکسان باشد.

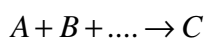
مثال: معادله واکنشهای زیر را موازنه کنید:



پیش‌بینی طرف دوم واکنش

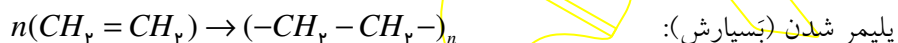
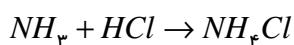
انواع واکنش‌ها:

- ۱- ترکیب (سنتز)
- ۲- تجزیه (آنالیز)
- ۳- جانشینی (جاب‌جایی) ساده (یگانه)
- ۴- جانشینی (جاب‌جایی) دوگانه
- ۵- سوختن



الف) ترکیب: واکنش دو یا چند ماده و تشکیل ماده‌ای با ساختار پیچیده‌تر.

مثال:



پلیمر شدن (تسپارش):

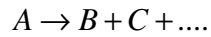
(۱) ترکیب دو عنصر \rightarrow عنصر + عنصر

نکته: ژن‌دارها دو اتمی هستند: اکسیژن (O_2)، (نیتروژن، هیدروژن) ها (ن F_2, Cl_2, Br_2, I_2) و بقیه عناصر تک اتمی بجز O_3, S_8, P_4 .

(۲) باز \rightarrow آب + اکسید فلزی (بازی)(۳) (اکسی اسید) اسید اکسیژن‌دار \rightarrow آب + اکسید نافلزی (اسیدی)

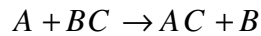
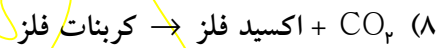
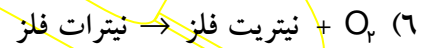
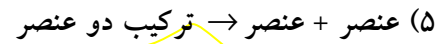
نکته: برای تشخیص اسید حاصل از واکنش اکسید نافلزی با آب کافی است عناصر موجود در مواد اولیه را به ترتیب $H_xA_yO_z$ بنویسیم اگر زیروندها ساده شدند آن‌ها را ساده می‌کنیم. فقط در مورد اکسیدهای فسفر برای H_2O ضریب می‌گذاریم به نحوی که تعداد H سه برابر P شود.

(۴) نمک \rightarrow اکسید نافلز + اکسید فلزنکته: برای تشخیص بنیان نمک حاصل باید اکسید نافلز را به اضافه H_2O کنیم.



ب [تجزیه: تبدیل شدن یک ماده به دو یا چند ماده دیگر:

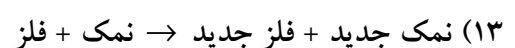
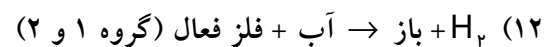
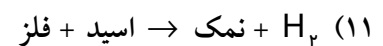
مثال: آزمایش کوه آتشفشان:



ج [جانشینی ساده: جانشین شدن یک عنصر به جای عنصری در یک ماده مرکب:

نکته: در واکنش‌های جانشینی موارد هم صنف جای خود را باهم عوض می‌کنند.

صنف کاتیون‌ها	صنف آنیون‌ها
فلزها	نافلزها
NH_4^+	بنیان‌ها
هیدروژن	_____

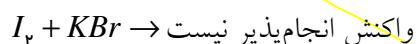


۱۴) باز جدید + فلز جدید → باز + فلز

۱۵) هالید جدید فلز + هالوژن جدید → هالوژن + هالید فلز

هالید(هالوژنید): $F^{-}, Cl^{-}, Br^{-}, I^{-}$

نکته: هالوژنی می تواند جانشین یون هالید شود که از آن فعال تر باشد. (از نظر فعالیت: $I < Br < Cl < F$) مثلاً در واکنش زیر:



د) **جانشینی دوگانه:** جابه جا شدن دو عنصر از دو ماده مرکب با هم: $AB + CD \rightarrow AD + CB$

(باز هم موارد هم صنف جای خود را با هم عوض می کنند)

۱۶) آب + نمک → اسید + باز

۱۷) آب + نمک → اسید + اکسید فلز

۱۸) آب + نمک → باز + اکسید نافلز

نکته: برای تشخیص بنیان نمک حاصل، اکسید نافلز را باید با H_2O جمع کنیم.

۱۹) اسید جدید + نمک جدید → اسید + نمک

۲۰) باز جدید + نمک جدید → باز + نمک

۲۱) نمک جدید + نمک جدید → نمک + نمک

نکته: در واکنشهای ۱۹، ۲۰، ۲۱ مواد اولیه باید محلول باشند و در مواد محصول باید لااقل یک ماده نامحلول وجود داشته باشد تا واکنش انجام شود.

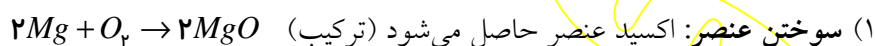
نکات رسوبهای مهم کتاب :

- (۱) نیتراتها، کلراتها، نمکهای فلزهای قلیایی و نمکهای آمونیوم همگی محلول هستند.
- (۲) سولفاتها همگی محلول هستند بجز سولفات عناصر کاسب جن: کلسیم، استرانسیم، سرب، باریم، جیوه، نقره.
- (۳) هالیدها همگی محلول هستند بجز هالید عناصر سم جن: سرب، مس، جیوه، نقره.
- (۴) فسفاتها و کربناتها همگی نامحلول هستند بجز در فلزهای قلیایی و آمونیوم.
- (۵) اکسیدها و هیدروکسیدها همگی نامحلول هستند بجز در فلزهای قلیایی، آمونیوم و کلسیم، استرانسیم و باریم.
- (۶) سولفیدها همگی نامحلول هستند بجز در فلزهای قلیایی، آمونیوم و فلزهای قلیایی خاکی.

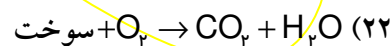
تست: محلول حاوی یونهای سرب را با کدامیک از محلولهای زیر می توان شناسایی کرد؟

- | | | | |
|----------------|-------------|------------|-------------|
| الف) H_2SO_4 | ب) NaI | ج) HNO_3 | د) $KClO_3$ |
| (۱) الف و ب | (۲) الف و ج | (۳) ب و ج | (۴) ج و د |

هـ) سوختن: واکنش دادن سریع با اکسیژن که با تولید نور و گرما همراه است را سوختن گویند. (ترکیب شدن آهسته با اکسیژن، اکسایش نامیده می شود).



(۲) سوختن سوخت: کربن دی اکسید و بخار آب حاصل می شود.



تست: محصولات تجزیه ی حرارتی پتاسیم کلرات در کدام گزینه به درستی نشان داده شده است؟

- | | | | |
|--------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| (۱) $KClO_3 + O_2$ | (۲) $KCl + O_2$ | (۳) $KClO_3 + Cl_2$ | (۴) $K_2O + Cl_2O_5$ |
|--------------------|-----------------|---------------------|----------------------|

تست: در کدام گزینه بین مواد داده شده در حالت محلول واکنش انجام نمی شود؟

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| (۱) $Cd(NO_3)_2 + H_2S$ | (۲) $KCl + AgNO_3$ |
| (۳) $Na_2CO_3 + CaCl_2$ | (۴) $K_2SO_4 + FeCl_3$ |

استوکیومتری

مقدمات:

مول (mol): به $6/02 \times 10^{23}$ (عدد آووگادرو) عدد ذره، یک مول گفته می‌شود.

جرم مولی (M): به جرم یک مول ماده گفته می‌شود.

حجم مولی (V_n): به حجم یک مول ماده گفته می‌شود.

نکته: حجم مولی در جامدات و مایعات به جنس ماده بستگی دارد، اما در گازها به جنس گاز وابسته نیست، بلکه به شرایط دما و فشار بستگی دارد.

قانون آووگادرو:

در شرایط یکسان دما و فشار، تعداد مول‌های مساوی از گازهای مختلف حجم‌های یکسانی را اشغال می‌کنند.

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} \xrightarrow{n=1} V_n = \frac{RT}{P}$$

* به شرایط دمایی $0^\circ C$ ($273 K$) و فشار ۱ اتمسفر شرایط استاندارد، متعارفی یا STP گفته می‌شود.

قانون گیلوساک:

در دما و فشار یکسان نسبت حجم دو گاز مختلف برابر با نسبت مولی آنها است.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

نکته: حجم مولی گازها در شرایط STP برابر با $22/4$ لیتر یا 22400 میلی لیتر است.

$$mol = \frac{n}{6/02 \times 10^{23}} = \frac{m}{M} = \frac{v}{V_n} \quad (\text{خط طلایی}) \quad \text{نتیجه کلی:}$$

مثال: $0/25$ مول کربن دی اکسید چند گرم است؟ ($O=16, C=12$)

مثال: 4 گرم اکسیژن در شرایط متعارفی چند میلی لیتر حجم خواهد داشت؟ ($O=16$)

مثال: 7 گرم نیتروژن چه تعداد مولکول را در بر می‌گیرد؟ ($N=14$)

مثال: 17 گرم سدیم نیترات چند مول است؟ ($O=16, N=14, Na=23$)

مثال: ۱۱۲ میلی لیتر گاز آرگون در شرایط متعارفی چند اتم را دربرمی گیرد؟

مثال: هر میخ آهنی ۲/۸ گرم جرم دارد. چند میخ یک مول آهن را تشکیل می دهد؟ ($Fe = 56 \text{ g/mol}$)

مثال: هر متر از یک سیم مسی ۱/۶ گرم جرم دارد. چند متر از این سیم یک مول مس را دربرمی گیرد؟ ($Cu = 64$)

مثال: چگالی گاز نیتروژن در شرایط STP چند گرم بر لیتر است؟ ($N = 14$)

مثال: چگالی گاز اکسیژن را نسبت به آرگون به دست آورید. ($Ar = 40, O = 16$)

مثال: تعداد اتمهای ۰/۴۶ گرم سدیم با تعداد اتمهای چند گرم کلسیم برابر است؟ ($Ca = 40, Na = 23$)

تست: یک گرم از کدام گزینه تعداد اتم کمتری را دربرمی گیرد؟

$$Mg = 24 \quad (4)$$

$$Ar = 40 \quad (3)$$

$$He = 4 \quad (2)$$

$$H = 1 \quad (1)$$

مثال: ۱/۲۶ گرم نیتریک اسید چه تعداد اتم اکسیژن را در بر می گیرد؟ ($HNO_3 = 63$)

شرایط غیر STP:

۱- حجم مولی را می دهند (به جای ۲۲/۴ از عدد داده شده استفاده می کنیم)

۲- چگالی گاز را می دهند (با استفاده از چگالی و جرم مولی، حجم مولی را به دست می آوریم)

$$d = \frac{M}{V_n} \rightarrow V_n = \frac{M}{d}$$

مثال: ۱۲/۵ میلی لیتر گاز نئون چند اتم را در بر می گیرد؟ (در شرایط مسأله، حجم مولی گاز را ۲۵ لیتر در نظر بگیرید)

مثال: ۸ لیتر گاز اکسیژن چند مولکول دارد؟ (در شرایط مسأله چگالی گاز اکسیژن را ۰/۸ گرم بر لیتر در نظر بگیرید)

(O=۱۶)

استوکیومتری فرمولی:

زیوندها در فرمول نویسی نسبت مولی میان اتمها را نشان می دهد. بنابراین با داشتن نسبت مولی میان اتمها در یک ماده می توان فرمول تجربی آن را بدست آورد.

مثال: در ترکیبی از نیتروژن به ازای ۸ مول نیتروژن، ۱۲ مول اکسیژن وجود دارد، فرمول تجربی این اکسید را به دست آورید.

(O=۱۶, N=۱۴)

مثال: در اکسیدی از فسفر به ازای ۱/۲۴ گرم فسفر، ۰/۹۶ گرم اکسیژن وجود دارد. فرمول تجربی این اکسید را به دست

آورید. (O=۱۶, P=۳۱)

در مثال قبل، اگر جرم مولکولی اکسید مورد نظر، برابر با ۲۲۰ باشد، فرمول مولکولی این ماده چیست؟

$$n = \frac{\text{جرم فرمول مولکولی}}{\text{جرم فرمول تجربی}}$$

نکته: فرمول مولکولی تجربی () و ی

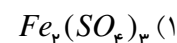
مثال: $\frac{1}{7}$ جرم هیدروکربنی را هیدروژن تشکیل داده است. اگر جرم مولکولی این هیدروکربن ۵۶ باشد فرمول مولکولی آن را به دست آورید؟ ($H = 1, C = 12$)

مثال: ۶۰٪ جرم اکسیدی از گوگرد را اکسیژن تشکیل داده است. فرمول تجربی این اکسید چیست؟ ($S = 32, O = 16$)

مثال: ۱۰٪ جرم هیدروکربنی را هیدروژن تشکیل داده است. فرمول تجربی این هیدروکربن چیست؟ ($H = 1, C = 12$)

مثال: $\frac{1}{15}$ جرم یک ترکیب آلی را هیدروژن و $\frac{2}{5}$ آن را کربن و مابقی را اکسیژن تشکیل داده است. اگر جرم مولکولی این ماده ۱۸۰ باشد، فرمول تجربی آن چیست؟ ($H = 1, O = 16, C = 12$)

تست: ۲۸٪ جرم ترکیبی را آهن، ۲۴٪ را گوگرد و مابقی را اکسیژن تشکیل داده است. فرمول این ترکیب کدام است؟ ($Fe = 56, S = 32, O = 16$)



استوکیومتری در واکنش:

ضرایب موازنه نسبت مولی میان مواد را در واکنش نشان می‌دهد از این رو به ضرایب موازنه، ضرایب استوکیومتری نیز گفته می‌شود.

مثال: برای تهیه ۵ گرم منیزیم نیتريد به چند میلی‌لیتر گاز نیتروژن در شرایط *STP* نیاز است؟ ($N=14$ و $Mg=24$)

مثال: از حرارت دادن کامل ۱۷ گرم سدیم نیترات چند لیتر گاز در شرایط *STP* حاصل می‌شود؟ ($NaNO_3 = 85$)

مثال: از واکنش ۱/۶ گرم فلز مس با مقدار اضافی محلول نقره نیترات چند گرم نقره رسوب می‌کند؟ ($Ag=108$ و $Cu=64$)

مثال: برای تهیه ۳۳۶ میلی‌لیتر گاز اکسیژن در شرایط *STP*، چند مول پتاسیم کلرات را باید حرارت دهیم؟

مثال: برای تهیه ۱۱۲۰ mL گاز هیدروژن چند گرم آلومینیوم را باید در مقدار کافی سولفوریک اسید بیندازیم؟

($Al = 27$)

مثال: برای تهیه ۱۲۵ mL گاز کلر بر اساس معادله‌ی واکنش داده شده چند گرم MnO_2 احتیاج است؟ (در شرایط مسأله

حجم مولی گازها را ۲۵ L در نظر بگیرید، $O = 16$ ، $Mn = 55$)

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

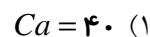
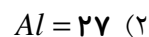
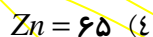
مثال: برای تهیه ۲ لیتر گاز کربن دی‌اکسید چند گرم کلسیم کربنات را باید به‌طور کامل حرارت دهیم؟ (در شرایط مسأله چگالی کربن دی‌اکسید را $1/1 \frac{g}{L}$ در نظر بگیرید، $Ca = 40$, $C = 12$, $O = 16$)

نکته: روال کلی حل مسائل همین است، هر کمیتی که مجهول بود به جای آن پارامتر می‌گذاریم و با پارامتر مثل معلوم برخورد می‌کنیم.

مثال: از واکنش $9/75$ گرم از یک فلز قلیایی با آب 2800 میلی لیتر گاز در شرایط STP حاصل شده است. جرم اتمی فلز قلیایی چقدر بوده است؟

مثال: $0/01$ مول از فلزی با $2/4$ گرم بزم به‌طور کامل واکنش می‌دهد. فرمول بزمید حاصل چیست؟ ($Br = 80$)

تست: از واکنش یک گرم از کدام فلز زیر با محلول هیدروکلریک اسید، هیدروژن بیشتری تولید میشود؟



درصد خلوص (P)

در برخی از مواقع ماده‌ی اولیه با مقداری ناخالصی همراه است. درصد خلوص میزان ماده‌ی خالص موجود در ماده‌ی اولیه را نشان می‌دهد.

$$P = \frac{\text{مقدار خالص ماده}}{\text{مقدار کل (ناخالص)}} \times 100$$

در واکنش فقط مقدار خالص ماده شرکت می‌کند و فرض بر آن است که ناخالصی‌ها در مسأله تأثیری ندارند.

$$\frac{P}{100} \times \text{مقدار کل (ناخالص)} = \text{مقدار خالص ماده}$$

مثال: یک گرم سدیم با درصد خلوص ۹۲٪ با مقدار اضافی آب چند میلی‌لیتر گاز در شرایط متعارفی تولید می‌کند؟



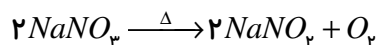
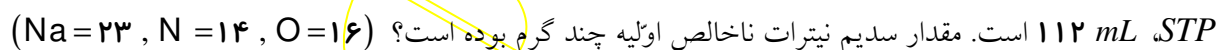
مثال: پنج گرم کلسیم با درصد خلوص ۸۰٪ را در مقداری فسفوریک اسید می‌اندازیم. چند میلی‌لیتر گاز در شرایط متعارفی



مثال: یک گرم فلز روی ناخالص را در مقداری اضافی سولفوریک اسید می‌اندازیم. ۲۲۴ mL گاز در شرایط متعارفی



مثال: مقداری سدیم نیترات ناخالص با درصد خلوص ۸۵٪ را به‌طور کامل حرارت می‌دهیم. حجم گاز تولیدشده در شرایط



بازده واکنش (R)

در برخی از واکنشها، مقدار محصولی که در عمل تولید می‌شود کمتر از مقدار محصولی است که با محاسبات استوکیومتری توقع تولید آن را داریم. مقدار محصولی که با محاسبات توقع تولید آن می‌رود را، **بازده نظری** و مقدار محصولی که در عمل تولید می‌شود را، **بازده عملی** می‌نامند.

$$\text{بازده نظری} \leq \text{بازده عملی}, \quad \text{بازده نظری} = \frac{\text{بازده عملی}}{\text{بازده نظری}} \times 100 = \text{بازده درصدی (راندمان)}$$

برخی از علل ۱۰۰٪ نبودن راندمان عبارتند از:

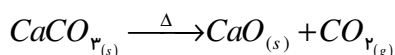
- (۱) ناخالص بودن مواد اولیه (۲) تعادلی بودن واکنش (۳) انجام واکنش‌های جانبی

نکته: با توجه به اینکه در محاسبات، بازده نظری منظور می‌شود:

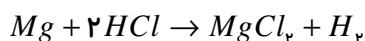
$$\text{بازده نظری} = \frac{100}{R} \times \text{بازده عملی}$$

مثال: ۵ گرم کلسیم کربنات را به طور کامل حرارت می‌دهیم ۱/۱ گرم گاز حاصل می‌شود. راندمان واکنش چند درصد بوده است؟

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

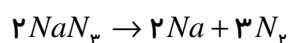


مثال: از واکنش دادن ۵ گرم منیزیم با مقدار اضافی هیدروکلریک اسید ۴/۴۸ لیتر گاز در شرایط STP تولید شده است.



راندمان واکنش چند درصد است؟ ($Mg = 24$)

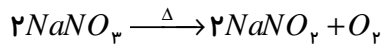
مثال: بر اساس واکنش داده شده اگر راندمان واکنش ۶۵٪ باشد، برای تهیه ۳۳۶۰ میلی لیتر گاز نیتروژن در شرایط STP



چند گرم سدیم آزید احتیاج است؟ ($N = 14, Na = 23$)

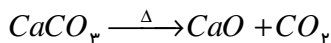
مثال: برای تهیه ۴ لیتر اکسیژن چند گرم سدیم نیترات را باید به طور کامل حرارت دهیم به شرط اینکه بدانیم راندمان

واکنش ۸۵٪ است. (در شرایط آزمایش چگالی گاز اکسیژن را $0.4 \frac{g}{L}$ در نظر بگیرید.) ($O = 16, Na = 23, N = 14$)



مثال: از حرارت دادن ۱۰ گرم کلسیم کربنات چند گرم گاز کربن دی اکسید حاصل می شود. اگر راندمان واکنش ۷۵٪ باشد.

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



مثال: در یک کارخانه استخراج آهن از سنگ معدن هماتیت (Fe_2O_3) از هر یک تن آن ۵۶۰ کیلوگرم آهن استخراج می شود.

راندمان واکنش چند است؟ ($Fe = 56, O = 16$)

تست: در یک کارخانه استخراج آلومینیوم از سنگ معدن بوکسیت ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) از هر یک تن آن ۲۷۰ کیلوگرم

آلومینیوم استخراج می شود. راندمان این کارخانه چند درصد است؟ ($Al = 27, H = 1, O = 16$)

۵۴(۴)٪

۶۰(۳)٪

۷۵(۲)٪

۸۰(۱)٪

مثال: از تجزیه ۴۰ گرم سدیم آزید ۶۵٪ خالص چند لیتر گاز نیتروژن حاصل می شود اگر چگالی گاز نیتروژن، ۰/۷ گرم در

لیتر و راندمان واکنش ۷۵٪ باشد؟ ($Na = 23, N = 14$)

واکنش دهنده‌ی محدود کننده و اضافی

اگر نسبت مولی میان مواد اولیه به دقت رعایت نشود حداقل یکی از مواد اولیه اضافه خواهد آمد به این ماده واکنش دهنده‌ی اضافی و به ماده‌ای که به طور کامل مصرف می‌شود واکنش دهنده‌ی محدود کننده گفته می‌شود.

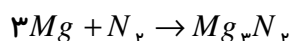
نکته: در واکنش $aA + bB \rightarrow C$ اگر دو کسر $\frac{mol_A}{a}$ و $\frac{mol_B}{b}$ با هم برابر باشند، یعنی نسبت مولی میان مواد اولیه به درستی رعایت شده است و این دو ماده به طور کامل با یکدیگر واکنش می‌دهند. اما اگر حاصل این دو کسر برابر نباشد کسر کوچکتر را محدود کننده و کسر بزرگتر را اضافی در نظر می‌گیریم. مسأله همیشه با محدود کننده حل می‌گردد زیرا تنها این واکنش دهنده است که به طور کامل در واکنش شرکت می‌کند.

نکته: در صنعت ماده گرانبه‌تر را محدود کننده و ماده ارزانه‌تر را واکنش دهنده اضافی قرار می‌دهند تا ماده گرانبه‌تر به طور کامل مصرف شود.

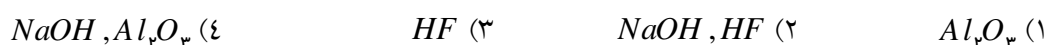
مثال: از واکنش $5/4$ گرم آلومینیوم با 17 گرم سیلیسیم تتراکلرید چند گرم سیلیسیم حاصل می‌شود؟



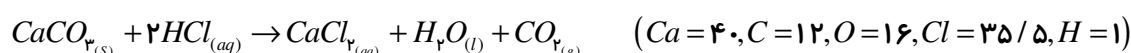
مثال: از واکنش 18 گرم پودر منیزیم با 18 گرم گاز نیتروژن چند گرم منیزیم نترید حاصل می‌شود؟ ($Mg = 24, N = 14$)



تست: 12 گرم از هر یک از مواد اولیه واکنش زیر را برهم اثر می‌دهیم، محدود کننده کدام است؟



مثال: از واکنش 10 گرم کلسیم کربنات 75% خالص با $7/3$ گرم HCl بر اساس واکنش داده شده چند گرم گاز حاصل می‌شود؟



استوکیومتری محلول‌ها

در استوکیومتری محلول‌ها فرض بر آن است که فقط حل شونده در واکنش شرکت می‌کند و حلال در واکنش شرکت نمی‌کند، بنابراین مقدار حل شونده موجود در محلول‌ها برای ما اهمیت دارد. با یکی از انواع غلظت مقدار حل شونده موجود در یک محلول را بدست می‌آوریم.

انواع غلظت

۱- غلظت معمولی (C) یا گرم بر لیتر:

مقدار گرم حل شونده‌ی موجود در یک لیتر محلول را نشان می‌دهد.

$$C = \frac{m}{V}$$

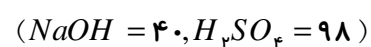
مثال: ۱۰ گرم نمک را در مقداری آب حل کرده با افزودن آب مقطر حجم محلول را به ۲۵۰ میلی لیتر می‌رسانیم غلظت محلول حاصل چند $\frac{g}{L}$ است؟

مثال: در ۱۵۰ mL محلول $\frac{6g}{L}$ نمک طعام چند گرم نمک وجود دارد؟

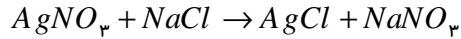
مثال: اگر به ۱۰۰ میلی لیتر محلول پتاسیم نیترات ۱۵ گرم در لیتر ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه کنیم غلظت محلول حاصل چند گرم در لیتر خواهد بود؟

مثال: ۱۵ میلی لیتر محلول ۶۰ گرم در لیتر نمک طعام را با ۱۰ میلی لیتر محلول ۱۰ گرم در لیتر آن مخلوط می‌کنیم غلظت محلول حاصل چند گرم در لیتر است؟

مثال: ۱۰۰ mL محلول سدیم هیدروکسید $20 \frac{g}{L}$ توان خنثی کردن چند گرم H_2SO_4 را دارد؟



مثال: اگر 20.0 mL محلول $17 \frac{\text{g}}{\text{L}}$ نقره نیترات با مقدار کافی محلول نمک طعام مخلوط شود، چند گرم رسوب تشکیل می‌شود؟ ($\text{Ag} = 108, \text{N} = 14, \text{O} = 16, \text{Cl} = 35.5$)



مثال: 0.9 گرم آلومینیوم توانسته است 100 میلی لیتر محلول سولفوریک اسید را به طور کامل خنثی کند. غلظت اسید چند

$\frac{\text{g}}{\text{L}}$ بوده است؟ ($H_2SO_4 = 98, Al = 27$)

۲- غلظت مولی (مولاریته) C_M یا M

تعداد مول‌های حل شونده موجود در یک لیتر محلول را بیان می‌کند. $C_M = \frac{\text{mol}}{V(L)}$

مثال: 2 گرم NaOH در مقداری آب حل می‌کنیم و حجم محلول را با افزودن آب مقطر به 25.0 mL می‌رسانیم. مولاریته حاصل چه قدر است؟ ($\text{NaOH} = 40$)

مثال: در 15.0 mL محلول 0.4 مولار نیتریک اسید، چند مول اسید وجود دارد؟

مثال: در 40.0 mL محلول 0.05 مولار پتاس چند گرم از آن وجود دارد؟ ($\text{KOH} = 56$)

مثال: محلول 11.7 گرم در لیتر نمک طعام چند مولار است؟ ($\text{NaCl} = 58.5$)

غلظت معمولی $C \rightarrow$
 $C_M = \frac{C}{M} \rightarrow$ غلظت مولی (مولاریته)
 جرم مولی $M \rightarrow$

مثال: ۱۰۰ میلی لیتر محلول سولفوریک اسید دسی مولار چند گرم سدیم هیدروکسید را به طور کامل خنثی می کند؟
($NaOH = 40$)

نکته:

مثال: ۱۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار کلسیم هیدروکسید توان خنثی کردن چند میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار فسفریک اسید را دارد؟

مثال: ۹ گرم آلومینیوم با ۲۰۰ میلی لیتر سولفوریک اسید به طور کامل واکنش داده است. غلظت محلول سولفوریک اسید چند مولار بوده است؟ ($Al = 27$)

مثال: ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۸ گرم بر لیتر آهن (III) سولفات با چند میلی لیتر محلول دسی مولار آمونیاک به طور کامل واکنش می دهد؟ ($O = 16, S = 32, Fe = 56$)

مثال: ۲۵ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار نیتریک اسید توان خنثی کردن چند میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار سدیم هیدروکسید دارد؟

مثال: ۱۰۰ میلی لیتر محلول دسی مولار هیدروکلریک اسید، با چند گرم کلسیم کربنات به طور کامل واکنش می دهد؟
($CaCO_3 = 100$)

مثال: ۴/۹ گرم فسفریک اسید توان خنثی کردن کامل چند میلی لیتر محلول ۰/۵ مولار پتاس را دارد؟ ($H_3PO_4 = 98$)

مثال: ۰/۰۱ مول باریم هیدروکسید با چند میلی لیتر محلول ۰/۷۳ گرم بر لیتر هیدروکلریک اسید به طور کامل واکنش می دهد؟
($HCl = 36/5$)

۳- درصد جرمی یا درصد وزنی ($W/W\%$)

جرم حل شونده‌ی موجود در ۱۰۰ گرم محلول را بیان می کند. (درصد جرم حل شونده در محلول)

$$a = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100$$

مثال: ۲۰ گرم نمک را در ۶۰ گرم آب حل می کنیم. درصد وزنی محلول حاصل چقدر است؟

مثال: در ۱۵۰ گرم محلول ۶٪ شکر چند گرم شکر وجود دارد؟

مثال: در محلول ۱۰٪ جرمی از نمکی اگر چگالی محلول ۱/۱ گرم در میلی لیتر باشد غلظت محلول چند گرم در لیتر است؟

مثال: در محلول ۵٪ جرمی از نیتریک اسید اگر چگالی محلول ۱/۲۶ گرم در میلی لیتر باشد، محلول چند مولار است؟

($HNO_3 = 63$)

۴- درصد حجمی (V/V):

$$V/V = \frac{V}{V} \times 100$$

درصد حجم حل شونده را در محلول نشان می دهد.

نکته: معمولاً درصد حجمی در محلول هایی استفاده می شود که حلال و حل شونده حالت فیزیکی یکسانی داشته باشند. مانند آب و الکل.

مثال: ۱۰۰ mL الکل را در ۱۵۰ mL آب می ریزیم. درصد حجمی محلول چقدر است؟

۵- قسمت در میلیون (ppm):

گرم حل شونده موجود در یک میلیون گرم محلول (یا حلال).

$$\text{ppm} = \frac{m}{m'} \times 10^6$$

نکته: ppm در مواردی استفاده می شود که غلظت بسیار کم است، به همین خاطر به جای جرم محلول می توان جرم حلال را در نظر گرفت.

مثال: ۵ میلی گرم اکسیژن در ۱ کیلوگرم آب حل شده است. غلظت اکسیژن در این محلول چند ppm است؟

مثال: غلظت یون کلسیم در نمونه ای از آب رودخانه ppm ۴۰ است. در نیم کیلوگرم از آب این رودخانه چند گرم یون کلسیم وجود دارد؟

۶- مولالیت (m):

تعداد مول حل شونده موجود در ۱۰۰۰ گرم حلال را بیان می کند.

$$\text{مولالیت} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{گرم حلال}} \times 1000$$

مثال: ۲ گرم سدیم هیدروکسید را در ۵۰۰ گرم آب حل می کنیم. مولالیت محلول حاصل چقدر است؟ (NaOH = ۴۰)

مثال: ۱/۱۷ گرم نمک طعام را در ۲۵۰ گرم آب حل کرده ایم. مولالیت محلول حاصل چقدر است؟ (NaCl = ۵۸/۵)

مثال: در ۲۶۰ گرم محلول مولال سدیم هیدروکسید چند گرم سدیم هیدروکسید وجود دارد؟ ($NaOH = ۴۰$)

مثال: در ۲۹۹ گرم محلول ۲ مولال سولفوریک اسید چند گرم اسید وجود دارد؟ ($H_2SO_4 = ۹۸$)

مثال: ۱۰۰ mL محلول مولار پتاسیم کلرید سنگین تر است یا ۱۰۰ mL محلول مولال آن؟

فصل دوم

گرمایشیمی (ترمودینامیک)

مقدمات:

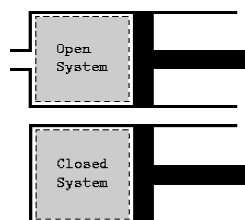
ترمودینامیک: علم مطالعه گرما و راه‌های انتقال آن است.

ترمودینامیک: زیرشاخه‌ای از ترمودینامیک است که جریانات گرما را در واکنش‌های شیمیایی بررسی می‌کند.

سیستم (سامانه): بخشی است که در مورد آن مطالعات ترمودینامیکی انجام می‌گیرد.

محیط: محیط پیرامون یک سامانه را گویند.

مرز سیستم: خط فرضی جداکننده محیط از سیستم.



انواع سامانه

- باز: هم تبادل ماده دارد هم تبادل انرژی. مثل لیوان.
- بسته: تبادل ماده ندارد ولی تبادل انرژی دارد. مثل لیوان در بسته.
- منزوی (ایزوله): نه تبادل ماده دارد نه انرژی. مثل فلاسک.

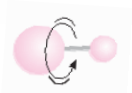
انرژی درونی (E): مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی یک سامانه.

انرژی گرمایی (Q): مجموع انرژی‌های جنبشی در یک سامانه.

نکته: به حرکات نامنظم ذرات یک ماده حرکات گرمایی گفته می‌شود. که این حرکات عبارتند از:



ارتعاشی: مثال بارز: جامد اما در گازها و مایعات نیز وجود دارد.



چرخشی: مثال بارز: مایع اما در گازها هم وجود دارد.

انتقالی: مثال بارز: فقط گازها

نکته: گرما به مقدار ماده وابسته است ولی دما به مقدار ماده وابسته نیست.

$$Q = mC\Delta T$$

ظرفیت گرمایی ویژه (C): مقدار گرمایی است که دمای یک گرم از یک جسم را $1^\circ C$ افزایش می‌دهد. $(J/g^\circ C)$

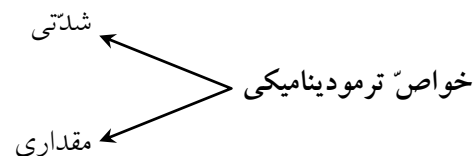
ظرفیت گرمایی (mC): مقدار گرمایی است که دمای یک جسم را $1^\circ C$ افزایش می‌دهد. (J/C)

ظرفیت گرمایی مولی (Cm): مقدار گرمایی است که دمای یک مول از ماده‌ای را $1^\circ C$ افزایش می‌دهد. $(J/mol^\circ C)$

$$Cm = C \times M$$

مثال: برای آنکه یک قطعه آهنی به جرم ۲۰ گرم را از دمای $30^\circ C$ به $70^\circ C$ برسانیم، ۳۶۰ ژول گرما نیاز است. ظرفیت

گرمایی مولی آهن چقدر است؟ ($Fe = 56$)



خواص مقداری: خواصی را گویند که به مقدار ماده وابسته است.

مثال:

خواص شدتی: خواصی را گویند که به مقدار ماده وابسته نیست.

مثال:

بررسی جریانات انرژی در یک سامانه

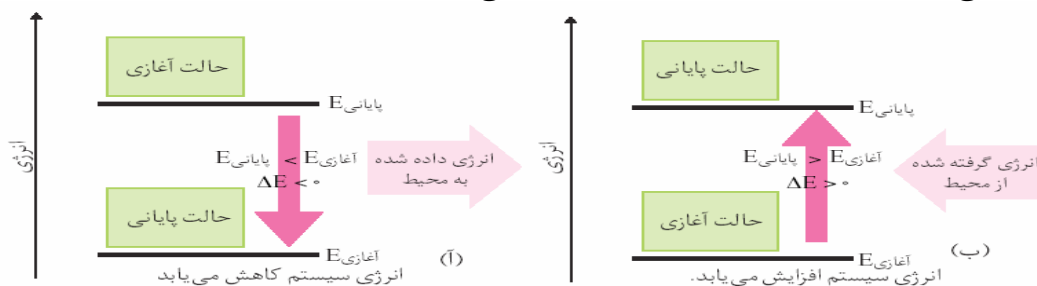
قانون اول ترمودینامیک:

$$\Delta E = Q + W$$

تغییرات انرژی درونی سامانه یا با گرما صورت می‌گیرد یا با کار.

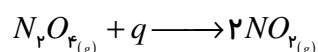
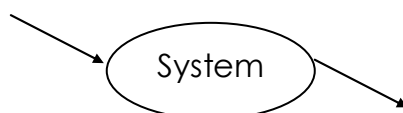
$$W = -P\Delta V \Rightarrow \Delta E = Q + (-P\Delta V) \Rightarrow \boxed{Q = \Delta E + P\Delta V}$$

نکته: انرژی درونی تابع حالت است و به مسیر بستگی ندارد. (کار تابع مسیر است).



اگر سیستم بر روی محیط کار انجام دهد. $\Delta V > 0 \rightarrow W < 0$

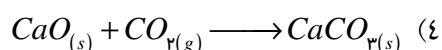
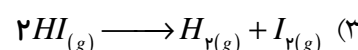
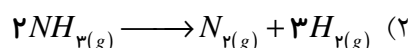
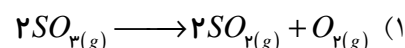
اگر محیط بر روی سیستم کار انجام دهد. $\Delta V < 0 \rightarrow W > 0$



تست: در واکنش داده شده علامت کار و گرما به ترتیب کدام است؟

(۱) مثبت - مثبت (۲) مثبت - منفی (۳) منفی - مثبت (۴) منفی - منفی

تست: در کدام واکنش علامت کار مثبت است؟



$$Q_V = \Delta E \text{ (گرما در حجم ثابت)}$$

حجم ثابت باشد.

$$Q_P = \Delta E + P\Delta V \text{ (گرما در فشار ثابت)}$$

فشار ثابت باشد.

نکته: اگر

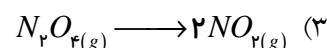
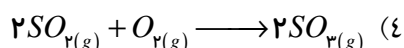
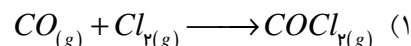
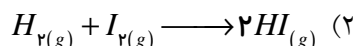
نکته: به گرما در فشار ثابت، آنتالپی (H) گفته می‌شود.

$$Q_P = \Delta H \text{ (تغییرات آنتالپی)} \Rightarrow \boxed{\Delta H = \Delta E + P\Delta V}$$

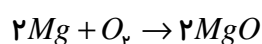
نکته: آنتالپی نیز تابع حالت است و به مسیر بستگی ندارد.

نکته: اگر آنتالپی یک واکنش منفی باشد واکنش، گرماده و اگر مثبت باشد، گرماگیر است.

تست: در کدام واکنش تغییرات آنتالپی واکنش برابر با تغییرات انرژی درونی آن است؟



تست: اگر از سوختن ۱/۲ گرم منیزیم ۳۰/۰۹ کیلوژول گرما آزاد شود، آنتالپی واکنش زیر بر حسب کیلوژول کدام



است؟ (Mg = ۲۴)

$$601/8(4)$$

$$-601/8(3)$$

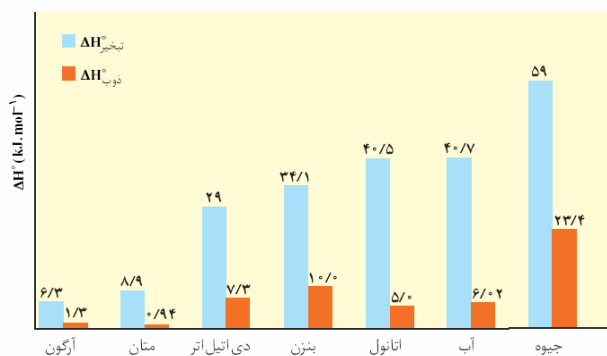
$$1203/6(2)$$

$$-1203/6(1)$$

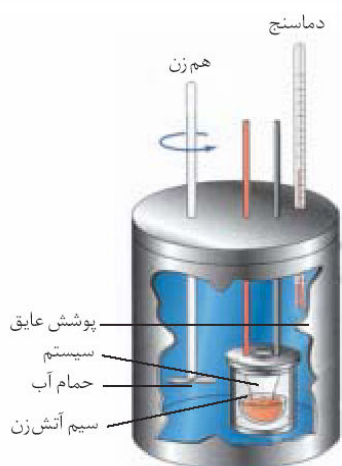
نکته: آنتالپی همان گرماسط فقط در فشار ثابت، بنابراین خصوصیات گرما را دارد، یعنی به مقدار ماده، دما و فشار وابسته است. از این رو به جهت استانداردسازی آنتالپی واکنش‌ها را در شرایط ویژه‌ای موسم به شرایط استاندارد ترمودینامیکی محاسبه می‌کنند و در این شرایط آنتالپی را آنتالپی استاندارد نامیده و با ΔH° نمایش می‌دهند.

شرایط استاندارد ترمودینامیکی $\Rightarrow t = 25^\circ C$ (دمای اتاق) و $P = 1 \text{ atm}$ و $\begin{cases} n = 1 \text{ mol} \\ C_M = 1 M \end{cases}$

آنتالپی استاندارد سوختن: به آنتالپی فرآیند سوختن یک مول ماده در شرایط استاندارد ترمودینامیکی گفته می‌شود.
 آنتالپی استاندارد تبخیر: به آنتالپی فرآیند تبخیر یک مول ماده در شرایط استاندارد ترمودینامیکی گفته می‌شود.
 آنتالپی استاندارد ذوب: به آنتالپی فرآیند ذوب یک مول ماده در شرایط استاندارد ترمودینامیکی گفته می‌شود.
 و....



نکته: آنتالپی تبخیر یک ماده همواره از آنتالپی ذوب آن بیشتر است زیرا در تبخیر نیروهای بین ذرات به طور کامل از بین می‌رود.



محاسبه‌ی آنتالپی

بمب: حجم ثابت $(Q_v = \Delta E)$

الف) محاسبه‌ی آنتالپی به روش مستقیم:

لیوانی: فشار ثابت $(Q_p = \Delta H)$

با استفاده از گرماسنج صورت می‌گیرد. گرماسنج

نکته: برای محاسبه‌ی گرمای سوختن از گرماسنج بمبی استفاده می‌شود.

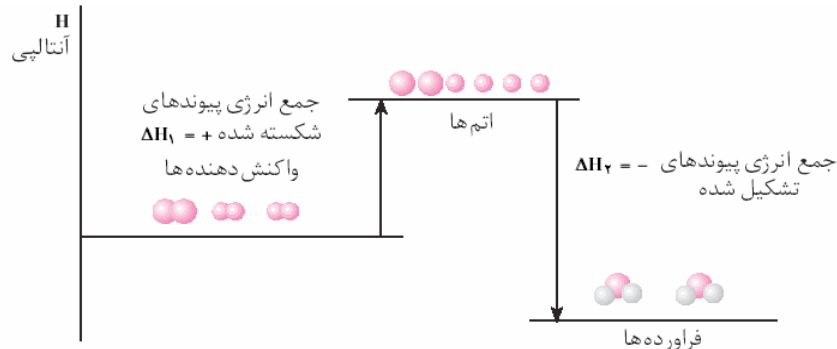
مثال: در یک گرماسنج لیوانی ۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار هیدروکلریک اسید را با ۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار سدیم هیدروکسید مخلوط می‌کنیم پس از اتمام واکنش ۳ درجه سلسیوس دمای محلول حاصل افزایش پیدا کرده است. آنتالپی این واکنش چند کیلوژول بر مول است؟ (چگالی محلول را ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب و ظرفیت گرمایی ویژه محلول را ۴/۲ ژول بر گرم درجه سلسیوس در نظر بگیرید).

ب) محاسبه‌ی آنتالپی به روش غیرمستقیم:

ب-۱) محاسبه‌ی آنتالپی با استفاده از انرژی پیوند:

(انرژی پیوند: انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند را گویند.)

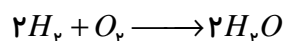
نکته: همواره شکستن پیوند انرژی گیر و تشکیل پیوند انرژی‌زا است.



نکته: در یک واکنش:

$$\Delta H = EP_1 - EP_2$$

(EP_1 انرژی‌های پیوند مواد اولیه و EP_2 انرژی‌های پیوند مواد محصول)

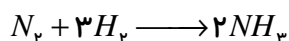


مثال: با استفاده از اطلاعات داده‌شده، ΔH واکنش مقابل را به دست آورید:

$$(H-H: 436 \text{ KJ} , O=O: 496 \text{ KJ} , O-H: 463 \text{ KJ})$$

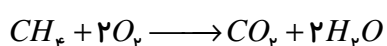
نکته: برای محاسبه آنتالپی واکنش به کمک انرژی پیوند حالت‌های فیزیکی مواد باید همگی گاز باشد.

نکته: انرژی‌های یک پیوند در مواد گوناگون متفاوت است حتی در یک ماده ممکن است انرژی یک پیوند مقادیر متفاوتی داشته باشد مثلاً در متان انرژی هر چهار پیوند $C-H$ یکسان نیست. از اینرو انرژی پیوندها به طور متوسط محاسبه می‌شود و همین امر باعث اختلاف ناچیز مقدار آنتالپی محاسبه شده به کمک انرژی پیوند با مقدار واقعی آن در گرماسنج می‌شود.



مثال: با استفاده از اطلاعات داده‌شده، آنتالپی واکنش مقابل را به دست آورید:

$$(N-H: 391 \text{ KJ/mol} , H-H: 436 \text{ KJ/mol} , N \equiv N: 944 \text{ KJ/mol})$$



مثال: با استفاده از اطلاعات داده‌شده، آنتالپی واکنش مقابل را به دست آورید:

$$(C-H: 412 \text{ KJ/mol} , O=O: 496 \text{ KJ/mol} , C=O: 805 \text{ KJ/mol} , O-H: 463 \text{ KJ/mol})$$

مثال: در واکنش $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl + 184 \text{ KJ}$ با توجه به اطلاعات داده‌شده انرژی پیوند HCl را به دست آورید.

$$(H-H: 436 \text{ KJ/mol} , Cl-Cl: 242 \text{ KJ/mol})$$

تست: در واکنش $A_p + B_p \rightarrow 2AB + 400 \text{ KJ}$ اگر نسبت انرژی‌های پیوند A_p ، B_p و AB به ترتیب ۱، ۲ و ۴ باشد، انرژی پیوند B_p کدام است؟

- (۱) 80 KJ/mol (۲) 160 KJ/mol (۳) 320 KJ/mol (۴) 40 KJ/mol

نکات:

- ۱- یکی از واحدهای انرژی، کالری (cal) است که هر کالری معادل $4/18$ ژول است.
- ۲- هر کالری معادل گرمایی است که برای افزایش دمای یک گرم آب به اندازه یک درجه سلسیوس احتیاج است.
- ۳- کالری غذایی (Cal) واحدی برای اندازه گیری انرژی مواد غذایی است و هر کالری غذایی معادل یک کیلوکالری است.
- ۴- هر تپش قلب انسان به یک ژول انرژی احتیاج دارد.

واکنش تشکیل ($Formation$)

واکنشی است که در آن یک ماده از عناصر سازنده خود در حالت طبیعی آنها تولید می‌شود.

H_2O :

NH_3 :

$NaCl$:

$NaHCO_3$:

نکته: برای حالت طبیعی عنصر، دو موضوع اهمیت دارد:

الف) زیروند (اندیس): ژن‌دارها دو اتمی اند بقیه تک‌اتمی به جز P_4 ، O_3 و S_8 .

(۱) عناصر گاز: H_2 ، O_2 ، F_2 ، Cl_2 ، N_2 (به همراه گازهای نجیب)

(۲) عناصر مایع: برم و جیوه (به همراه فرانسیم)

(۳) سایر عناصر همگی جامد هستند.

نکته: اشکال مختلف یک عنصر را در طبیعت آلوتروپ (دگرشکل) می‌گویند. مثل: O_3 و O_2 یا گرافیت و الماس.

نکته: در آلوتروپ‌های یک عنصر پایدارترین و فراوان‌ترین آنها را به عنوان حالت طبیعی در نظر می‌گیریم.

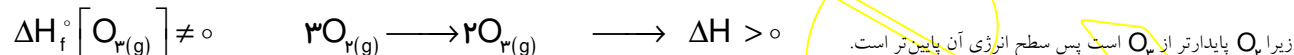
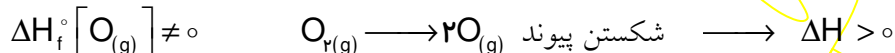
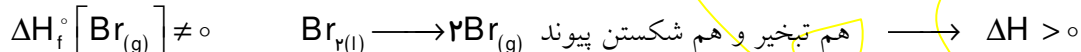
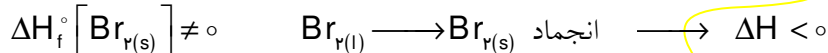
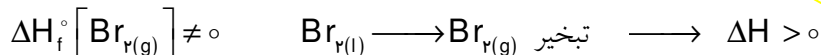
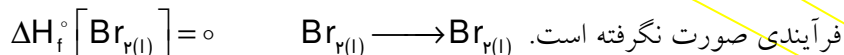
آنتالپی استاندارد تشکیل: (ΔH°)

به آنتالپی واکنش تشکیل یک مول ماده در شرایط استاندارد ترمودینامیکی، آنتالپی استاندارد تشکیل آن گفته می‌شود.



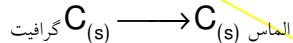
$$\Delta H_f^\circ [NH_{3(g)}] = -\frac{92}{2} = -46 \text{ KJ/mol}$$

نکته: گرمای تشکیل عناصر در حالت طبیعی (استاندارد) آن‌ها صفر است.



نکته: سطح انرژی همواره با پایداری نسبت عکس دارد.

گرافیت پایدارتر از الماس است، پس سطح انرژی آن کم‌تر است.



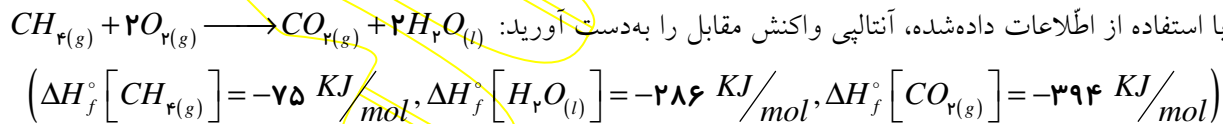
$\Delta H_f^\circ [\text{گرافیت}] = 0$ و $\Delta H_f^\circ [\text{الماس}] \neq 0$ و $\Delta H > 0$

ب-۲) محاسبه‌ی آنتالپی (ΔH) با استفاده از آنتالپی تشکیل مولی مواد:

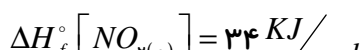
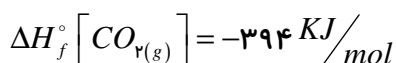
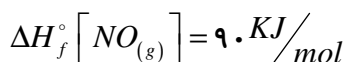
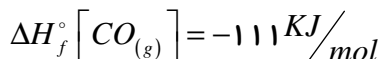
$$\Delta H = \Delta H_{f(2)} - \Delta H_{f(1)}$$

($\Delta H_{f(1)}$ گرمای تشکیل مواد اولیه و $\Delta H_{f(2)}$ گرمای تشکیل محصولات)

مثال: با استفاده از اطلاعات داده‌شده، آنتالپی واکنش مقابل را به‌دست آورید:



مثال: به کمک اطلاعات داده شده آنتالپی واکنش مقابل را به‌دست آورید.



نکته: در اغلب مواد مرکب، گرمای تشکیل منفی است، زیرا مواد مرکب معمولاً از عناصر سازنده خود، پایدارترند، بنابراین سطح انرژی کمتری داشته و واکنش تشکیل یک ماده مرکب غالباً گرمازا است.

مثال: با توجه به اطلاعات داده شده، گرمای تشکیل کربن مونوکسید را به دست آورید.

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

$$\left(\Delta H_f^\circ [CO_{2(g)}] = -394 \text{ KJ/mol}, \Delta H^\circ = -566 \text{ KJ} \right)$$

مثال: با توجه به این که گرمای سوختن استاندارد مولی اتیلن -141.0 KJ/mol است، به کمک اطلاعات داده شده گرمای تشکیل استاندارد مولی اتیلن را به دست آورید.

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$\left(\Delta H_f^\circ [CO_{2(g)}] = -394 \text{ KJ/mol}, \Delta H_f^\circ [H_2O_{(l)}] = -286 \text{ KJ/mol} \right)$$

تست: اگر گرمای تشکیل گازهای بخار آب، کربن دی اکسید و استیلن به ترتیب برابر با -242 ، $-393/5$ و $+227$ کیلوژول بر مول باشد، از سوختن کامل $0/2$ مول گاز استیلن چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

$251/2(4)$ $252/1(3)$ $124/2(2)$ $125/1(1)$

ب-3) با استفاده از قانون هس:

قانون هس: اگر جمع دو یا چند واکنش، واکنش دیگری را نتیجه دهد آنتالپی واکنش حاصل برابر است با جمع جبری (با علامت) آنتالپی های آن چند واکنش. مثلاً:

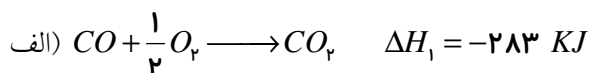
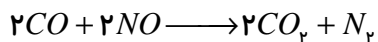


نکته: واکنشی که قصد محاسبه ΔH آن را داریم، واکنش هدف می نامیم. برای تعیین ضرایب واکنش های داده شده مواد واکنش هدف را با واکنش های داده شده مقایسه می کنیم. از دو جنبه:

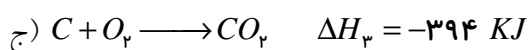
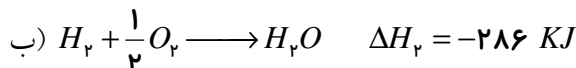
۱- جهت (سمت راست یا چپ بودن ماده) ۲- ضریب

واکنش های داده شده را در ضرایب لازم ضرب می کنیم. سپس همین ضرایب را در آنتالپی ها ضرب کرده، آنتالپی های جدید آن ها را با هم جمع جبری می کنیم.

مثال: با استفاده از واکنش‌های الف و ب، آنتالپی واکنش مقابل را به دست آورید:

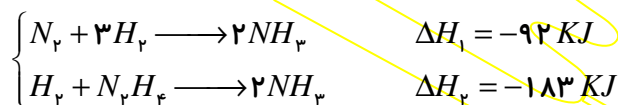


مثال: با استفاده از واکنش‌های الف، ب و ج، آنتالپی واکنش مقابل را به دست آورید:

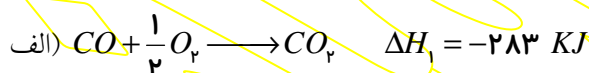


نکته: به کمک قانون هس می‌توان آنتالپی واکنشهایی را بدست آورد که در عمل انجام نمی‌شوند و یا انجام عملی آنها بسیار دشوار است.

به عنوان مثال واکنش تشکیل هیدرازین (N_2H_4) به طور مستقیم قابل انجام نیست، بنابراین با استفاده از قانون هس ΔH آنرا به کمک واکنشهای زیر به دست می‌آورند. این محاسبه را انجام دهید:



مثال: واکنش $2C + O_2 \rightarrow 2CO$ را نمی‌توان به طور تجربی انجام داد، با استفاده از اطلاعات زیر، ΔH این واکنش را حساب کنید.



تست: با توجه به دو واکنش زیر آنتالپی تبخیر مولی آب چند کیلوژول بر مول است؟



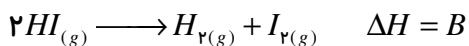
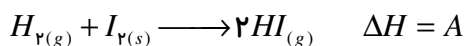
۴۴(۴)

۴۱(۳)

۸۲(۲)

۱۶۴(۱)

تست: با توجه به داده‌های زیر کدام رابطه صحیح است؟



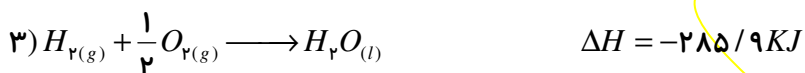
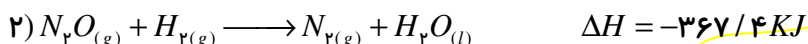
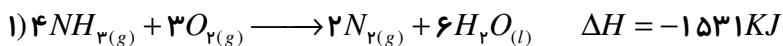
$$A - B - C = 0 \quad (1)$$

$$A + B + C = 0 \quad (2)$$

$$A - B + C = 0 \quad (3)$$

$$A + B - C = 0 \quad (4)$$

تست: با توجه به واکنشهای زیر:



آنتالپی واکنش $2NH_{r(g)} + 3N_2O_{(g)} \longrightarrow 4N_{r(g)} + 3H_2O_{(l)}$ با چند کیلو ژول است؟

$$-1110 \quad (1)$$

$$-1010 \quad (2)$$

$$-992/8 \quad (3)$$

$$-984/2 \quad (4)$$

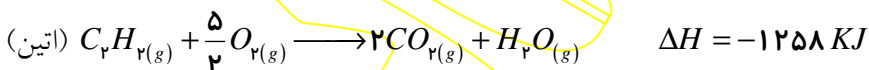
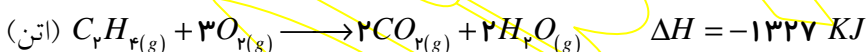
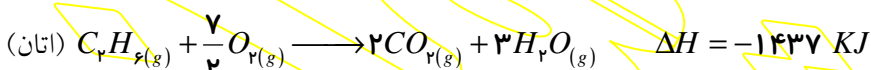
جمع بندی:

اگر انرژی پیوند دادند: $\Delta H = E_{p_1} - E_{p_2}$

برای محاسبه ΔH اگر گرمای تشکیل دادند: $\Delta H = \Delta H_{f(r)} - \Delta H_{f(l)}$

اگر چند واکنش دادند: قانون هس

تمرین: با توجه به واکنشهای داده شده و مقادیر ΔH آنها، انتظار دارید که دمای شعله‌ی سوختن کدام ماده داغ تر باشد؟

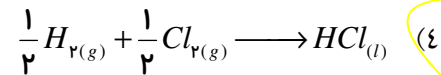
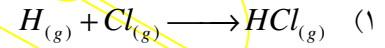
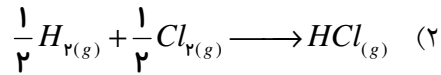


نکته: در سوختن هیدروکربن‌ها هر چه تعداد کربن بیشتر باشد، گرمای سوختن بیشتر است.

نکته: در تعداد کربن مساوی هر چه تعداد هیدروژن بیشتر باشد، گرمای سوختن بیشتر است اما دمای شعله کمتر است.

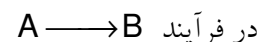
تمرین: از سوختن یک گرم هیدروژن اتمی گرمای بیش‌تری حاصل می‌شود یا از سوختن یک گرم هیدروژن مولکولی؟

تست: گرمای حاصل از کدام گزینه بیش از سایر گزینه‌ها است؟

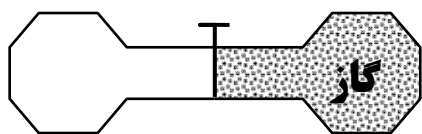


آنتروپی: S

بی نظمی ذرات یک سیستم را گویند.



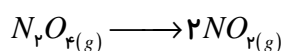
$$\Delta S = S_p - S_1 \quad (S_1, \text{ بی نظمی مواد اولیه و } S_p, \text{ بی نظمی مواد محصول است})$$



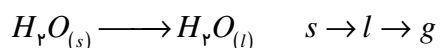
مثال: در شکل مقابل با باز کردن پیچ آنتروپی افزایش می یابد یا کاهش؟

اگر $S_p > S_1$ ($\Delta S > 0$) واکنش با افزایش بی نظمی همراه است.

اگر $S_p < S_1$ ($\Delta S < 0$) واکنش با کاهش بی نظمی همراه است.



۱- افزایش تعداد مول مواد. (بالاخص گاز)



۲- تغییر فیزیکی در جهت افزایش بی نظمی.

اگر $\Delta S > 0$:

$\Delta S < 0$: اگر برعکس موارد بالا رخ دهد.

نکات:

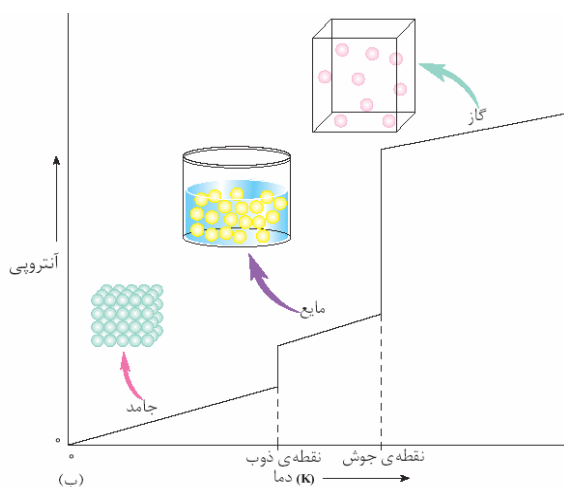
(۱) با افزایش دما آنتروپی افزایش پیدا می کند.

(۲) آنتروپی در دمای صفر کلوین صفر است.

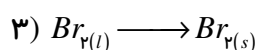
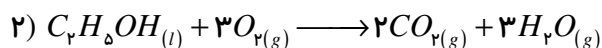
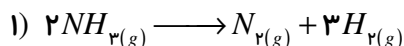
(۳) آنتروپی در قانون دوم ترمودینامیک بررسی می شود.

(۴) آنتروپی نخستین بار توسط دانشمندی به نام کلازیوس ارایه شد.

(۵) آنتروپی یک سامانه منزوی طی یک فرایند خودبخودی افزایش می یابد.



مثال: علامت ΔS را تعیین کنید:



نکته: مواد تمایل دارند که به پایداری و بی نظمی بیش تری برسند. پایداری بیش تر یعنی سطح انرژی کم تر، بنابراین تمایل

مواد به شرکت در فرآیندهایی است که در آن ها سطح انرژی کاهش یابد. یعنی فرآیند گرمازا باشد ($\Delta H < 0$) و همچنین

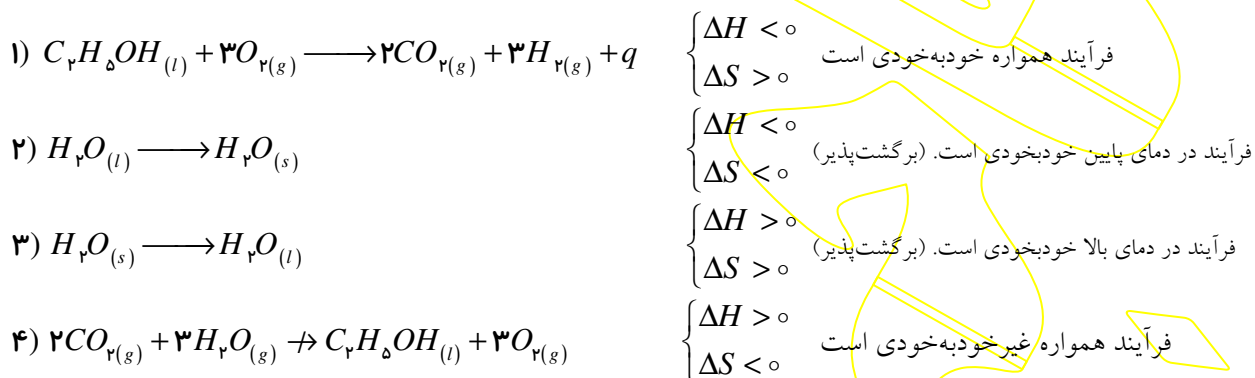
مواد تمایل دارند در فرآیندهایی شرکت کنند که بی نظمی در آنها افزایش می یابد ($\Delta S > 0$).

بنابراین می توان فرایندها را به چهار دسته زیر تقسیم کرد:

- ۱- $\Delta H < 0$ (مساعد) و $\Delta S > 0$ (مساعد)، فرآیند انجام پذیر است. (خودبه خودی است)
- ۲- $\Delta H < 0$ (مساعد) و $\Delta S < 0$ (نامساعد)، در دمای پایین خودبه خودی است.
- ۳- $\Delta H > 0$ (نامساعد) و $\Delta S > 0$ (مساعد)، در دماهای بالا خودبه خودی است.
- ۴- $\Delta H > 0$ (نامساعد) و $\Delta S < 0$ (نامساعد)، فرآیند انجام پذیر نیست. (خودبه خودی نیست)

نکته: فرایندهای ۲ و ۳ برگشت پذیر هستند.

مثال:



انرژی آزاد (گیبس): G

میزان انرژی در دسترس برای انجام یک فرآیند را گویند.

در فرآیند $A \longrightarrow B$

G_1 : انرژی آزاد (در دسترس) برای انجام واکنش رفت. (تبدیل A به B)

G_p : انرژی آزاد (در دسترس) برای انجام واکنش برگشت. (تبدیل B به A)

اگر $G_p < G_1$: فرآیند صورت می گیرد. (A به B تبدیل می شود)

اگر $G_1 < G_p$: فرآیند صورت نمی گیرد. (A به B تبدیل نمی شود) بنابراین می توان گفت:

$(G_p > G_1) +$ ← فرآیند خودبه خودی نیست.

← $(G_1 > G_p) -$ ← فرآیند خودبه خودی است.

← $(\Delta G = 0)$ ← واکنش در حال تعادل است.

انرژی گیبس از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

T (دما بر حسب کلوین)

به کمک این رابطه می توان خودبخودی بودن فرایندها را پیش بینی کرد:

ΔH	ΔS	$-T\Delta S$	ΔG	فرآیند
-	+	-	-	همواره خودبه خودی است.
-	-	+	?	$|\Delta H| > |T\Delta S|$ فقط در دماهای پایین خودبه خودی است.
+	+	-	?	$|\Delta H| < |T\Delta S|$ فقط در دماهای بالا خودبه خودی است.
+	-	+	+	همواره غیر خودبه خودی است.

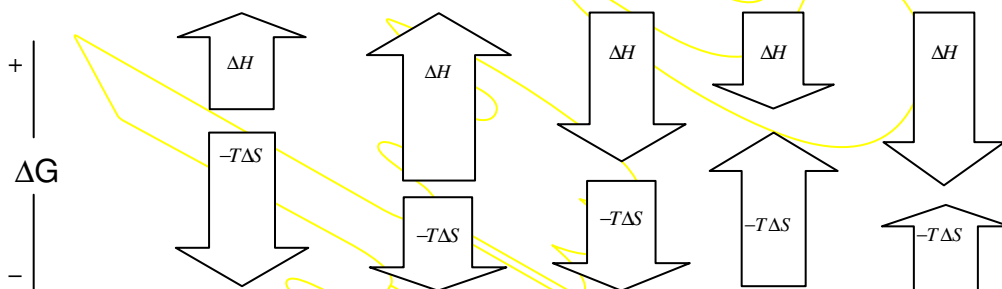
مثال: در هر یک از موارد زیر معین کنید فرآیند خودبه‌خودی است یا غیر خودبه‌خودی است؟

$T(K)$	$\Delta S(KJ/K)$	$\Delta H(KJ)$
۳۰۰	-۵	+۲۰۰۰
۴۰۰	-۲	-۷۰۰
۳۰۰	-۲	-۷۰۰
۳۰۰	+۳	-۸۰۰
۳۵۰	+۲۰	+۴۰۰

تست: در واکنشی که در آن $\Delta H = -۸۰۰۰ KJ$ و $\Delta S = -۲۰ KJ/K$ است. محدوده‌ی دمایی که واکنش در آن خودبه‌خودی است، کدام است؟

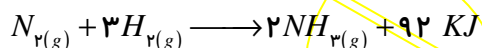
- (۱) $T > ۴۰۰ K$ (۲) $T < ۴۰۰ K$ (۳) $T > ۲۰۰ K$ (۴) $T < ۲۰۰ K$

مثال: در هر یک از فرآیندهای داده شده معین کنید فرآیند، خودبه‌خودی است یا غیر خودبه‌خودی؟



(۲) واکنش فقط در دماهای بالا خودبه‌خودی است.

(۴) واکنش در هر دمایی غیر خودبه‌خودی است.



(۲) واکنش برگشت پذیر است.

(۴) در این واکنش آنتروپی کاهش یافته است.

تست: در واکنش مقابل کدام گزینه صحیح است؟

(۱) واکنش فقط در دماهای پایین خودبه‌خودی است.

(۳) واکنش در هر دمایی خودبه‌خودی است.

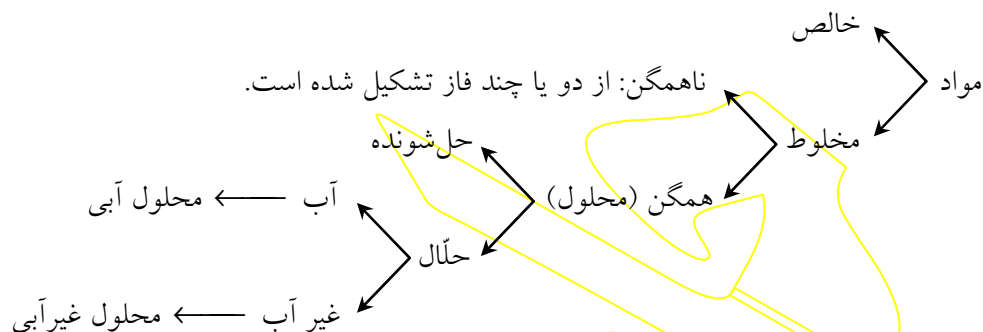
تست: با توجه به واکنش مقابل، کدام گزینه غلط است؟

(۱) واکنش فقط در دمای پایین خودبه‌خودی است.

(۳) واکنش در هر شرایطی دارای ΔG منفی است.

فصل سوم

مخلوطها



نکته: فاز بخشی از ماده است که خواص شدتی در همه جای آن یکسان باشد.

- | | |
|---|-------------------------------|
| ۱- الکل معمولی (اتانول): مهم ترین حلّال صنعتی بعد از آب C_2H_5OH ← قطبی (پیوند هیدروژنی)
۲- استون (پروپانون): CH_3COCH_3 ← قطبی
۳- هگزان (تینر): C_6H_{14} ← ناقطبی
۴- کربن تتراکلرید: CCl_4 ← ناقطبی
۵- کربن دی سولفید: CS_2 ← ناقطبی
۶- کلروفرم: $CHCl_3$ ← قطبی
۷- تولوئن: CH_3 ← ناقطبی | حلّال های
غیر آبی
معروف |
|---|-------------------------------|



نکات:

- ۱- هیدروکربن ها ناقطبی هستند. (فقط کربن و هیدروژن دارند).
- ۲- مولکولی که لااقل سه نوع اتم داشته باشد، قطبی است.
- ۳- در هر مولکولی که H به یکی از سه عنصر N ، O و F متصل باشد، توان برقراری پیوند هیدروژنی وجود دارد.
- ۴- در مولکولهای چند اتمی هر مولکولی که اتم های جانبی یکسان دارد و اتم مرکزی آن جفت الکترون تنها ندارد، ناقطبی است (در غیر هر یک از این دو صورت قطبی است)
- ۵- در مولکول های دو اتمی اگر دو اتم متفاوت باشند، قطبی است (HCl) و اگر دو اتم یکسان باشند، ناقطبی (H_2) است.
- ۶- مواد قطبی در حلّال های قطبی و مواد ناقطبی در حلّال های ناقطبی بهتر حل می شوند. (شبیه، شبیه را در خود حل می کند).

مکانیسم انحلال

یک انحلال را می توان به سه مرحله تقسیم نمود:

- ۱- جدا شدن ذرات حل شونده ← انرژی گیر (q_1)
- ۲- جدا شدن ذرات حلّال ← انرژی گیر (q_2)
- ۳- احاطه شدن ذرات حل شونده توسط ذرات حلّال ← انرژی زا (q_3)

نکته: همواره برهم زدن هر نیروی جاذبه‌ای انرژی‌گیر و تشکیل آن انرژی‌زا است.

$$q_1 + q_2 > q_3 \leftarrow \text{انحلال گرماگیر است. (محلول سرد می‌شود)}$$

$$q_1 + q_2 < q_3 \leftarrow \text{انحلال گرمازا است. (محلول گرم می‌شود)}$$

اگر

آنتالپی انحلال (ΔH انحلال)

آنتالپی فرآیند انحلال یک مول حل‌شونده در مقدار زیادی حلال را گویند.

$$\Delta H_{\text{انحلال}} = (q_1 + q_2) - q_3$$

گرماگیر (+)
انحلال ΔH
گرمازا (-)

نکته: در انحلال یک ماده‌ی جامد در آب، مرحله‌ی ۱ را مرحله‌ی فروپاشی شبکه و q_1 را انرژی فروپاشی شبکه می‌نامند و مرحله‌ی دوم و سوم را مرحله‌ی آب‌پوشی و $q_3 - q_2$ را انرژی آب‌پوشی می‌نامند.

نکته: آب‌پوشی همواره گرماده است و با کاهش آنتروپی همراه است.

نکته: هر چه انرژی آب‌پوشی بیش‌تر باشد، اصطلاحاً می‌گویند آب‌پوشی شدیدتر صورت گرفته است.

$$\Delta H_{\text{انحلال}} = (\text{انرژی فروپاشی شبکه}) - (\text{انرژی آب‌پوشی})$$

مثال: اگر در انحلال نمک طعام در آب، انرژی لازم برای فروپاشی شبکه‌ی یک مول نمک طعام ۷۸۶ کیلوژول و انرژی حاصل از آب‌پوشی یون‌های این مقدار نمک ۷۸۳ کیلوژول باشد، آنتالپی انحلال نمک طعام را به‌دست آورید.

انحلال‌های گرماگیر مهم کتاب: نیترات‌ها، نمک‌های آمونیوم، نمک‌های فلزهای قلیایی، شکر.

انحلال‌های گرماده مهم کتاب: اسیدهای و بازهای قوی: کلسیم کلرید، الکل.

$$\Delta S > 0 \leftarrow \text{جامد در مایع}$$

$$\Delta S > 0 \leftarrow \text{مایع در مایع}$$

$$\Delta S < 0 \leftarrow \text{گاز در مایع}$$

آنتروپی انحلال

انحلال‌پذیری

حداکثر گرم حل‌شونده که در ۱۰۰ گرم حلال حل می‌شود. (محلول سیرشده یا اشباع حاصل می‌شود)

$$\text{انحلال‌پذیری} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حلال}} \times 100$$

سیرشده (اشباع) انحلال پذیری = جرم حل شونده در محلول
 محلول ها ← سیرنشده (غیراشباع) انحلال پذیری < جرم حل شونده در محلول
 فراسیرشده (فوق اشباع) انحلال پذیری > جرم حل شونده در محلول

نکته: در محلول فراسیرشده در اثر ضربه محلول اصطلاحاً هوشیار شده، مقدار اضافی حل شونده را به صورت رسوب ته نشین می کند. (محلول به اشباع تبدیل می شود)

مثال: در ۳۳۰ گرم محلول سیرشده ی پتاسیم نیترات ۸۰ گرم نمک وجود دارد. انحلال پذیری نمک چند گرم است؟

مثال: در محلول ۲۰٪ جرمی از نمک طعام اگر محلول سیرشده باشد، انحلال پذیری چند گرم است؟

نکته: در انحلال های گرماگیر، انحلال پذیری با افزایش دما، افزایش پیدا می کند و در انحلال های گرماده، کاهش پیدا می کند.

نکته: در انحلال گازها با افزایش دما انحلال پذیری کم شده با افزایش فشار (طبق قانون هنری) به صورت خطی افزایش پیدا می کند.

ترکیب	انحلال پذیری (حل شونده g / 100g H ₂ O)
متانول CH ₃ OH	حد معینی ندارد
شکر C ₆ H ₁₂ O ₆	۲۰۵
نقره کلرید AgCl	1/9 × 10 ⁻⁴
هگزانول C ₆ H ₁₃ OH	۰/۵۹
هیدروژن کلرید HCl	۶۳
کلسیم سولفات CaSO ₄	۰/۲۱
اتانول C ₂ H ₅ OH	حد معینی ندارد
باریم سولفات BaSO ₄	۲/۴ × 10 ⁻⁴
پتاسیم نیترات KNO ₃	۳۴

محلول: ۱ گرم > انحلال پذیری
 کم محلول: ۰/۰۱ گرم > انحلال پذیری > ۱ گرم
 نامحلول: انحلال پذیری > ۰/۰۱ گرم

نکته: هر چه نیروی بین ذرات در حلال و حل شونده به هم نزدیک تر باشد، انحلال بهتر صورت می گیرد، بنابراین مواد قطبی در حلال های قطبی و مواد ناقطبی در حلال های ناقطبی بهتر حل می شوند. (شبيهه، شبيهه را در خود حل می کند)

تست: کدام ماده در کربن تتراکلرید بهتر حل می شود؟

NaCl (۱) HBr (۲) I₂ (۳) CHCl₃ (۴)

تست: کدام ماده در آب بهتر حل می شود؟

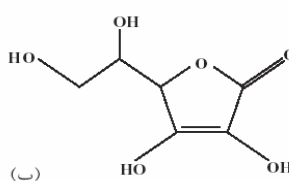
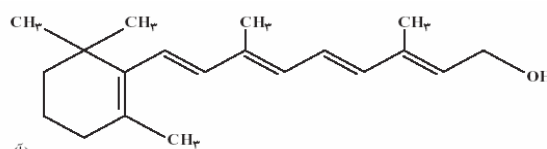
هگزان (۱) اتانول (۴) کربن دی سولفید (۳) تولوئن (۲)

نکته: الکل به علت توان برقراری پیوند هیدروژنی در آب به خوبی حل می شود. اگر تعداد کربن های الکل زیاد شود (بیش از ۴ کربن) انحلال پذیری کم می شود، زیرا زنجیره ی هیدروکربنی کربنی ناقطبی است و با طولانی تر شدن آن بخش ناقطبی بر قطبی غلبه می کند. (در مورد اسیدهای کربوکسیلیک هم این نکته صادق است)

اسیدهای کربوکسیلیک: قطبی R-COOH ناقطبی
 الکل ها: قطبی R-OH ناقطبی

مثال: انحلال پذیری کدام الکل در آب بیشتر است؟
 C₆H₁₃OH یا C₅H₁₁OH

مثال: در زیر ساختار دو ویتامین C (آسکوربیک اسید) و A (رتینول) داده شده است. با توجه به ساختار این دو ماده، پیش بینی کنید کدام یک در آب و کدام یک در چربی بهتر حل می شود؟



آ. ساختار ویتامین A (رتینول)
 ب. ساختار ویتامین C

نیروهای بین ذرات در یک محلول: (به ترتیب قدرت)

(۱) یون-دوقطبی

(۲) پیوند هیدروژنی

(۳) دوقطبی-دوقطبی

(۴) یون-دوقطبی القایی

(۵) دوقطبی-دوقطبی القایی

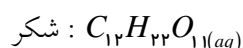
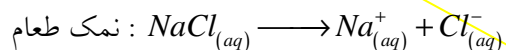
(۶) دوقطبی القایی-دوقطبی القایی

نکته: نیروی جاذبه بین یک جفت یون از نیروی جاذبه یون - دوقطبی قویتر است.

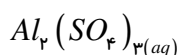
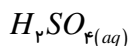
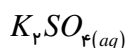
انحلال را می توان به دو دسته زیر تقسیم نمود:

یونی: ماده یونیزه می شود (به یون تبدیل می شود) ← نمکها، اسیدها و بازها

مولکولی: ماده به صورت مولکولی حل می شود (یونیزه نمی شود) ← هرچه به جز نمکها، اسیدها و بازها



مثال: معادله تفکیک یونی هر یک از مواد زیر را بنویسید:



نکته: در برخی از موارد، انحلال به صورت دوگانه صورت می گیرد (مولکولی - یونی) یعنی تعدادی از مولکولها، یونیزه شده و تعدادی از مولکولها، به صورت مولکولی حل می شوند.

$$100 \leq \text{درصد تفکیک یونی } (\alpha) \leq 100 \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

$$\text{درجه تفکیک یونی } (\alpha) = \frac{\text{تعداد مولهای یونیزه شده}}{\text{تعداد مولهای حل شده (کل)}}$$

مثال: در محلول مولار هیدروفلوئوریک اسید، اگر هر ۱۰۰۰ مولکول فقط ۲۴ عدد از آنها یونیزه شود، درصد تفکیک یونی چقدر است؟

مثال: اگر در محلول ۰/۱ مولار استیک اسید $\alpha = 1\%$ باشد، غلظت یون H^+ چند مولار است؟

مثال: اگر در محلول آمونیوم هیدروکسید دسی مولار، غلظت یون آمونیوم ۰/۰۱ مولار باشد، α چقدر است؟

مواد را از نظر میزان یونیزه شدن می توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

الکترولیت قوی ← خوب یونیزه می شوند. **مثل:** نمک‌ها + اسیدها و بازهای قوی

مواد ← الکترولیت ضعیف ← خوب یونیزه نمی شوند. **مثل:** اسیدها و بازهای ضعیف: NH_4OH ، HF و $R-COOH$

غیرالکترولیت ← اصلاً یونیزه نمی شوند. **مثل:** $(\alpha = 0)$ هر چه بجز اسید، باز و نمک

نکته: برخی از مواد با این که الکترولیت قوی هستند، رسانای خوبی برای جریان برق نیستند، زیرا در آب به خوبی حل نمی شوند.

(مقدار ناچیزی حل می شود اما همان مقدار ناچیز ۰/۱۰۰٪ یونیزه می شود) مثل تمامی رسوب‌های یونی مانند $BaSO_4$ و $AgCl$

(۱) ماده خوب حل شود.

جمع‌بندی نکته‌ی قبل: پس برای رسانای خوب بودن یک محلول، دو شرط لازم است که عبارتند از:

(۲) ماده خوب یونیزه شود.

نکته: درجه تفکیک یونی به غلظت و دما بستگی دارد.

ضریب و انتهوف (i)

تعداد مول ذراتی که از انحلال یک مول ماده در آب حاصل می شود.

۱ مول شکر → $\frac{1}{1}$ مول شکر (انحلال)

۱ مول $Na^+ + Cl^-$ → ۲ مول نمک طعام (انحلال)

نکته: α و i هر چه محلول رقیق‌تر باشد، بیش‌تر می شوند.

0.001^m	0.01^m	0.1^m	NaCl
۱/۹۷	۱/۹۴	۱/۸۷	i

← i به مقدار حل‌ی ۲ نزدیک می شود

نکته: اگر دو ماده هم خوب حل شوند و هم خوب یونیزه شوند، ماده‌ای رسانای بهتر خواهد بود که « i » بیش‌تری داشته باشد.

تست: محلول آبی کدام ماده با مولاریته یکسان رسانای بهتری برای جریان برق است؟



خواص کولیگاتیو (تجمعی) محلول‌ها

خواصی از محلول را گویند که به تعداد ذرات موجود در محلول بستگی دارد نه به جنس آن.

نکته: خواص کولیگاتیو به $m \times i$ وابسته است. (مولالیت در ضریب وانتهوف)
تعداد ذرات موجود در محلول متناسب است با: $m \times i$

الف) افزایش نقطه‌ی جوش:

ناخالصی غیر فرار، نقطه‌ی جوش آب را افزایش می‌دهد. میزان این افزایش خاصیتی کولیگاتیو است. (ماده‌ی فرار: ماده‌ای است که نقطه‌ی جوش آن کم‌تر از $100^\circ C$ است.)

ب) کاهش نقطه‌ی انجماد:

ناخالصی باعث کاهش نقطه‌ی انجماد مایع می‌شود و میزان این کاهش خاصیتی کولیگاتیو است.

نکته: ناخالصی تغییر فاز را مشکل‌تر می‌کند. (جوشیدن در دمای بالاتر و انجماد در دمای پایین‌تر)

مثال:

نوع حل‌شونده	غلظت مولال	نقطه‌ی شروع جوشیدن	نقطه‌ی شروع انجماد
آب خالص	-	$100^\circ C$	$0^\circ C$
شکر	۱	$100/52^\circ C$	$-1/85^\circ C$
شکر	۲	$101/04^\circ C$	$-3/7^\circ C$
$NaCl$	۱	$101/04^\circ C$	$-3/7^\circ C$
$CaCl_2$	۱	$101/56^\circ C$	$-5/55^\circ C$
KNO_3	۱		
$Fe_2(SO_4)_3$	۲		

جمع‌بندی

میزان افزایش نقطه‌ی جوش: $+0/52 \times m \times i$

میزان نزول نقطه‌ی انجماد: $-1/85 \times m \times i$

مثال: چرا در زمستان روی یخ نمک می‌ریزند؟

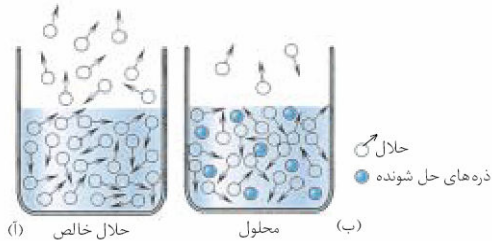
ج) کاهش فشار بخار:

فشار بخار: فشاریست که بخار یک مایع به محیط وارد می‌کند.

نکته: فشار بخار به عوامل زیر بستگی دارد:

- ۱- هر چه نیروی بین ذرات قوی‌تر باشد، فشار بخار کم‌تر است. (تبخیر کم‌تر صورت می‌گیرد)
- ۲- هر چه دما بالاتر باشد، فشار بخار بیش‌تر است. (تبخیر بیش‌تر صورت می‌گیرد)
- ۳- هر چه سطح تماس مایع بیش‌تر باشد، فشار بخار بیش‌تر است. (تبخیر بیش‌تر صورت می‌گیرد)

نکته: انحلال یک ناخالصی غیر فرار در آب سطح تماس را کاهش داده، باعث کاهش فشار بخار می‌شود. (غیر فرار یعنی دیرتر از آب بخار شود)

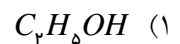
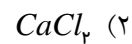


نکته: میزان کاهش فشار نیز به تعداد ذرات حل شونده‌ی موجود در محلول بستگی دارد، بنابراین خاصیتی کولیگاتیو است.

نکته: با افزایش دما، فشار بخار زیاد می‌شود، تا جایی که فشار بخار با فشار محیط برابر می‌شود. در این نقطه است که عمل جوشیدن رخ می‌دهد. (به همین خاطر در نقاط کم‌فشار نقطه‌ی جوش کمتر است و برعکس)

نکته: وجود ناخالصی، باعث افت فشار بخار می‌شود، بنابراین در دمای بالاتری عمل جوشیدن رخ می‌دهد.

تست: فشار بخار محلول یک مولال کدامیک از مواد زیر کمتر از بقیه است؟



کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها:

مخلوط‌هایی ناهمگن هستند که برخی خواص آن‌ها با محلول‌ها شباهت دارد. سوسپانسیون مثل آب گل‌آلود یا خاک شیر- کلویید مثل خون یا شیر.

1nm > اندازه‌ی ذرات محلول‌ها > 100nm > اندازه‌ی ذرات کلوییدها > 10000nm > اندازه‌ی ذرات سوسپانسیون‌ها (جداواول صفحه‌ی ۱۰۰ کتاب مطالعه شود)

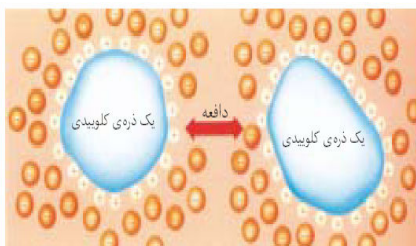
برای مقایسه‌ی محلول‌ها، کلوییدها و سوسپانسیون‌ها به جدول زیر توجه کنید:

پایداری	عبور دادن نور	عبور از کاغذ صافی	
پایدارند	عبور می‌دهند	عبور می‌کنند	محلول‌ها
موقتاً پایدارند اما در برخی از شرایط لخته تشکیل می‌دهند.	عبور داده و مسیر عبور را معین می‌کنند	عبور می‌کنند	کلوییدها
ناپایدارند و در اثر سکون ذرات آنها ته‌نشین می‌شود.	عبور نمی‌دهند	عبور نمی‌کنند	سوسپانسیون‌ها

نکته: کلوییدهای شفاف نور را از خود عبور می‌دهند و مسیر عبور نور را معین می‌کنند. مانند: گرد و غبار هوا. این پدیده را *اثر تندیال* یا *پخش نور* می‌نامند.

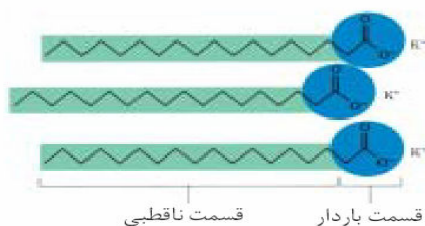
نکته: در ذرات کلوییدی در اثر الکتریسیته مالشی بین ذرات پخش‌شونده و پخش‌کننده بار الکتریکی نابرابر همانمی به وجود می‌آید که این بار الکتریکی باعث می‌شود که ذرات کلوییدی دائماً معلق باشند (علت پایداری موقت ذرات کلوییدی) و حرکت ارتعاشی نامنظمی موسوم به *حرکت براونی* داشته باشند.

نکته: در اثر افزودن یک الکترولیت به کلویید بار الکتریکی ذرات آن خنثی شده، به هم پیوسته، ذرات درشت‌تری را بوجود آورده، اصطلاحاً *لخته* تشکیل می‌دهند.



نکته: کلویید مایع در مایع را *امولسیون* می‌نامند. دو مایعی که امولسیون را تشکیل می‌دهند در هم حل نشده و حتماً یکی از آن‌ها قطبی و دیگری ناقطبی است، به‌همین خاطر برای تشکیل امولسیون، ماده‌ی سومی احتیاج است که به آن *امولسیون‌کننده* گفته می‌شود.

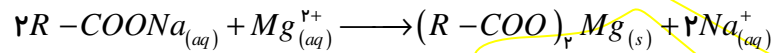
در امولسیون‌کننده‌ها یک قسمت قطبی و یک قسمت ناقطبی وجود دارد. به همین خاطر این مواد به‌صورت پلی میان دو مایع عمل می‌کنند. مثل: لسیترین تخم مرغ در سس مایونز (سرکه و روغن مایع) یا صابون در امولسیون چربی در آب.



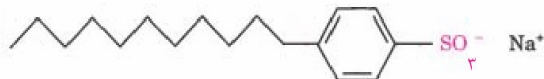
صابون پتاسیم: $R-COOK$

نکات صابون:

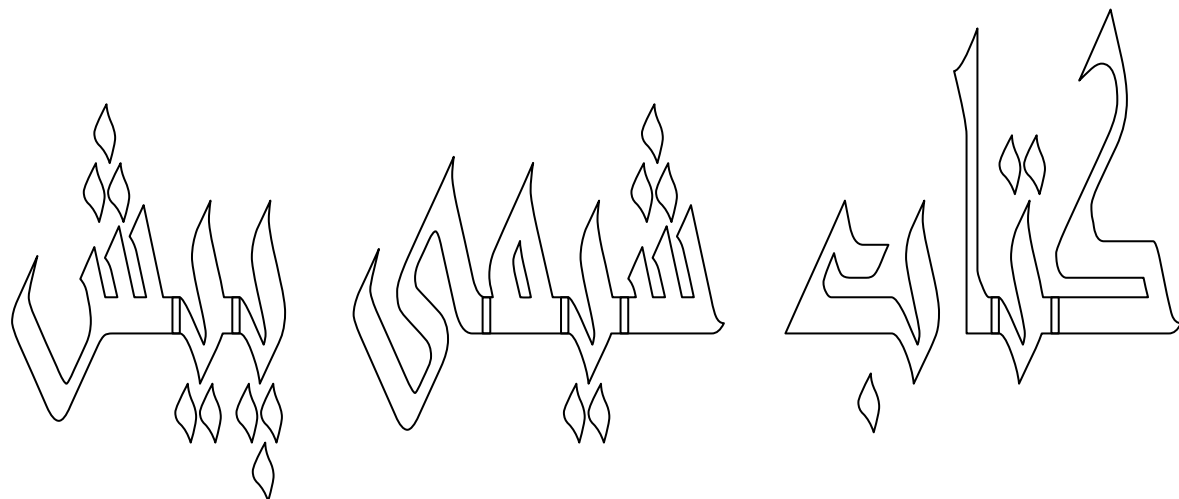
- ۱) صابون سدیم، جامد است و صابون پتاسیم و آمونیوم مایع است.
- ۲) اسیدهای کربوکسیلیک سنگین را در کل اسید چرب می نامند. (۱۶ تا ۲۲ اتم کربن) نمک اسیدهای چرب را صابون می نامند.
- ۳) صابون، کشش سطحی آب را افزایش داده، هوا نمی تواند جداره آنرا بشکافد بنابراین کف تشکیل می شود.
- ۴) صابون کلسیم، منیزیم و آهن در آب نامحلول است. به همین خاطر صابون در آب سخت عمل نمی کند (کف نمی کند).
(آب سخت: حاوی مقدار قابل توجهی یونهای کلسیم، آهن و منیزیم است.)



از این رو در آب سخت از پاک کننده های غیرصابونی استفاده می شود. در این پاک کننده ها به جای گروه کربوکسیلات ($-COO^-$) از گروه دیگری مثل سولفونات ($-SO_3^-$) استفاده می شود که این گروه با کاتیونهای موجود در آب سخت، رسوب تشکیل نمی دهد.



سدیم دودسیل بنزن سولفونات



بخش اول

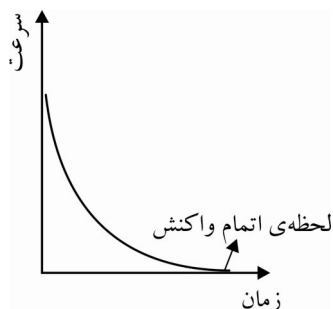
سینتیک شیمیایی

در سینتیک شیمیایی دو بحث مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- سرعت واکنش‌ها

۲- چگونگی انجام واکنش‌ها (چگونگی انجام واکنش یا سازگار)

نکته: در ترمودینامیک امکان وقوع یک واکنش بررسی می‌شود اما در سینتیک شرایط لازم برای انجام شدن واکنش.



سرعت واکنش: (R – Rate)

تعداد مول تولید شده یا مصرف شده در واحد زمان.

نکته: در اغلب واکنش‌ها سرعت واکنش با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

سرعت متوسط واکنش: (\bar{R})

تعداد مول تولید شده یا مصرف شده در کل زمان انجام واکنش.

$$\bar{R} = \frac{\text{تعداد مول تولیدی یا مصرفی}}{\text{کل زمان انجام واکنش}}$$

$$\Rightarrow \text{mol/s – min – h, ...}$$

مثال: در مدت ۳۰ ثانیه ۰/۲۳ گرم سدیم در مقداری آب به طور کامل حل شده است. سرعت متوسط مصرف سدیم در

این واکنش چند mol/min است؟ ($\text{Na} = ۲۳$)

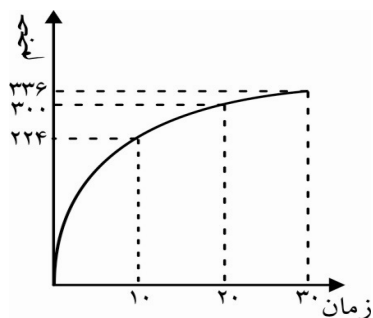
مثال: در واکنش مقداری فلز منیزیم با هیدروکلریک اسید پس از گذشت ۲۰ ثانیه، ۴۴۸ میلی لیتر گاز در شرایط متعارفی

حاصل شده است. سرعت متوسط تولید گاز چند مول در ثانیه است؟

مثال: ۹ میلی گرم آلومینیوم در مدت ۱۰ ثانیه در مقداری نیتریک اسید به طور کامل حل شده است. سرعت متوسط

مصرف آلومینیوم چند مول در دقیقه است؟ ($\text{Al} = ۲۷$)

مثال: در نمودار زیر حجم گاز تولید شده از واکنش مقداری فلز پتاسیم با آب در شرایط متعارفی داده شده است. سرعت متوسط تولید این گاز چند مول در ثانیه است؟



مثال: در نمودار فوق سرعت متوسط تولید گاز در فاصله زمانی ۱۰ تا ۳۰ ثانیه و صفر تا ۱۰ ثانیه را نیز بدست آورید.

نکته: می توان سرعت متوسط یک واکنش را در بازه های زمانی مختلف محاسبه کرد: $\bar{R}_x = \left| \frac{\Delta n_x}{\Delta t} \right|$

در واکنش $A \rightarrow B$ در یک بازه زمانی معین:

$$\bar{R}_A = -\frac{\Delta n_A}{\Delta t} > 0$$

↑ تغییر مول
↓ تغییر زمان

$$\Delta n_A = n_{\nu A} - n_{\nu A} < 0 \rightarrow n_{\nu A} < n_{\nu A}$$

$$\bar{R}_B = \frac{n_B}{\Delta t} > 0 \rightarrow n_{\nu B} > n_{\nu B}$$

مثال: تعداد مول یکی از مواد اولیه واکنش پس از گذشت ۲ min، ۰/۰۴ mol و پس از گذشت ۵ min، ۰/۰۲۵ mol است. سرعت متوسط مصرف این ماده چند $\frac{\text{mol}}{\text{min}}$ است؟

نکته: هر چه بازه‌ی زمانی به لحظه شروع واکنش نزدیکتر باشد سرعت متوسط واکنش بیشتر است.

نکته: برای محاسبه سرعت متوسط واکنش بهترین بازه‌ی زمانی کل زمان انجام واکنش است.

تست: سرعت متوسط یک واکنش که ۳۰ ثانیه به طول می انجامد، در کدام بازه‌ی زمانی بیشتر است؟

$$2.0^s - 3.0^s \quad (4) \quad 0 - 3.0^s \quad (3) \quad 1.0^s - 2.0^s \quad (2) \quad 0 - 1.0^s \quad (1)$$

تست: در یک واکنش که در ۱۰ دقیقه صورت می گیرد اگر سرعت متوسط واکنش را در پنج دقیقه اول، R_1 در پنج دقیقه دوم R_2 و در کل ۱۰ دقیقه R بنامیم کدام رابطه صحیح است؟

$$R_1 = R_2 = R \quad (4) \quad R > R_1 > R_2 \quad (3) \quad R_1 > R > R_2 \quad (2) \quad R_1 > R_2 > R \quad (1)$$

مثال: تعداد مول یکی از محصولات واکنشی در زمانهای مختلف به صورت زیر ثبت شده است. سرعت متوسط تولید این ماده را بر حسب مول در دقیقه به دست آورید.

زمان	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
مول	۰/۲۵	۰/۴	۰/۴۵	۰/۴۵

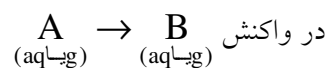
بیان سرعت واکنش از روی غلظت مولی:

$$\text{غلظت مولی (مولاریته)} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}}$$

$[A]$: غلظت مولی A

نکته: غلظت فقط برای گازها و محلولها کاربرد دارد و در جامدات و مایعات خالص، مقداری ثابت است.

نکته: در گازها حجم محلول همان حجم ظرف است.

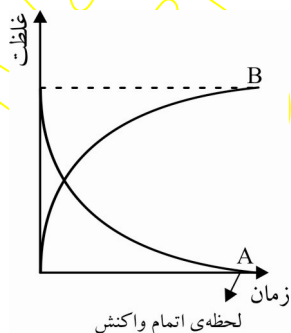


$$\rightarrow R_x = \left| \frac{\Delta[x]}{\Delta t} \right|$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{R}_A &= -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} > 0 \\ \bar{R}_B &= \frac{\Delta[B]}{\Delta t} > 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \text{واحد} \rightarrow M/s$$

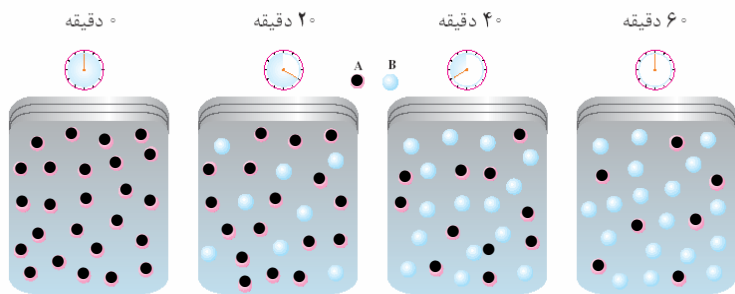
نمودار غلظت - زمان:

سرعت واکنش = شیب نمودار



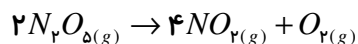
مثال: در شکل زیر هر گوی را معادل ۰/۰۴ مول در نظر بگیرید. اگر حجم ظرف یک لیتر باشد سرعت متوسط مصرف

A چند مولار در دقیقه است؟

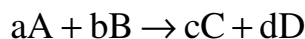


مثال: در واکنش زیر که در یک ظرف پنج لیتری در حال انجام است، اگر پس از گذشت ۴ دقیقه ۰/۸ مول گاز اکسیژن

حاصل شود، سرعت متوسط تولید این گاز چند مولار در دقیقه است؟



* می‌دانیم نسبت مولی دو ماده در یک واکنش نسبت ضرایب آنها است.



$$\frac{\text{mol A}}{\text{mol B}} = \frac{a}{b}$$

$$\text{در یک } \Delta t \text{ معین} \quad \Rightarrow \frac{\Delta n_A}{\Delta n_B} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{\Delta n_A}{a} = \frac{\Delta n_B}{b} \xrightarrow{\div \Delta t} \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} \rightarrow \frac{\bar{R}_A}{\bar{R}_B} = \frac{a}{b}$$

نسبت سرعت دو ماده در یک واکنش به نسبت ضرایب آنها است.

$$\Rightarrow \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d} = \bar{R}_{\text{واکنش}}$$

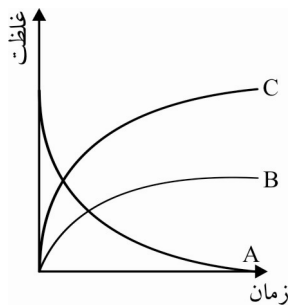
تست: در واکنش $A + 2B \rightarrow 3C + 4D$ سرعت متوسط واکنش برحسب کدام ماده بیشتر است؟

A (۱) B (۲) C (۳) D (۴)

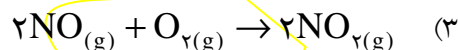
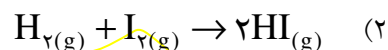
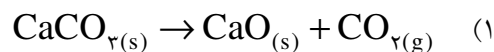
تست: در واکنش $2BrO^- \rightarrow 2Br^- + BrO_2^-$ اگر سرعت تولید یون برمید برابر $0.3 M \cdot s^{-1}$ باشد،

سرعت متوسط تولید یون برمات و مصرف یون هیپو برمیت به ترتیب چند مولار در ثانیه است؟

(۱) ۰/۲ و ۰/۶ (۲) ۰/۱۵ و ۰/۳ (۳) ۰/۱۵ و ۰/۴۵ (۴) ۰/۳ و ۰/۳



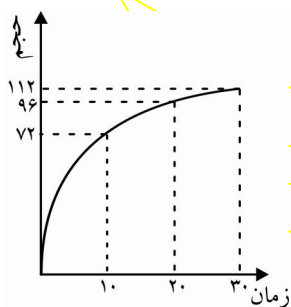
تست: نمودار غلظت زمان مقابل را به کدام واکنش می توان نسبت داد؟



مثال: ۹ گرم آلومینیوم در مدت ۱۰۰ s در مقداری سولفوریک اسید به طور کامل حل می شود. سرعت متوسط تولید گاز



مثال: نمودار زیر مربوط به حجم گاز هیدروژن تولید شده در شرایط STP در واکنش زیر است. سرعت متوسط مصرف



تست: ۸/۳۴ گرم PCl_5 را تجزیه کرده ایم، اگر پس از گذشت ۲۰ ثانیه، ۲۵٪ این ماده تجزیه شده باشد سرعت

تولید گاز کلر چند مول در دقیقه خواهد بود؟ ($\text{P}=31$ و $\text{Cl}=35/5$)

(۱) ۰/۰۲

(۲) ۰/۰۳

(۳) ۰/۰۴

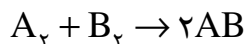
(۴) ۰/۰۵

مثال: پتاسیم نیترات در دماهای بالای 500°C بصورت زیر تجزیه می شود، اگر این واکنش در یک ظرف ۵ لیتری انجام شود و پس از گذشت ۲ دقیقه، $6/06$ گرم پتاسیم نیترات تجزیه شده باشد، سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن در این واکنش چند مولار در ثانیه خواهد بود؟ ($KNO_3 = 101$)

$$4KNO_{3(s)} \rightarrow 2K_2O_{(s)} + 2N_{2(g)} + 5O_{2(g)}$$

مثال: در واکنش مقداری فلز منیزیم با 250 میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید پس از گذشت 75 ثانیه، 336 میلی لیتر گاز در شرایط متعارفی تولید شده است. سرعت متوسط مصرف اسید چند مولار در دقیقه است؟

مگونگی انجام واکنش های شیمیایی



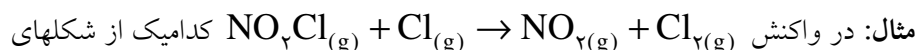
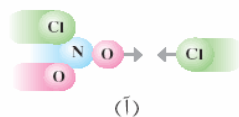
* برای انجام یک واکنش، مولکولهای مواد اولیه باید با هم برخورد داشته باشند. هر برخوردی میان مولکول های مواد اولیه باعث انجام واکنش نمی شود، برخوردی که موجب تولید محصول می شود را برخورد مؤثر یا کارا می نامند. یک برخورد، برای مؤثر بودن دو شرط زیر را باید داشته باشد:

(۱) راستای برخورد مناسب باشد.

(۲) انرژی برخورد برای انجام واکنش کافی باشد.

نکته: پس از رخ دادن برخورد مؤثر حالت واسطه ای بوجود می آید که به آن کمپلکس فعال یا پیچیده فعال و یا حالت گذار گفته می شود، در کمپلکس فعال پیوندهای مواد اولیه در حال شکستن و پیوندهای جدید در حال تشکیل است.

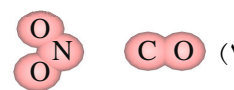
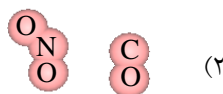
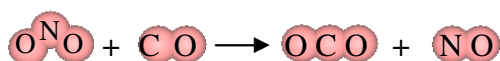
نکته: برای تشخیص راستای مناسب برخورد ساختار مواد اولیه و محصول را با هم مقایسه می کنیم و از روی پیوندهای در حال شکست و پیوندهای در حال تشکیل، راستای مناسب برخورد را تشخیص می دهیم. فقط اتمهایی که با هم پیوند جدید تشکیل می دهند، باید با هم برخورد داشته باشند.



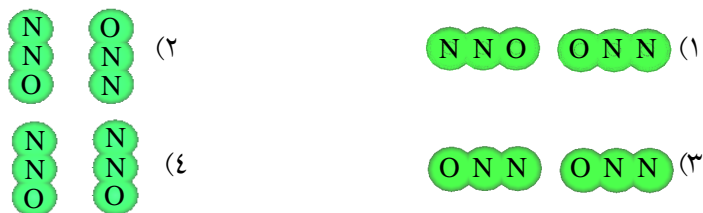
مقابل راستای مناسب برخورد میان مواد اولیه را نشان می دهد؟



تست: در واکنش مقابل کدام گزینه راستای مناسب برخورد بین مولکول های مواد اولیه را بدرستی نشان می دهد؟



تست: در واکنش $2N_2O(g) \rightarrow 2N_2(g) + O_2(g)$ راستای مناسب برخورد کدام گزینه می باشد؟

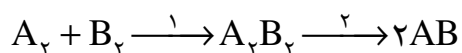


نکته: در مدل ساختاری کمپلکس فعال، پیوندهای در حال شکست و پیوندهای در حال تشکیل را با نقطه چین نمایش می دهیم و پیوندهایی که سالم مانده اند را دست نمی زنیم.

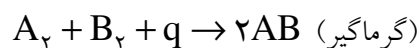
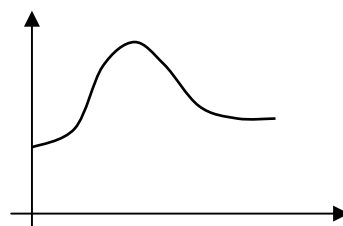
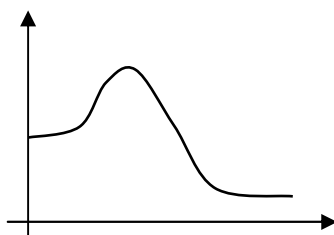
تست: در واکنش $2NOCl \rightarrow 2NO + Cl_2$ کدام گزینه ساختار درست کمپلکس فعال را درست نشان می دهد؟



می توان یک واکنش را در دو مرحله تصور کرد:



- ۱- مرحله اول: تبدیل مواد اولیه به کمپلکس (تضعیف پیوندهای اولیه): «انرژی گیر است»
 - ۲- مرحله دوم: تبدیل کمپلکس به مواد محصول (تشکیل پیوندهای جدید): «انرژی زا است»
- * همواره شکستن پیوند انرژی گیر و تشکیل پیوند انرژی زا است.

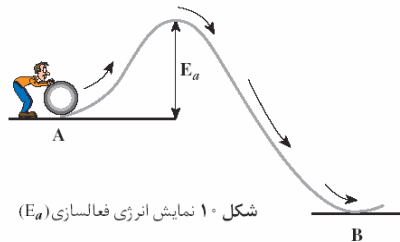


نمودار سطح انرژی :

انرژی فعالسازي (اكتيواسيون): E_a

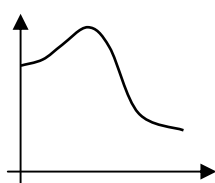
انرژی لازم برای تشکیل یک مول کمپلکس فعال از مواد اولیه را گویند. (انرژی لازم برای شروع واکنش)

نکته: هرچه انرژی فعالسازي کمتر باشد واکنش سریع تر صورت می گیرد.

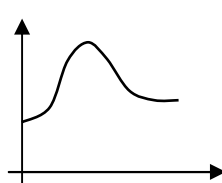


شکل ۱۰ نمایش انرژی فعالسازي (E_a)

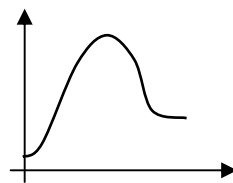
تست: در کدام نمودار، سطح انرژی واکنش گرمادهی نمایش داده شده است که سریعتر انجام می شود؟



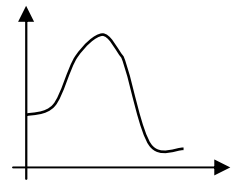
(۴)



(۳)

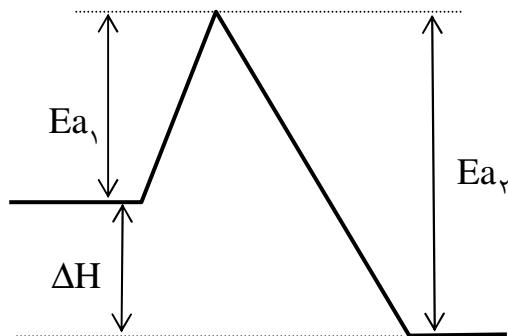


(۲)



(۱)

نکته:



E_{a_1} : انرژی فعالسازي واکنش رفت یا مستقیم.

E_{a_2} : انرژی فعالسازي واکنش برگشت یا معکوس

$$\Delta H = E_{a_1} - E_{a_2} < 0$$

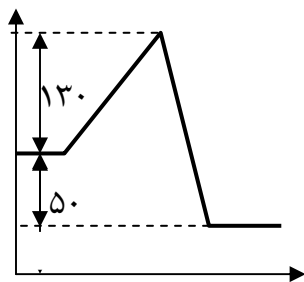
$$E_{a_1} < E_{a_2}$$

$$\Delta H = E_{a_1} - E_{a_2} > 0$$

$$E_{a_1} > E_{a_2}$$

$$\Delta H = E_{a_1} - E_{a_2} \begin{cases} (-) \rightarrow \text{گرماده} \\ (+) \rightarrow \text{گرمگیر} \end{cases}$$

تست: با توجه به نمودار مقابل آنتالپی واکنش مستقیم و انرژی فعالسازي واکنش معکوس به ترتیب کدام است؟

(۴) $80, -50$ (۳) $180, -50$ (۲) $180, +50$ (۱) $80, +50$

تست: در واکنش $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB + 20 \text{ Kcal}$ اگر انرژی فعالسازي واکنش 90 Kcal باشد، انرژی فعالسازي واکنش معکوس چند کیلوکالری است؟

۳۵ (۴)

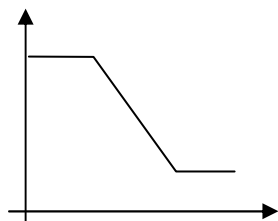
۵۵ (۳)

۷۰ (۲)

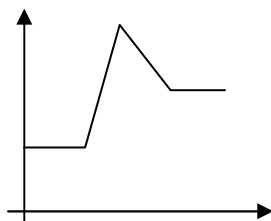
۱۱۰ (۱)

نکته: فرآیند شکستن یا تشکیل پیوند کمپلکس فعال ندارد.

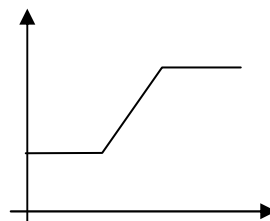
تست: در فرآیند $Cl_2 \rightarrow 2Cl$ نمودار سطح انرژی به کدام صورت است؟



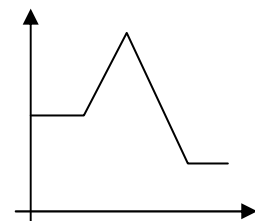
(۴)



(۳)



(۲)



(۱)

نکته: اگر مجموع انرژی پیوندهای مواد اولیه را E_1 بنامیم، همواره $E_a < E_1$ است زیرا در انرژی پیوند، پیوند به طور کامل شکسته می شود، اما در انرژی فعالسازي، پیوندهای اولیه فقط تضعیف می شوند.

تست: در واکنش $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$ اگر انرژی پیوندهای A_2, B_2 به ترتیب 435 و 391 کیلوژول بر مول باشد، کدام گزینه صحیح است؟

 $E_a = 826$ (۴) $E_a = 413$ (۳) $E_a > 826$ (۲) $E_a < 826$ (۱)

نظریه های سینتیکی

الف) نظریه برخورد: هر چه در واحد زمان و واحد حجم تعداد برخورد مؤثر بیشتری صورت گیرد، واکنش سریعتر انجام می شود.

ب) نظریه حالت گذار: هر چه در واحد زمان و واحد حجم تعداد حالت گذار بیشتری تشکیل شود، واکنش سریعتر انجام می شود.

نکته: نظریه برخورد نقایصی دارد که نظریه حالت گذار این نقایص را ندارد:

- (۱) در نظریه برخورد فقط حرکت انتقالی مولکول ها دیده شده است در حالیکه آن ها حرکات ارتعاشی و چرخشی نیز دارند که در انجام واکنش اثرگذار است.
- (۲) نظریه برخورد فقط در توجیه واکنش هایی کاربرد دارد که مواد اولیه آنها به حالت گاز باشند.
- (۳) در نظریه برخورد فقط مفهوم انرژی فعالسازی را می توان بیان کرد و مقدار آن قابل محاسبه نیست.
- (۴) در نظریه برخورد، برخورد میان مولکول ها برخوردی کشسان (مثل برخورد دو توپ بیلیارد) در نظر گرفته شده است، در حالیکه آنها روی هم تأثیر می گذارند.

عوامل مؤثر در سرعت واکنش :

۱- دما:

با افزایش دما جنبش مولکول ها شدیدتر شده، تعداد برخوردها افزایش یافته، تعداد برخوردها در راستای مناسب زیاد می شود. همچنین افزایش دما باعث افزایش انرژی برخوردها نیز می شود، بنابراین افزایش دما به شدت سرعت واکنش را افزایش می دهد.

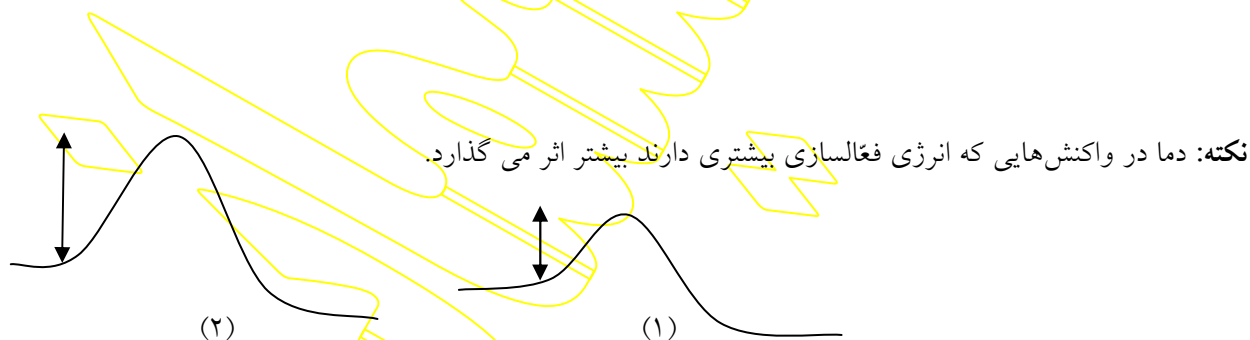
تست: اگر دمای انجام واکنش را از 20°C به 50°C برسانیم سرعت واکنش چند برابر می شود؟ (به ازای هر 10°C افزایش دما سرعت واکنش ۲ برابر می شود).

۸ (۴)

۶ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

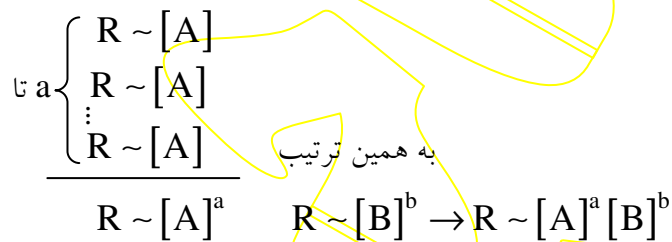
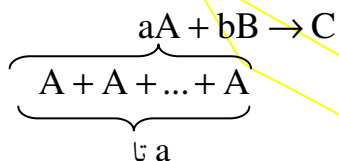
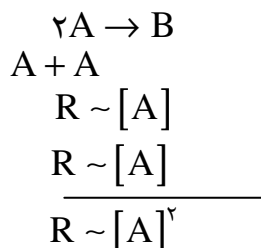
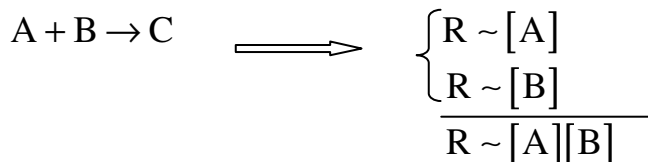


واکنش (۱) سریع تر است، اما تأثیر دما در واکنش (۲) شدیدتر است.

۲- غلظت :

با افزایش غلظت تراکم مولکول ها زیاد شده، تعداد برخوردها آن ها افزایش می یابد در نتیجه تعداد برخوردها در راستای مناسب زیاد شده، سرعت واکنش افزایش می یابد.

نکته: با دو برابر شدن غلظت یک ماده تعداد مولکول های آن در واحد حجم دو برابر شده، تعداد برخوردها در راستای مناسب دو برابر میشود در نتیجه سرعت واکنش دو برابر میشود.



$$R = K[A]^a [B]^b \quad \text{«رابطه قانون سرعت»}$$

«K» ثابت سرعت (به دما و واکنش وابسته است).

مثال: با توجه به عبارت قانون سرعت $R = K[A][B]^2$ با دو برابر کردن غلظت B و سه برابر کردن غلظت A سرعت واکنش چند برابر می شود؟

نکته: در رابطه $R = K[A]^m [B]^n$ ؛ m را مرتبه واکنش نسبت به A و n را مرتبه واکنش نسبت به B می نامند؛ در برخی مواقع مرتبه یک ماده در یک واکنش ضریب موازنه آن نیست و این مرتبه به صورت تجربی محاسبه می شود.

نکته: واکنش هایی که در یک مرحله و از تأثیر مستقیم مولکول های مواد اولیه انجام می شوند را واکنش های بنیادی می نامند. فقط در واکنش های بنیادی مرتبه هر ماده ضریب موازنه آن است.

تست: در واکنش بنیادی $2A_{(aq)} + B_{(aq)} \rightarrow C_{(aq)}$ اگر با ریختن آب مقطر حجم محلول را دو برابر کنیم سرعت واکنش چند برابر می شود؟

$$\begin{array}{llll} (1) \text{ برابر} & (2) \frac{1}{2} \text{ برابر} & (3) \text{ برابر} & (4) \frac{1}{8} \text{ برابر} \end{array}$$

[A]	[B]	R(M.s ⁻¹)
۰/۱	۰/۱	۲×۱۰ ^{-۳}
۰/۲	۰/۱	۴×۱۰ ^{-۳}
۰/۱	۰/۲	۸×۱۰ ^{-۳}

مثال: در واکنش $۳A + B \rightarrow C$ با توجه به اطلاعات داده شده رابطه قانون سرعت را بنویسید:

[A]	R
a _۱	R _۱
a _۲	R _۲

n× ×m

نکته:

مرتبه A
↑
m[?] = n

مثال: با توجه به اطلاعات داده شده رابطه قانون سرعت را بنویسید.

[A]	[B]	R(M.s ^{-۱})
۰/۱	۰/۱	۲×۱۰ ^{-۴}
۰/۳	۰/۲	۳۶×۱۰ ^{-۴}
۰/۲	۰/۱	۸×۱۰ ^{-۴}

مثال: با توجه به واکنش $aA + bB \rightarrow C$ و اطلاعات داده شده رابطه قانون سرعت را بنویسید:

[A]	[B]	R
۰/۱	۰/۲	۴×۱۰ ^{-۲}
۰/۲	۰/۲	۴×۱۰ ^{-۲}
۰/۱	۰/۸	۸×۱۰ ^{-۲}

۳- فشار :

فشار تنها در گازها اثر گذار است و تأثیر آن دقیقاً مانند غلظت است.

تست: در واکنش بنیادی $3A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow 2C_{(g)}$ با دو برابر کردن فشار ظرف سرعت واکنش چند برابر می‌شود؟

۴) ۱۶ برابر

۳) ۸ برابر

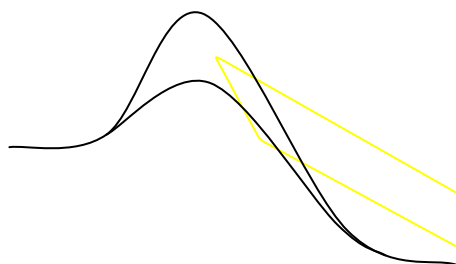
۲) ۴ برابر

۱) ۲ برابر

۴- کاتالیزور (کاتالیزگر) :

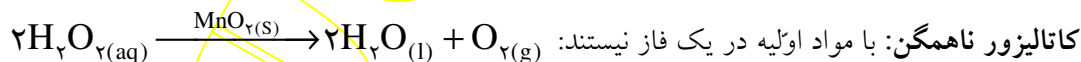
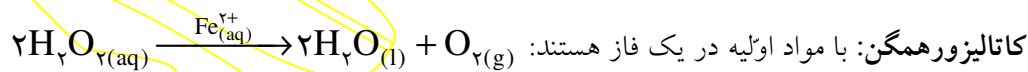
ماده ای است که سرعت واکنش را تغییر داده در نهایت بدون تغییر باقی می‌ماند.

نکته: کاتالیزور با مواد اولیه کمپلکس فعالی تشکیل می‌دهد که سطح انرژی آن پایین‌تر است بنابراین با کاهش انرژی فعالسازی سرعت واکنش را افزایش می‌دهد؛ در واکنش کاتالیز شده مسیر انجام واکنش تغییر می‌کند اما سطح انرژی مواد اولیه و مواد محصول ثابت می‌ماند بنابراین ΔH ثابت می‌ماند.



E_{a_1}, E_{a_2} به یک میزان کم می‌شود.

کاتالیزورها را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم نمود:



نکته: اگر حالت های فیزیکی را ندارند :

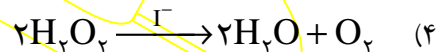
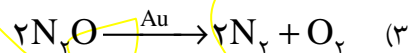
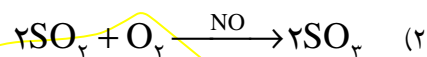
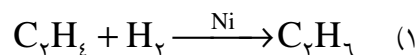
(۱) فلزها جامدند به جز جیوه (مایع) $\leftarrow^{(s)} \dots, Au, Pt, Ni$

(۲) یون ها محلول در آب اند $\leftarrow^{(aq)} \dots, I^-, Fe^{2+}$

(۳) ترکیبات یونی جامدند (مگر آنکه در آب محلول باشند) $\leftarrow^{(s)} \dots, KClO_3, MnO_2$

(۴) ترکیب نافلز و نافلز عمدتاً گاز است $\leftarrow^{(g)} \dots, SO_2, CO_2$

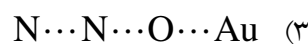
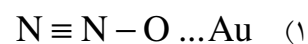
مثال: در هر مورد مشخص کنید کاتالیزور همگن است یا ناهمگن؟



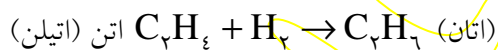
نکته: مخلوط دو جامد یک فاز نمی شود مگر در آلیاژ فلزی.

نکته: در کاتالیزور ناهمگن سطح تماس فقط فصل مشترک میان کاتالیزور و مواد اولیه است اما در کاتالیزور همگن سطح تماس بیشتر است بنابراین با فرض یکسان بودن تأثیر در انرژی فعالسازی کاتالیزور همگن تأثیر بیشتری نسبت به کاتالیزور ناهمگن دارد.

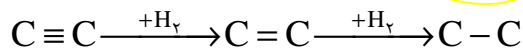
تست: در واکنش $N_2O_{(g)} \xrightarrow{Au} N_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ کدام گزینه ساختار کمپلکس را بدرستی نشان می دهد؟



واکنش هیدروژندار کردن (هیدروژناسیون): ترکیب شدن ماده آلی با هیدروژن

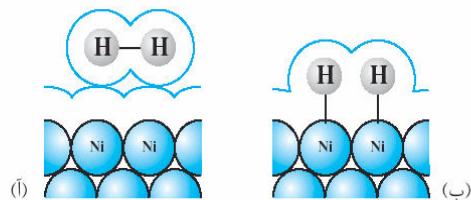


* بعنوان کاتالیزور در این فرآیند از یکی از سه فلز Pd, Pt, Ni (نیکل، پلاتین، پالادیم) میتوان استفاده نمود. (مثل تبدیل

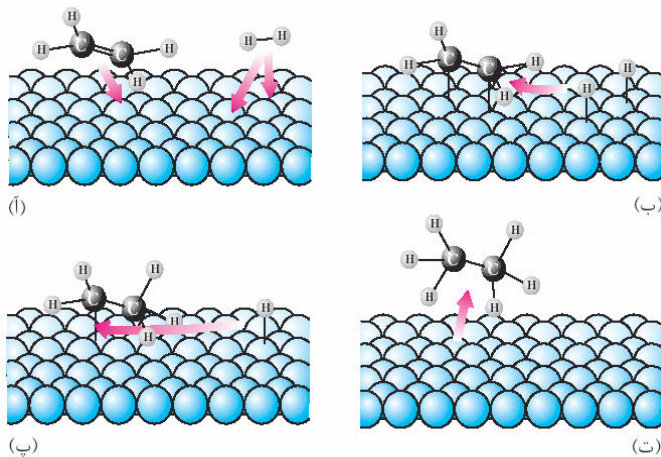


روغن مایع به روغن جامد).

مراحل کاتالیز شدن هیدروژن دار کردن اتیلن :



شکل ۱۵ انواع جذب سطحی. (آ) جذب فیزیکی و (ب) جذب شیمیایی



۱- انتشار مواد اولیه روی کاتالیزور : در این مرحله کاتالیزور با نیروهای واندروالسی مواد اولیه را جذب خود می کند. (آ)

۲- جذب شیمیایی : در این مرحله پیوندهای ضعیفی میان مواد اولیه و کاتالیزور تشکیل می شود و پیوندهای مواد اولیه سست می شود. این مرحله به واکنش سرعت می بخشد. (ب)

۳- تشکیل رادیکال های آزاد و محصولات : در این مرحله یکی از هیدروژن ها به یکی از کربن ها متصل می شود و نتیجه رادیکال اتیل (CH_2CH_2) و

رادیکال هیدروژن (H) تشکیل می شود. سپس رادیکال های آزاد تشکیل شده با هم پیوند داده، مولکول اتان تشکیل می شود. (پ)

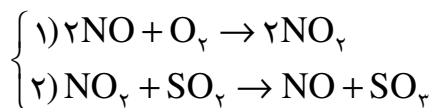
(رادیکال آزاد : ذراتی را گویند که هنوز آمادگی تشکیل پیوند کووالانسی دارند. (تک الکترون دارند)
مثل : NO_2 , Cl , CH_3 .)

۴ - انتشار محصولات در محیط : در این مرحله اتان از سطح کاتالیزور جدا شده در محیط انتشار می یابد. (ت)

نکته: در برخی مواقع کاتالیزور واکنش را در یک مکانیسم دو مرحله ای کاتالیز می کند.



سازوکار دو مرحله ای این واکنش به صورت مقابل است:



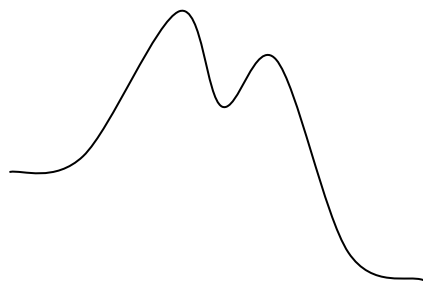
* در این واکنش دو مرحله ای :

(۱) هدف تهیه SO_3 بوده است.

(۲) NO کاتالیزور است (ابتدا مصرف می شود سپس مجدداً تولید می شود)

(۳) ذره حلا واسط است (ابتدا تولید می شود سپس مجدداً مصرف می شود)

* در نمودارهای چند مرحله‌ای :



(۱) فاصله مواد اولیه تا بالاترین قله E_a است.

(۲) مرحله آهسته‌تر مرحله‌ای است که انرژی فعالسازی بیشتری دارد. این مرحله در تعیین سرعت واکنش نقش تعیین کننده تری دارد. (رابطه قانون سرعت از روی این مرحله نوشته می‌شود).

به عنوان مثال: با توجه به اینکه در سازوکار دو مرحله ای فوق مرحله (۱) در سرعت کلی واکنش نقش تعیین کننده تری دارد و از مواد اولیه فقط O_2 آن هم با ضریب ۱ در این مرحله آمده است رابطه قانون سرعت به صورت $R = K[O_2]$ خواهد بود و تغییر غلظت SO_2 باعث تغییر سرعت کلی واکنش نمی شود. (مرتبه SO_2 صفر است).

مثال: سازوکار دو مرحله ای واکنش مقابل را نوشته به سؤالات زیر پاسخ دهید: $2NO + 2H_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$

الف) کدام ماده در این سازوکار نقش کاتالیزور را دارد؟

ب) کدام مرحله نقش تعیین کننده تری در سرعت واکنش کلی دارد؟

ج) رابطه قانون سرعت به چه صورت نوشته می‌شود؟

د) کدام ماده ذره حد واسط است؟

مثال: سازوکار دو مرحله ای واکنش مقابل را نوشته به سؤالات زیر پاسخ دهید: $CO + NO_2 \rightarrow CO_2 + NO$

الف) کدام ماده در این سازوکار نقش کاتالیزور را دارد؟

ب) کدام مرحله نقش تعیین کننده تری در سرعت واکنش کلی دارد؟

ج) رابطه قانون سرعت به چه صورت نوشته می‌شود؟

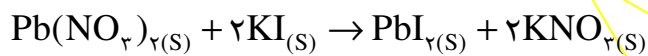
د) کدام ماده ذره حد واسط است؟

۵- سطح تماس ذرات (اندازه ذرات، حالت فیزیکی مواد اولیه):

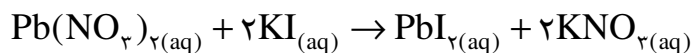
هر چه سطح تماس مواد اولیه بیشتر باشد واکنش سریع تر صورت می گیرد. (زیرا تعداد برخوردها بیشتر است)

نکته: هر چه اندازه ذرات ریزتر شود سطح تماس بیشتر می شود.

نکته: سطح تماس یک ماده در حالت گاز یا محلول از حالت جامد آن بیشتر است.



پودر سفید رنگ + پودر زرد رنگ پودر سفیدرنگ + پودر سفید رنگ



محلول بی رنگ + رسوب زرد رنگ محلول بی رنگ + محلول بی رنگ

* در حالت جامد، سطح تماس دو ماده فقط فصل مشترک آنها است.

۶- طبیعت (ماهیت) واکنش دهنده‌ها (واکنش پذیری یا فعالیت شیمیایی):

مهمترین عامل در تعیین سرعت واکنشها است، اما متغیر نیست.

تست: واکنش پتاسیم با آب بسیار سریعتر از واکنش آهن با آب است. زیرا...

(۱) سطح تماس پتاسیم با آب بیشتر از آهن است. (۲) چگالی آهن بیشتر از پتاسیم است.

(۳) واکنش پذیری پتاسیم بیشتر از آهن است. (۴) نیروی بین ذرات در پتاسیم ضعیفتر از آهن است.

تست: در واکنش منیزیم با محلول هیدروکلریک اسید کدام عامل در سرعت واکنش اثر ندارد؟

(۱) غلظت اسید (۲) سطح تماس (۳) دما (۴) فشار

تست: الیاف آهن داغ شده در هوا نمی سوزد اما در اکسیژن خالص به شدت میسوزد زیرا....

(۱) غلظت اکسیژن در هوا کمتر است. (۲) فعالیت اکسیژن خالص بیش از اکسیژن موجود در هوا است.

(۳) اکسیژن نقش کاتالیزور را برای سوختن آهن دارد. (۴) فشار هوا کمتر از اکسیژن خالص است.

بخش دوم

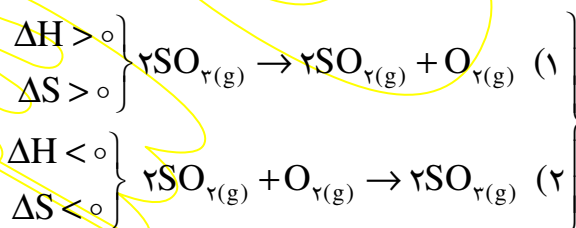
تعادلهای شیمیایی

همانطور که در ترموشیمی دیدیم فرآیندها را می توان در چهار گروه زیر بررسی کرد:

- (۱) واکنش خودبخودی است. (واکنش یکطرفه است). $\begin{cases} \Delta H < 0 \text{ (مساعد)} \\ \Delta S > 0 \text{ (مساعد)} \end{cases}$
- (۲) در دماهای پایین خودبخودی است. (واکنش برگشت پذیر است). $\begin{cases} \Delta H < 0 \text{ (مساعد)} \\ \Delta S < 0 \text{ (نامساعد)} \end{cases}$
- (۳) در دماهای بالا خودبخودی است. (واکنش برگشت پذیر است). $\begin{cases} \Delta H > 0 \text{ (نامساعد)} \\ \Delta S > 0 \text{ (مساعد)} \end{cases}$
- (۴) واکنش غیر خودبخودی است. $\begin{cases} \Delta H > 0 \text{ (نامساعد)} \\ \Delta S < 0 \text{ (نامساعد)} \end{cases}$

نکته: اگر در واکنشی $\Delta S, \Delta H$ هم علامت باشند واکنش برگشت پذیر است.

مثال:



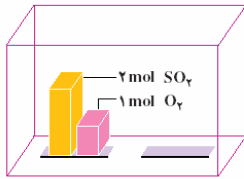
اگر مقداری گوگرد تری اکسید را در یک ظرف در بسته قرار دهیم در آغاز فقط واکنش (۱) انجام می شود. یعنی R_1 در آغاز واکنش زیاد و R_2 صفر است. با گذشت زمان R_1 کاهش یافته و R_2 زیاد می شود تا در نهایت $R_1 = R_2$ می شود. در این حالت تعادل برقرار می شود و می نویسیم:



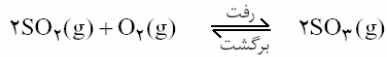
نکته: در چنین تعادلی با توجه به اینکه سرعت رفت و برگشت برابر است خواص میکروسکوپی (قابل مشاهده) مثل دما، غلظت، فشار، رنگ و ... ثابت است و خواص میکروسکوپی (غیرقابل مشاهده) که همان تبدیل مواد به یکدیگر است در حال تغییر است. چنین تعادلی را تعادل دینامیک یا پویا می نامند. در این تعادلهای مواد اولیه و محصول در مخلوط تعادل حضور دارند و مقدار ماده اولیه در آن ها به صفر نمی رسد. (واکنشی که در آن ماده اولیه به صفر می رسد را واکنش کامل می نامند).

نمودار سرعت - زمان

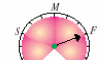
نمودارهای غلظت - زمان :



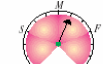
در زمان شروع، تنها واکنش میان مولکول های SO₂ و O₂ روی می دهد.



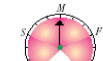
واکنش رفت



در آغاز واکنش

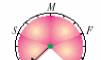


پس از مدتی

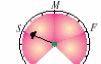


در هنگام تعادل

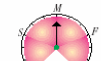
واکنش برگشت



در آغاز واکنش



پس از مدتی



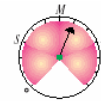
در هنگام تعادل

(آ)

(ب)

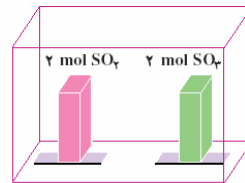
(پ)

عقره های سرعت سنج :



مثال: ۲ مول گاز SO₂ و ۲ مول گاز SO₃ را در ظرف

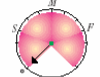
سربسته ای وارد می کنیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود در شکل زیر کدام گزینه وضعیت عقره های سرعت سنج را به



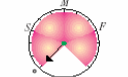
در آغاز واکنش

در هنگام تعادل

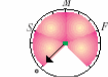
واکنش رفت



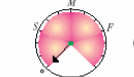
واکنش برگشت



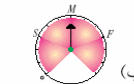
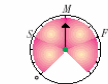
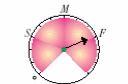
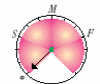
واکنش رفت



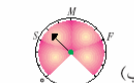
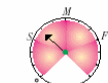
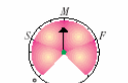
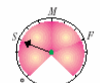
واکنش برگشت



(آ)



(ب)



(پ)

سرعت واکنش رفت

سرعت واکنش برگشت

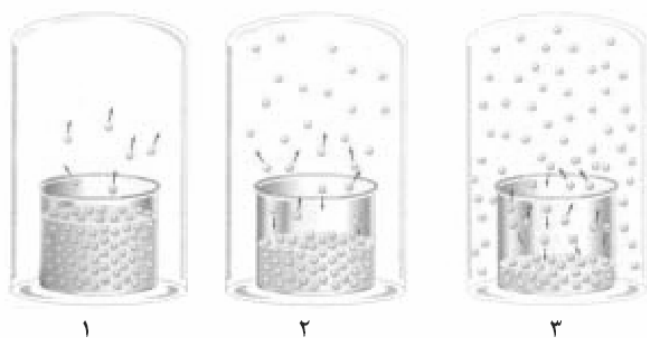
سرعت واکنش رفت

سرعت واکنش برگشت

فیزیکی : ماده تغییر ماهیت نمی دهد. $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(s)$ (تعادل آب و یخ صفر درجه)

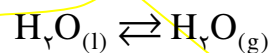
شیمیایی: ماده تغییر ماهیت می دهد $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

تعادل ها



تبادل آب و بخار آب :

سطح آب کم می شود سپس ثابت می ماند :



سرعت تبخیر = سرعت میعان

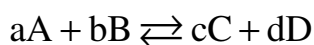
همگن: مواد اولیه و محصول در یک فازند: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

ناهمگن: مواد اولیه و محصول در یک فاز نیستند: $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

(یک تبادل ناهمگن فازی)

تبادل ها

رابطه قانون تبادل:



$$\text{شرط تبادل: } R_1 = R_2 \Rightarrow k_1 [A]^a [B]^b = k_2 [C]^c [D]^d$$

$$\Rightarrow \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = K \quad \text{ثابت تبادل (وابسته است)}$$

نکات ثابت تبادل :

۱) اگر ثابت یک تبادل عدد بزرگی باشد نشان میدهد که غلظت محصولات از مواد اولیه بیشتر است؛ بنابراین تبادل با پیشرفت مناسبی همراه بوده است در چنین مواقعی اصطلاحاً می گویند تبادل در سمت راست یا فرآورده ها قرار دارد و یا می گویند شرایط ترمودینامیکی مناسب بوده است.

۲) اگر ثابت تبادل عدد کوچکی باشد نشان دهنده آن است که تبادل با پیشرفت مناسبی همراه نیست و تبادل در سمت چپ یا واکنش دهنده ها قرار دارد و میتوان گفت شرایط ترمودینامیکی مناسب نیست.

۳) اگر ثابت تعادل عدد بسیار بزرگی می باشد میتوان گفت واکنش تا مرز کامل شدن پیش رفته است. (مواد اولیه تقریباً به صفر رسیده اند).

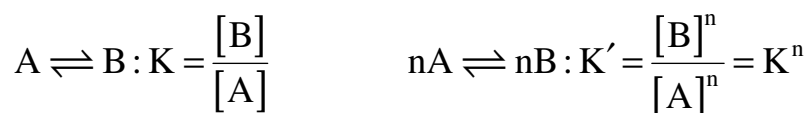
۴) اگر ثابت تعادل عدد بسیار کوچکی باشد میتوان گفت واکنش تقریباً انجام پذیر نیست.

۵) بزرگ بودن ثابت تعادل دلیل بر سریع بودن واکنش نیست (مساعد بودن شرایط ترمودینامیکی دلیل بر مساعد بودن شرایط سینتیکی نیست)

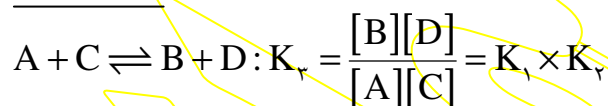
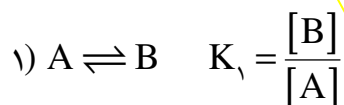
۶) اگر جهت واکنش تعادلی را معکوس بنویسیم ثابت تعادل نیز معکوس می شود.



۷) اگر دو طرف یک واکنش تعادلی را در عددی ضرب کنیم ثابت تعادل به توان آن عدد می رسد.



۸) اگر جمع دو یا چند واکنش تعادلی، تعادل دیگری را نتیجه دهد ثابت تعادل حاصل برابر است با حاصل ضرب ثابت های آن چند تعادل.

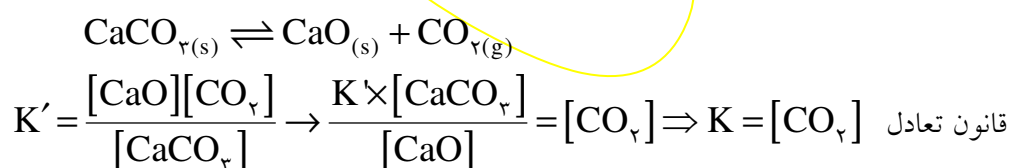


۹) ثابت یک تعادل فقط به دما بستگی دارد.

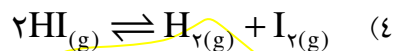
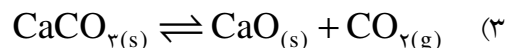
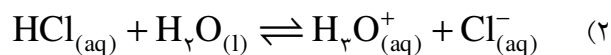
۱۰) یکای ثابت به مرتبه مواد بستگی دارد.

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \Rightarrow M^{(c+d)-(a+b)}$$

۱۱) در رابطه قانون تعادل غلظت مواد جامد و مایع نوشته نمی شود زیرا غلظت این مواد عددی ثابت است و در اصل در K محاسبه شده است.

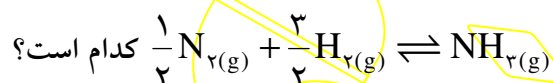


تست: در کدام گزینه ثابت تعادل یکا ندارد؟



مثال: در واکنش تعادلی $2\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$ اگر در حالت تعادل تعداد مول هر یک گازهای $\text{NH}_3, \text{N}_2, \text{H}_2$ به ترتیب $0.2, 0.3, 0.2$ و همچنین حجم ظرف ۲ لیتر باشد ثابت تعادل را بدست آورید:

تست: اگر ثابت تعادل $2\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$ برابر با $2/5 \times 10^{-3}$ باشد، ثابت تعادل



$$4 \times 10^{-2} \quad (4)$$

$$400 \quad (3)$$

$$20 \quad (2)$$

$$5 \times 10^{-2} \quad (1)$$

تست: در یک تعادل در دمای 25°C ثابت تعادل $1/8 \times 10^{+7}$ محاسبه شده است کدام نتیجه گیری در مورد این

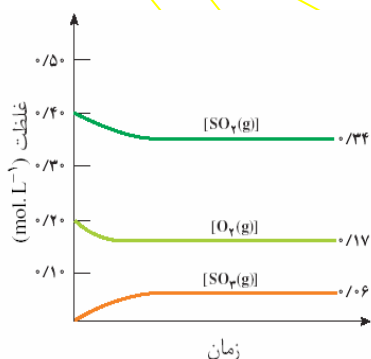
تعادل نادرست است؟

(۱) در دمای 25°C شرایط ترمودینامیکی برای این تعادل مساعد است.

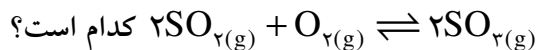
(۲) تعادل در سمت راست قرار دارد.

(۳) در این دما تعادل به سرعت برقرار می شود.

(۴) در این شرایط سرعت رفت و برگشت با هم برابر است.



تست: با توجه به نمودار داده شده مقدار ثابت تعادل



$$0.33 \quad (4)$$

$$18/3 \quad (3)$$

$$0.18 \quad (2)$$

$$33/3 \quad (1)$$

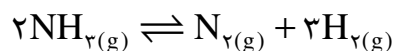
حل مسائل تعادل :

برای حل مسائل تعادل ابتدا شرایط اولیه و شرایط پس از رسیدن به تعادل را به صورت پارامتری بنویسید، سپس با استفاده از معلومات مقادیر مجهول را بدست آورید.

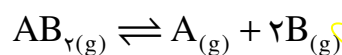
مثال: ۰/۱ مول گاز PCl_5 را در یک ظرف دربسته یک لیتری قرار می‌دهیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن به تعادل ۰/۰۸ مول از این ماده در ظرف باقیمانده باشد ثابت تعادل را بدست آورید:



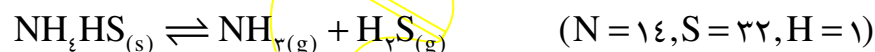
مثال: ۰/۳ مول آمونیاک را در یک ظرف دربسته یک لیتری قرار می‌دهیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود اگر پس از رسیدن به تعادل غلظت گاز هیدروژن 0.3 M (مولار) باشد ثابت تعادل را بدست آورید :



مثال: ۰/۱ مول AB_2 را در یک ظرف دربسته یک لیتری قرار می‌دهیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن به تعادل تعداد کل مول‌های موجود در ظرف ۰/۱۵ مول باشد ثابت تعادل را بدست آورید :



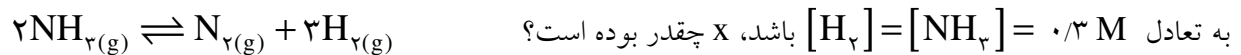
مثال: ۱۰/۲ گرم آمونیوم هیدروژن سولفید را در یک ظرف در بسته ۲ لیتری حرارت می‌دهیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن به تعادل ۴٪ ماده اولیه تجزیه شده باشد ثابت تعادل را بدست آورید :



مثال: ۳ مول CO و ۱ مول بخار آب را در یک ظرف دربسته قرار می دهیم. اگر پس از رسیدن به تعادل تعداد مول

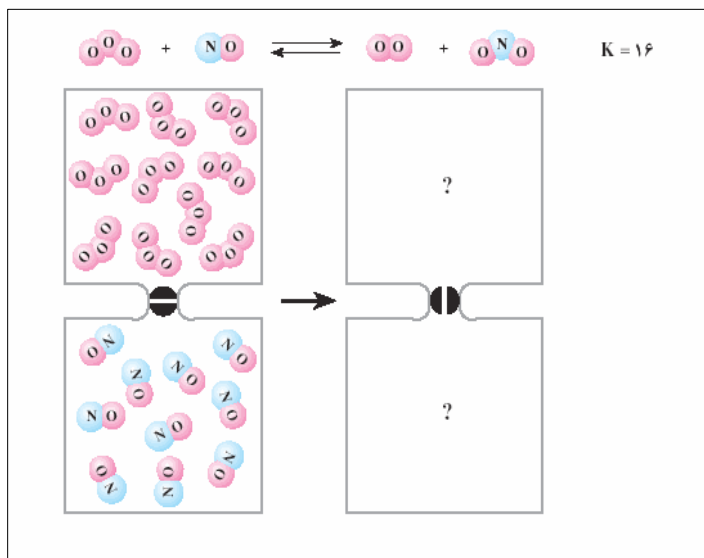


مثال: X مول آمونیاک را در یک ظرف سر بسته ۴ لیتری وارد می کنیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن



مثال: ۱ مول از هریک از گازهای هیدروژن و بخار ید را در یک ظرف دربسته یک لیتری قرار می دهیم تا تعادل زیر در

آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن به تعادل، ثابت تعادل $K = 9$ باشد غلظت هر یک از مواد موجود در مخلوط تعادل

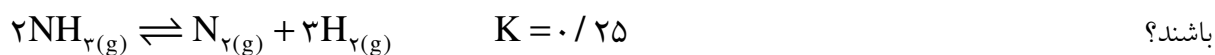


مثال: در شکل مقابل اگر هر ذره را معادل ۰/۱ مول

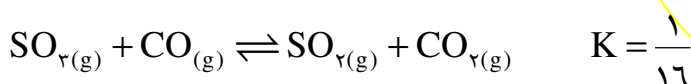
و حجم ظرف را یک لیتر در نظر بگیریم پس از باز

شدن پیچ غلظت هر یک از اجزاء را بدست آورید.

مثال: ۱ مول از هریک از گازهای موجود در تعادل زیر را در یک ظرف چند لیتری بریزیم تا به همین صورت در تعادل

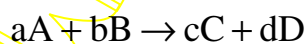


مثال: ۱ مول از هریک از گازهای موجود در تعادل زیر را در یک ظرف در بسته یک لیتری می‌ریزیم، آیا این مخلوط به همین صورت در تعادل است؟ در غیر این صورت غلظت هر یک از این مواد را پس از رسیدن به تعادل بدست آورید.



خارج قسمت واکنش (Q)

همان کسر قانون تعادل است بدون قید تعادلی بودن



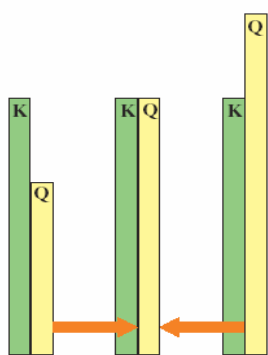
$$Q = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

وضعیت واکنش } $Q = K$ ؛ واکنش در تعادل است.

$Q > K$ ؛ برای رسیدن به تعادل به سمت چپ می‌رود.

$Q < K$ ؛ برای رسیدن به تعادل به سمت راست می‌رود.

وضعیت واکنش



عوامل مؤثر در جابجایی تعادل

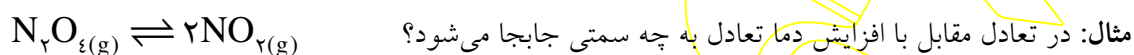
اگر در یک واکنش تعادلی تغییری ایجاد کنیم، به گونه‌ای که برابر بودن سرعت فرآیندهای رفت و برگشت به هم بخورد، تعادل به هم خورده، اصطلاحاً جابجا می‌شود، اگر $R_p > R_r$ شود تعادل به سمت چپ یا برگشت جابجا می‌شود و اگر $R_r > R_p$ شود تعادل به سمت راست یا رفت جابجا می‌شود.



با افزایش دما سرعت واکنش ها زیاد می شود، اما در یک تعادل گرماده با توجه به اینکه $Ea_۱ < Ea_۲$ تأثیر دما در $R_۲$ شدیدتر است. پس با افزایش دما، $R_۱ < R_۲$ شده، واکنش به سمت چپ (برگشت) جابجا می شود. در تعادل گرماگیر برعکس است. (با افزایش دما تعادل به سمت راست (رفت) می رود). بنابراین می توان گفت:

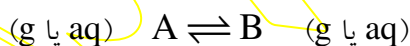
نکته: با افزایش دما واکنش به سمت مخالف q و با کاهش دما به سمت موافق q جابجا می شود.

نکته: می دانیم در واکنش های برگشت پذیر ΔS , ΔH هم علامت هستند پس در واکنش های تعادلی نیز که برگشت پذیر هستند این گونه است. بنابراین نماد q در واکنش های تعادلی همیشه در سمتی است که بی نظمی کمتری دارد.



نکته: در تعادل های گرماده با افزایش دما ثابت تعادل کم می شود و در تعادل گرماگیر زیاد می شود. با کاهش دما برعکس است.

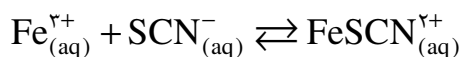
۲- غلظت



* با تغییر غلظت یک ماده در تعادل فقط سرعت سمتی از واکنش تغییر می کند که آن ماده در آن سمت قرار دارد. به عنوان مثال در واکنش فوق با تغییر غلظت A ، فقط $R_۱$ و با تغییر غلظت B ، فقط $R_۲$ تغییر می کند. بنابراین می توان گفت:

نکته: با افزایش غلظت یک ماده تعادل به سمت مخالف آن و با کاهش غلظت به سمت موافق آن جابجا می شود.

مثال: اگر مقداری FeCl_3 در مخلوط تعادلی مقابل بریزیم. تعادل به چه سمتی جابجا می‌شود؟



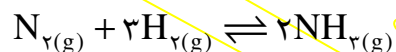
با اضافه کردن مقداری AgNO_3 تعادل به چه سمتی جابجا می‌شود. (AgSCN نمکی نامحلول است)

مثال: در تعادل $2\text{NO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2_{(\text{g})}$ با وارد کردن مقداری گاز O_2 پس از برقراری تعادل جدید غلظت هر یک از اجزای تعادل نسبت به تعادل قبل چه تغییری کرده است؟

۳- فشار:

فقط در گازها اثرگذار است و همان تأثیر غلظت را دارد. یعنی با دو برابر کردن فشار یک گاز غلظت آن نیز دو برابر می‌شود. (حجم نصف می‌شود).

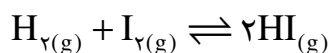
مثال: در واکنش تعادلی زیر با دو برابر شدن فشار کل ظرف واکنش به چه سمتی جابجا می‌شود؟



نکته: با افزایش فشار تعادل از سمت تعداد مول گازی بیشتر به سمت تعداد مول گازی کمتر جابجا می‌شود و با کاهش فشار برعکس.

سؤال: در تعادل فوق، ثابت تعادل چه تغییری می‌کند؟

نکته: اگر در یک واکنش تعادلی تعداد مول های گازی دو طرف برابر باشد، تغییر فشار سرعت هر دو طرف را به یک میزان تغییر داده و باعث جابجایی تعادل نمی‌شود.



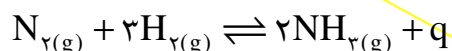
۴ - کاتالیزور:

با توجه به اینکه انرژی فعالسازی رفت و برگشت را به یک اندازه تغییر می‌دهد، تأثیر یکسانی روی R_p و R_r گذاشته، باعث جابجایی تعادل نمی‌شود، فقط سرعت رسیدن به تعادل افزایش پیدا می‌کند.

اصل لوشاتلیه:

اگر در یک واکنش تعادلی تغییری ایجاد شود، تعادل به گونه‌ای جابجا می‌شود، که اثر آن تغییر ایجاد شده را جبران یا تعدیل کند (مثلاً با افزایش دما به سمت مصرف q یا با کاهش غلظت یک ماده به سمت تولید آن جابجا می‌شود)

مثال صنعتی: فرآیند «هابر» در تهیه آمونیاک

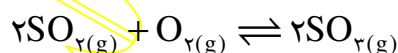


* در صنعت دو بحث برای ما اهمیت دارد: راندمان واکنش؛ سرعت واکنش

افزایش راندمان: (تولید آمونیاک بیشتر) ←

افزایش سرعت: ←

مثال: در تعادل داده شده اثر هر یک از عوامل زیر را در جابجایی تعادل بررسی کنید:



۱- افزایش دما:

۲- افزایش فشار:

۳- افزایش $[O_2]$:

۴- افزودن V_2O_5 به عنوان کاتالیزور:

۵- کاهش $[SO_2]$:

تست: در تعادل $aA_{(g)} \rightleftharpoons bB_{(g)}$ اگر افزایش دما و کاهش فشار باعث جابجایی تعادل به سمت راست شود،

کدام گزینه بیانی صحیح برای این واکنش است؟

(۲) گرماگیر بوده، $a < b$

(۱) گرماگیر بوده، $a > b$

(۴) گرماده بوده، $a < b$

(۳) گرماده بوده، $a > b$

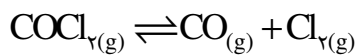
تست: در واکنش تعادلی $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ چه تعداد از عوامل داده شده باعث افزایش ثابت تعادل خواهد شد؟

- | | | | |
|-------------------|----------------|--------------|-----------------------------|
| (الف) افزایش فشار | (ب) افزایش دما | (ج) کاهش دما | (د) افزایش $[\text{PCl}_5]$ |
| ۱ (۱) | ۲ (۲) | ۳ (۳) | ۴ (۴) |

تست: در واکنش تعادلی $\text{BaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{BaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ چه تعداد از موارد داده شده باعث افزایش غلظت CO_2 می شود؟

- | | | | |
|------------------|---------------|-----------------|----------------------------|
| (الف) افزایش دما | (ب) کاهش فشار | (ج) افزایش فشار | (د) افزایش BaCO_3 |
| ۱ (۱) | ۲ (۲) | ۳ (۳) | ۴ (۴) |

تست: کدام گزینه باعث رخ دادن وضعیت مقابل در عقربه های سرعت سنج در تعادل مقابل می شود؟



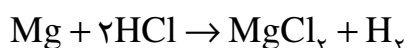
- | | | | |
|-----------------|---------------|------------------------------|----------------|
| (۱) افزایش فشار | (۲) کاهش فشار | (۳) افزایش $[\text{COCl}_2]$ | (۴) افزایش دما |
|-----------------|---------------|------------------------------|----------------|

تاریخچهٔ تعریف اسید و باز :

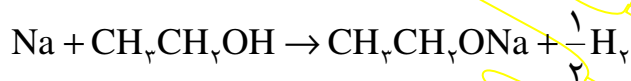
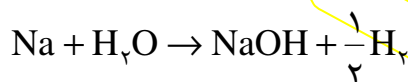
اسیدها و بازها دو مفهوم متضاد در علم شیمی هستند که هر یک از آنها خواص ویژه‌ای دارند. به عنوان مثال، اسیدها همگی ترش‌اند، خورنده هستند، با فلزها گاز هیدروژن تولید می‌کنند، بازها را خنثی می‌کنند و ... همچنین بازها تلخ‌اند، اسیدها را خنثی می‌کنند، محلول آن‌ها لیز است (زیرا با چربی دست صابون تشکیل می‌دهند) و...

برای نخستین بار دانشمندی به نام **لاووازیه** با بررسی ساختار برخی از اسیدها، اکسیژن را بعنوان عنصر مشترک همه اسیدها معرفی نمود. اما پس از آن، دانشمندی بنام **دیوی** با بررسی ساختمان **HCl** اسیدی را کشف کرد که اکسیژن نداشت، او هیدروژن را که در اسیدهای مورد نظر لاووازیه نیز وجود داشت، به عنوان عنصر مشترک اسیدها معرفی کرد. اما هر ترکیب هیدروژن داری اسید نیست مثلاً متان (CH_4) هیدروژن دارد اما اسید نیست. دیوی برای حل این مشکل هیدروژن اسیدی را بدین صورت تعریف نمود:

«**هیدروژن اسیدی هیدروژنی است که قابل جانشین شدن توسط فلز باشد**»



مشکلی که این تعریف دیوی داشت این بود که برخی از مواد طبق تعریف او هیدروژن اسیدی داشتند اما اسید به حساب نمی‌آمدند. مثل آب و الکل

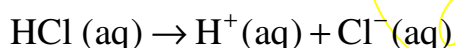


* در ترکیبات اکسیژن دار، H متصل به O اسیدی است.

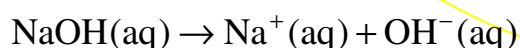
دانشمندی به نام آرنیوس برای نخستین بار با بررسی یونیزه شدن مواد در آب تعریفی برای اسید و باز ارائه کرد که ما امروزه از این تعریف استفاده می‌کنیم.

تعریف آرنیوس:

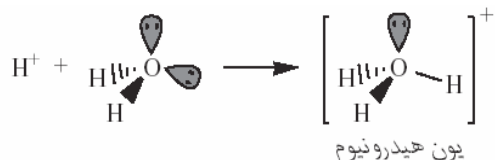
اسید: ماده‌ای است که پس از انحلال در آب یون $\text{H}^+(\text{aq})$ (پروتون) تولید می‌کند.



باز: ماده‌ای است که پس از انحلال در آب یون $\text{OH}^-(\text{aq})$ (هیدروکسید) تولید می‌کند.

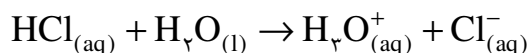


نکته: یون $H^+(aq)$ وجود خارجی ندارد زیرا با مولکول آب پیوند داتیو برقرار کرده و به H_3O^+ (هیدرونیم) تبدیل می شود (پس $H^+(aq)$ در اصل $H_3O^+(aq)$ است)

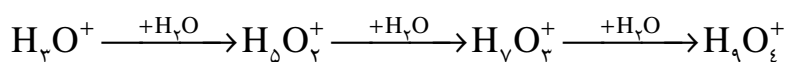


بیان دیگر اسید آرنیوس:

اسید ماده‌ای است که پس از انحلال در آب $H_3O^+(aq)$ (هیدرونیم) تولید می‌کند.



نکته: یون هیدرونیم حداکثر توسط سه مولکول آب، آبپوشیده می‌شود (بوسیله پیوند هیدروژنی) بنابراین می‌توان یون هیدرونیم را بصورت‌های $H_4O_4^+$, $H_5O_5^+$, $H_6O_6^+$ نیز نمایش داد.



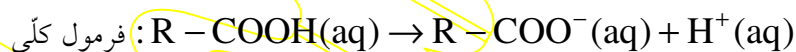
اسیدهای آرنیوس:

۱- کلیه ترکیباتی که در سمت چپ فرمول خود H داشته باشند بجز H_2O .

مثال: HCl, HNO_3, H_2SO_4 و



۲- کلیه ترکیباتی که $-COOH$ در فرمول خود داشته باشند (اسیدهای کربوکسیلیک)

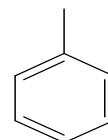


ساده ترین اسید کربوکسیلیک: متانویک اسید (فرمیک اسید، اسید مورچه): $HCOOH$

معروفترین اسید کربوکسیلیک: اتانویک اسید (استیک اسید، سرکه): CH_3COOH

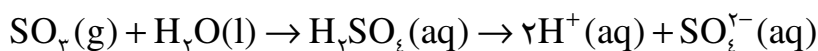
اتان دی‌اویک اسید (اکسالیک اسید یا اگزالیک اسید): $HOOC-COOH$

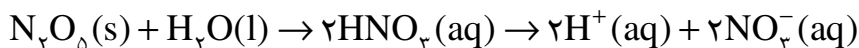
بنزویک اسید: $COOH$



۳- اکسیدهای نافلزی (اکسید اسیدی): بجز CO, NO, SO

مثال: $CO_2(g)$ و $SO_3(g)$





نکته: $N_2O_5(s)$ برخلاف آنچه به نظر می‌رسد، جامدی بلوری شکل با خواص یونی است و از یون های NO_2^+ , NO_3^- بوجود آمده است.

بازهای آرنیوس:

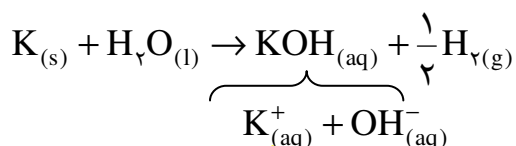
۱- کلیه ترکیبات فلز و هیدروکسید: $NaOH, KOH, Ca(OH)_2, NH_4OH, \dots$



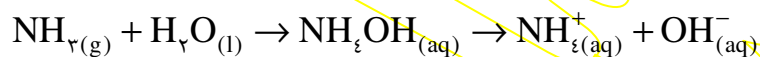
۲- اکسیدهای فلزی (اکسید بازی): K_2O, CaO, \dots



۳- فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی:



۴- آمونیاک و آمینها:



* محلول آمونیاک یعنی آمونیوم هیدروکسید.

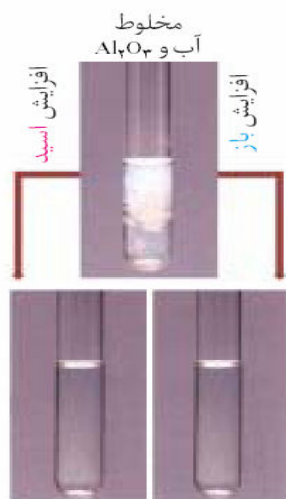


تست: از انحلال کدام ماده در آب یون هیدروکسید حاصل نمی‌شود؟



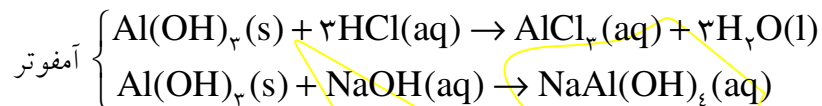
نکته: می‌دانیم اسیدها و بازها یکدیگر را خنثی می‌کنند به این واکنش خنثی شدن گفته می‌شود. به عنوان مثال:

نکته: می‌توان گفت هر ماده‌ای که اسیدی را از بین ببرد باز است و هر ماده‌ای که بازی را از بین ببرد اسید است. موادی که نه اسید را خنثی می‌کنند و نه باز را، خنثی نامیده، موادی که هم اسید را خنثی می‌کنند و هم باز را، آمفوتر می‌نامند.



آمفوترهای آرنیوس:

عناصر سارق (سرب، آلومینیوم، روی، قلع) و ترکیبات آن‌ها.



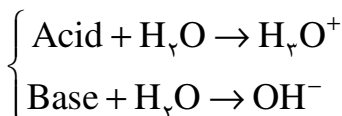
اسیدی: اکسیدهای نافلزی

بازی: اکسید فلزی

اکسیدها

آمفوتری: اکسید عناصر «سارق»

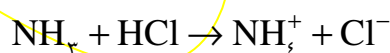
نکته: با توجه به تعریف آرنیوس اسید در آب هیدرونیوم و باز در آب هیدروکسید تولید می‌کند.



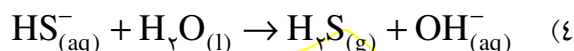
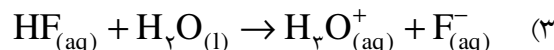
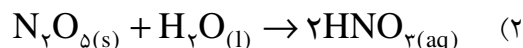
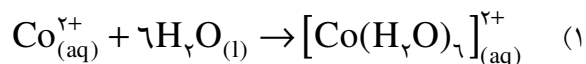
همانطور که دیده می‌شود اسید ماده‌ای است که به آب پروتون می‌دهد (H_3O^+ تولید می‌شود) و باز ماده‌ای است که از آب پروتون می‌گیرد (OH^- تولید می‌شود). بنابراین می‌توان گفت هر ماده‌ای که پروتونه‌تر از آب باشد، اسید است و هر ماده‌ای که پروتون‌گیرتر از آب باشد باز است. دو دانشمند با نام های لوری و برونستد با بررسی این مطلب، محوریت آب را از تعریف آرنیوس برداشتند و تعریف جدیدی برای اسید و باز ارائه کردند. بر اساس تعریف آن‌ها در هر واکنشی که پروتون رد و بدل می‌شود، ماده پروتونه، اسید و ماده پروتون‌گیر، باز در نظر گرفته می‌شود. یکی از خصوصیات این تعریف، اطلاق مفهوم اسید و باز در فازهایی به جز فاز محلول است.



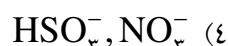
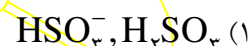
نکته: در یک واکنش اسید و باز لوری — برونستد هر ماده‌ای که در سمت چپ اسید باشد در سمت راست باز است و بالعکس. اسید و باز محصول را اسید مزدوج و باز مزدوج می‌نامند.



تست: در کدام واکنش آب نقش اسید لوری - برونستد را دارد؟



تست: در فرآیند $\text{HSO}_3^-_{(\text{aq})} + \text{HNO}_3_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ کدام دو ماده نقش اسید لوری و برونستد را دارند؟

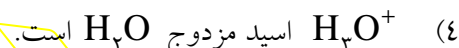
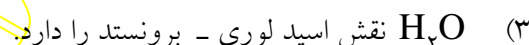
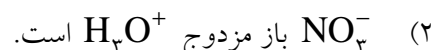
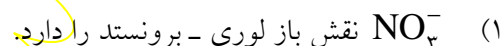


تست: و به ترتیب اسید مزدوج و باز مزدوج آمونیاک می‌باشند؟



نکته: در اسید یا باز مزدوج فقط یک پروتون کم یا زیاد می‌شود.

تست: کدام عبارت درباره واکنش $\text{HNO}_3_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ درست است؟



نکته: موادی که می‌توانند هم می‌توانند پروتون بدهند و هم پروتون بگیرند آمفوتر لوری - برونستد به حساب می‌آیند.

مثل: $\text{NH}_3, \text{H}_2\text{O}$ و هر آنیونی که H اسیدی داشته باشد ($\text{HPO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^-, \text{HSO}_3^-, \text{HS}^-$, ...)

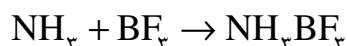
نکته: $\text{H}_2\text{PO}_4^-, \text{HPO}_4^{2-}$ آمفوتر نیستند چون H آن‌ها اسیدی نیست.

(در آنیون‌های اسیدهای فسفر اگر جمع تعداد اتم‌ها برابر با پنج بود، آمفوتر نیست و اگر بیش از پنج بود آمفوتر است.)

نکته: طبق تعریف لوری - برونستد باز ماده‌ای است که پروتون می‌گیرد و با توجه به اینکه H^+ فقط یک اوربیتال خالی

دارد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که باز لوری - برونستد ماده‌ای است که جفت الکترون تنها دارد و با H^+ پیوند داتیو برقرار می‌کند.

دانشمندی به نام لوویس با بررسی این مطلب، تعریف جدیدی برای اسید و باز ارائه کرد. بر اساس تعریف او در هر ماده‌ای که پیوند داتیو برقرار می‌شود، ماده دارنده جفت الکترون تنها، نقش باز و ماده دارنده اوربیتال خالی، نقش اسید دارد (طبق این تعریف H^+ خود به تنهایی اسید است).

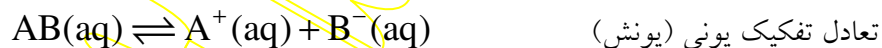


نکته: از بین تعاریف ارائه شده فقط تعریف آرنیوس ارزش عملی دارد زیرا فقط تعریف او خواص مشترک اسیدها و خواص مشترک بازها را پوشش می‌دهد. بنابراین از این به بعد منظور ما از اسید یا باز، همان تعریف آرنیوس است. مگر آن که خلاف آن گفته شده باشد.

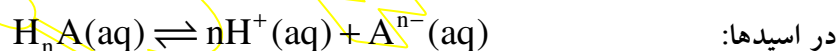
قدرت اسیدی و قدرت بازی

طبق تعریف آرنیوس اسید ماده‌ای است که در آب هیدرونیوم تولید می‌کند. بنابراین هر ماده‌ای که راحت تر و بیشتر هیدرونیوم تولید کند اسید قوی‌تری است. این نکته را می‌توان در مورد بازها و OH^- نیز بیان کرد.

نکته: یونیزه شدن همواره فرآیندی تعادلی است به این تعادل، تعادل تفکیک یونی و به ثابت آن، ثابت تفکیک یونی گفته می‌شود.



$$K, K = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]} \quad \text{ثابت تفکیک یونی (یونش)}$$



$$K_a = \frac{[H^+]^n [A^{n-}]}{[H_nA]} \quad \text{(ثابت تفکیک یونی اسید)}$$

* هر چه K_a عدد بزرگتری باشد به معنی آن است که یون H^+ راحت تر تولید شده و اسید مورد نظر قوی‌تر است.



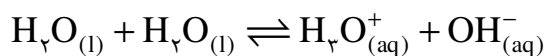
$$K_b = \frac{[B^{n+}][OH^-]^n}{[B(OH)_n]}$$

* هر چه K_b عدد بزرگتری باشد، OH^- بیشتری تولید شده. توان گفت باز، قوی‌تر است.

در آب: $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$ (واکنش خود یونش آب)

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14} M^2 \quad (\text{در دمای } 25^\circ C)$$

(آب به مقدار بسیار کم یونیزه می شود که رسانایی الکتریکی بسیار جزئی آب خالص را باعث می شود.)



$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14} M^2$$

تابع p:

$$pX = -\log X$$

(برای اعداد کوچکتر از ۱ کاربرد دارد.)

X	pX
10^{-5}	۵
10^{-2}	۲
10^{-1}	۱
۱	۰

هر چه X بزرگتر شود pX کوچکتر می شود.

$$pK_a = -\log K_a$$

$$pK_b = -\log K_b$$

$$pK_w = 14 \quad (t = 25^\circ C)$$

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

$$pOH = -\log [OH^-]$$

* دانشمندی به نام سورن سن برای اولین بار pH را برای تعیین میزان اسیدی بودن محلول معرفی نمود.

نکته: قدرت اسید یا باز را فقط از روی موارد زیر می توان تعیین کرد:

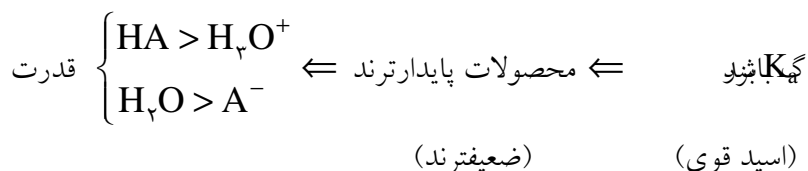
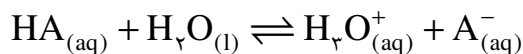
هر چه اسید قوی تر باشد $\leftarrow K_a$ بزرگتر بوده $\leftarrow pK_a$ کوچکتر است.

هر چه باز قوی تر باشد $\leftarrow K_b$ بزرگتر بوده $\leftarrow pK_b$ کوچکتر است.

هر چه α بیشتر باشد اسید یا باز قوی تر است.

نکته: هر چه یک اسید یا باز پایدارتر باشد، تمایل کمتری برای یونیزه شدن داشته، ضعیفتر خواهد بود و برعکس.

نکته: هر چه در یک تعادل اسید و باز لوری - برونستد، ثابت تعادل عدد بزرگتری باشد نشان دهنده آن است که پیشرفت تعادل مناسب است، مواد محصول پایدارتر و در نتیجه ضعیفترند و برعکس.



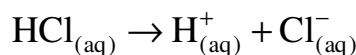
از این مطلب نکات زیر نتیجه می شود:

(۱) هرچه اسید قوی تر باشد باز مزدوج آن ضعیف تر است و برعکس.

(۲) با توجه با اینکه اسید مزدوج یک اسید آرنیوس یون هیدرونیوم است. اگر اسیدی قویتر از هیدرونیوم باشد اسید قوی و اگر ضعیف تر از هیدرونیوم باشد اسید ضعیف به حساب می آید.

(۳) در مورد بازها نیز، بازهای قوی تر از OH^- ، باز قوی و بازهای ضعیف تر از OH^- ، باز ضعیف به حساب می آیند.

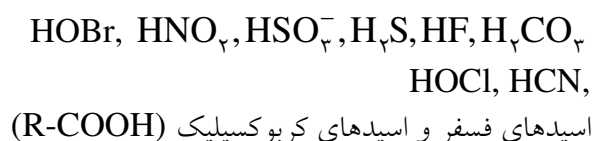
(۴) اسیدهای قوی تر از یون هیدرونیوم تقریباً در آب بطور کامل یونیزه می شوند. بنابراین صرف نظر از مقدار K_a مقایسه قدرت آن ها امکان پذیر نیست.



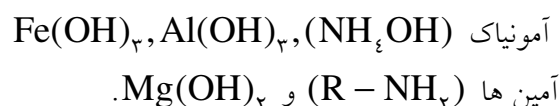
(۵) یون هیدرونیوم قوی ترین اسید موجود در محلول های آبی است زیرا اسیدهای قویتر از آن بطور کامل یونیزه شده در محلول آبی وجود ندارند. OH^- نیز قوی ترین باز موجود در محلول های آبی است و بازهای قوی تر از آن کاملاً یونیزه شده در محلول آبی وجود ندارند).

جدول صفحه ۵۸ حفظ شود:

اسید های ضعیف معروف:



باز های ضعیف معروف:



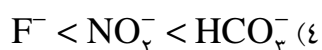
(در فلزهای قلیایی خاکی:

$\text{Be} \leftarrow$ باز بوجود نمی آورد.

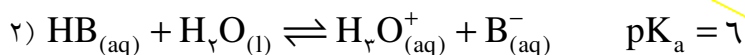
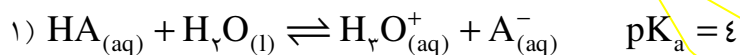
Mg باز ضعیف تشکیل داده، Ca به بعد باز قوی)

باز مزدوج		اسید	
فرمول شیمیایی	نام	فرمول شیمیایی	نام
ClO_4^-	یون پرکلرات	HClO_4	پرکلریک اسید
HSO_4^-	یون هیدروژن سولفات	H_2SO_4	سولفوریک اسید
I^-	یون یدید	HI	هیدرویدیک اسید
Br^-	یون برمید	HBr	هیدروبرمیک اسید
Cl^-	یون کلرید	HCl	هیدروکلریک اسید
NO_3^-	یون نیترات	HNO_3	نیتریک اسید
H_2O	آب	H_3O^+	یون هیدرونیوم
SO_4^{2-}	یون سولفات	HSO_4^-	یون هیدروژن سولفات
H_2PO_4^-	یون دی هیدروژن فسفات	H_3PO_4	فسفریک اسید
F^-	یون فلوئورید	HF	هیدرو فلوئوریک اسید
NO_2^-	یون نیترات	HNO_2	نیتریک اسید
HCO_3^-	یون هیدروژن کربنات	H_2CO_3	کربنیک اسید
NH_3	آمونیاک	NH_4^+	یون آمونیوم
OH^-	یون هیدروکسید	H_2O	آب
NH_4^+	یون آمید	NH_3	آمونیاک

تست: کدام مقایسه در مورد قدرت بازی صحیح است؟



تست: با توجه به اطلاعات داده شده کدام نتیجه گیری نادرست است؟



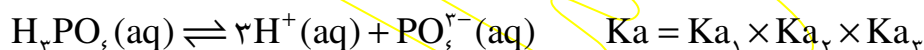
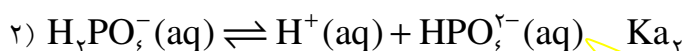
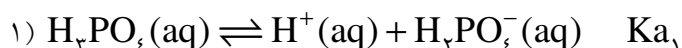
(۱) قدرت اسیدی HA از HB بیشتر است.

(۲) قدرت بازی B^- از A^- کمتر است.

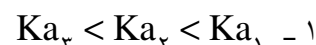
(۳) قدرت اسیدی HB از H_3O^+ کمتر است.

(۴) قدرت بازی A^- از H_2O کمتر است.

اسیدهای چند پروتون دار: (چند ظرفیتی): اسیدهایی هستند که چند هیدروژن اسیدی دارند.



نکات:



(علت: کندن پروتون از یک آنیون دشوارتر می شود)

۲- از نظر قدرت اسیدی:



(در اسیدهای هم بنیان هر چند تعداد H بیشتر باشد، اسید قوی تر است).

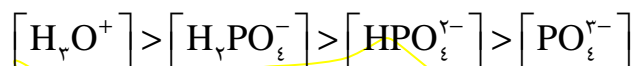
۳- از نظر قدرت بازی:



(در بازهای هم بنیان هر چه بار منفی بیشتر باشد، باز قوی تر است).

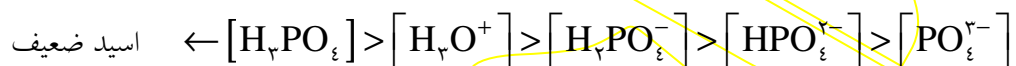
۴ - $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} آفوترند اما PO_4^{3-} ، فقط باز و H_3PO_4 ، فقط اسید است.

۵ - از نظر غلظت یون های حاصل :



اگر اسید ضعیف باشد : [یونها] > [اسید]

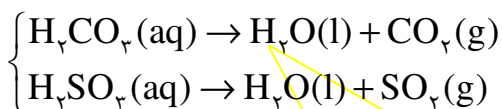
اگر اسید قوی باشد : [یونها] < [اسید]



تست: در محلول CO_2 در آب کدام گونه بیشترین غلظت را دارد؟



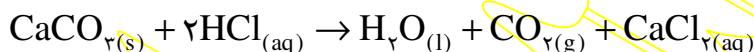
نکته: اسیدهای H_2CO_3 , H_2SO_3 ساختار ناپایدار دارند و تجزیه می شوند.



از این رو بهتر است این دو اسید را به صورت های $CO_2(aq)$, $SO_2(aq)$ نشان دهیم.

(این اسیدها عملاً وجود ندارند و بواسطه نمک های خود شهرت یافته اند).

در واکنشهای جانشینی که قرار است یکی از این دو اسید تولید شوند، شکل تجزیه شده آنها تولید می شود:



تست: در کدام گزینه قدرت بازی بیشتر است؟



مسائل اسید و باز:

تفکیک یونی و pH } مسائل اسید و باز
 ختنی شدن اسید و باز

الف) مسائل تفکیک یونی و pH: مثل مسائل تعادل حل می شود.

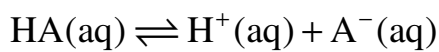
یادآوری:

$$\alpha = \frac{\text{تعداد مول های یونیزه شده}}{\text{تعداد مول های حل شده}} \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

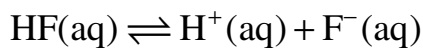
درجه تفکیک یونی

$$\alpha\% = \alpha \times 100 \quad 0 \leq \alpha\% \leq 100$$

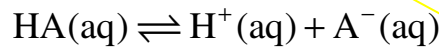
(درصد تفکیک یونی)



مثال: در محلول دسی مولار HF اگر $\alpha = 0.02$ باشد غلظت یون هیدرونیوم چقدر است؟



مثال: در محلول 0.2 مولار اسید HA اگر $\alpha = 0.75$ باشد K_a چقدر است؟



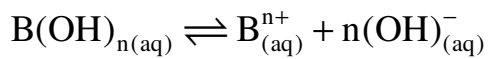
مثال: در محلول 0.5 M اسید دو ظرفیتی H_2A اگر $\alpha = 1\%$ باشد، pH محلول را محاسبه کنید.

مثال: در محلول دسی مولار آمونیاک اگر $\alpha = 1\%$ باشد pOH را حساب کنید؟

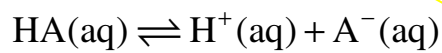


حالت کلی:

در اسیدها:



در بازها:



در اسید یک ظرفیتی:

مثال: اگر در محلول دسی مولار استیک اسید، $K_a = 4 \times 10^{-5}$ باشد، pH محلول چقدر است؟

مثال: اگر در محلول 0.1 M یک اسید یک ظرفیتی، $K_a = 10^{-4}$ باشد، pH محلول چقدر است؟

مثال: اگر در محلول 0.2 مولار اسید HA، $\text{pH} = 2$ باشد، درجه تفکیک یونی چقدر است؟

مثال: در محلول اسید HA اگر $\text{pH} = 3$ و $\alpha = 0.1$ باشد K_a چقدر است؟

تست: با توجه به اطلاعات داده شده $\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$ کدام است؟



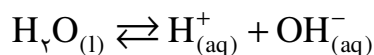
۰/۰۱ (۴)

۱۰۰ (۳)

۰/۱ (۲)

۱۰ (۱)

خود یونش آب:



$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ M}^2$$

$$\text{در آب خالص: } [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = \text{pOH} = 7$$

* می دانیم ثابت تعادل فقط به دما بستگی دارد:

بنابراین در هر محلولی در دمای 25°C داریم:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ M}^2$$

$$\log[\text{H}^+] + \log[\text{OH}^-] = -14 \Rightarrow -\log[\text{H}^+] - \log[\text{OH}^-] = 14$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{pH} + \text{pOH} = 14}$$

این رابطه در هر محلولی در دمای 25°C برقرار است.

اگر $\text{pH} < 7 < \text{pOH} \Leftrightarrow [\text{H}^+] > 10^{-7} > [\text{OH}^-] \Leftrightarrow$ محلول خصلت اسیدی دارد.

اگر $\text{pH} > 7 > \text{pOH} \Leftrightarrow [\text{H}^+] < 10^{-7} < [\text{OH}^-] \Leftrightarrow$ محلول خصلت بازی دارد.

دو نمودار مهم:

نکته: خود یونش آب یک تعادل گرماگیر است بنابراین ثابت تعادل آن با افزایش دما، افزایش و با کاهش دما، کاهش می یابد.



$$\Rightarrow \text{در آب خالص} \left\{ \begin{array}{l} t > 25^\circ\text{C} \Rightarrow K_w > 10^{-14} \Rightarrow \text{pH} = \text{pOH} < 7 \\ t < 25^\circ\text{C} \Rightarrow K_w < 10^{-14} \Rightarrow \text{pH} = \text{pOH} > 7 \end{array} \right.$$

تست: آزمایش نشان می دهد pH آب خالص در لحظه جوشیدن ۶/۱۲ است. کدام نتیجه گیری درست است؟

- ۱) آب در لحظه جوشیدن مقداری خاصیت اسیدی پیدا کرده است.
- ۲) آب در لحظه جوشیدن مقداری خاصیت بازی پیدا کرده است.
- ۳) در لحظه جوشیدن $pOH = 7/88$ است.
- ۴) در لحظه جوشیدن آب خالص، $[OH^-] = [H^+] = 10^{-6/12} M$ است.

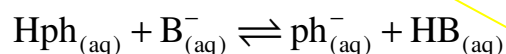
نکته:

معرف های رنگی (شناساگرها):

موادی هستند که در برابر تغییرات pH تغییر رنگ می دهند. از این رو از آن ها برای تشخیص اسیدی، بازی یا خنثی بودن محلول استفاده می شود.

بازی	خنثی	اسیدی	
آبی	بنفش	قرمز	تورنسل (لیتموس)
زرد	نارنجی	قرمز	میتل نارنجی (میتل اورانژ)
ارغوانی (صورتی)	بیرنگ	بیرنگ	فنول فتالین (فقط در شناسایی بازها کاربرد دارد)

نکته: معرف های رنگی خود اسیدها یا بازهایی ضعیف هستند که بین حالت مولکولی و یونی آن ها اختلاف رنگ وجود دارد.



مثال: اگر در محلولی غلظت هیدرونیوم در دمای $25^\circ C$ ؛ $2/5 \times 10^{-11} M$ باشد، غلظت یون هیدروکسید را در این محلول بدست آورید.

مثال: pH محلول $0/4 \frac{g}{L}$ سدیم هیدروکسید را بدست آورید؟ ($NaOH = 40$)

مثال: در محلول $6/3 \frac{g}{L}$ نیتریک اسید pH , pOH را بدست آورید؟ ($HNO_3 = 63$)

تست: در محلول $0/365 \frac{g}{L}$ هیدروکلریک اسید نسبت $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$ کدام است؟ ($HCl = 36/5$)

(1) 10^{+10} (2) 6^{-2} (3) 10^{-6} (4) 10^{-10}

تست: اگر محلول یک اسید قوی را با استفاده از آب مقطر صد مرتبه رقیق تر کنیم pH آن واحد می شود.

(1) ۱- کم (2) ۲- کم (3) ۲- زیاد (4) ۱- زیاد

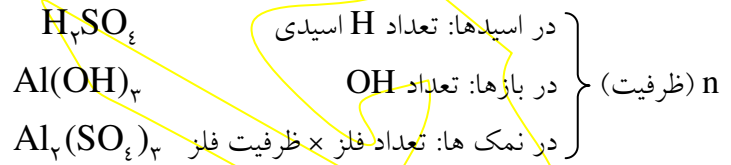
نکته:

(ب) مسائل ختنی شدن اسید و باز:

مسائل این قسمت مانند استوکیومتری در محلول ها حل می شود.

در دو محلولی که باهم واکنش میدهند داریم:

$$C_{M_1} \times n_1 \times V_1 = C_{M_2} \times n_2 \times V_2$$



یادآوری:

$$C_M = \frac{C}{M} \quad \text{غلظت معمولی} \quad \text{جرم مولی}$$

$$C_M = \frac{\text{mol}}{(V)\text{Lit}} \Rightarrow C_M \times V(\text{Lit}) = \text{mol}$$

$$\text{mol} = \frac{m \rightarrow \text{جرم}}{M \rightarrow \text{جرم مولی}}$$

مثال: ۱۵۰ میلی لیتر محلول دسی مولار کلسیم هیدروکسید توان ختنی کردن چند میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار فسفریک اسید دارد؟

مثال: ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۴ گرم بر لیتر سدیم هیدروکسید توان ختنی کردن چند گرم سولفوریک اسید را دارد؟
($H_2SO_4 = 98$, $NaOH = 40$)

مثال: هر سی سی محلول HCl با $pH = 1$ با چند میلی گرم کلسیم کربنات بطور کامل واکنش میدهد؟
($CaCO_3 = 100$)

مثال: برای خنثی کردن ۲۰۰ میلی لیتر محلول آمونیاک با $\text{pH} = 12$ و $\alpha = 0/1$ به چند میلی لیتر سولفوریک اسید ۰/۲ مولار احتیاج است؟

مثال: برای خنثی کردن کامل ۲۰ میلی لیتر محلول پتاس با $\text{pH} = 13$ به چند میلی لیتر محلول اسید HA با $\text{pH} = 3$ و $\alpha = 0/01$ احتیاج است؟

تست: برای خنثی کردن مقدار معینی سدیم هیدروکسید از دو اسید HA, HB با مولاریته برابر در دو مرحله جداگانه استفاده می کنیم. اگر در اسید HA, $\text{pH} = 1$ و در اسید HB, $\text{pH} = 3$ باشد، حجم محلول HA برای خنثی کردن سدیم هیدروکسید

- (۱) از حجم HB کمتر است. (۲) با حجم HB برابر است.
 (۳) از حجم HB بیشتر است. (۴) مقایسه حجم ها با این اطلاعات امکان پذیر نیست.

نکته:

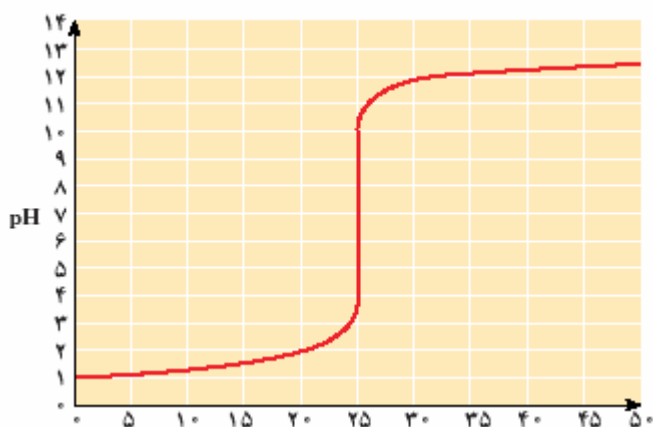
مثال: برای خنثی کردن کامل ۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید با مولاریته نامعلوم ۲۵ میلی لیتر محلول دسی مولار سدیم هیدروکسید مصرف شده است. مولاریته محلول اسید را بدست آورید.

نکته: همانطور که در مثال اخیر دیده شد، می توان به کمک یک محلول معلوم، مولاریته نامعلوم محلولی دیگر را بدست آورد. به این عمل سنجش حجمی اسید و باز گفته می شود.

در سنجش حجمی اسید و باز محلول مجهول را در یک بشر یا ارلن و محلول معلوم یا استاندارد را در یک بورت می‌ریزیم. در محلول مجهول مقداری معرف رنگی ریخته میشود که خنثی شدن محلول را نشان دهد. نقطه‌ای که معرف رنگی محلول را خنثی اعلام می‌کند و ما پیچ بورت را می‌بندیم، نقطه پایانی می‌گویند.

نکته: نقطه‌ای که اسید و باز بطور کامل یکدیگر را خنثی می‌کنند، نقطه هم ارزی نامیده می‌شود.

نکته: معرف‌های رنگی مختلف pH های متفاوتی را به عنوان محدوده خنثی اعلام می‌کنند. بعنوان مثال متیل نارنجی در محدوده (۴/۴ - ۳/۱) و فنول فتالین در (۹/۶ - ۸) شروع به تغییر رنگ و خنثی اعلام کردن محلول می‌کنند. به همین خاطر نقطه هم ارزی با نقطه پایانی تفاوت دارد. برای کاهش خطا در سنجش حجمی استفاده کردن از معرف‌ی مناسبتر است که pH تغییر رنگ آن در محدوده خنثی، به نقطه هم ارزی نزدیکتر باشد (قسمت قائم نمودار را دربرگیرد).



اسیدها و بازهای آلی:

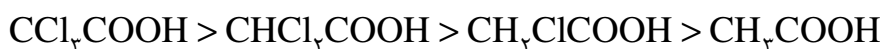
اسیدهای کربوکسیلیک: $R - COOH$

نکته: اسیدهای کربوکسیلیک و الکل‌ها تا ۴ کربن در آب خوب حل می‌شوند و اگر بیش از ۴ کربن داشته باشند انحلال پذیری آنها در آب کاهش می‌یابد. اسیدهای کربوکسیلیک سنگین را اسید چرب می‌نامند.

نکته: در اسیدهای کربوکسیلیک با افزایش تعداد کربن قدرت اسیدی کاهش می‌یابد.



نکته: می‌دانیم در اسیدهای اکسیژن دار H اسیدی به O متصل است و پیوند OH پیوندی قطبی است هرچه این پیوند قطبی تر شود خصلت یونی آن افزایش یافته، راحت تر یونیزه شده، اسید قوی تر خواهد بود. بنابراین با اضافه شدن گروه های الکترون دهنده (دارای قطب منفی) مثل آلکیل‌ها قطبیت OH کاهش یافته، قدرت اسیدی کم می‌شود، و با اضافه شدن گروه های الکترون کشنده مثل هالوژن‌ها قدرت اسیدی افزایش می‌یابد.



اتانویک اسید کلرو اتانویک اسید دی کلرو اتانویک اسید تری کلرو اتانویک اسید

نکته: هرچه تعداد هالوژن ها بیشتر باشد، قدرت اسیدی بیشتر خواهد بود.

تست: در کدام گزینه pKa کمتر است؟



نکته:

نکته: هر چه در یک آنیون توزیع بار روی ساختار به طریقی روی کل یون پخش شده باشد، آنیون پایدارتر است.

تست: در کدام یون داده شده توزیع بار در ساختار یکنواخت تر صورت گرفته است؟



آمین ها $(\text{R} - \text{NH}_2)$:



نکته: درآمین ها برخلاف اسیدهای کربوکسیلیک، با افزایش تعداد کربن قدرت بازی افزایش می یابد.

انواع آمین ها

- آمین نوع اول: CH_3NH_2 متیل آمین
- آمین نوع دوم: $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ دی متیل آمین
- آمین نوع سوم: $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ تری متیل آمین

تست: در کدام گزینه در مولاریته یکسان غلظت یون هیدروکسید بیشتر است؟

(۱) متیل آمین (۲) دی متیل آمین (۳) آمونیاک (۴) دی اتیل آمین

آمینو اسیدها:

ترکیباتی هستند که هم عامل آمینی دارند هم عامل کربوکسیل.

نکات:

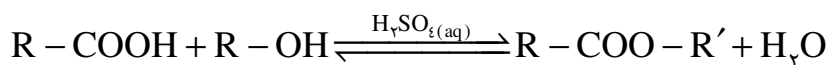
- ۱- آمینواسیدها آمفوترند.
- ۲- در آمینواسیدهای طبیعی (آلفا آمینواسیدها) عامل آمینی و عامل کربوکسیل به یک کربن متصل اند.
- ۳- این ترکیبات واحدهای سازنده پلیمرهایی طبیعی موسوم به پروتئین هستند.
- ۴- بر اثر واکنش یک پروتئین با آب در حضور آنزیم یک آمینواسید از آن جدا شده، پروتئین کوچکتری حاصل می شود.
- ۵- به علت توان برقرار پیوند هیدروژنی، آمینواسیدها معمولاً جامدهایی با نقطه ذوب بالا هستند و انحلال پذیری کمی در حلال های ناقطبی دارند.
- ۶- ساده ترین آمینواسید، گلی سین (آمینواتانوئیک اسید) نام دارد. $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

نام	فرمول شیمیایی	حالت فیزیک	انحلال پذیری در دمای اتاق		
			آب	اتانول	دی اتیل اتر
گلی سین	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$	جامد با نقطه ی ذوب بالا (232°C)	خیلی زیاد	نامحلول	نامحلول
پروپانویک اسید	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	مایعی روغنی شکل (نقطه ی جوش 141°C)	خیلی زیاد	زیاد	زیاد
بوتیل آمین	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	مایعی فرار (نقطه ی جوش 78°C)	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد

استری شدن:

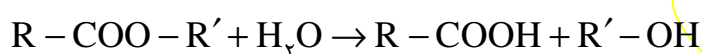
به واکنش یک اسید کربوکسیلیک با یک الکل گفته می شود که در این واکنش استر حاصل می شود.

نکته: این واکنش تعادلی و بسیار کند است از این رو از یک اسید معدنی به عنوان کاتالیزور در آن استفاده می شود.



نکته: استرهای سبک مواد عمدتاً خوشبویی هستند. بوی میوه ها و گلها، اغلب استر است.

نکته: با توجه به اینکه واکنش استری شدن تعادلی است برگشت پذیر نیز هست، بنابراین، با انحلال یک استر در آب، اسید و الکل سازنده آن تولید می شوند. به این واکنش هیدرولیز یا آبکافت استر گفته می شود.



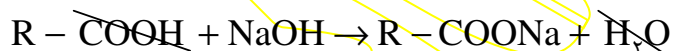
تست: اسید و الکل سازنده استری با فرمول CH_3COOCH_3 در کدام گزینه به درستی بیان شده است؟

- (۱) متانول و متانوئیک اسید
 (۲) متانول و اتانوئیک اسید
 (۳) اتانول و متانوئیک اسید
 (۴) اتانول و اتانوئیک اسید

تست: استری با فرمول $C_5H_9O_2$ را از واکنش اتانول با کدام اسید زیر می توان تهیه کرد؟

- (۱) CH_3COOH
 (۲) C_3H_7COOH
 (۳) C_2H_5COOH
 (۴) C_4H_9COOH

نکته: اگر واکنش هیدرولیز یا آبکافت استر در محیط قلیایی صورت گیرد، اسید حاصل با باز موجود در محلول واکنش داده، نمک اسید کربوکسیلیک حاصل می شود. با توجه به اینکه نمک های اسیدهای کربوکسیلیک سنگین (اسیدهای چرب) در کل صابون نامیده می شوند، به واکنش آبکافت استر در محیط قلیایی صابونی شدن گفته می شود (صابون ها به گفته کتاب شیمی پیش ۱۴ تا ۱۸ اتم کربن و به گفته کتاب شیمی ۳، ۱۶ تا ۲۲ اتم کربن دارند!)

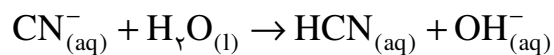


واکنش تهیه صابون:

هیدرولیز (آبکافت) نمک

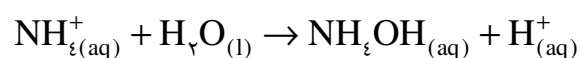
آبکافت آنیون:

اگر یک آنیون، بازی قوی باشد (مربوط به یک اسید ضعیف باشد) در اثر انحلال در آب به علت ناپایدار بودن، یک پروتون از آب را جذب می کند و به اسید سازنده خود تبدیل می شود که ماده ای پایدار است. به این واکنش، هیدرولیز (آبکافت) آنیون گفته می شود.



آبکافت کاتیون:

به همین ترتیب اگر یک کاتیون مربوط به یک باز ضعیف باشد ناپایدار بوده، در آب OH^- را جذب می کند تا پایدارتر شود، به این واکنش آبکافت کاتیون گفته می شود.



نکته: در یک آنیون با اضافه شدن پروتون، اسید ضعیف و در یک کاتیون با اضافه شدن OH^- ، باز ضعیف باید حاصل شود تا یون هیدرولیز شود.

نکته: هرچه اسید یا باز حاصل ضعیفتر باشد اصطلاحاً یون شدیدتر هیدرولیز می شود.

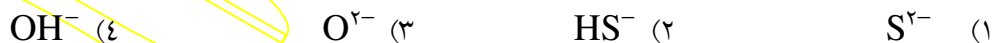
تست: کدام یون هالید هیدرولیز می شود؟



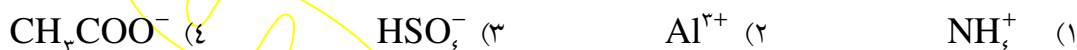
تست: کدام یون شدیدتر هیدرولیز می شود؟



تست: کدام یون شدیدتر هیدرولیز می شود؟



تست: کدام یون هیدرولیز نمی شود؟



در نمک ها:

	باز سازنده نمک	اسید سازنده نمک
فقط آنیون هیدرولیز می شود. (محیط قلیایی می شود)	باز قوی	اسید ضعیف
فقط کاتیون هیدرولیز می شود. (محیط اسیدی می شود)	باز ضعیف	اسید قوی
هیچکدام هیدرولیز نمی شود. (محیط خنثی است)	باز قوی	اسید قوی
هر دو هیدرولیز می شوند. (محیط خنثی است)	باز ضعیف	اسید ضعیف

اسیدی: اسید قوی و باز ضعیف
 نمکها } بازی: اسید ضعیف و باز قوی
 خنثی: هر دو قوی یا هر دو ضعیف

تست: در کدام گزینه کاتیون نمک داده شده هیدرولیز می شود اما آنیون آن هیدرولیز نمی شود؟



تست: از انحلال کدام نمک در آب فنول فتالین به رنگ ارغوانی درمی آید؟



نکته: در KHSO_4 نه کاتیون هیدرولیز می شود و نه آنیون اما این نمک در آب خاصیت اسیدی تولید می کند زیرا HSO_4^- خود، اسیدی نسبتاً قوی است و در آب یونیزه شده و هیدرونیوم (H_3O^+) تولید می کند.

تست: با توجه به اطلاعات داده شده در جدول مقابل کدام نمک در آب pH کمتری ایجاد می کند؟

باز	K_b یا K_a
HA	10^{-2}
HA'	10^{-5}
BOH	10^{-1}
B'OH	10^{-5}



تست: در تست قبل pH کدام نمک برابر با 7 است؟

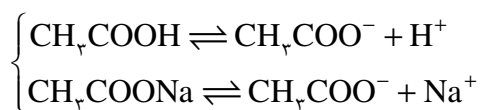


محلول بافر (تامپون یا محافظ):

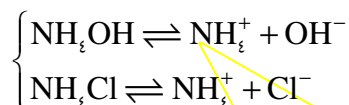
محلولی است که تا حدودی در برابر تغییرات pH مقاوم است یعنی با اضافه کردن مقداری اسید یا باز pH آن تغییر نمی‌کند، مثل خون.

نکته: به حداکثر اسید یا بازی که محلول بافر می‌تواند آن را تحمل کند ظرفیت بافری گفته می‌شود. هیچ بافری ظرفیت نامحدود ندارد.

نکته: مخلوط یک اسید ضعیف و نمک آن اسید و یا مخلوط یک باز ضعیف و نمک آن باز، خاصیت بافری دارد.



مثال:



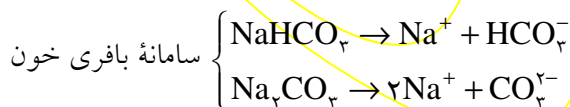
نکته: در تست بهترین راه ردّ گزینه است به این ترتیب که:

- (۱) اسید یا باز باید ضعیف باشد. بنابراین اگر در گزینه‌ای اسید یا باز قوی دیدیم این گزینه محلول بافر نخواهد بود.
- (۲) اگر اسید یا باز ضعیف باشد اما نمک، مربوط به آن اسید یا باز نباشد این گزینه نیز محلول بافر نخواهد بود.

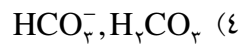
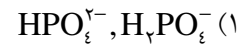
تست: محلول شامل کدام دو ماده خاصیت بافری دارد؟



نکته: مخلوط دو نمک نیز می‌تواند خاصیت بافری داشته باشد، بدین ترتیب که بنیان دو نمک مربوط به یک اسید ضعیف باشد و یکی از آنها یک هیدروژن بیشتر از دیگری داشته باشد. نمکی که هیدروژن بیشتری دارد، نقش اسید ضعیف را ایفا خواهد کرد.

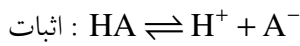


تست: محلول شامل کدام گزینه به عنوان بافر به کار نمی‌رود؟



نکته: pH محلول بافر را می‌توان از رابطه مقابل بدست آورد:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{\text{غلظت نمک}}{\text{غلظت اسید}} \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$



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

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{\text{غلظت نمک}}{\text{غلظت اسید}} \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

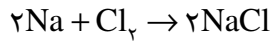
مثال: در محلول بافر شامل ۰/۱ مولار استیک اسید و ۰/۲ مولار سدیم استات اگر $\text{pK}_a = 4.76$ باشد، pH چقدر است؟

فصل چهارم

اکسایش و کاهش (الکتروشیمی)

اکسایش: از دست دادن الکترون

کاهش: گرفتن الکترون


 $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+$ سدیم اکسید شده

 $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^-$ کلر کاهش پیدا کرده

نکته: افزایش عدد اکسایش یعنی از دست دادن الکترون = اکسایش

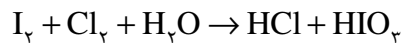
کاهش عدد اکسایش یعنی گرفتن الکترون = کاهش

نکته: هر عاملی که اکسید می شود دراصل باعث کاهش دیگری می شود از این رو به آن کاهنده گفته می شود. هر عاملی

که کاهش می یابد، باعث اکسایش دیگری می شود و به آن اکسنده گفته می شود. پس می توان گفت:

اکسید شده = کاهنده

کاهش یافته = اکسنده



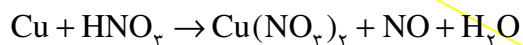
تست: در واکنش مقابل اکسنده کدام است؟

(۴) اکسیژن

(۳) هیدروژن

(۲) کلر

(۱) ید



تست: در واکنش مقابل عامل اکسنده کدام است؟

(۲) همه اتم های مس

(۴) برخی از اتم های اکسیژن

(۱) همه اتم های نیتروژن

(۳) برخی از اتم های نیتروژن



تست: در واکنش مقابل کاهنده و اکسنده به ترتیب کدامند؟

(۲) کلر - کلر

(۴) اکسیژن - کلر

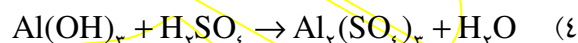
(۱) سدیم - کلر

(۳) کلر - سدیم

نکته :

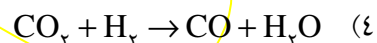
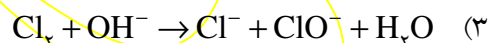
واکنش ها } اکسایش - کاهش: عدد اکسایش تغییر کرده است.
 غیر اکسایش - کاهش: عدد اکسایش تغییر نکرده است.
 $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

تست: کدام واکنش داده شده اکسایش - کاهش نیست؟



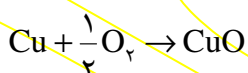
نکته:

تست: کدام واکنش از نظر اکسایش و کاهش با سایر گزینه ها تفاوت دارد؟



نکته: در گذشته اکسایش و کاهش را به دو صورت زیر تعریف می نمودند:

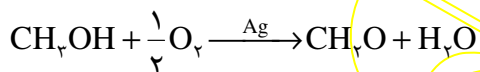
(1) اکسایش: ترکیب شدن با اکسیژن (بدست آوردن O)



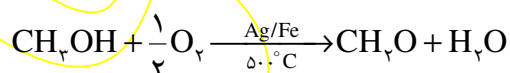
کاهش: از دست دادن O

(2) کاهش: ترکیب شدن با هیدروژن (بدست آوردن H)

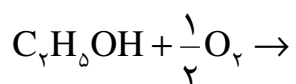
اکسایش: از دست دادن هیدروژن (H)



اکسایش الکل ها:



* H متصل به O در الکل ها و یکی از H های متصل به کربن دارای OH جدا شده ، به آب تبدیل می شوند و پیوند کربن - اکسیژن دوگانه می شود.



تعیین عدد اکسایش از روی ساختار:

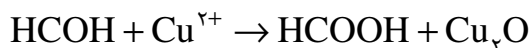
نوع اول

نوع دوم

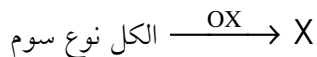
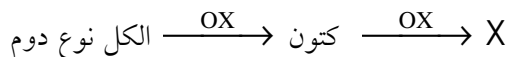
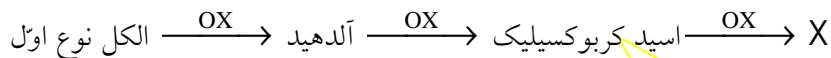
نوع سوم

انواع الکل ها

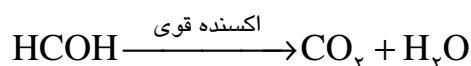
نکته: می‌توان یک آلدئید را به کمک یک عامل اکسنده به اسید کربوکسیلیک تبدیل نمود.



متانول (فرمالدهید) متانویک اسید (فرمیک اسید)



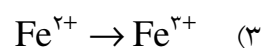
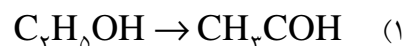
نکته: اگر در اکسایش آلدئید از یک اکسنده قوی استفاده شود محصولات واکنش $\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2$ خواهد بود. (محصولات اکسایش شدید، شبیه محصولات واکنش سوختن است)



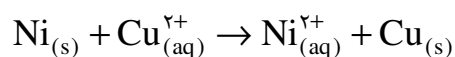
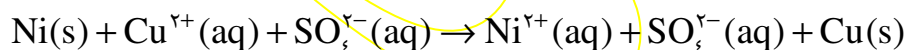
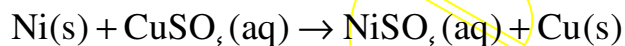
تست: از اکسایش کدام ماده داده شده، یک کتون حاصل می‌شود؟

- (۱) ۲- متیل ۲- بوتانول (۲) ۱- بوتانول (۳) ۳- متیل ۲- بوتانول (۴) اتانال

مثال: در هر یک از فرایندهای داده شده معین کنید بیان مفهوم اکسایش یا کاهش از کدام تعریف امکانپذیر است؟

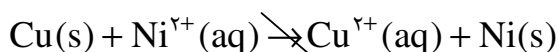


رقابت عناصر بر سر از دست دادن الکترون (قدرت کاهندگی):



Ni: اکسیده شده ← کاهنده است. Cu^{2+} : کاهش یافته ← اکسنده است.

* پس Ni می تواند یون های مس را کاهش دهد. اما این واکنش برگشت پذیر نیست یعنی:



یعنی Cu نمی تواند یون های نیکل را کاهش دهد.

نتیجه:

از نظر قدرت کاهندگی: $\text{Ni} > \text{Cu}$ است.

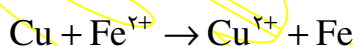
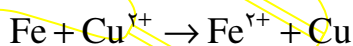
* با انجام آزمایش های مشابه می توان عناصر را از نظر قدرت کاهندگی مرتب نمود. نتایج این آزمایشها در جدولی به نام سری الکتروشیمیایی آمده است.

فلزهای قلیایی
فلزهای قلیایی خاکی
Al
Mn
Zn
Fe
Ni
Sn
H
Cu
Ag
Hg
Pt
Au

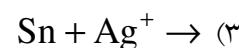
نکته: می توان برای قدرت کاهندگی به طور نسبی عدد تعریف کرد این عدد را پتانسیل الکترودی نامیده، با نماد E° نمایش می دهند. هر چه E° منفی تر باشد عنصر کاهنده تر است، مقدار E° برای هیدروژن صفر در نظر گرفته می شود. بنابراین عناصری که در سری الکتروشیمیایی بالاتر از H باشند دارای E° منفی و عناصری که پایین تر از H باشند دارای E° مثبت هستند. به عنوان مثال:

$$\begin{cases} E^\circ(\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = -0.44 \text{ V} \\ E^\circ(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) = +0.34 \text{ V} \end{cases}$$

می تواند به یونهای Cu^{2+} الکترون بدهد اما Cu نمی تواند به یونهای آهن الکترون بدهد.



تست: با توجه به سری الکتروشیمیایی عناصر کدام واکنش داده شده انجام پذیر نیست؟



تست: از واکنش کدام فلز زیر با محلول هیدروکلریک اسید نمی توان گاز هیدروژن تهیه کرد؟

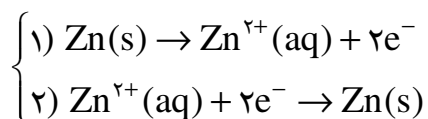
(1) منیزیم (2) روی (3) مس (4) کلسیم

تست: برای نگهداری محلولی که در آن یون های Fe^{2+} وجود دارد، استفاده از ظرفی از جنس کدام فلز نامناسب است؟

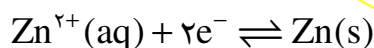
(1) مس (2) آلومینیوم (3) قلع (4) نقره

پتانسیل الکترودی:

۱- اگر تیغه ای از جنس روی را در محلولی از روی سولفات قرار دهیم. اندکی از جرم آن کاسته شده سپس ثابت می ماند.



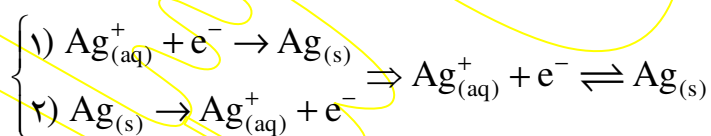
ابتدا $R_p = 0$ $R_c \gg R_p$ با گذشت زمان R_c کم و R_p زیاد می شود.
تا در نهایت $R_c = R_p$ می شود (تبادل برقرار می شود)



پس از برقراری تعادل، اختلاف پتانسیل تیغه را نسبت به محلول، پتانسیل الکترودی می نامند. (که در این مثال منفی است)

نکته: فلزها فقط رسانای الکترونی و محلولها فقط رسانای یونی هستند. یونها وارد فلز نشده، الکترونها نیز وارد محلول نمی شوند. هنگامی که یک رسانای الکترونی (الکتروود) در یک رسانای یونی (الکترولیت) قرار گیرد، مجموعه حاصل را نیم سلول می نامند. از آنجا که واکنشهای اکسایش و کاهش در سطح الکتروود رخ می دهد این واکنشها را واکنشهای الکترودی می نامند.

۲- اگر این آزمایش را با تیغه نقره انجام دهیم جرم نقره کمی زیاد شد سپس به تعادل می رسد.



اختلاف پتانسیل تیغه نسبت به محلول، پتانسیل الکترودی نقره است (مثبت است).

نکته: قرارداد می کنند که جهت واکنش تعادلی همیشه به گونه ای نوشته شود که فرآیند رفت آن کاهش را نشان دهد (نماد e^{-} در سمت چپ واکنش باشد) و پتانسیل الکترودی را پتانسیل الکترودی کاهش می نامند.

نکته: با توجه به اینکه پتانسیل الکترودی در شرایط تعادل محاسبه می شود عوامل مؤثر در تعادل یعنی غلظت، دما و فشار در آن اثر گذارند. از این رو به جهت استاندارد سازی، پتانسیل الکترودی را در شرایط استاندارد ترمودینامیکی محاسبه کرده، آن را پتانسیل الکترودی کاهش استاندارد نامیده، با E° نمایش می دهند.

$$\begin{cases} t = ۲۵^{\circ}\text{C} \\ P = ۱\text{atm} \\ n = ۱\text{mol} \\ (C_M = ۱^{\text{M}}) \end{cases}$$

یادآوری: شرایط استاندارد ترمودینامیکی:

سلول گالوانی (پیل الکتروشیمیایی):

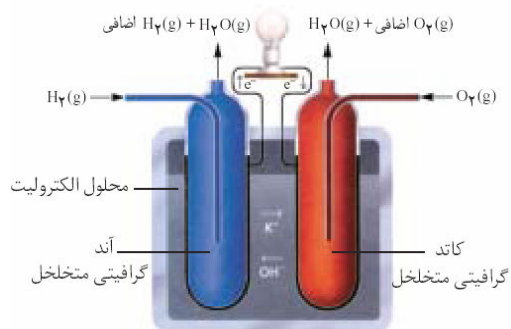
نکات سلول گالوانی:

- (۱) تیغه دارای E° منفی تر، قطب منفی و تیغه دارای E° مثبت تر، قطب مثبت است.
- (۲) تیغه منفی الکترون از دست داده، خورده می‌شود و جرم آن کاهش می‌یابد بنابراین در آن عمل اکسایش صورت می‌گیرد.
- (۳) تیغه مثبت افزایش جرم پیدا کرده، در آن عمل کاهش صورت می‌گیرد.
- (۴) الکترودی که در آن اکسایش انجام می‌شود را آند و الکترودی که در آن عمل کاهش صورت می‌گیرد را کاتد می‌نامند. نیم سلولی که در آن عمل اکسایش صورت می‌گیرد را نیم سلول آنودی و نیم سلولی که در آن عمل کاهش صورت می‌گیرد را نیم سلول کاتدی می‌گویند.
- (۵) در نیم سلول آندی غلظت کاتیون زیاد شده، جهت حرکت کاتیونها از محلول به پل نمکی و جهت حرکت آنیونها از پل نمکی به محلول است.
- (۶) در نیم سلول کاتدی به علت کاهش غلظت کاتیون، جهت حرکت کاتیونها از پل نمکی به محلول و جهت حرکت آنیونها از محلول به پل نمکی است.
- (۷) الکترون فقط در مدار خارجی حرکت می‌کند و در محلول وارد نمی‌شود؛ در محلول جریان بار توسط یونها ادامه پیدا می‌کند.
- (۸) از جمع کردن نیم واکنش های اکسایش و کاهش واکنش کلی پیل حاصل می‌شود. سلول گالوانی تا وقتی که مواد اولیه آن وجود داشته باشد کار می‌کند.
- (۹) ولتاژ پیل را نیروی الکتروموتوری استاندارد پیل (emf) نامیده و از قدر مطلق تفاضل E° ها بدست می‌آورند؛ با توجه به اینکه E° کاتد همیشه مثبت تر از آند است می‌توان گفت: آند E° - کاتد E° = نیروی الکتروموتوری پیل.

۱۰) چوب پنبه به کار رفته در پل نمکی توده‌ای متخلخل (سوراخ سوراخ) است و میتواند یون ها را تبادل دهد. به جای پل نمکی میتوان از کاغذ صافی آغشته به یک محلول الکترولیت استفاده نمود.

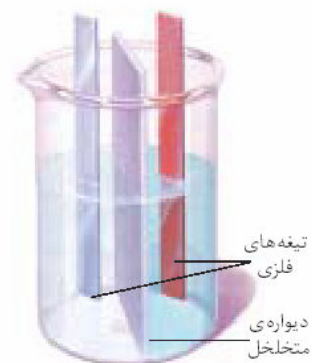
۱۱) برای بستن درست ولت سنج باید قطب منفی ولت سنج را به قطب منفی پیل و قطب مثبت آنرا به قطب مثبت پیل متصل کنیم و اگر ولت سنج را برعکس ببندیم عدد ولتاژ منفی نمایش داده می شود.

۱۲) سلولهای گالوانی غیر قابل شارژ را سلولهای گالوانی نوع اول و سلولهای گالوانی قابل شارژ را سلولهای گالوانی نوع دوم می نامند. (صفحه ۹۸ و ۹۹ کتاب مطالعه شود).



۱۳) اگر واکنش کلی پیل، واکنش سوختن باشد آنرا پیل سوختی می نامند. از پیل سوختی که سلول گالوانی نوع اول به حساب می آید، برای تأمین برق و آب آشامیدنی فضاپیماها و همچنین برق بیمارستانها استفاده می شود. در این سلولها، انرژی گرمایی واکنش سوختن به صورت انرژی الکتریکی آزاد می شود.

۱۴) سلول گالوانی را می توان در یک ظرف طراحی کرد. در این حالت نیاز به پل نمکی نیست و از یک دیواره متخلخل برای جداسازی دو محلول از هم استفاده می شود. (مثل سفال)



$$E^{\circ}(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0.76\text{V}$$

$$E^{\circ}(\text{Ag}^{+} / \text{Ag}) = +0.8\text{V}$$

تست: در سلول گالوانی Zn-Ag کدام گزینه نادرست است؟

۱) تیغه روی در آن نقش آند را ایفا می کند.

۲) ولتاژ سلول برابر با ۱/۵۶V است.

۳) در نیم سلول نقره جهت حرکت کاتیون ها از پل نمکی به محلول است.

۴) واکنش کلی پیل، به صورت $\text{Ag}_{(s)} + \text{Zn}_{(aq)}^{2+} \rightarrow \text{Ag}_{(aq)}^{+} + \text{Zn}_{(s)}$ است.

تست: در سلول گالوانی «مس - نقره» جهت حرکت الکترون ها در سیم از به و در نیم سلول مس جهت حرکت آنیون ها از به است.

۲) نقره - مس - پل نمکی - محلول

۱) مس - نقره - محلول - پل نمکی

۴) نقره - مس - محلول - پل نمکی

۳) مس - نقره - پل نمکی - محلول

تست: سلول گالوانی ساخته شده در کدام گزینه ولتاژ بیشتری را تولید می کند؟

Fe-Cu (۲) Zn-Fe (۱)

Fe-Al (۴) Al-Ag (۳)

تست: با چهار فلز منیزیم، آهن، روی و مس به صورت دو به دو سلول هایی گالوانی تهیه می کنیم. کدام فلز در تمامی سلول های خود نقش آند را ایفا می کند؟

(۱) منیزیم (۲) آهن (۳) روی (۴) مس

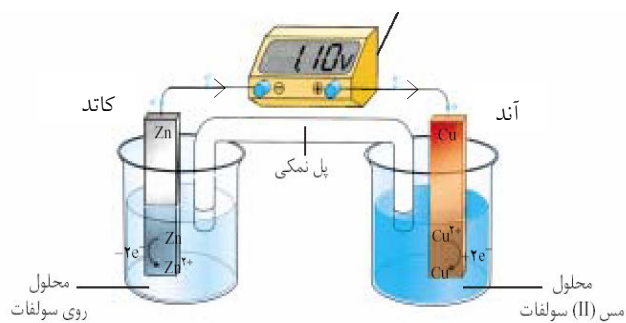
تست: اگر ولتاژ سلول Zn-Cu؛ ۱/۱ ولت، ولتاژ سلول Al-Ag، ۲/۴۶ ولت و ولتاژ سلول Ag-Cu،

$E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$ ؛ E° آلومینیوم کدام است؟

(۱) -۱/۲ (۲) -۱/۶۶ (۳) -۱/۰۸ (۴) -۱/۸۱

ولت سنج

تست: در شکل مقابل کدام مورد درست نمایش داده نشده است؟



(۱) جهت بستن ولت سنج

(۲) نقش الکترودها

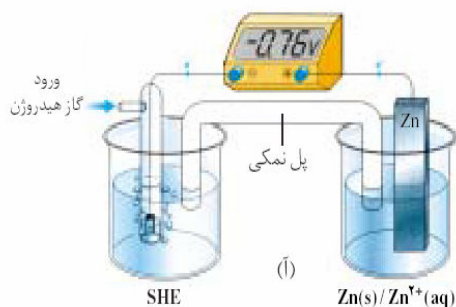
(۳) ولتاژ سلول

(۴) جهت حرکت الکترون

$E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$

$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34\text{V}$

الکتروده استاندارد هیدروژن (SHE)



نکته: برای محاسبه E° یک الکتروود آنرا با الکتروود استاندارد هیدروژن در یک سلول گالوانی قرار می‌دهند. اگر قطب منفی ولت سنج را به SHE و قطب مثبت آن را به تیغه فلز متصل کنیم، ولت سنج، E° فلز را با علامت آن نمایش می‌دهد.

نکته: هر عاملی که تعادل $X^{n+}(aq) + ne^- \rightleftharpoons X(s)$ را به سمت راست جابجا کند دراصل باعث می‌شود که تعدادی کاتیون به تیغه اضافه شده، بار تیغه و در نتیجه E° مثبت‌تر شود مثلاً با افزایش غلظت محلول، E° مثبت‌تر و با کاهش غلظت محلول، منفی‌تر می‌شود.

مثال: با اضافه کردن آب مقطر به هر یک از نیم سلولهای آندی و کاتدی در سلول گالوانی ولتاژ سلول چه تغییری خواهد کرد؟

نکته: با توجه به نکته قبل می‌توان سلولی گالوانی تهیه کرد که در آن جنس تیغه‌ها یکسان باشد اما غلظت الکتروولیت‌ها تفاوت داشته باشد، چنین سلولی را سلول غلظتی می‌نامند، در سلول غلظتی تیغه واقع در الکتروولیت رقیق‌تر E° منفی‌تری داشته، قطب منفی (آند) و تیغه واقع در الکتروولیت غلیظ‌تر E° مثبت‌تری داشته، قطب مثبت (کاتد) است. * این سلول تا وقتی کار می‌کند که غلظت الکتروولیت‌ها برابر شود.

نکته: ولتاژ سلول غلظتی از رابطه زیر به دست می‌آید:

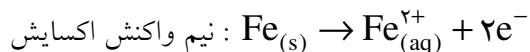
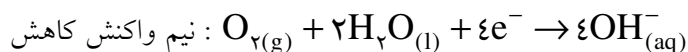
$$X^{n+}(aq) + ne^- \rightleftharpoons X(s)$$

$$\text{ولتاژ سلول غلظتی} = -\frac{0.059}{n} \log \frac{[\text{X}^{n+}]_{\text{رقیق}}}{[\text{X}^{n+}]_{\text{غلیظ}}}$$

به عنوان مثال ولتاژ سلول بالا را بدست آورید:

خوردگی آهن:

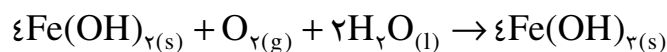
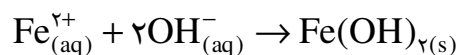
در این فرآیند ابتدا واکنشی الکتروشیمیایی رخ می‌دهد:



محل وقوع نیم واکنش کاهش مکانهایی است که غلظت

اکسیژن در آنها زیاد است. (پایگاه کاتدی)

در مورد نیم واکنش اکسایش برعکس است. (پایگاه آندی)



قهوه ای رنگ (زنگ آهن)

در اثر گرما $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ به $\text{Fe}(\text{OH})_3$ تبدیل می‌شود. از اینرو زنگ آهن را به این صورت نیز نمایش می‌دهند.

عوامل مؤثر در خوردگی آهن:

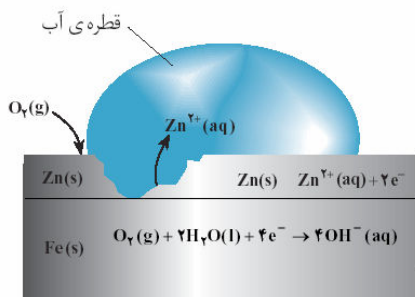
- (۱) اکسیژن و رطوبت: مواد لازم برای خوردگی (در نیم واکنش کاهش)
- (۲) الکترولیت (بالاخص اسیدی) بودن محیط: در سلول گالوانی حاصل نقش رسانای یونی داشته باعث سرعت خوردگی می‌شود.
- (۳) تماس داشتن آهن با فلز اکسنده تر (سریع‌ترین عامل): در سلول گالوانی بوجود آمده آهن آند است و سریعاً خورده می‌شود.

راه های جلوگیری از خوردگی آهن:

- (۱) رنگ زدن، ضدزنگ زدن، لعاب دادن، قیراندود کردن و... رطوبت و اکسیژن را از سطح آهن جدا می‌کند.
- (۲) تماس داشتن آهن با فلز کاهنده تر (حفاظت کاتدی): در سلول گالوانی حاصل آهن کاتد است و سالم می‌ماند (مؤثرترین عامل)

تست: در کدام ظرف میخ آهنی سریع تر خورده می شود؟

سؤال: در صنعت لعاب فلزی آهن به دو صورت کاربرد فراوانی دارد، حلبی (روکش قلع) و آهن سفید یا گالوانیزه (روکش روی)؛ در اثر ایجاد خراش در سطح هریک از این دو لعاب، در کدامیک آهن خورده می شود، چرا؟



نکته: در خوردگی فلزها نیم واکنش کاهش همیشه $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$ است.

سلول گالوانی: انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند.

سلول الکترولیتی: انرژی الکتریکی را به انرژی شیمیایی تبدیل می کند.

سلولهای الکتروشیمیایی

الکترولیز (برقکافت)

آب فلز کاری

استخراج (پالایش) فلزها

برخی کاربردهای سلول الکترولیتی

الف) الکترولیز (برقکافت): تجزیه شدن بوسیله برق

۱- الکترولیز نمک طعام مذاب (سلول دانز): برای تهیه سدیم به کار می رود.

* در سلول دانه‌آند، گرافیتی و کاتد، آهنی است.

* در سلول دانه‌آند از CaCl_2 به عنوان کمک ذوب استفاده می‌شود (کمک ذوب نقطه ذوب را کاهش می‌دهد)

نکته: در سلولهای الکترولیتی برخلاف سلول گالوانی آند، مثبت و کاتد، منفی است.

نکته: آند الکترودی است که در آن الکترون از رسانای یونی (الکترولیت) به رسانای الکترونی (تیغه فلزی) جریان می‌یابد و کاتد الکترودی است که در آن الکترون از رسانای الکترونی به رسانای یونی جریان پیدا می‌کند.

۲- الکترولیز محلول رقیق نمک طعام:

نکات:

سری الکتروشیمیایی
فلزهای قلیایی
فلزهای قلیایی خاکی
Al
Mn
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
Zn
Fe
Ni
Sn
H
Cu
Ag
Hg
Pt
Au
I
Br
$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$
Cl
... و SO_4^{2-} و NO_3^- : بنیانها
F

(۱) در اطراف آند که آنیون‌ها جمع می‌شوند و عمل اکسایش رخ می‌دهد، رقابت بر سر اکسایش یا از دست دادن الکترون بوجود می‌آید.

در این رقابت، عاملی پیروز می‌شود که الکترون ده‌تر باشد یعنی در سری الکتروشیمیایی بالاتر باشد.

(۲) در اطراف کاتد که کاتیون‌ها جمع می‌شوند، رقابت بر سر کاهش یا گرفتن الکترون است و در این رقابت، عاملی پیروز می‌شود که الکترون گیرتر باشد؛ یعنی در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر باشد.

(۳) بنابراین در الکترولیز محلولهای آبی عواملی که در سری الکتروشیمیایی نوشته شده، بین دو آب قرار گرفته‌اند (میان‌دوآبی هستند) پیروز می‌شوند و هر عاملی که میان‌دوآبی نباشد بازنده است.

(۴) اختلاف E° کلر و اکسایش آب بسیار کم است. به همین خاطر در محلولهای غلیظ نمکهای کلرید به جای آب، کلر در واکنش آندی پیروز می‌شود. (اگر در سؤال، غلیظ یا رقیق بودن محلول را بیان نکرده بودند، محلول را غلیظ در نظر می‌گیریم)

(۵) برنده شدن آب در اطراف آند، محلول را اسیدی و در اطراف کاتد،

محلول را قلیایی می‌کند. بنابراین در الکترولیز محلول آبی یک نمک اگر آنیون آن (بخش اسیدی نمک) بازنده شود، محیط اسیدی و اگر کاتیون آن (بخش بازی نمک) بازنده شود، محیط بازی می‌شود.

تست: از الکترولیز محلول آبی کدام نمک زیر کاتیون نمک در کاتد و آب در آند پیروز می‌شوند؟



تست: در الکترولیز محلول آبی مس (II) کلرید محصولات آند و کاتد به ترتیب کدامند؟



تست: از الکترولیز محلول آبی کدام نمک، محیط اسیدی می‌شود؟

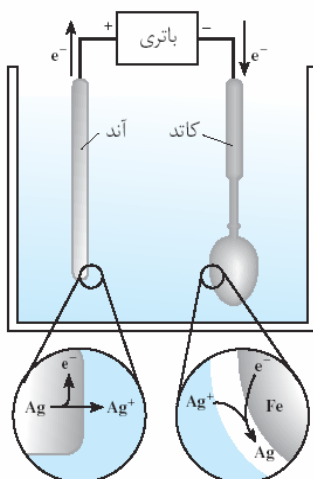


تست: در طی الکترولیز محلول آبی پتاسیم سولفات

(۱) محلول کاهش می‌یابد. (۲) pH محلول افزایش می‌یابد.

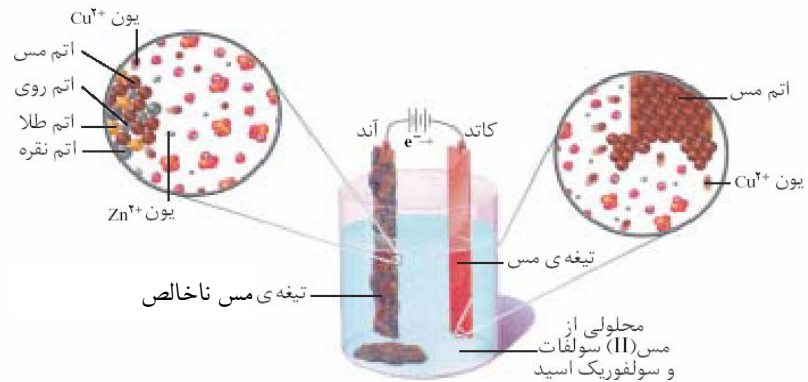
(۳) غلظت محلول کاهش می‌یابد. (۴) غلظت محلول افزایش می‌یابد.

(ب) آب فلز کاری:



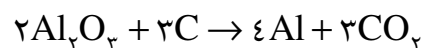
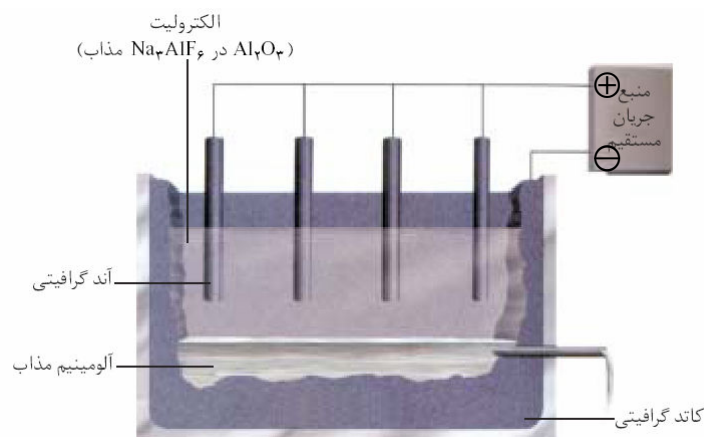
ج) پالایش فلزها:

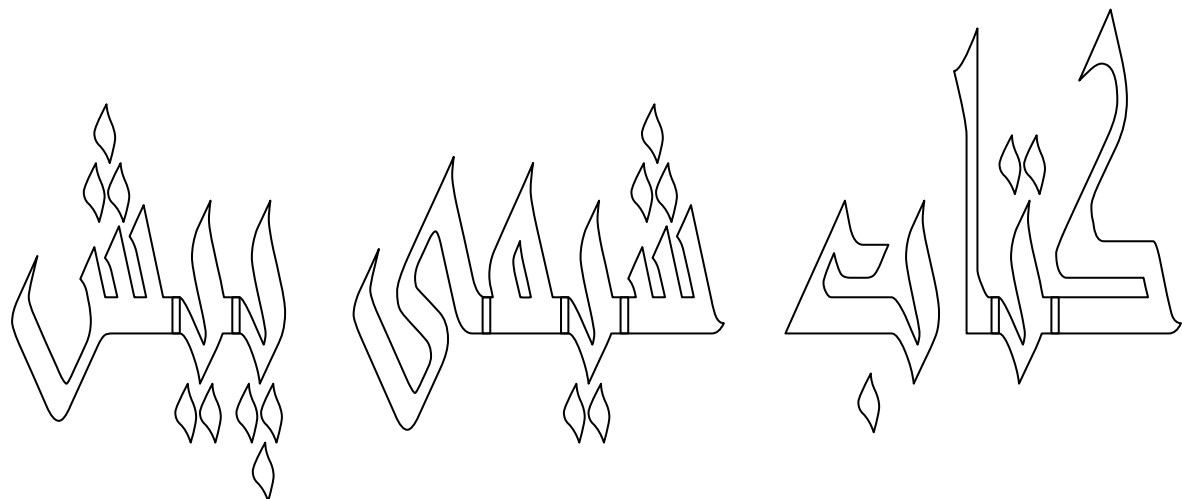
۱- پالایش مس



۲- پالایش آلومینیوم: (تهیه آلومینیوم به روش هال)

در صنعت آلومینیوم را از سنگ معدن آلومینیوم داری به نام بوکسیت ($Al_2O_3 \cdot H_2O$ یا آلومینای ناخالص) تهیه می‌کنند. با توجه به نقطه ذوب بسیار بالای آلومینا ($2045^\circ C$) تهیه آلومینیوم از برقکافت آلومینای مذاب مقرون به صرفه اقتصادی نیست. دانشمندی به نام مارتین هال ماده ای به نام کریولیت (Na_3AlF_6) را تهیه کرد که نقش کمک ذوب را در فرآیند ذوب آلومینا دارد و مخلوط این دو در دمای $960^\circ C$ ذوب می‌شود. از الکترولیز این مخلوط مذاب، آلومینیوم را تهیه می‌کنند.





بخش اول

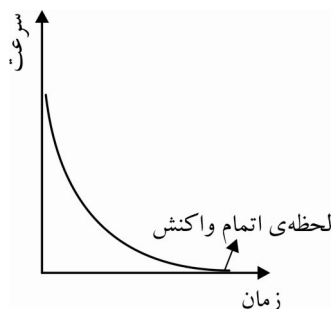
سینتیک شیمیایی

در سینتیک شیمیایی دو بحث مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- سرعت واکنش‌ها

۲- چگونگی انجام واکنش‌ها (چگونگی انجام واکنش یا سازگار)

نکته: در ترمودینامیک امکان وقوع یک واکنش بررسی می‌شود اما در سینتیک شرایط لازم برای انجام شدن واکنش.



سرعت واکنش: (R – Rate)

تعداد مول تولید شده یا مصرف شده در واحد زمان.

نکته: در اغلب واکنش‌ها سرعت واکنش با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

سرعت متوسط واکنش: (\bar{R})

تعداد مول تولید شده یا مصرف شده در کل زمان انجام واکنش.

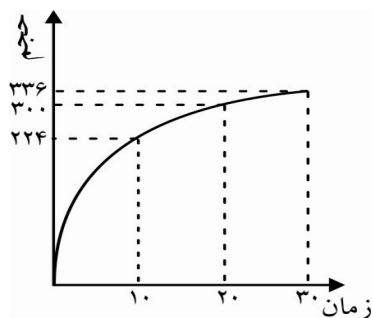
$$\bar{R} = \frac{\text{تعداد مول تولیدی یا مصرفی}}{\text{کل زمان انجام واکنش}} \Rightarrow \text{mol/s - min - h, ...}$$

مثال: در مدت ۳۰ ثانیه ۰/۲۳ گرم سدیم در مقداری آب به طور کامل حل شده است. سرعت متوسط مصرف سدیم در این واکنش چند mol/min است؟ ($\text{Na} = ۲۳$)

مثال: در واکنش مقداری فلز منیزیم با هیدروکلریک اسید پس از گذشت ۲۰ ثانیه، ۴۴۸ میلی لیتر گاز در شرایط متعارفی حاصل شده است. سرعت متوسط تولید گاز چند مول در ثانیه است؟

مثال: ۹ میلی گرم آلومینیوم در مدت ۱۰ ثانیه در مقداری نیتریک اسید به طور کامل حل شده است. سرعت متوسط مصرف آلومینیوم چند مول در دقیقه است؟ ($\text{Al} = ۲۷$)

مثال: در نمودار زیر حجم گاز تولید شده از واکنش مقداری فلز پتاسیم با آب در شرایط متعارفی داده شده است. سرعت متوسط تولید این گاز چند مول در ثانیه است؟



مثال: در نمودار فوق سرعت متوسط تولید گاز در فاصله زمانی ۱۰ تا ۳۰ ثانیه و صفر تا ۱۰ ثانیه را نیز بدست آورید.

نکته: می توان سرعت متوسط یک واکنش را در بازه های زمانی مختلف محاسبه کرد: $\bar{R}_x = \left| \frac{\Delta n_x}{\Delta t} \right|$

در واکنش $A \rightarrow B$ در یک بازه زمانی معین:

$$\bar{R}_A = -\frac{\Delta n_A}{\Delta t} > 0$$

↑ تغییر مول
↓ تغییر زمان

$$\Delta n_A = n_{\nu A} - n_{\lambda A} < 0 \rightarrow n_{\nu A} < n_{\lambda A}$$

$$\bar{R}_B = \frac{n_B}{\Delta t} > 0 \rightarrow n_{\nu B} > n_{\lambda B}$$

مثال: تعداد مول یکی از مواد اولیه واکنش پس از گذشت ۲ min، ۰/۰۴ mol و پس از گذشت ۵ min، ۰/۰۲۵ mol است. سرعت متوسط مصرف این ماده چند $\frac{\text{mol}}{\text{min}}$ است؟

نکته: هر چه بازه‌ی زمانی به لحظه شروع واکنش نزدیکتر باشد سرعت متوسط واکنش بیشتر است.

نکته: برای محاسبه سرعت متوسط واکنش بهترین بازه‌ی زمانی کل زمان انجام واکنش است.

تست: سرعت متوسط یک واکنش که ۳۰ ثانیه به طول می انجامد، در کدام بازه‌ی زمانی بیشتر است؟

$$2.0^s - 3.0^s \quad (4) \quad 0 - 3.0^s \quad (3) \quad 1.0^s - 2.0^s \quad (2) \quad 0 - 1.0^s \quad (1)$$

تست: در یک واکنش که در ۱۰ دقیقه صورت می گیرد اگر سرعت متوسط واکنش را در پنج دقیقه اول، R_1 در پنج دقیقه دوم R_2 و در کل ۱۰ دقیقه R بنامیم کدام رابطه صحیح است؟

$$R_1 = R_2 = R \quad (4) \quad R > R_1 > R_2 \quad (3) \quad R_1 > R > R_2 \quad (2) \quad R_1 > R_2 > R \quad (1)$$

مثال: تعداد مول یکی از محصولات واکنشی در زمانهای مختلف به صورت زیر ثبت شده است. سرعت متوسط تولید این ماده را بر حسب مول در دقیقه به دست آورید.

زمان	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
مول	۰/۲۵	۰/۴	۰/۴۵	۰/۴۵

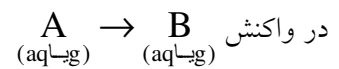
بیان سرعت واکنش از روی غلظت مولی:

$$\text{غلظت مولی (مولاریته)} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}}$$

$[A]$: غلظت مولی A

نکته: غلظت فقط برای گازها و محلولها کاربرد دارد و در جامدات و مایعات خالص، مقداری ثابت است.

نکته: در گازها حجم محلول همان حجم ظرف است.

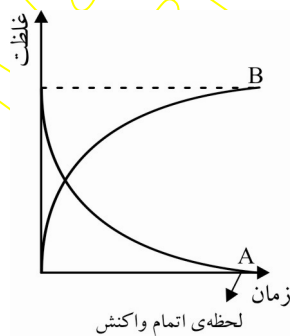


$$\rightarrow R_x = \left| \frac{\Delta[x]}{\Delta t} \right|$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{R}_A &= -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} > 0 \\ \bar{R}_B &= \frac{\Delta[B]}{\Delta t} > 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \text{واحد} \rightarrow M/s$$

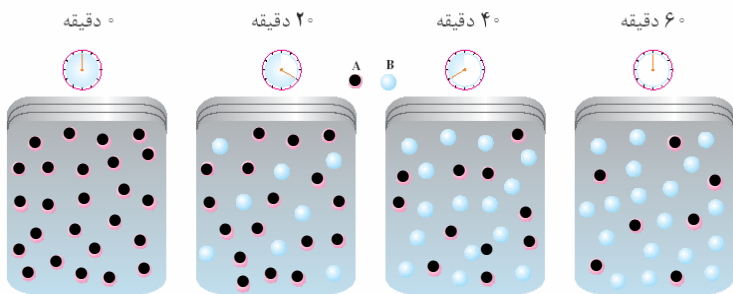
نمودار غلظت - زمان:

سرعت واکنش = شیب نمودار



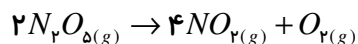
مثال: در شکل زیر هر گوی را معادل ۰/۰۴ مول در نظر بگیرید. اگر حجم ظرف یک لیتر باشد سرعت متوسط مصرف

A چند مولار در دقیقه است؟

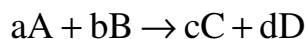


مثال: در واکنش زیر که در یک ظرف پنج لیتری در حال انجام است، اگر پس از گذشت ۴ دقیقه ۰/۸ مول گاز اکسیژن

حاصل شود، سرعت متوسط تولید این گاز چند مولار در دقیقه است؟



* می‌دانیم نسبت مولی دو ماده در یک واکنش نسبت ضرایب آنها است.



$$\frac{\text{mol A}}{\text{mol B}} = \frac{a}{b}$$

$$\text{در یک } \Delta t \text{ معین} \quad \Rightarrow \frac{\Delta n_A}{\Delta n_B} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{\Delta n_A}{a} = \frac{\Delta n_B}{b} \xrightarrow{\div \Delta t} \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} \rightarrow \frac{\bar{R}_A}{\bar{R}_B} = \frac{a}{b}$$

نسبت سرعت دو ماده در یک واکنش به نسبت ضرایب آنها است.

$$\Rightarrow \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d} = \bar{R}_{\text{واکنش}}$$

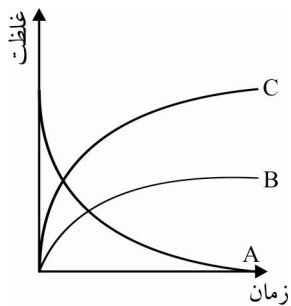
تست: در واکنش $A + 2B \rightarrow 3C + 4D$ سرعت متوسط واکنش برحسب کدام ماده بیشتر است؟

A (۱) B (۲) C (۳) D (۴)

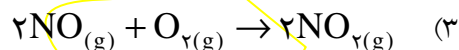
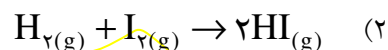
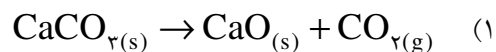
تست: در واکنش $2BrO^- \rightarrow 2Br^- + BrO_2^-$ اگر سرعت تولید یون برمید برابر 0.3 M.s^{-1} باشد،

سرعت متوسط تولید یون برمات و مصرف یون هیپو برمیت به ترتیب چند مولار در ثانیه است؟

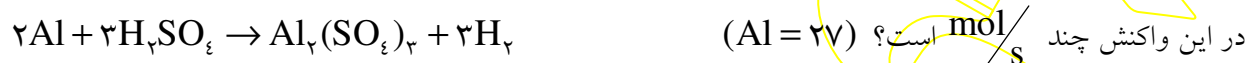
(۱) ۰/۲ و ۰/۶ (۲) ۰/۱۵ و ۰/۳ (۳) ۰/۱۵ و ۰/۴۵ (۴) ۰/۳ و ۰/۳



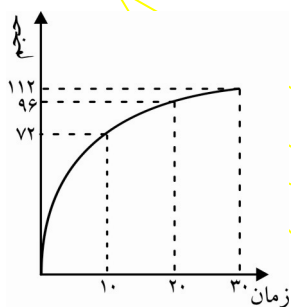
تست: نمودار غلظت زمان مقابل را به کدام واکنش می توان نسبت داد؟



مثال: ۹ گرم آلومینیوم در مدت ۱۰۰ s در مقداری سولفوریک اسید به طور کامل حل می شود. سرعت متوسط تولید گاز



مثال: نمودار زیر مربوط به حجم گاز هیدروژن تولید شده در شرایط STP در واکنش زیر است. سرعت متوسط مصرف



تست: ۸/۳۴ گرم PCl_5 را تجزیه کرده ایم، اگر پس از گذشت ۲۰ ثانیه، ۲۵٪ این ماده تجزیه شده باشد سرعت

تولید گاز کلر چند مول در دقیقه خواهد بود؟ ($\text{P}=31$ و $\text{Cl}=35/5$)

(۱) ۰/۰۲

(۲) ۰/۰۳

(۳) ۰/۰۴

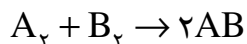
(۴) ۰/۰۵

مثال: پتاسیم نیترات در دماهای بالای 500°C بصورت زیر تجزیه می شود، اگر این واکنش در یک ظرف ۵ لیتری انجام شود و پس از گذشت ۲ دقیقه، $6/06$ گرم پتاسیم نیترات تجزیه شده باشد، سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن در این واکنش چند مولار در ثانیه خواهد بود؟ ($KNO_3 = 101$)

$$4KNO_{3(s)} \rightarrow 2K_2O_{(s)} + 2N_{2(g)} + 5O_{2(g)}$$

مثال: در واکنش مقداری فلز منیزیم با 250 میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید پس از گذشت 75 ثانیه، 336 میلی لیتر گاز در شرایط متعارفی تولید شده است. سرعت متوسط مصرف اسید چند مولار در دقیقه است؟

مگونگی انجام واکنش های شیمیایی



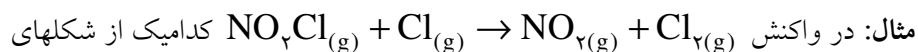
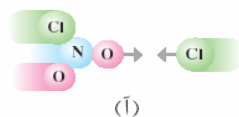
* برای انجام یک واکنش، مولکولهای مواد اولیه باید با هم برخورد داشته باشند. هر برخوردی میان مولکول های مواد اولیه باعث انجام واکنش نمی شود، برخوردی که موجب تولید محصول می شود را برخورد مؤثر یا کارا می نامند. یک برخورد، برای مؤثر بودن دو شرط زیر را باید داشته باشد:

(۱) راستای برخورد مناسب باشد.

(۲) انرژی برخورد برای انجام واکنش کافی باشد.

نکته: پس از رخ دادن برخورد مؤثر حالت واسطه ای بوجود می آید که به آن کمپلکس فعال یا پیچیده فعال و یا حالت گذار گفته می شود، در کمپلکس فعال پیوندهای مواد اولیه در حال شکستن و پیوندهای جدید در حال تشکیل است.

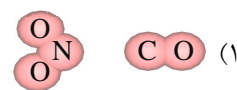
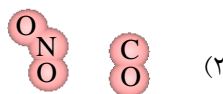
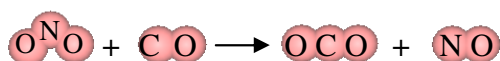
نکته: برای تشخیص راستای مناسب برخورد ساختار مواد اولیه و محصول را با هم مقایسه می کنیم و از روی پیوندهای در حال شکست و پیوندهای در حال تشکیل، راستای مناسب برخورد را تشخیص می دهیم. فقط اتمهایی که با هم پیوند جدید تشکیل می دهند، باید با هم برخورد داشته باشند.



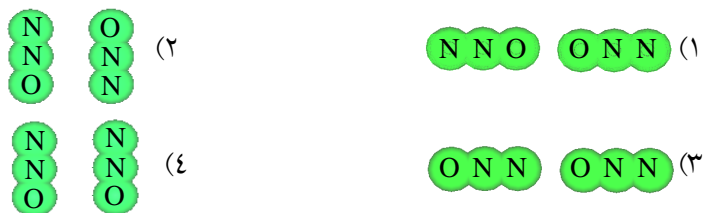
مقابل راستای مناسب برخورد میان مواد اولیه را نشان می دهد؟



تست: در واکنش مقابل کدام گزینه راستای مناسب برخورد بین مولکول های مواد اولیه را بدرستی نشان می دهد؟



تست: در واکنش $2N_2O_{(g)} \rightarrow 2N_{2(g)} + O_{2(g)}$ راستای مناسب برخورد کدام گزینه می باشد؟

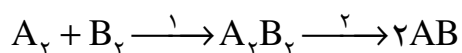


نکته: در مدل ساختاری کمپلکس فعال، پیوندهای در حال شکست و پیوندهای در حال تشکیل را با نقطه چین نمایش می دهیم و پیوندهایی که سالم مانده اند را دست نمی زنیم.

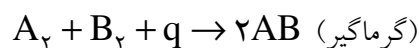
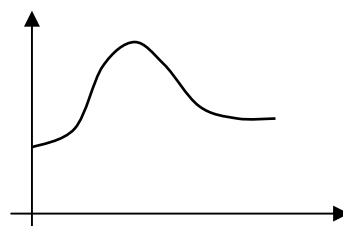
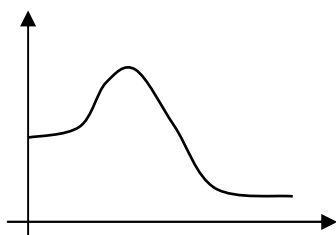
تست: در واکنش $2NOCl \rightarrow 2NO + Cl_2$ کدام گزینه ساختار درست کمپلکس فعال را درست نشان می دهد؟



می توان یک واکنش را در دو مرحله تصور کرد:



- ۱- مرحله اول: تبدیل مواد اولیه به کمپلکس (تضعیف پیوندهای اولیه): «انرژی گیر است»
 - ۲- مرحله دوم: تبدیل کمپلکس به مواد محصول (تشکیل پیوندهای جدید): «انرژی زا است»
- * همواره شکستن پیوند انرژی گیر و تشکیل پیوند انرژی زا است.

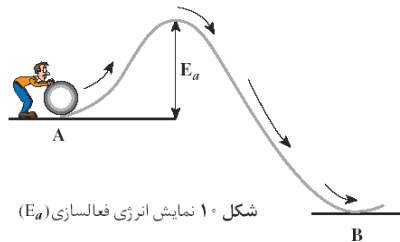


نمودار سطح انرژی :

انرژی فعالسازي (اكتيواسيون): E_a

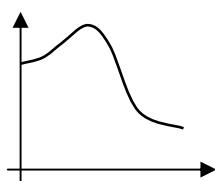
انرژی لازم برای تشکیل یک مول کمپلکس فعال از مواد اولیه را گویند. (انرژی لازم برای شروع واکنش)

نکته: هرچه انرژی فعالسازي کمتر باشد واکنش سریع تر صورت می گیرد.

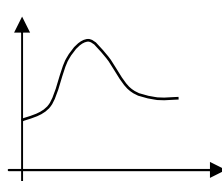


شکل ۱۰ نمایش انرژی فعالسازي (E_a)

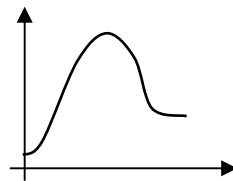
تست: در کدام نمودار، سطح انرژی واکنش گرمادهی نمایش داده شده است که سریعتر انجام می شود؟



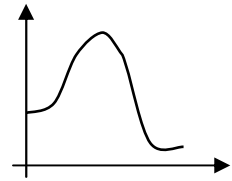
(۴)



(۳)

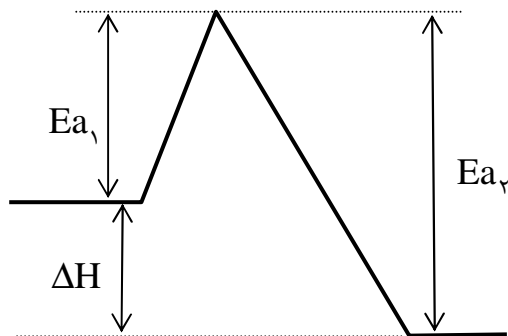


(۲)



(۱)

نکته:



$E_{a\uparrow}$: انرژی فعالسازي واکنش رفت یا مستقیم.

$E_{a\downarrow}$: انرژی فعالسازي واکنش برگشت یا معکوس

$$\Delta H = E_{a\uparrow} - E_{a\downarrow} < 0$$

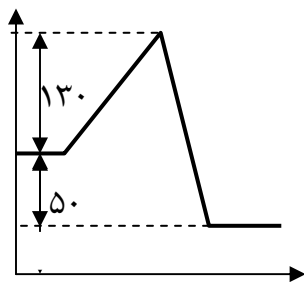
$$E_{a\uparrow} < E_{a\downarrow}$$

$$\Delta H = E_{a\uparrow} - E_{a\downarrow} > 0$$

$$E_{a\uparrow} > E_{a\downarrow}$$

$$\Delta H = E_{a\uparrow} - E_{a\downarrow} \begin{cases} (-) \rightarrow \text{گرماده} \\ (+) \rightarrow \text{گرمگیر} \end{cases}$$

تست: با توجه به نمودار مقابل آنتالپی واکنش مستقیم و انرژی فعالسازي واکنش معکوس به ترتیب کدام است؟

(۴) $80, -50$ (۳) $180, -50$ (۲) $180, +50$ (۱) $80, +50$

تست: در واکنش $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB + 20 \text{ Kcal}$ اگر انرژی فعالسازي واکنش 90 Kcal باشد، انرژی فعالسازي واکنش معکوس چند کیلوکالری است؟

۳۵ (۴)

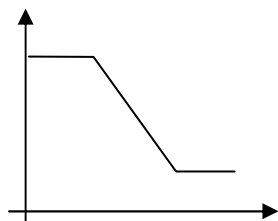
۵۵ (۳)

۷۰ (۲)

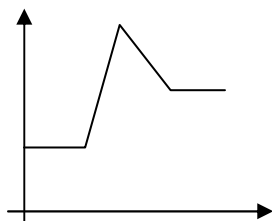
۱۱۰ (۱)

نکته: فرآیند شکستن یا تشکیل پیوند کمپلکس فعال ندارد.

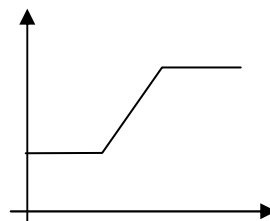
تست: در فرآیند $Cl_2 \rightarrow 2Cl$ نمودار سطح انرژی به کدام صورت است؟



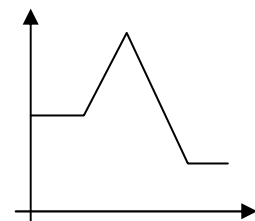
(۴)



(۳)



(۲)



(۱)

نکته: اگر مجموع انرژی پیوندهای مواد اولیه را E_1 بنامیم، همواره $E_a < E_1$ است زیرا در انرژی پیوند، پیوند به طور کامل شکسته می شود، اما در انرژی فعالسازي، پیوندهای اولیه فقط تضعیف می شوند.

تست: در واکنش $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$ اگر انرژی پیوندهای A_2, B_2 به ترتیب 435 و 391 کیلوژول بر مول باشد، کدام گزینه صحیح است؟

 $E_a = 826$ (۴) $E_a = 413$ (۳) $E_a > 826$ (۲) $E_a < 826$ (۱)

نظریه های سینتیکی

الف) نظریه برخورد: هر چه در واحد زمان و واحد حجم تعداد برخورد مؤثر بیشتری صورت گیرد، واکنش سریعتر انجام می شود.

ب) نظریه حالت گذار: هر چه در واحد زمان و واحد حجم تعداد حالت گذار بیشتری تشکیل شود، واکنش سریعتر انجام می شود.

نکته: نظریه برخورد نقایصی دارد که نظریه حالت گذار این نقایص را ندارد:

- (۱) در نظریه برخورد فقط حرکت انتقالی مولکول‌ها دیده شده است در حالیکه آن‌ها حرکات ارتعاشی و چرخشی نیز دارند که در انجام واکنش اثرگذار است.
- (۲) نظریه برخورد فقط در توجیه واکنش‌هایی کاربرد دارد که مواد اولیه آنها به حالت گاز باشند.
- (۳) در نظریه برخورد فقط مفهوم انرژی فعالسازی را می‌توان بیان کرد و مقدار آن قابل محاسبه نیست.
- (۴) در نظریه برخورد، برخورد میان مولکول‌ها برخوردی کشسان (مثل برخورد دو توپ بیلیارد) در نظر گرفته شده است، در حالیکه آنها روی هم تأثیر می‌گذارند.

عوامل مؤثر در سرعت واکنش :

۱- دما:

با افزایش دما جنبش مولکول‌ها شدیدتر شده، تعداد برخوردها افزایش یافته، تعداد برخوردها در راستای مناسب زیاد می‌شود. همچنین افزایش دما باعث افزایش انرژی برخوردها نیز می‌شود، بنابراین افزایش دما به شدت سرعت واکنش را افزایش می‌دهد.

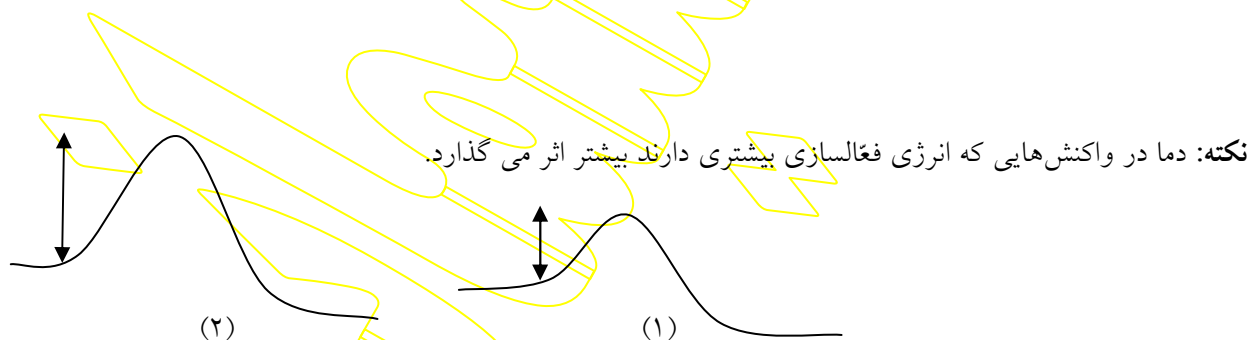
تست: اگر دمای انجام واکنش را از 20°C به 50°C برسانیم سرعت واکنش چند برابر می‌شود؟ (به ازای هر 10°C افزایش دما سرعت واکنش ۲ برابر می‌شود).

۸ (۴)

۶ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

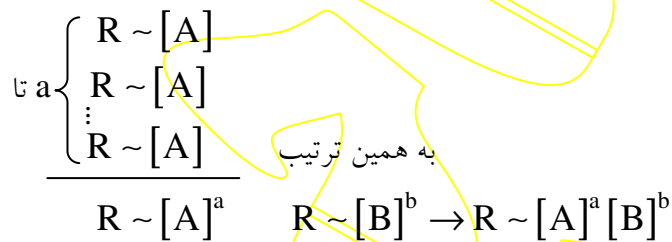
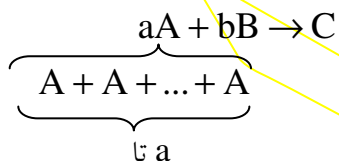
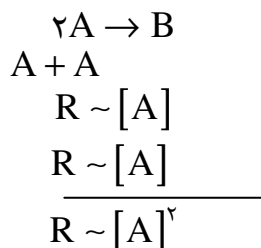
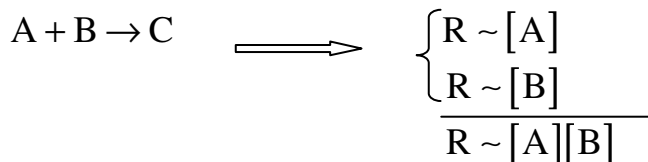


واکنش (۱) سریع‌تر است، اما تأثیر دما در واکنش (۲) شدیدتر است.

۲- غلظت :

با افزایش غلظت تراکم مولکول‌ها زیاد شده، تعداد برخوردها آن‌ها افزایش می‌یابد در نتیجه تعداد برخوردها در راستای مناسب زیاد شده، سرعت واکنش افزایش می‌یابد.

نکته: با دو برابر شدن غلظت یک ماده تعداد مولکول‌های آن در واحد حجم دو برابر شده، تعداد برخوردها در راستای مناسب دو برابر می‌شود در نتیجه سرعت واکنش دو برابر می‌شود.



$$R = K[A]^a [B]^b \quad \text{«رابطه قانون سرعت»}$$

«K» ثابت سرعت (به دما و واکنش وابسته است).

مثال: با توجه به عبارت قانون سرعت $R = K[A][B]^2$ با دو برابر کردن غلظت B و سه برابر کردن غلظت A سرعت واکنش چند برابر می شود؟

نکته: در رابطه $R = K[A]^m [B]^n$ ؛ m را مرتبه واکنش نسبت به A و n را مرتبه واکنش نسبت به B می نامند؛ در برخی مواقع مرتبه یک ماده در یک واکنش ضریب موازنه آن نیست و این مرتبه به صورت تجربی محاسبه می شود.

نکته: واکنش هایی که در یک مرحله و از تأثیر مستقیم مولکول های مواد اولیه انجام می شوند را واکنش های بنیادی می نامند. فقط در واکنش های بنیادی مرتبه هر ماده ضریب موازنه آن است.

تست: در واکنش بنیادی $2A_{(aq)} + B_{(aq)} \rightarrow C_{(aq)}$ اگر با ریختن آب مقطر حجم محلول را دو برابر کنیم سرعت واکنش چند برابر می شود؟

$$\begin{array}{llll} (1) \text{ برابر} & (2) \frac{1}{2} \text{ برابر} & (3) \text{ برابر} & (4) \frac{1}{8} \text{ برابر} \end{array}$$

[A]	[B]	R(M.s ⁻¹)
۰/۱	۰/۱	۲×۱۰ ^{-۳}
۰/۲	۰/۱	۴×۱۰ ^{-۳}
۰/۱	۰/۲	۸×۱۰ ^{-۳}

مثال: در واکنش $۳A + B \rightarrow C$ با توجه به اطلاعات داده

شده رابطه قانون سرعت را بنویسید:

[A]	R
a _۱	R _۱
a _۲	R _۲

n× ×m

نکته:

مرتبه A
↑
m[?] = n

مثال: با توجه به اطلاعات داده شده رابطه قانون سرعت را بنویسید.

[A]	[B]	R(M.s ^{-۱})
۰/۱	۰/۱	۲×۱۰ ^{-۴}
۰/۳	۰/۲	۳۶×۱۰ ^{-۴}
۰/۲	۰/۱	۸×۱۰ ^{-۴}

مثال: با توجه به واکنش $aA + bB \rightarrow C$ و اطلاعات داده شده رابطه قانون سرعت را بنویسید:

[A]	[B]	R
۰/۱	۰/۲	۴×۱۰ ^{-۲}
۰/۲	۰/۲	۴×۱۰ ^{-۲}
۰/۱	۰/۸	۸×۱۰ ^{-۲}

۳- فشار :

فشار تنها در گازها اثر گذار است و تأثیر آن دقیقاً مانند غلظت است.

تست: در واکنش بنیادی $3A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow 2C_{(g)}$ با دو برابر کردن فشار ظرف سرعت واکنش چند برابر می‌شود؟

۴) ۱۶ برابر

۳) ۸ برابر

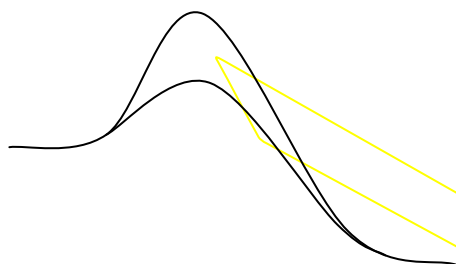
۲) ۴ برابر

۱) ۲ برابر

۴- کاتالیزور (کاتالیزگر) :

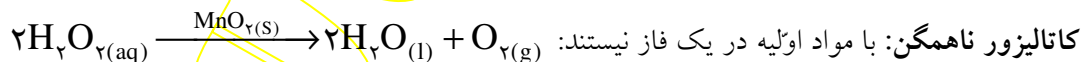
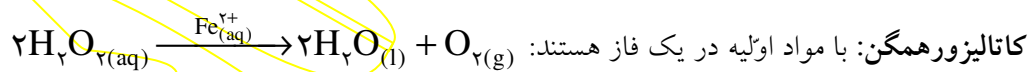
ماده ای است که سرعت واکنش را تغییر داده در نهایت بدون تغییر باقی می‌ماند.

نکته: کاتالیزور با مواد اولیه کمپلکس فعالی تشکیل می‌دهد که سطح انرژی آن پایین‌تر است بنابراین با کاهش انرژی فعالسازی سرعت واکنش را افزایش می‌دهد؛ در واکنش کاتالیز شده مسیر انجام واکنش تغییر می‌کند اما سطح انرژی مواد اولیه و مواد محصول ثابت می‌ماند بنابراین ΔH ثابت می‌ماند.



E_{a_1}, E_{a_2} به یک میزان کم می‌شود.

کاتالیزورها را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم نمود:



نکته: اگر حالت های فیزیکی را ندارند :

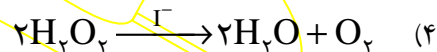
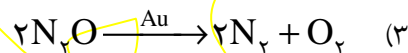
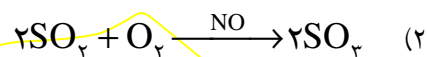
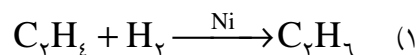
۱) فلزها جامدند به جز جیوه (مایع) $\leftarrow^{(s)} \dots, Au, Pt, Ni$

۲) یون ها محلول در آب اند $\leftarrow^{(aq)} \dots, I^-, Fe^{2+}$

۳) ترکیبات یونی جامدند (مگر آنکه در آب محلول باشند) $\leftarrow^{(s)} \dots, KClO_3, MnO_2$

۴) ترکیب نافلز و نافلز عمدتاً گاز است $\leftarrow^{(g)} \dots, SO_2, CO_2$

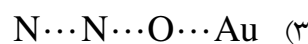
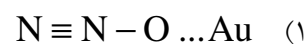
مثال: در هر مورد مشخص کنید کاتالیزور همگن است یا ناهمگن؟



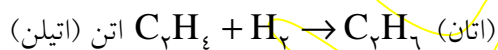
نکته: مخلوط دو جامد یک فاز نمی شود مگر در آلیاژ فلزی.

نکته: در کاتالیزور ناهمگن سطح تماس فقط فصل مشترک میان کاتالیزور و مواد اولیه است اما در کاتالیزور همگن سطح تماس بیشتر است بنابراین با فرض یکسان بودن تأثیر در انرژی فعالسازی کاتالیزور همگن تأثیر بیشتری نسبت به کاتالیزور ناهمگن دارد.

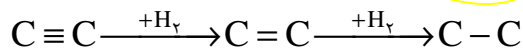
تست: در واکنش $N_2O_{(g)} \xrightarrow{Au} N_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ کدام گزینه ساختار کمپلکس را بدرستی نشان می دهد؟



واکنش هیدروژندار کردن (هیدروژناسیون): ترکیب شدن ماده آلی با هیدروژن

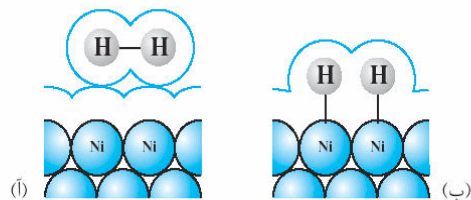


* بعنوان کاتالیزور در این فرآیند از یکی از سه فلز Pd, Pt, Ni (نیکل، پلاتین، پالادیم) میتوان استفاده نمود. (مثل تبدیل

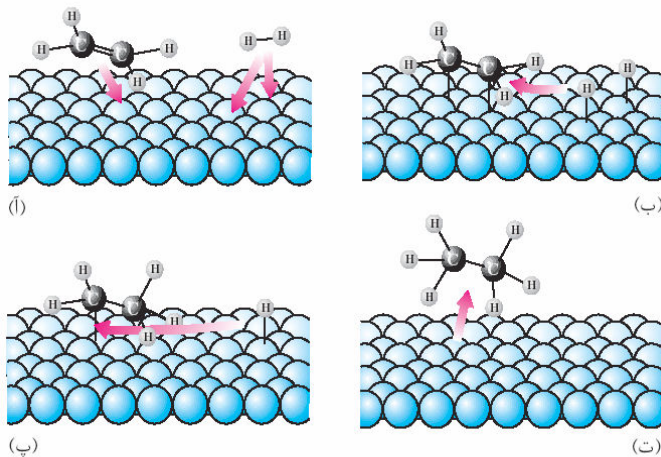


روغن مایع به روغن جامد).

مراحل کاتالیز شدن هیدروژن دار کردن اتیلن :



شکل ۱۵ انواع جذب سطحی. (آ) جذب فیزیکی و (ب) جذب شیمیایی



۱- انتشار مواد اولیه روی کاتالیزور : در این مرحله کاتالیزور با نیروهای واندروالسی مواد اولیه را جذب خود می کند. (آ)

۲- جذب شیمیایی : در این مرحله پیوندهای ضعیفی میان مواد اولیه و کاتالیزور تشکیل می شود و پیوندهای مواد اولیه سست می شود. این مرحله به واکنش سرعت می بخشد. (ب)

۳- تشکیل رادیکال های آزاد و محصولات : در این مرحله یکی از هیدروژن ها به یکی از کربن ها متصل می شود و نتیجه رادیکال اتیل (CH_2CH_3) و

رادیکال هیدروژن (H) تشکیل می شود. سپس رادیکال های آزاد تشکیل شده با هم پیوند داده، مولکول اتان تشکیل می شود. (پ)

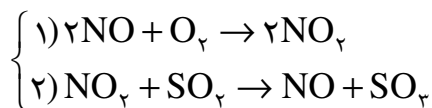
(رادیکال آزاد : ذراتی را گویند که هنوز آمادگی تشکیل پیوند کووالانسی دارند. (تک الکترون دارند)
مثل : NO_2 , Cl , CH_3 .)

۴ - انتشار محصولات در محیط : در این مرحله اتان از سطح کاتالیزور جدا شده در محیط انتشار می یابد. (ت)

نکته: در برخی مواقع کاتالیزور واکنش را در یک مکانیسم دو مرحله ای کاتالیز می کند.



سازوکار دو مرحله ای این واکنش به صورت مقابل است:



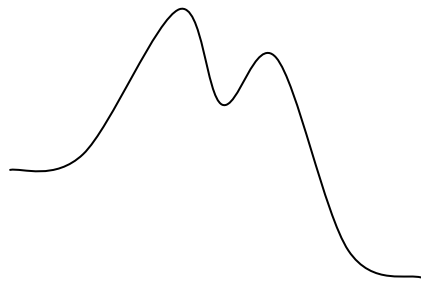
* در این واکنش دو مرحله ای :

(۱) هدف تهیه SO_3 بوده است.

(۲) NO کاتالیزور است (ابتدا مصرف می شود سپس مجدداً تولید می شود)

(۳) ذره حلا واسط است (ابتدا تولید می شود سپس مجدداً مصرف می شود)

* در نمودارهای چند مرحله‌ای :



(۱) فاصله مواد اولیه تا بالاترین قله E_a است.

(۲) مرحله آهسته‌تر مرحله‌ای است که انرژی فعالسازیش بیشتری دارد. این مرحله در تعیین سرعت واکنش نقش تعیین کننده تری دارد. (رابطه قانون سرعت از روی این مرحله نوشته می‌شود).

به عنوان مثال: با توجه به اینکه در سازوکار دو مرحله‌ای فوق مرحله (۱) در سرعت کلی واکنش نقش تعیین کننده تری دارد و از مواد اولیه فقط O_2 آن هم با ضریب ۱ در این مرحله آمده است رابطه قانون سرعت به صورت $R = K[O_2]$ خواهد بود و تغییر غلظت SO_2 باعث تغییر سرعت کلی واکنش نمی‌شود. (مرتبه SO_2 صفر است).

مثال: سازوکار دو مرحله‌ای واکنش مقابل را نوشته به سؤالات زیر پاسخ دهید: $2NO + 2H_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$

الف) کدام ماده در این سازوکار نقش کاتالیزور را دارد؟

ب) کدام مرحله نقش تعیین کننده تری در سرعت واکنش کلی دارد؟

ج) رابطه قانون سرعت به چه صورت نوشته می‌شود؟

د) کدام ماده ذره حواسط است؟

مثال: سازوکار دو مرحله‌ای واکنش مقابل را نوشته به سؤالات زیر پاسخ دهید: $CO + NO_2 \rightarrow CO_2 + NO$

الف) کدام ماده در این سازوکار نقش کاتالیزور را دارد؟

ب) کدام مرحله نقش تعیین کننده تری در سرعت واکنش کلی دارد؟

ج) رابطه قانون سرعت به چه صورت نوشته می‌شود؟

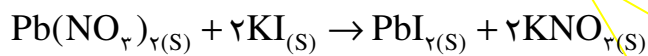
د) کدام ماده ذره حواسط است؟

۵- سطح تماس ذرات (اندازه ذرات، حالت فیزیکی مواد اولیه):

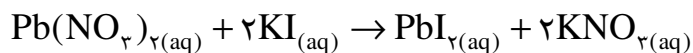
هر چه سطح تماس مواد اولیه بیشتر باشد واکنش سریع‌تر صورت می‌گیرد. (زیرا تعداد برخوردها بیشتر است)

نکته: هر چه اندازه ذرات ریزتر شود سطح تماس بیشتر می شود.

نکته: سطح تماس یک ماده در حالت گاز یا محلول از حالت جامد آن بیشتر است.



پودر سفید رنگ + پودر زرد رنگ پودر سفیدرنگ + پودر سفید رنگ



محلول بی رنگ + رسوب زرد رنگ محلول بی رنگ + محلول بی رنگ

* در حالت جامد، سطح تماس دو ماده فقط فصل مشترک آنها است.

۶- طبیعت (ماهیت) واکنش دهنده‌ها (واکنش پذیری یا فعالیت شیمیایی):

مهمترین عامل در تعیین سرعت واکنشها است، اما متغیر نیست.

تست: واکنش پتاسیم با آب بسیار سریعتر از واکنش آهن با آب است. زیرا...

(۱) سطح تماس پتاسیم با آب بیشتر از آهن است.

(۲) چگالی آهن بیشتر از پتاسیم است.

(۳) واکنش پذیری پتاسیم بیشتر از آهن است.

(۴) نیروی بین ذرات در پتاسیم ضعیفتر از آهن است.

تست: در واکنش منیزیم با محلول هیدروکلریک اسید کدام عامل در سرعت واکنش اثر ندارد؟

(۱) غلظت اسید (۲) سطح تماس (۳) دما (۴) فشار

تست: الیاف آهن داغ شده در هوا نمی سوزد اما در اکسیژن خالص به شدت میسوزد زیرا....

(۱) غلظت اکسیژن در هوا کمتر است.

(۲) فعالیت اکسیژن خالص بیش از اکسیژن موجود در هوا است.

(۳) اکسیژن نقش کاتالیزور را برای سوختن آهن دارد.

(۴) فشار هوا کمتر از اکسیژن خالص است.

بخش دوم

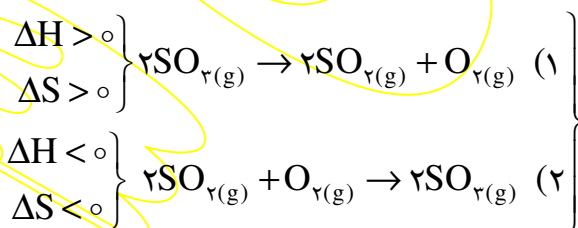
تعادلهای شیمیایی

همانطور که در ترموشیمی دیدیم فرآیندها را می توان در چهار گروه زیر بررسی کرد:

- (۱) واکنش خودبخودی است. (واکنش یکطرفه است). $\begin{cases} \Delta H < 0 \text{ (مساعد)} \\ \Delta S > 0 \text{ (مساعد)} \end{cases}$
- (۲) در دماهای پایین خودبخودی است. (واکنش برگشت پذیر است). $\begin{cases} \Delta H < 0 \text{ (مساعد)} \\ \Delta S < 0 \text{ (نامساعد)} \end{cases}$
- (۳) در دماهای بالا خودبخودی است. (واکنش برگشت پذیر است). $\begin{cases} \Delta H > 0 \text{ (نامساعد)} \\ \Delta S > 0 \text{ (مساعد)} \end{cases}$
- (۴) واکنش غیر خودبخودی است. $\begin{cases} \Delta H > 0 \text{ (نامساعد)} \\ \Delta S < 0 \text{ (نامساعد)} \end{cases}$

نکته: اگر در واکنشی $\Delta S, \Delta H$ هم علامت باشند واکنش برگشت پذیر است.

مثال:



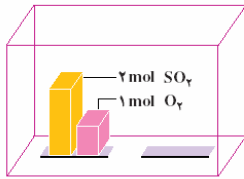
اگر مقداری گوگرد تری اکسید را در یک ظرف در بسته قرار دهیم در آغاز فقط واکنش (۱) انجام می شود. یعنی R_1 در آغاز واکنش زیاد و R_2 صفر است. با گذشت زمان R_1 کاهش یافته و R_2 زیاد می شود تا در نهایت $R_1 = R_2$ می شود. در این حالت تعادل برقرار می شود و می نویسیم:



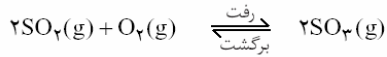
نکته: در چنین تعادلی با توجه به اینکه سرعت رفت و برگشت برابر است خواص میکروسکوپی (قابل مشاهده) مثل دما، غلظت، فشار، رنگ و ... ثابت است و خواص میکروسکوپی (غیرقابل مشاهده) که همان تبدیل مواد به یکدیگر است در حال تغییر است. چنین تعادلی را تعادل دینامیک یا پویا می نامند. در این تعادلهای مواد اولیه و محصول در مخلوط تعادل حضور دارند و مقدار ماده اولیه در آنها به صفر نمی رسد. (واکنشی که در آن ماده اولیه به صفر می رسد را واکنش کامل می نامند).

نمودار سرعت - زمان

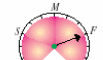
نمودارهای غلظت - زمان :



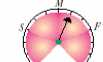
در زمان شروع، تنها واکنش میان مولکول های SO₂ و O₂ روی می دهد.



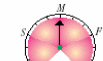
واکنش رفت



در آغاز واکنش

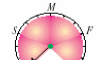


پس از مدتی

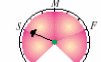


در هنگام تعادل

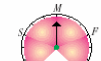
واکنش برگشت



در آغاز واکنش



پس از مدتی



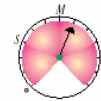
در هنگام تعادل

(آ)

(ب)

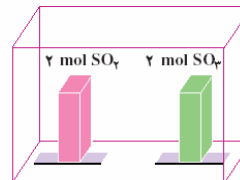
(پ)

عقره های سرعت سنج :



مثال: ۲ مول گاز SO₂ و ۲ مول گاز SO₃ را در ظرف

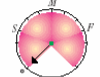
سربسته ای وارد می کنیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود در شکل زیر کدام گزینه وضعیت عقره های سرعت سنج را به



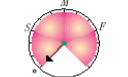
در آغاز واکنش

در هنگام تعادل

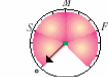
واکنش رفت



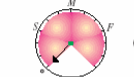
واکنش برگشت



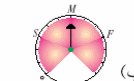
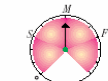
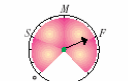
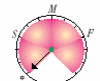
واکنش رفت



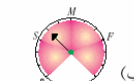
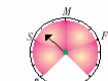
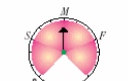
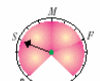
واکنش برگشت



(آ)



(ب)



(پ)

سرعت واکنش رفت

سرعت واکنش برگشت

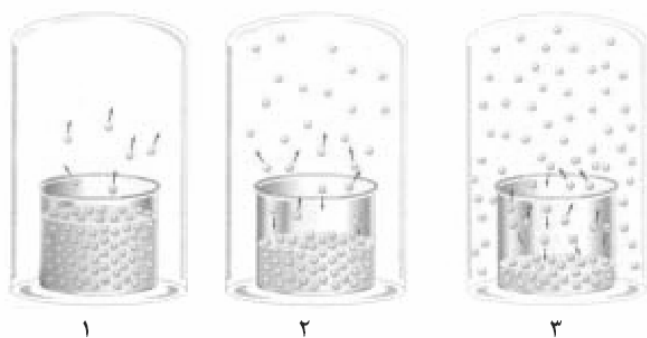
سرعت واکنش رفت

سرعت واکنش برگشت

فیزیکی : ماده تغییر ماهیت نمی دهد. $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(s)$ (تعادل آب و یخ صفر درجه)

شیمیایی: ماده تغییر ماهیت می دهد $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

تعادل ها



تبادل آب و بخار آب :

سطح آب کم می شود سپس ثابت می ماند :



سرعت تبخیر = سرعت میعان

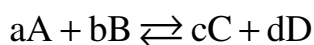
همگن: مواد اولیه و محصول در یک فازند: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

ناهمگن: مواد اولیه و محصول در یک فاز نیستند: $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

(یک تبادل ناهمگن فازی)

تبادل ها

رابطه قانون تبادل:



$$\text{شرط تبادل: } R_1 = R_2 \Rightarrow k_1 [A]^a [B]^b = k_2 [C]^c [D]^d$$

$$\Rightarrow \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = K \quad \text{ثابت تبادل (وابسته است)}$$

نکات ثابت تبادل :

۱) اگر ثابت یک تبادل عدد بزرگی باشد نشان میدهد که غلظت محصولات از مواد اولیه بیشتر است؛ بنابراین تبادل با پیشرفت مناسبی همراه بوده است در چنین مواقعی اصطلاحاً می گویند تبادل در سمت راست یا فرآورده ها قرار دارد و یا می گویند شرایط ترمودینامیکی مناسب بوده است.

۲) اگر ثابت تبادل عدد کوچکی باشد نشان دهنده آن است که تبادل با پیشرفت مناسبی همراه نیست و تبادل در سمت چپ یا واکنش دهنده ها قرار دارد و میتوان گفت شرایط ترمودینامیکی مناسب نیست.

۳) اگر ثابت تعادل عدد بسیار بزرگی می باشد میتوان گفت واکنش تا مرز کامل شدن پیش رفته است. (مواد اولیه تقریباً به صفر رسیده اند).

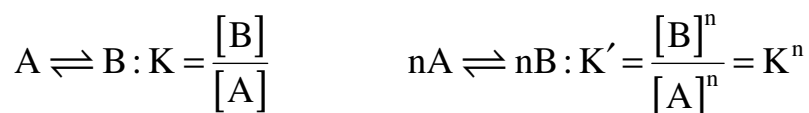
۴) اگر ثابت تعادل عدد بسیار کوچکی باشد میتوان گفت واکنش تقریباً انجام پذیر نیست.

۵) بزرگ بودن ثابت تعادل دلیل بر سریع بودن واکنش نیست (مساعد بودن شرایط ترمودینامیکی دلیل بر مساعد بودن شرایط سینتیکی نیست)

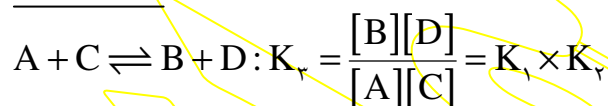
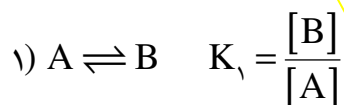
۶) اگر جهت واکنش تعادلی را معکوس بنویسیم ثابت تعادل نیز معکوس می شود.



۷) اگر دو طرف یک واکنش تعادلی را در عددی ضرب کنیم ثابت تعادل به توان آن عدد می رسد.



۸) اگر جمع دو یا چند واکنش تعادلی، تعادل دیگری را نتیجه دهد ثابت تعادل حاصل برابر است با حاصل ضرب ثابت های آن چند تعادل.

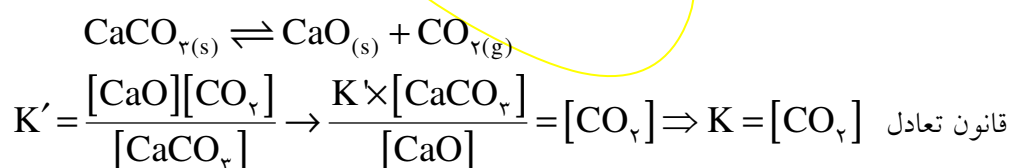


۹) ثابت یک تعادل فقط به دما بستگی دارد.

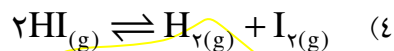
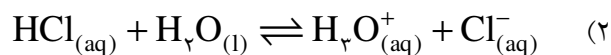
۱۰) یکای ثابت به مرتبه مواد بستگی دارد.

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \Rightarrow M^{(c+d)-(a+b)}$$

۱۱) در رابطه قانون تعادل غلظت مواد جامد و مایع نوشته نمی شود زیرا غلظت این مواد عددی ثابت است و در اصل در K محاسبه شده است.

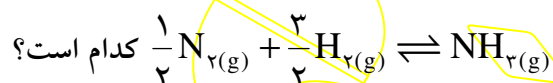


تست: در کدام گزینه ثابت تعادل یکا ندارد؟



مثال: در واکنش تعادلی $2\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$ اگر در حالت تعادل تعداد مول هر یک گازهای $\text{NH}_3, \text{N}_2, \text{H}_2$ به ترتیب $0.2, 0.3, 0.2$ و همچنین حجم ظرف 2 لیتر باشد ثابت تعادل را بدست آورید:

تست: اگر ثابت تعادل $2\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$ برابر با $2/5 \times 10^{-3}$ باشد، ثابت تعادل



$$4 \times 10^{-2} \quad (4)$$

$$400 \quad (3)$$

$$20 \quad (2)$$

$$5 \times 10^{-2} \quad (1)$$

تست: در یک تعادل در دمای 25°C ثابت تعادل $1/8 \times 10^{+7}$ محاسبه شده است کدام نتیجه گیری در مورد این

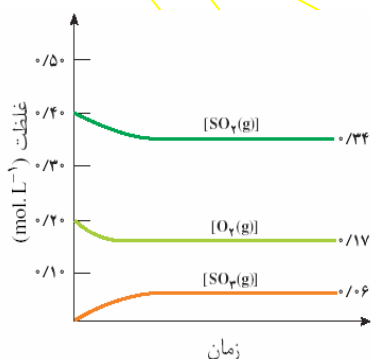
تعادل نادرست است؟

(1) در دمای 25°C شرایط ترمودینامیکی برای این تعادل مساعد است.

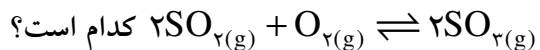
(2) تعادل در سمت راست قرار دارد.

(3) در این دما تعادل به سرعت برقرار می شود.

(4) در این شرایط سرعت رفت و برگشت با هم برابر است.



تست: با توجه به نمودار داده شده مقدار ثابت تعادل



$$18/3 \quad (3)$$

$$0/18 \quad (2)$$

$$33/3 \quad (1)$$

$$0/33 \quad (4)$$

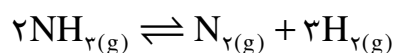
حل مسائل تعادل :

برای حل مسائل تعادل ابتدا شرایط اولیه و شرایط پس از رسیدن به تعادل را به صورت پارامتری بنویسید، سپس با استفاده از معلومات مقادیر مجهول را بدست آورید.

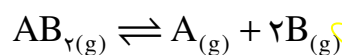
مثال: ۰/۱ مول گاز PCl_5 را در یک ظرف دربسته یک لیتری قرار می‌دهیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن به تعادل ۰/۰۸ مول از این ماده در ظرف باقیمانده باشد ثابت تعادل را بدست آورید:



مثال: ۰/۳ مول آمونیاک را در یک ظرف دربسته یک لیتری قرار می‌دهیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود اگر پس از رسیدن به تعادل غلظت گاز هیدروژن 0.3 M (مولار) باشد ثابت تعادل را بدست آورید :



مثال: ۰/۱ مول AB_2 را در یک ظرف دربسته یک لیتری قرار می‌دهیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن به تعادل تعداد کل مول‌های موجود در ظرف ۰/۱۵ مول باشد ثابت تعادل را بدست آورید :



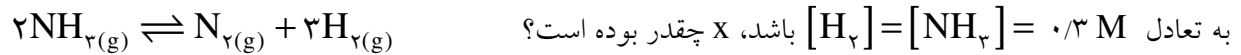
مثال: ۱۰/۲ گرم آمونیوم هیدروژن سولفید را در یک ظرف در بسته ۲ لیتری حرارت می‌دهیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن به تعادل ۴٪ ماده اولیه تجزیه شده باشد ثابت تعادل را بدست آورید :



مثال: ۳ مول CO و ۱ مول بخار آب را در یک ظرف دربسته قرار می دهیم. اگر پس از رسیدن به تعادل تعداد مول

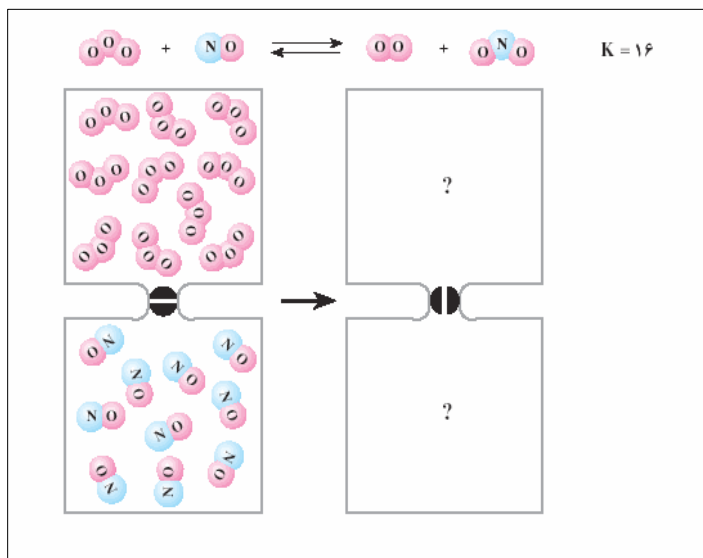


مثال: X مول آمونیاک را در یک ظرف سر بسته ۴ لیتری وارد می کنیم تا تعادل زیر در آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن



مثال: ۱ مول از هریک از گازهای هیدروژن و بخار ید را در یک ظرف دربسته یک لیتری قرار می دهیم تا تعادل زیر در

آن برقرار شود، اگر پس از رسیدن به تعادل، ثابت تعادل $K = 9$ باشد غلظت هر یک از مواد موجود در مخلوط تعادل

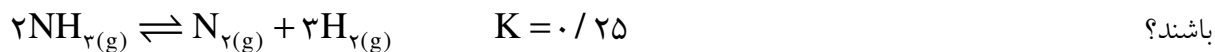


مثال: در شکل مقابل اگر هر ذره را معادل ۰/۱ مول

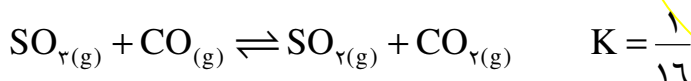
و حجم ظرف را یک لیتر در نظر بگیریم پس از باز

شدن پیچ غلظت هر یک از اجزاء را بدست آورید.

مثال: ۱ مول از هریک از گازهای موجود در تعادل زیر را در یک ظرف چند لیتری بریزیم تا به همین صورت در تعادل

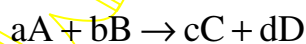


مثال: ۱ مول از هریک از گازهای موجود در تعادل زیر را در یک ظرف در بسته یک لیتری می‌ریزیم، آیا این مخلوط به همین صورت در تعادل است؟ در غیر این صورت غلظت هر یک از این مواد را پس از رسیدن به تعادل بدست آورید.



خارج قسمت واکنش (Q)

همان کسر قانون تعادل است بدون قید تعادلی بودن



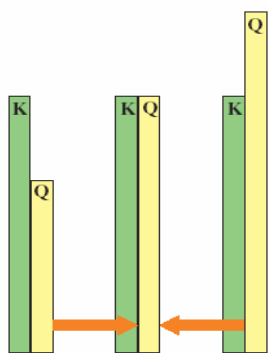
$$Q = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

Q = K ؛ واکنش در تعادل است.

Q > K ؛ برای رسیدن به تعادل به سمت چپ می‌رود.

Q < K ؛ برای رسیدن به تعادل به سمت راست می‌رود.

وضعیت واکنش



عوامل مؤثر در جابجایی تعادل

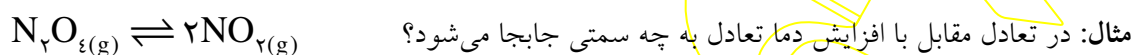
اگر در یک واکنش تعادلی تغییری ایجاد کنیم، به گونه‌ای که برابر بودن سرعت فرآیندهای رفت و برگشت به هم بخورد، تعادل به هم خورده، اصطلاحاً جابجا می‌شود، اگر $R_p > R_r$ شود تعادل به سمت چپ یا برگشت جابجا می‌شود و اگر $R_r > R_p$ شود تعادل به سمت راست یا رفت جابجا می‌شود.



با افزایش دما سرعت واکنش ها زیاد می شود، اما در یک تعادل گرماده با توجه به اینکه $Ea_۱ < Ea_۲$ تأثیر دما در $R_۲$ شدیدتر است. پس با افزایش دما، $R_۱ < R_۲$ شده، واکنش به سمت چپ (برگشت) جابجا می شود. در تعادل گرماگیر برعکس است. (با افزایش دما تعادل به سمت راست (رفت) می رود). بنابراین می توان گفت:

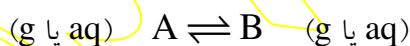
نکته: با افزایش دما واکنش به سمت مخالف q و با کاهش دما به سمت موافق q جابجا می شود.

نکته: می دانیم در واکنش های برگشت پذیر $\Delta S, \Delta H$ هم علامت هستند پس در واکنش های تعادلی نیز که برگشت پذیر هستند این گونه است. بنابراین نماد q در واکنش های تعادلی همیشه در سمتی است که بی نظمی کمتری دارد.



نکته: در تعادل های گرماده با افزایش دما ثابت تعادل کم می شود و در تعادل گرماگیر زیاد می شود. با کاهش دما برعکس است.

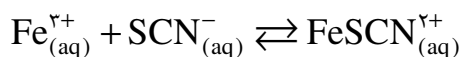
۲- غلظت



* با تغییر غلظت یک ماده در تعادل فقط سرعت سمتی از واکنش تغییر می کند که آن ماده در آن سمت قرار دارد. به عنوان مثال در واکنش فوق با تغییر غلظت A ، فقط $R_۱$ و با تغییر غلظت B ، فقط $R_۲$ تغییر می کند. بنابراین می توان گفت:

نکته: با افزایش غلظت یک ماده تعادل به سمت مخالف آن و با کاهش غلظت به سمت موافق آن جابجا می شود.

مثال: اگر مقداری FeCl_3 در مخلوط تعادلی مقابل بریزیم. تعادل به چه سمتی جابجا می‌شود؟



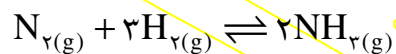
با اضافه کردن مقداری AgNO_3 تعادل به چه سمتی جابجا می‌شود. (AgSCN نمکی نامحلول است)

مثال: در تعادل $2\text{NO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2_{(\text{g})}$ با وارد کردن مقداری گاز O_2 پس از برقراری تعادل جدید غلظت هر یک از اجزای تعادل نسبت به تعادل قبل چه تغییری کرده است؟

۳- فشار:

فقط در گازها اثرگذار است و همان تأثیر غلظت را دارد. یعنی با دو برابر کردن فشار یک گاز غلظت آن نیز دو برابر می‌شود. (حجم نصف می‌شود).

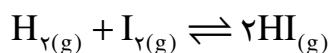
مثال: در واکنش تعادلی زیر با دو برابر شدن فشار کل ظرف واکنش به چه سمتی جابجا می‌شود؟



نکته: با افزایش فشار تعادل از سمت تعداد مول گازی بیشتر به سمت تعداد مول گازی کمتر جابجا می‌شود و با کاهش فشار برعکس.

سؤال: در تعادل فوق، ثابت تعادل چه تغییری می‌کند؟

نکته: اگر در یک واکنش تعادلی تعداد مول های گازی دو طرف برابر باشد، تغییر فشار سرعت هر دو طرف را به یک میزان تغییر داده و باعث جابجایی تعادل نمی‌شود.



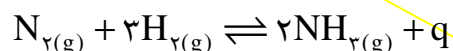
۴ - کاتالیزور:

با توجه به اینکه انرژی فعالسازی رفت و برگشت را به یک اندازه تغییر می‌دهد، تأثیر یکسانی روی R_p و R_r گذاشته، باعث جابجایی تعادل نمی‌شود، فقط سرعت رسیدن به تعادل افزایش پیدا می‌کند.

اصل لوشاتلیه:

اگر در یک واکنش تعادلی تغییری ایجاد شود، تعادل به گونه‌ای جابجا می‌شود، که اثر آن تغییر ایجاد شده را جبران یا تعدیل کند (مثلاً با افزایش دما به سمت مصرف q یا با کاهش غلظت یک ماده به سمت تولید آن جابجا می‌شود)

مثال صنعتی: فرآیند «هابر» در تهیه آمونیاک

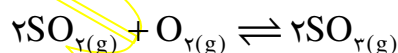


* در صنعت دو بحث برای ما اهمیت دارد: راندمان واکنش؛ سرعت واکنش

افزایش راندمان: (تولید آمونیاک بیشتر) ←

افزایش سرعت: ←

مثال: در تعادل داده شده اثر هر یک از عوامل زیر را در جابجایی تعادل بررسی کنید:



۱- افزایش دما:

۲- افزایش فشار:

۳- افزایش $[O_2]$:

۴- افزودن V_2O_5 به عنوان کاتالیزور:

۵- کاهش $[SO_2]$:

تست: در تعادل $aA_{(g)} \rightleftharpoons bB_{(g)}$ اگر افزایش دما و کاهش فشار باعث جابجایی تعادل به سمت راست شود،

کدام گزینه بیانی صحیح برای این واکنش است؟

(۲) گرماگیر بوده، $a < b$

(۱) گرماگیر بوده، $a > b$

(۴) گرماده بوده، $a < b$

(۳) گرماده بوده، $a > b$

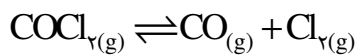
تست: در واکنش تعادلی $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ چه تعداد از عوامل داده شده باعث افزایش ثابت تعادل خواهد شد؟

- | | | | |
|-------------------|----------------|--------------|-----------------------------|
| (الف) افزایش فشار | (ب) افزایش دما | (ج) کاهش دما | (د) افزایش $[\text{PCl}_5]$ |
| ۱ (۱) | ۲ (۲) | ۳ (۳) | ۴ (۴) |

تست: در واکنش تعادلی $\text{BaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{BaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ چه تعداد از موارد داده شده باعث افزایش غلظت CO_2 می شود؟

- | | | | |
|------------------|---------------|-----------------|----------------------------|
| (الف) افزایش دما | (ب) کاهش فشار | (ج) افزایش فشار | (د) افزایش BaCO_3 |
| ۱ (۱) | ۲ (۲) | ۳ (۳) | ۴ (۴) |

تست: کدام گزینه باعث رخ دادن وضعیت مقابل در عقربه های سرعت سنج در تعادل مقابل می شود؟



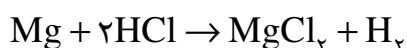
- | | | | |
|-----------------|---------------|------------------------------|----------------|
| (۱) افزایش فشار | (۲) کاهش فشار | (۳) افزایش $[\text{COCl}_2]$ | (۴) افزایش دما |
|-----------------|---------------|------------------------------|----------------|

تاریخچهٔ تعریف اسید و باز :

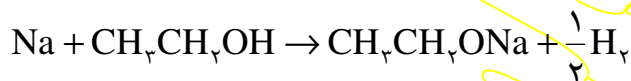
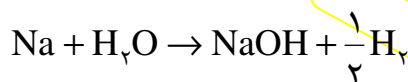
اسیدها و بازها دو مفهوم متضاد در علم شیمی هستند که هر یک از آنها خواص ویژه‌ای دارند. به عنوان مثال، اسیدها همگی ترش‌اند، خورنده هستند، با فلزها گاز هیدروژن تولید می‌کنند، بازها را خنثی می‌کنند و ... همچنین بازها تلخ‌اند، اسیدها را خنثی می‌کنند، محلول آن‌ها لیز است (زیرا با چربی دست صابون تشکیل می‌دهند) و...

برای نخستین بار دانشمندی به نام **لاووازیه** با بررسی ساختار برخی از اسیدها، اکسیژن را بعنوان عنصر مشترک همه اسیدها معرفی نمود. اما پس از آن، دانشمندی بنام **دیوی** با بررسی ساختمان HCl اسیدی را کشف کرد که اکسیژن نداشت، او هیدروژن را که در اسیدهای مورد نظر لاووازیه نیز وجود داشت، به عنوان عنصر مشترک اسیدها معرفی کرد. اما هر ترکیب هیدروژن داری اسید نیست مثلاً متان (CH_4) هیدروژن دارد اما اسید نیست. دیوی برای حل این مشکل هیدروژن اسیدی را بدین صورت تعریف نمود:

«**هیدروژن اسیدی هیدروژنی است که قابل جانشین شدن توسط فلز باشد**»



مشکلی که این تعریف دیوی داشت این بود که برخی از مواد طبق تعریف او هیدروژن اسیدی داشتند اما اسید به حساب نمی‌آمدند. مثل آب و الکل

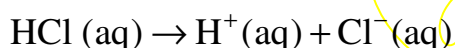


* در ترکیبات اکسیژن دار، H متصل به O اسیدی است.

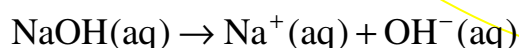
دانشمندی به نام آرنیوس برای نخستین بار با بررسی یونیزه شدن مواد در آب تعریفی برای اسید و باز ارائه کرد که ما امروزه از این تعریف استفاده می‌کنیم.

تعریف آرنیوس:

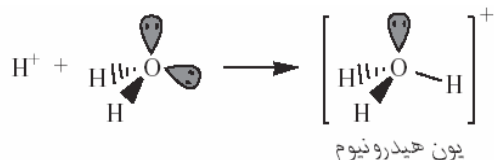
اسید: ماده‌ای است که پس از انحلال در آب یون $H^+(aq)$ (پروتون) تولید می‌کند.



باز: ماده‌ای است که پس از انحلال در آب یون $OH^-(aq)$ (هیدروکسید) تولید می‌کند.

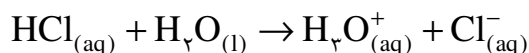


نکته: یون $H^+(aq)$ وجود خارجی ندارد زیرا با مولکول آب پیوند داتیو برقرار کرده و به H_3O^+ (هیدرونیم) تبدیل می شود (پس $H^+(aq)$ در اصل $H_3O^+(aq)$ است)

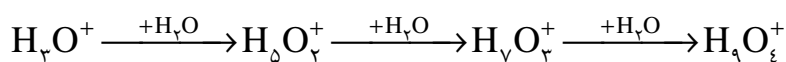


بیان دیگر اسید آرنیوس:

اسید ماده‌ای است که پس از انحلال در آب $H_3O^+(aq)$ (هیدرونیم) تولید می‌کند.



نکته: یون هیدرونیم حداکثر توسط سه مولکول آب، آبپوشیده می‌شود (بوسیله پیوند هیدروژنی) بنابراین می‌توان یون هیدرونیم را بصورت‌های $H_4O_4^+$, $H_5O_5^+$, $H_6O_6^+$ نیز نمایش داد.



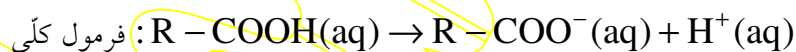
اسیدهای آرنیوس:

۱- کلیه ترکیباتی که در سمت چپ فرمول خود H داشته باشند بجز H_2O .

مثال: HCl, HNO_3, H_2SO_4 و



۲- کلیه ترکیباتی که $-COOH$ در فرمول خود داشته باشند (اسیدهای کربوکسیلیک)

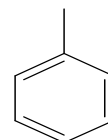


ساده ترین اسید کربوکسیلیک: متانویک اسید (فرمیک اسید، اسید مورچه): $HCOOH$

معروفترین اسید کربوکسیلیک: اتانویک اسید (استیک اسید، سرکه): CH_3COOH

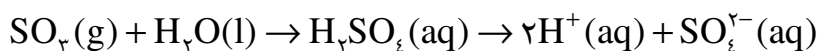
اتان دی‌اویک اسید (اکسالیک اسید یا اگزالیک اسید): $HOOC-COOH$

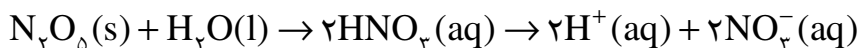
بنزوئیک اسید: $COOH$



۳- اکسیدهای نافلزی (اکسید اسیدی): بجز CO, NO, SO

مثال: $CO_2(g)$ و $SO_3(g)$





نکته: $N_2O_5(s)$ برخلاف آنچه به نظر می‌رسد، جامدی بلوری شکل با خواص یونی است و از یون های NO_2^+ , NO_3^- بوجود آمده است.

بازهای آرنیوس:

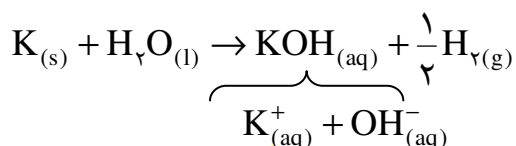
۱- کلیه ترکیبات فلز و هیدروکسید: $NaOH, KOH, Ca(OH)_2, NH_4OH, \dots$



۲- اکسیدهای فلزی (اکسید بازی): K_2O, CaO, \dots



۳- فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی:



۴- آمونیاک و آمین‌ها:



* محلول آمونیاک یعنی آمونیوم هیدروکسید.

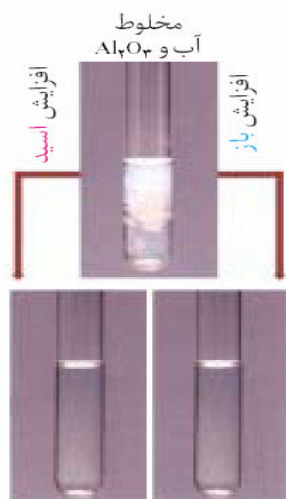


تست: از انحلال کدام ماده در آب یون هیدروکسید حاصل نمی‌شود؟



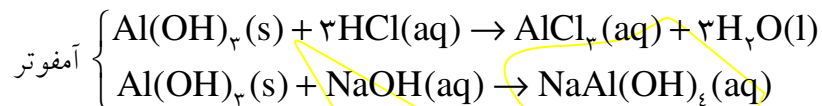
نکته: می‌دانیم اسیدها و بازها یکدیگر را خنثی می‌کنند به این واکنش خنثی شدن گفته می‌شود. به عنوان مثال:

نکته: می‌توان گفت هر ماده‌ای که اسیدی را از بین ببرد باز است و هر ماده‌ای که بازی را از بین ببرد اسید است. موادی که نه اسید را خنثی می‌کنند و نه باز را، خنثی نامیده، موادی که هم اسید را خنثی می‌کنند و هم باز را، آمفوتر می‌نامند.



آمفوترهای آرنیوس:

عناصر سارق (سرب، آلومینیوم، روی، قلع) و ترکیبات آن‌ها.



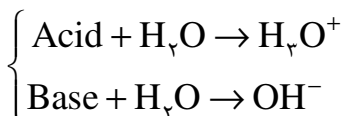
اسیدی: اکسیدهای نافلزی

بازی: اکسید فلزی

اکسیدها

آمفوتری: اکسید عناصر «سارق»

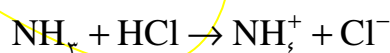
نکته: با توجه به تعریف آرنیوس اسید در آب هیدرونیوم و باز در آب هیدروکسید تولید می‌کند.



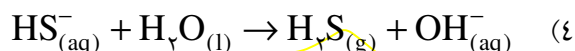
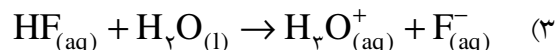
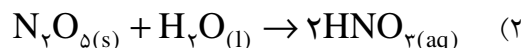
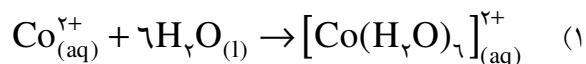
همانطور که دیده می‌شود اسید ماده‌ای است که به آب پروتون می‌دهد (H_3O^+ تولید می‌شود) و باز ماده‌ای است که از آب پروتون می‌گیرد (OH^- تولید می‌شود). بنابراین می‌توان گفت هر ماده‌ای که پروتونه‌تر از آب باشد، اسید است و هر ماده‌ای که پروتون‌گیرتر از آب باشد باز است. دو دانشمند با نام های لوری و برونستد با بررسی این مطلب، محوریت آب را از تعریف آرنیوس برداشتند و تعریف جدیدی برای اسید و باز ارائه کردند. بر اساس تعریف آن‌ها در هر واکنشی که پروتون رد و بدل می‌شود، ماده پروتونه، اسید و ماده پروتون‌گیر، باز در نظر گرفته می‌شود. یکی از خصوصیات این تعریف، اطلاق مفهوم اسید و باز در فازهایی به جز فاز محلول است.



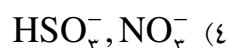
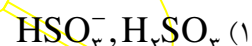
نکته: در یک واکنش اسید و باز لوری — برونستد هر ماده‌ای که در سمت چپ اسید باشد در سمت راست باز است و بالعکس. اسید و باز محصول را اسید مزدوج و باز مزدوج می‌نامند.



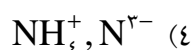
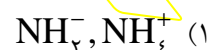
تست: در کدام واکنش آب نقش اسید لوری - برونستد را دارد؟



تست: در فرآیند $\text{HSO}_3^-_{(\text{aq})} + \text{HNO}_3_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ کدام دو ماده نقش اسید لوری و برونستد را دارند؟

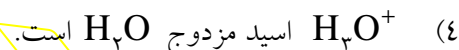
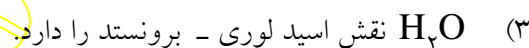
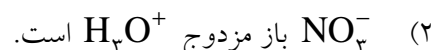
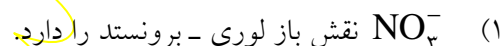


تست: و به ترتیب اسید مزدوج و باز مزدوج آمونیاک می‌باشند؟



نکته: در اسید یا باز مزدوج فقط یک پروتون کم یا زیاد می‌شود.

تست: کدام عبارت درباره واکنش $\text{HNO}_3_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ درست است؟



نکته: موادی که می‌توانند هم می‌توانند پروتون بدهند و هم پروتون بگیرند آمفوتر لوری - برونستد به حساب می‌آیند.

مثل: $\text{NH}_3, \text{H}_2\text{O}$ و هر آنیونی که H اسیدی داشته باشد ($\text{HPO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^-, \text{HSO}_3^-, \text{HS}^-$, ...)

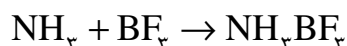
نکته: $\text{H}_2\text{PO}_4^-, \text{HPO}_4^{2-}$ آمفوتر نیستند چون H آن‌ها اسیدی نیست.

(در آنیون‌های اسیدهای فسفر اگر جمع تعداد اتم‌ها برابر با پنج بود، آمفوتر نیست و اگر بیش از پنج بود آمفوتر است.)

نکته: طبق تعریف لوری - برونستد باز ماده‌ای است که پروتون می‌گیرد و با توجه به اینکه H^+ فقط یک اوربیتال خالی

دارد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که باز لوری - برونستد ماده‌ای است که جفت الکترون تنها دارد و با H^+ پیوند داتیو برقرار می‌کند.

دانشمندی به نام لوویس با بررسی این مطلب، تعریف جدیدی برای اسید و باز ارائه کرد. بر اساس تعریف او در هر ماده‌ای که پیوند داتیو برقرار می‌شود، ماده دارنده جفت الکترون تنها، نقش باز و ماده دارنده اوربیتال خالی، نقش اسید دارد (طبق این تعریف H^+ خود به تنهایی اسید است).

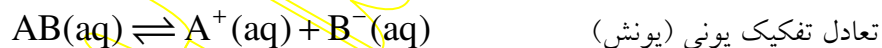


نکته: از بین تعاریف ارائه شده فقط تعریف آرنیوس ارزش عملی دارد زیرا فقط تعریف او خواص مشترک اسیدها و خواص مشترک بازها را پوشش می‌دهد. بنابراین از این به بعد منظور ما از اسید یا باز، همان تعریف آرنیوس است. مگر آن که خلاف آن گفته شده باشد.

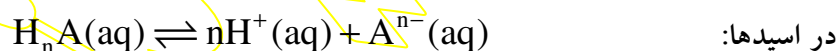
قدرت اسیدی و قدرت بازی

طبق تعریف آرنیوس اسید ماده‌ای است که در آب هیدرونیوم تولید می‌کند. بنابراین هر ماده‌ای که راحت تر و بیشتر هیدرونیوم تولید کند اسید قوی‌تری است. این نکته را می‌توان در مورد بازها و OH^- نیز بیان کرد.

نکته: یونیزه شدن همواره فرآیندی تعادلی است به این تعادل، تعادل تفکیک یونی و به ثابت آن، ثابت تفکیک یونی گفته می‌شود.



$$K, K = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]} \quad \text{ثابت تفکیک یونی (یونش)}$$



$$K_a = \frac{[H^+]^n [A^{n-}]}{[H_nA]} \quad \text{(ثابت تفکیک یونی اسید)}$$

* هر چه K_a عدد بزرگتری باشد به معنی آن است که یون H^+ راحت تر تولید شده و اسید مورد نظر قوی‌تر است.



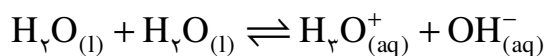
$$K_b = \frac{[B^{n+}][OH^-]^n}{[B(OH)_n]}$$

* هر چه K_b عدد بزرگتری باشد، OH^- بیشتری تولید شده. توان گفت باز، قوی‌تر است.

در آب: $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$ (واکنش خود یونش آب)

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14} M^2 \quad (\text{در دمای } 25^\circ C)$$

(آب به مقدار بسیار کم یونیزه می‌شود که رسانایی الکتریکی بسیار جزئی آب خالص را باعث می‌شود.)



$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14} M^2$$

تابع p:

$$pX = -\log X \quad (\text{برای اعداد کوچکتر از ۱ کاربرد دارد.})$$

X	pX
10^{-5}	۵
10^{-2}	۲
10^{-1}	۱
۱	۰

هرچه X بزرگتر شود pX کوچکتر می‌شود.

$$pK_a = -\log K_a$$

$$pK_b = -\log K_b$$

$$pK_w = 14 \quad (t = 25^\circ C)$$

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

$$pOH = -\log [OH^-]$$

* دانشمندی به نام سورن سن برای اولین بار pH را برای تعیین میزان اسیدی بودن محلول معرفی نمود.

نکته: قدرت اسید یا باز را فقط از روی موارد زیر می‌توان تعیین کرد:

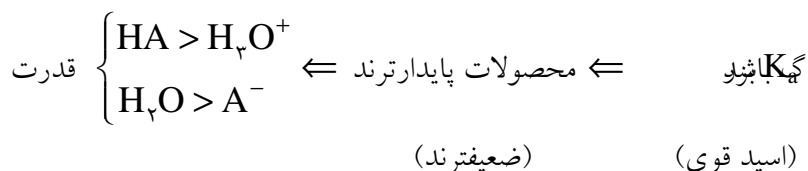
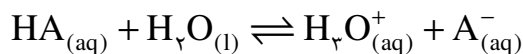
هرچه اسید قوی‌تر باشد $\leftarrow K_a$ بزرگتر بوده $\leftarrow pK_a$ کوچکتر است.

هرچه باز قوی‌تر باشد $\leftarrow K_b$ بزرگتر بوده $\leftarrow pK_b$ کوچکتر است.

هر چه α بیشتر باشد اسید یا باز قوی‌تر است.

نکته: هر چه یک اسید یا باز پایدارتر باشد، تمایل کمتری برای یونیزه شدن داشته، ضعیفتر خواهد بود و برعکس.

نکته: هرچه در یک تعادل اسید و باز لوری - برونستد، ثابت تعادل عدد بزرگتری باشد نشان دهنده آن است که پیشرفت تعادل مناسب است، مواد محصول پایدارتر و در نتیجه ضعیفترند و برعکس.



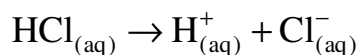
از این مطلب نکات زیر نتیجه می‌شود:

(۱) هرچه اسید قوی‌تر باشد باز مزدوج آن ضعیف‌تر است و برعکس.

(۲) با توجه با اینکه اسید مزدوج یک اسید آرنیوس یون هیدرونیوم است. اگر اسیدی قویتر از هیدرونیوم باشد اسید قوی و اگر ضعیف‌تر از هیدرونیوم باشد اسید ضعیف به حساب می‌آید.

(۳) در مورد بازها نیز، بازهای قوی‌تر از OH^- ، باز قوی و بازهای ضعیف‌تر از OH^- ، باز ضعیف به حساب می‌آیند.

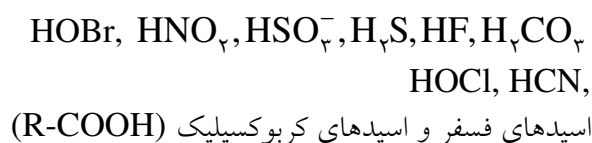
(۴) اسیدهای قوی‌تر از یون هیدرونیوم تقریباً در آب بطور کامل یونیزه می‌شوند. بنابراین صرف نظر از مقدار K_a مقایسه قدرت آن‌ها امکان پذیر نیست.



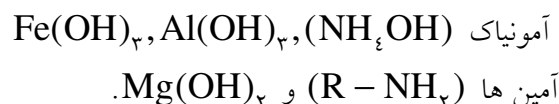
(۵) یون هیدرونیوم قوی‌ترین اسید موجود در محلول‌های آبی است زیرا اسیدهای قویتر از آن بطور کامل یونیزه شده در محلول آبی وجود ندارند. OH^- نیز قوی‌ترین باز موجود در محلول‌های آبی است و بازهای قوی‌تر از آن کاملاً یونیزه شده در محلول آبی وجود ندارند).

جدول صفحه ۵۸ حفظ شود:

اسیدهای ضعیف معروف:



بازهای ضعیف معروف:



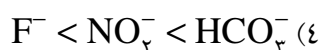
(در فلزهای قلیایی خاکی:

$\text{Be} \leftarrow$ باز بوجود نمی‌آورد.

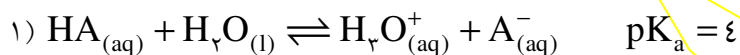
Mg باز ضعیف تشکیل داده، Ca به بعد باز قوی)

باز مزدوج		اسید	
فرمول شیمیایی	نام	فرمول شیمیایی	نام
ClO_4^-	یون پرکلرات	HClO_4	پرکلریک اسید
HSO_4^-	یون هیدروژن سولفات	H_2SO_4	سولفوریک اسید
I^-	یون یدید	HI	هیدرویدیک اسید
Br^-	یون برمید	HBr	هیدروبرمیک اسید
Cl^-	یون کلرید	HCl	هیدروکلریک اسید
NO_3^-	یون نیترات	HNO_3	نیتریک اسید
H_2O	آب	H_3O^+	یون هیدرونیوم
SO_4^{2-}	یون سولفات	HSO_4^-	یون هیدروژن سولفات
H_2PO_4^-	یون دی‌هیدروژن فسفات	H_3PO_4	فسفریک اسید
F^-	یون فلورید	HF	هیدروفلوئوریک اسید
NO_2^-	یون نیترات	HNO_2	نیتریک اسید
HCO_3^-	یون هیدروژن کربنات	H_2CO_3	کربنیک اسید
NH_3	آمونیاک	NH_4^+	یون آمونیوم
OH^-	یون هیدروکسید	H_2O	آب
NH_4^+	یون آمید	NH_3	آمونیاک

تست: کدام مقایسه در مورد قدرت بازی صحیح است؟



تست: با توجه به اطلاعات داده شده کدام نتیجه گیری نادرست است؟



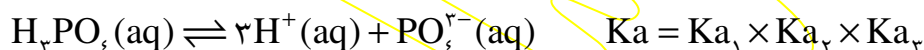
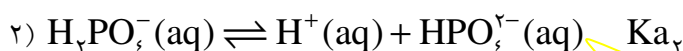
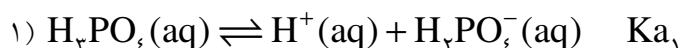
(۱) قدرت اسیدی HA از HB بیشتر است.

(۲) قدرت بازی A⁻ از B⁻ کمتر است.

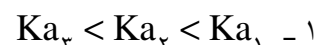
(۳) قدرت اسیدی HB از H_۳O⁺ کمتر است.

(۴) قدرت بازی A⁻ از H_۳O کمتر است.

اسیدهای چند پروتون دار: (چند ظرفیتی): اسیدهایی هستند که چند هیدروژن اسیدی دارند.



نکات:



(علت: کندن پروتون از یک آنیون دشوارتر می شود)

۲- از نظر قدرت اسیدی:



(در اسیدهای هم بنیان هر چند تعداد H بیشتر باشد، اسید قوی تر است).

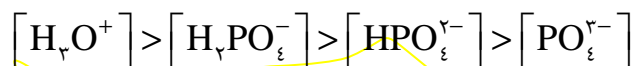
۳- از نظر قدرت بازی:



(در بازهای هم بنیان هر چه بار منفی بیشتر باشد، باز قوی تر است).

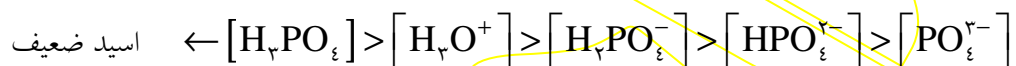
۴ - $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} آفوترند اما PO_4^{3-} ، فقط باز و H_3PO_4 ، فقط اسید است.

۵ - از نظر غلظت یون های حاصل :



اگر اسید ضعیف باشد : [یونها] > [اسید]

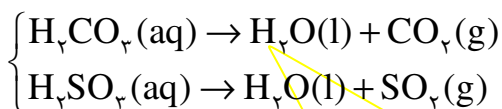
اگر اسید قوی باشد : [یونها] < [اسید]



تست: در محلول CO_2 در آب کدام گونه بیشترین غلظت را دارد؟



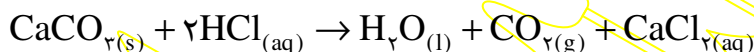
نکته: اسیدهای H_2CO_3 , H_2SO_3 ساختار ناپایدار دارند و تجزیه می شوند.



از این رو بهتر است این دو اسید را به صورت های $CO_2(aq)$, $SO_2(aq)$ نشان دهیم.

(این اسیدها عملاً وجود ندارند و بواسطه نمک های خود شهرت یافته اند).

در واکنشهای جانشینی که قرار است یکی از این دو اسید تولید شوند، شکل تجزیه شده آنها تولید می شود:



تست: در کدام گزینه قدرت بازی بیشتر است؟



مسائل اسید و باز:

تفکیک یونی و pH } مسائل اسید و باز
 ختنی شدن اسید و باز

الف) مسائل تفکیک یونی و pH: مثل مسائل تعادل حل می شود.

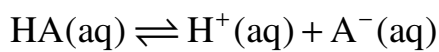
یادآوری:

$$\alpha = \frac{\text{تعداد مول های یونیزه شده}}{\text{تعداد مول های حل شده}} \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

درجه تفکیک یونی

$$\alpha\% = \alpha \times 100 \quad 0 \leq \alpha\% \leq 100$$

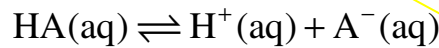
(درصد تفکیک یونی)



مثال: در محلول دسی مولار HF اگر $\alpha = 0.02$ باشد غلظت یون هیدرونیوم چقدر است؟



مثال: در محلول 0.2 مولار اسید HA اگر $\alpha = 0.75$ باشد K_a چقدر است؟



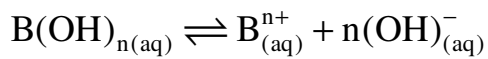
مثال: در محلول 0.5 M اسید دو ظرفیتی H_2A اگر $\alpha = 1\%$ باشد، pH محلول را محاسبه کنید.

مثال: در محلول دسی مولار آمونیاک اگر $\alpha = 1\%$ باشد pOH را حساب کنید؟

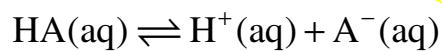


حالت کلی:

در اسیدها:



در بازها:



در اسید یک ظرفیتی:

مثال: اگر در محلول دسی مولار استیک اسید، $K_a = 4 \times 10^{-5}$ باشد، pH محلول چقدر است؟

مثال: اگر در محلول 0.1 M یک اسید یک ظرفیتی، $K_a = 10^{-4}$ باشد، pH محلول چقدر است؟

مثال: اگر در محلول 0.2 مولار اسید HA، $\text{pH} = 2$ باشد، درجه تفکیک یونی چقدر است؟

مثال: در محلول اسید HA اگر $\text{pH} = 3$ و $\alpha = 0.1$ باشد K_a چقدر است؟

تست: با توجه به اطلاعات داده شده $\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$ کدام است؟



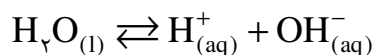
۰/۰۱ (۴)

۱۰۰ (۳)

۰/۱ (۲)

۱۰ (۱)

خود یونش آب:



$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14} M^2$$

$$\text{در آب خالص: } [H^+] = [OH^-] = 10^{-7} M \Rightarrow pH = pOH = 7$$

* می دانیم ثابت تعادل فقط به دما بستگی دارد:

بنابراین در هر محلولی در دمای $25^\circ C$ داریم:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} M^2$$

$$\log[H^+] + \log[OH^-] = -14 \Rightarrow -\log[H^+] - \log[OH^-] = 14$$

$$\Rightarrow \boxed{pH + pOH = 14}$$

این رابطه در هر محلولی در دمای $25^\circ C$ برقرار است.

اگر $pH < 7 < pOH \Leftrightarrow [H^+] > 10^{-7} > [OH^-] \Leftrightarrow$ محلول خصلت اسیدی دارد.

اگر $pH > 7 > pOH \Leftrightarrow [H^+] < 10^{-7} < [OH^-] \Leftrightarrow$ محلول خصلت بازی دارد.

دو نمودار مهم:

نکته: خود یونش آب یک تعادل گرماگیر است بنابراین ثابت تعادل آن با افزایش دما، افزایش و با کاهش دما، کاهش می یابد.



$$\Rightarrow \text{در آب خالص} \left\{ \begin{array}{l} t > 25^\circ C \Rightarrow K_w > 10^{-14} \Rightarrow pH = pOH < 7 \\ t < 25^\circ C \Rightarrow K_w < 10^{-14} \Rightarrow pH = pOH > 7 \end{array} \right.$$

تست: آزمایش نشان می دهد pH آب خالص در لحظه جوشیدن ۶/۱۲ است. کدام نتیجه گیری درست است؟

- ۱) آب در لحظه جوشیدن مقداری خاصیت اسیدی پیدا کرده است.
- ۲) آب در لحظه جوشیدن مقداری خاصیت بازی پیدا کرده است.
- ۳) در لحظه جوشیدن $pOH = 7/88$ است.
- ۴) در لحظه جوشیدن آب خالص، $[OH^-] = [H^+] = 10^{-6/12} M$ است.

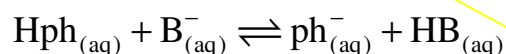
نکته:

معرف های رنگی (شناساگرها):

موادی هستند که در برابر تغییرات pH تغییر رنگ می دهند. از این رو از آنها برای تشخیص اسیدی، بازی یا خنثی بودن محلول استفاده می شود.

بازی	خنثی	اسیدی	
آبی	بنفش	قرمز	تورنسل (لیتموس)
زرد	نارنجی	قرمز	میتل نارنجی (متیل اورانژ)
ارغوانی (صورتی)	بیرنگ	بیرنگ	فنول فتالین (فقط در شناسایی بازها کاربرد دارد)

نکته: معرف های رنگی خود اسیدها یا بازهایی ضعیف هستند که بین حالت مولکولی و یونی آن ها اختلاف رنگ وجود دارد.



مثال: اگر در محلولی غلظت هیدرونیوم در دمای $25^\circ C$ ؛ $2/5 \times 10^{-11} M$ باشد، غلظت یون هیدروکسید را در این محلول بدست آورید.

مثال: pH محلول $0/4 \frac{g}{L}$ سدیم هیدروکسید را بدست آورید؟ ($NaOH = 40$)

مثال: در محلول $6/3 \frac{g}{L}$ نیتریک اسید pH , pOH را بدست آورید؟ ($HNO_3 = 63$)

تست: در محلول $0/365 \frac{g}{L}$ هیدروکلریک اسید نسبت $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$ کدام است؟ ($HCl = 36/5$)

(1) 10^{+10} (2) 6^{-2} (3) 10^{-6} (4) 10^{-10}

تست: اگر محلول یک اسید قوی را با استفاده از آب مقطر صد مرتبه رقیق تر کنیم pH آن واحد می شود.

(1) ۱- کم (2) ۲- کم (3) ۲- زیاد (4) ۱- زیاد

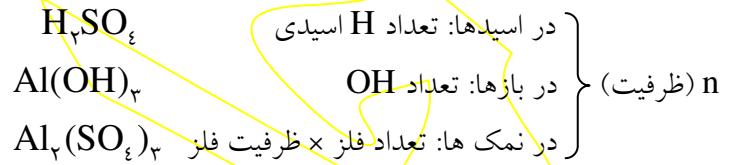
نکته:

(ب) مسائل ختنی شدن اسید و باز:

مسائل این قسمت مانند استوکیومتری در محلول ها حل می شود.

در دو محلولی که باهم واکنش میدهند داریم:

$$C_{M_1} \times n_1 \times V_1 = C_{M_2} \times n_2 \times V_2$$



یادآوری:

$$C_M = \frac{C}{M} \quad \text{غلظت معمولی} \quad \text{جرم مولی}$$

$$C_M = \frac{\text{mol}}{(V)\text{Lit}} \Rightarrow C_M \times V(\text{Lit}) = \text{mol}$$

$$\text{mol} = \frac{m \rightarrow \text{جرم}}{M \rightarrow \text{جرم مولی}}$$

مثال: ۱۵۰ میلی لیتر محلول دسی مولار کلسیم هیدروکسید توان ختنی کردن چند میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار فسفریک اسید دارد؟

مثال: ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۴ گرم بر لیتر سدیم هیدروکسید توان ختنی کردن چند گرم سولفوریک اسید را دارد؟
($H_2SO_4 = 98$, $NaOH = 40$)

مثال: هر سی سی محلول HCl با $pH = 1$ با چند میلی گرم کلسیم کربنات بطور کامل واکنش میدهد؟
($CaCO_3 = 100$)

مثال: برای خنثی کردن ۲۰۰ میلی لیتر محلول آمونیاک با $\text{pH} = 12$ و $\alpha = 0/1$ به چند میلی لیتر سولفوریک اسید ۰/۲ مولار احتیاج است؟

مثال: برای خنثی کردن کامل ۲۰ میلی لیتر محلول پتاس با $\text{pH} = 13$ به چند میلی لیتر محلول اسید HA با $\text{pH} = 3$ و $\alpha = 0/01$ احتیاج است؟

تست: برای خنثی کردن مقدار معینی سدیم هیدروکسید از دو اسید HA, HB با مولاریته برابر در دو مرحله جداگانه استفاده می کنیم. اگر در اسید HA, $\text{pH} = 1$ و در اسید HB, $\text{pH} = 3$ باشد، حجم محلول HA برای خنثی کردن سدیم هیدروکسید

- (۱) از حجم HB کمتر است. (۲) با حجم HB برابر است.
 (۳) از حجم HB بیشتر است. (۴) مقایسه حجم ها با این اطلاعات امکان پذیر نیست.

نکته:

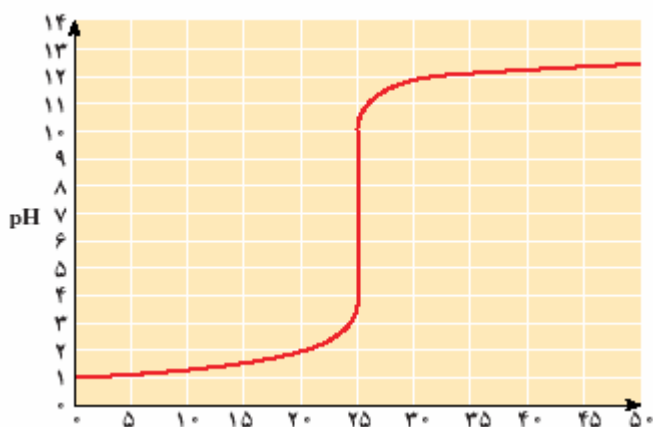
مثال: برای خنثی کردن کامل ۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید با مولاریته نامعلوم ۲۵ میلی لیتر محلول دسی مولار سدیم هیدروکسید مصرف شده است. مولاریته محلول اسید را بدست آورید.

نکته: همانطور که در مثال اخیر دیده شد، می توان به کمک یک محلول معلوم، مولاریته نامعلوم محلولی دیگر را بدست آورد. به این عمل سنجش حجمی اسید و باز گفته می شود.

در سنجش حجمی اسید و باز محلول مجهول را در یک بشر یا ارلن و محلول معلوم یا استاندارد را در یک بورت می‌ریزیم. در محلول مجهول مقداری معرف رنگی ریخته میشود که خنثی شدن محلول را نشان دهد. نقطه‌ای که معرف رنگی محلول را خنثی اعلام می‌کند و ما پیچ بورت را می‌بندیم، نقطه پایانی می‌گویند.

نکته: نقطه‌ای که اسید و باز بطور کامل یکدیگر را خنثی می‌کنند، نقطه هم ارزی نامیده می‌شود.

نکته: معرف‌های رنگی مختلف pH های متفاوتی را به عنوان محدوده خنثی اعلام می‌کنند. بعنوان مثال متیل نارنجی در محدوده (۴/۴ - ۳/۱) و فنول فتالین در (۹/۶ - ۸) شروع به تغییر رنگ و خنثی اعلام کردن محلول می‌کنند. به همین خاطر نقطه هم ارزی با نقطه پایانی تفاوت دارد. برای کاهش خطا در سنجش حجمی استفاده کردن از معرف‌ی مناسبتر است که pH تغییر رنگ آن در محدوده خنثی، به نقطه هم ارزی نزدیکتر باشد (قسمت قائم نمودار را دربرگیرد).



اسیدها و بازهای آلی:

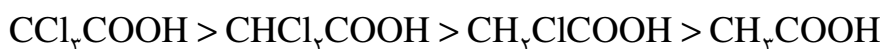
اسیدهای کربوکسیلیک: $R - COOH$

نکته: اسیدهای کربوکسیلیک و الکل‌ها تا ۴ کربن در آب خوب حل می‌شوند و اگر بیش از ۴ کربن داشته باشند انحلال پذیری آنها در آب کاهش می‌یابد. اسیدهای کربوکسیلیک سنگین را اسید چرب می‌نامند.

نکته: در اسیدهای کربوکسیلیک با افزایش تعداد کربن قدرت اسیدی کاهش می‌یابد.



نکته: می‌دانیم در اسیدهای اکسیژن دار H اسیدی به O متصل است و پیوند OH پیوندی قطبی است هرچه این پیوند قطبی تر شود خصلت یونی آن افزایش یافته، راحت تر یونیزه شده، اسید قوی تر خواهد بود. بنابراین با اضافه شدن گروه های الکترون دهنده (دارای قطب منفی) مثل آلکیل‌ها قطبیت OH کاهش یافته، قدرت اسیدی کم می‌شود، و با اضافه شدن گروه های الکترون کشنده مثل هالوژن‌ها قدرت اسیدی افزایش می‌یابد.



اتانویک اسید کلرو اتانویک اسید دی کلرو اتانویک اسید تری کلرو اتانویک اسید

نکته: هرچه تعداد هالوژن ها بیشتر باشد، قدرت اسیدی بیشتر خواهد بود.

تست: در کدام گزینه pKa کمتر است؟



نکته:

نکته: هر چه در یک آنیون توزیع بار روی ساختار به طریقی روی کل یون پخش شده باشد، آنیون پایدارتر است.

تست: در کدام یون داده شده توزیع بار در ساختار یکنواخت تر صورت گرفته است؟



آمین ها $(\text{R} - \text{NH}_2)$:



نکته: درآمین ها برخلاف اسیدهای کربوکسیلیک، با افزایش تعداد کربن قدرت بازی افزایش می یابد.

CH_3NH_2 متیل آمین : آمین نوع اول :
 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ دی متیل آمین : آمین نوع دوم :
 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ تری متیل آمین : آمین نوع سوم :

انواع آمین ها

تست: در کدام گزینه در مولاریته یکسان غلظت یون هیدروکسید بیشتر است؟

(۱) متیل آمین (۲) دی متیل آمین (۳) آمونیاک (۴) دی اتیل آمین

آمینو اسیدها:

ترکیباتی هستند که هم عامل آمینی دارند هم عامل کربوکسیل.

نکات :

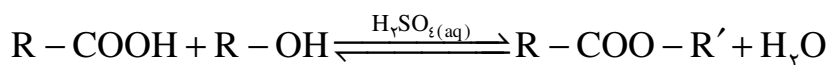
- ۱- آمینواسیدها آمفوترند.
- ۲- در آمینواسیدهای طبیعی (آلفا آمینواسیدها) عامل آمینی و عامل کربوکسیل به یک کربن متصل اند.
- ۳- این ترکیبات واحدهای سازنده پلیمرهایی طبیعی موسوم به پروتئین هستند.
- ۴- بر اثر واکنش یک پروتئین با آب در حضور آنزیم یک آمینواسید از آن جدا شده، پروتئین کوچکتری حاصل می شود.
- ۵- به علت توان برقرار پیوند هیدروژنی، آمینواسیدها معمولاً جامدهایی با نقطه ذوب بالا هستند و انحلال پذیری کمی در حلال های ناقطبی دارند.
- ۶- ساده ترین آمینواسید، گلی سین (آمینواتانوئیک اسید) نام دارد. $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

نام	فرمول شیمیایی	حالت فیزیک	انحلال پذیری در دمای اتاق		
			آب	اتانول	دی اتیل اتر
گلی سین	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$	جامد با نقطه ی ذوب بالا (232°C)	خیلی زیاد	نامحلول	نامحلول
پروپانویک اسید	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	مایعی روغنی شکل (نقطه ی جوش 141°C)	خیلی زیاد	زیاد	زیاد
بوتیل آمین	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	مایعی فرار (نقطه ی جوش 78°C)	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد

استری شدن:

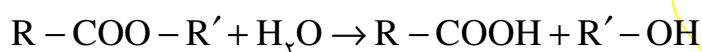
به واکنش یک اسید کربوکسیلیک با یک الکل گفته می شود که در این واکنش استر حاصل می شود.

نکته: این واکنش تعادلی و بسیار کند است از این رو از یک اسید معدنی به عنوان کاتالیزور در آن استفاده می شود.



نکته: استرهای سبک مواد عمدتاً خوشبویی هستند. بوی میوه ها و گلها، اغلب استر است.

نکته: با توجه به اینکه واکنش استری شدن تعادلی است برگشت پذیر نیز هست، بنابراین، با انحلال یک استر در آب، اسید و الکل سازنده آن تولید می شوند. به این واکنش هیدرولیز یا آبکافت استر گفته می شود.



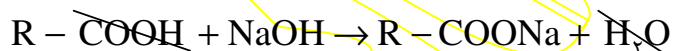
تست: اسید و الکل سازنده استری با فرمول CH_3COOCH_3 در کدام گزینه به درستی بیان شده است؟

- (۱) متانول و متانوئیک اسید
 (۲) متانول و اتانوئیک اسید
 (۳) اتانول و متانوئیک اسید
 (۴) اتانول و اتانوئیک اسید

تست: استری با فرمول $C_5H_{11}O_2$ را از واکنش اتانول با کدام اسید زیر می توان تهیه کرد؟

- (۱) CH_3COOH
 (۲) C_3H_7COOH
 (۳) C_2H_5COOH
 (۴) C_4H_9COOH

نکته: اگر واکنش هیدرولیز یا آبکافت استر در محیط قلیایی صورت گیرد، اسید حاصل با باز موجود در محلول واکنش داده، نمک اسید کربوکسیلیک حاصل می شود. با توجه به اینکه نمک های اسیدهای کربوکسیلیک سنگین (اسیدهای چرب) در کل صابون نامیده می شوند، به واکنش آبکافت استر در محیط قلیایی صابونی شدن گفته می شود (صابون ها به گفته کتاب شیمی پیش ۱۴ تا ۱۸ اتم کربن و به گفته کتاب شیمی ۳، ۱۶ تا ۲۲ اتم کربن دارند!)

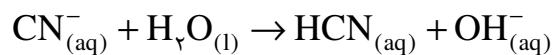


واکنش تهیه صابون:

هیدرولیز (آبکافت) نمک

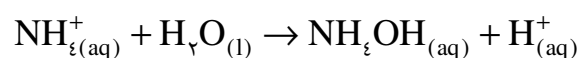
آبکافت آنیون:

اگر یک آنیون، بازی قوی باشد (مربوط به یک اسید ضعیف باشد) در اثر انحلال در آب به علت ناپایدار بودن، یک پروتون از آب را جذب می کند و به اسید سازنده خود تبدیل می شود که ماده ای پایدار است. به این واکنش، هیدرولیز (آبکافت) آنیون گفته می شود.



آبکافت کاتیون:

به همین ترتیب اگر یک کاتیون مربوط به یک باز ضعیف باشد ناپایدار بوده، در آب OH^- را جذب می کند تا پایدارتر شود، به این واکنش آبکافت کاتیون گفته می شود.



نکته: در یک آنیون با اضافه شدن پروتون، اسید ضعیف و در یک کاتیون با اضافه شدن OH^- ، باز ضعیف باید حاصل شود تا یون هیدرولیز شود.

نکته: هرچه اسید یا باز حاصل ضعیفتر باشد اصطلاحاً یون شدیدتر هیدرولیز می شود.

تست: کدام یون هالید هیدرولیز می شود؟



تست: کدام یون شدیدتر هیدرولیز می شود؟



تست: کدام یون شدیدتر هیدرولیز می شود؟



تست: کدام یون هیدرولیز نمی شود؟



در نمک ها:

	باز سازنده نمک	اسید سازنده نمک
فقط آنیون هیدرولیز می شود. (محیط قلیایی می شود)	باز قوی	اسید ضعیف
فقط کاتیون هیدرولیز می شود. (محیط اسیدی می شود)	باز ضعیف	اسید قوی
هیچکدام هیدرولیز نمی شود. (محیط خنثی است)	باز قوی	اسید قوی
هر دو هیدرولیز می شوند. (محیط خنثی است)	باز ضعیف	اسید ضعیف

اسیدی: اسید قوی و باز ضعیف
 بازی: اسید ضعیف و باز قوی
 خنثی: هر دو قوی یا هر دو ضعیف

تست: در کدام گزینه کاتیون نمک داده شده هیدرولیز می شود اما آنیون آن هیدرولیز نمی شود؟



تست: از انحلال کدام نمک در آب فنول فتالین به رنگ ارغوانی درمی آید؟



نکته: در KHSO_4 نه کاتیون هیدرولیز می شود و نه آنیون اما این نمک در آب خاصیت اسیدی تولید می کند زیرا HSO_4^- خود، اسیدی نسبتاً قوی است و در آب یونیزه شده و هیدرونیوم (H_3O^+) تولید می کند.

تست: با توجه به اطلاعات داده شده در جدول مقابل کدام نمک در آب pH کمتری ایجاد می کند؟

باز	K_a یا K_b
HA	10^{-2}
HA'	10^{-5}
BOH	10^{-1}
B'OH	10^{-5}



تست: در تست قبل pH کدام نمک برابر با ۷ است؟

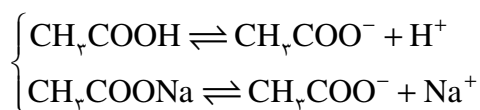


محلول بافر (تامپون یا محافظ):

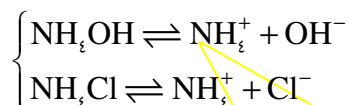
محلولی است که تا حدودی در برابر تغییرات pH مقاوم است یعنی با اضافه کردن مقداری اسید یا باز pH آن تغییر نمی‌کند، مثل خون.

نکته: به حداکثر اسید یا بازی که محلول بافر می‌تواند آن را تحمل کند ظرفیت بافری گفته می‌شود. هیچ بافری ظرفیت نامحدود ندارد.

نکته: مخلوط یک اسید ضعیف و نمک آن اسید و یا مخلوط یک باز ضعیف و نمک آن باز، خاصیت بافری دارد.



مثال:



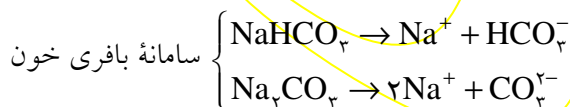
نکته: در تست بهترین راه ردّ گزینه است به این ترتیب که:

- (۱) اسید یا باز باید ضعیف باشد. بنابراین اگر در گزینه‌ای اسید یا باز قوی دیدیم این گزینه محلول بافر نخواهد بود.
- (۲) اگر اسید یا باز ضعیف باشد اما نمک، مربوط به آن اسید یا باز نباشد این گزینه نیز محلول بافر نخواهد بود.

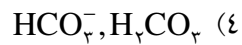
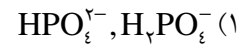
تست: محلول شامل کدام دو ماده خاصیت بافری دارد؟



نکته: مخلوط دو نمک نیز می‌تواند خاصیت بافری داشته باشد، بدین ترتیب که بنیان دو نمک مربوط به یک اسید ضعیف باشد و یکی از آنها یک هیدروژن بیشتر از دیگری داشته باشد. نمکی که هیدروژن بیشتری دارد، نقش اسید ضعیف را ایفا خواهد کرد.

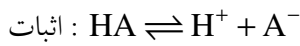


تست: محلول شامل کدام گزینه به عنوان بافر به کار نمی‌رود؟



نکته: pH محلول بافر را می‌توان از رابطه مقابل بدست آورد:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{\text{غلظت نمک}}{\text{غلظت اسید}} \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$



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

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{\text{غلظت نمک}}{\text{غلظت اسید}} \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

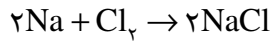
مثال: در محلول بافر شامل ۰/۱ مولار استیک اسید و ۰/۲ مولار سدیم استات اگر $\text{pK}_a = 4.76$ باشد، pH چقدر است؟

فصل چهارم

اکسایش و کاهش (الکتروشیمی)

اکسایش: از دست دادن الکترون

کاهش: گرفتن الکترون


 $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+$ سدیم اکسید شده

 $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^-$ کلر کاهش پیدا کرده

نکته: افزایش عدد اکسایش یعنی از دست دادن الکترون = اکسایش

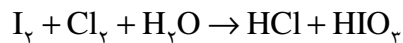
کاهش عدد اکسایش یعنی گرفتن الکترون = کاهش

نکته: هر عاملی که اکسید می شود دراصل باعث کاهش دیگری می شود از این رو به آن کاهنده گفته می شود. هر عاملی

که کاهش می یابد، باعث اکسایش دیگری می شود و به آن اکسنده گفته می شود. پس می توان گفت:

اکسید شده = کاهنده

کاهش یافته = اکسنده



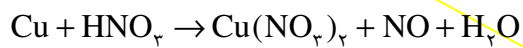
تست: در واکنش مقابل اکسنده کدام است؟

(۴) اکسیژن

(۳) هیدروژن

(۲) کلر

(۱) ید



تست: در واکنش مقابل عامل اکسنده کدام است؟

(۲) همه اتم های مس

(۴) برخی از اتم های اکسیژن

(۱) همه اتم های نیتروژن

(۳) برخی از اتم های نیتروژن



تست: در واکنش مقابل کاهنده و اکسنده به ترتیب کدامند؟

(۲) کلر - کلر

(۴) اکسیژن - کلر

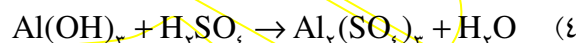
(۱) سدیم - کلر

(۳) کلر - سدیم

نکته :

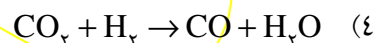
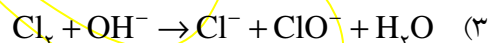
واکنش ها } اکسایش - کاهش: عدد اکسایش تغییر کرده است.
 غیر اکسایش - کاهش: عدد اکسایش تغییر نکرده است.
 $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

تست: کدام واکنش داده شده اکسایش - کاهش نیست؟



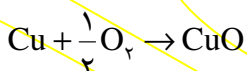
نکته:

تست: کدام واکنش از نظر اکسایش و کاهش با سایر گزینه‌ها تفاوت دارد؟



نکته: در گذشته اکسایش و کاهش را به دو صورت زیر تعریف می نمودند:

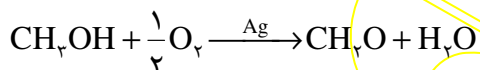
(1) اکسایش: ترکیب شدن با اکسیژن (بدست آوردن O)



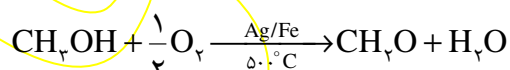
کاهش: از دست دادن O

(2) کاهش: ترکیب شدن با هیدروژن (بدست آوردن H)

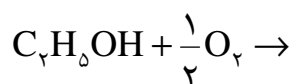
اکسایش: از دست دادن هیدروژن (H)



اکسایش الکل ها:



* H متصل به O در الکل ها و یکی از H های متصل به کربن دارای OH جدا شده ، به آب تبدیل می شوند و پیوند کربن - اکسیژن دوگانه می شود.



تعیین عدد اکسایش از روی ساختار:

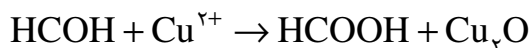
نوع اول

نوع دوم

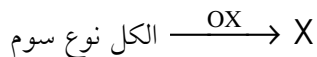
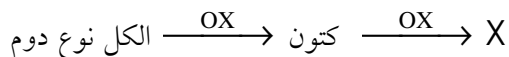
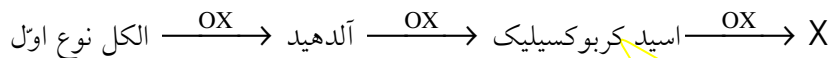
نوع سوم

انواع الکل ها

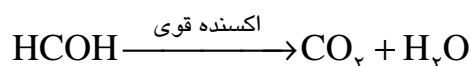
نکته: می‌توان یک آلدئید را به کمک یک عامل اکسنده به اسید کربوکسیلیک تبدیل نمود.



متانول (فرمالدهید) متانویک اسید (فرمیک اسید)



نکته: اگر در اکسایش آلدئید از یک اکسنده قوی استفاده شود محصولات واکنش $\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2$ خواهد بود. (محصولات اکسایش شدید، شبیه محصولات واکنش سوختن است)



تست: از اکسایش کدام ماده داده شده، یک کتون حاصل می‌شود؟

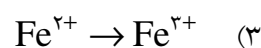
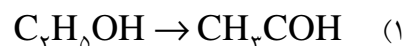
(۴) اتانال

(۳) ۳-متیل-۲-بوتانول

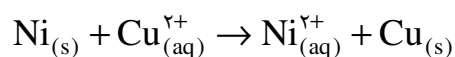
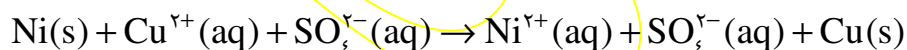
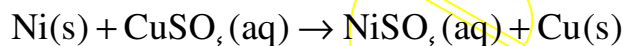
(۲) ۱-بوتانول

(۱) ۲-متیل-۲-بوتانول

مثال: در هر یک از فرایندهای داده شده معین کنید بیان مفهوم اکسایش یا کاهش از کدام تعریف امکانپذیر است؟

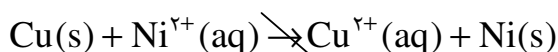


رقابت عناصر بر سر از دست دادن الکترون (قدرت کاهندگی):



Ni: اکسیده شده ← کاهنده است. Cu^{2+} : کاهش یافته ← اکسنده است.

* پس Ni می تواند یون های مس را کاهش دهد. اما این واکنش برگشت پذیر نیست یعنی:



یعنی Cu نمی تواند یون های نیکل را کاهش دهد.

نتیجه:

از نظر قدرت کاهندگی: $\text{Ni} > \text{Cu}$ است.

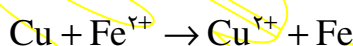
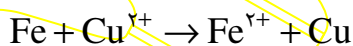
* با انجام آزمایش های مشابه می توان عناصر را از نظر قدرت کاهندگی مرتب نمود. نتایج این آزمایشها در جدولی به نام سری الکتروشیمیایی آمده است.

فلزهای قلیایی
فلزهای قلیایی خاکی
Al
Mn
Zn
Fe
Ni
Sn
H
Cu
Ag
Hg
Pt
Au

نکته: می توان برای قدرت کاهندگی به طور نسبی عدد تعریف کرد این عدد را پتانسیل الکترودی نامیده، با نماد E° نمایش می دهند. هر چه E° منفی تر باشد عنصر کاهنده تر است، مقدار E° برای هیدروژن صفر در نظر گرفته می شود. بنابراین عناصری که در سری الکتروشیمیایی بالاتر از H باشند دارای E° منفی و عناصری که پایین تر از H باشند دارای E° مثبت هستند. به عنوان مثال:

$$\begin{cases} E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V} \\ E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34 \text{ V} \end{cases}$$

می تواند به یونهای Cu^{2+} الکترون بدهد اما Cu نمی تواند به یونهای آهن الکترون بدهد.



تست: با توجه به سری الکتروشیمیایی عناصر کدام واکنش داده شده انجام پذیر نیست؟



تست: از واکنش کدام فلز زیر با محلول هیدروکلریک اسید نمی توان گاز هیدروژن تهیه کرد؟

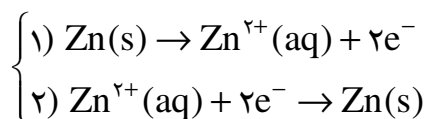
(1) منیزیم (2) روی (3) مس (4) کلسیم

تست: برای نگهداری محلولی که در آن یون های Fe^{2+} وجود دارد، استفاده از ظرفی از جنس کدام فلز نامناسب است؟

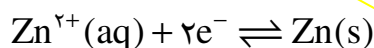
(1) مس (2) آلومینیوم (3) قلع (4) نقره

پتانسیل الکترودی:

۱- اگر تیغه ای از جنس روی را در محلولی از روی سولفات قرار دهیم. اندکی از جرم آن کاسته شده سپس ثابت می ماند.



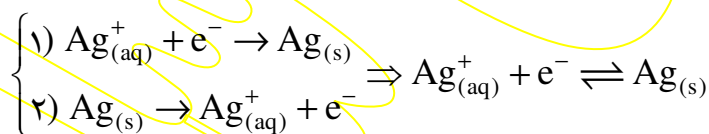
ابتدا $R_p = 0$ $R_c \gg R_a$ با گذشت زمان R_a کم و R_p زیاد می شود.
تا در نهایت $R_c = R_a$ می شود (تبادل برقرار می شود)



پس از برقراری تعادل، اختلاف پتانسیل تیغه را نسبت به محلول، پتانسیل الکترودی می نامند. (که در این مثال منفی است)

نکته: فلزها فقط رسانای الکترونی و محلولها فقط رسانای یونی هستند. یونها وارد فلز نشده، الکترونها نیز وارد محلول نمی شوند. هنگامی که یک رسانای الکترونی (الکتروود) در یک رسانای یونی (الکترولیت) قرار گیرد، مجموعه حاصل را نیم سلول می نامند. از آنجا که واکنشهای اکسایش و کاهش در سطح الکتروود رخ می دهد این واکنشها را واکنشهای الکترودی می نامند.

۲- اگر این آزمایش را با تیغه نقره انجام دهیم جرم نقره کمی زیاد شد سپس به تعادل می رسد.



اختلاف پتانسیل تیغه نسبت به محلول، پتانسیل الکترودی نقره است (مثبت است).

نکته: قرارداد می کنند که جهت واکنش تعادلی همیشه به گونه ای نوشته شود که فرآیند رفت آن کاهش را نشان دهد (نماد e^{-} در سمت چپ واکنش باشد) و پتانسیل الکترودی را پتانسیل الکترودی کاهش می نامند.

نکته: با توجه به اینکه پتانسیل الکترودی در شرایط تعادل محاسبه می شود عوامل مؤثر در تعادل یعنی غلظت، دما و فشار در آن اثر گذارند. از این رو به جهت استاندارد سازی، پتانسیل الکترودی را در شرایط استاندارد ترمودینامیکی محاسبه کرده، آن را پتانسیل الکترودی کاهش استاندارد نامیده، با E° نمایش می دهند.

$$\begin{cases} t = 25^{\circ}\text{C} \\ P = 1\text{atm} \\ n = 1\text{mol} \\ (C_M = 1^M) \end{cases}$$

یادآوری: شرایط استاندارد ترمودینامیکی:

سلول گالوانی (پیل الکتروشیمیایی):

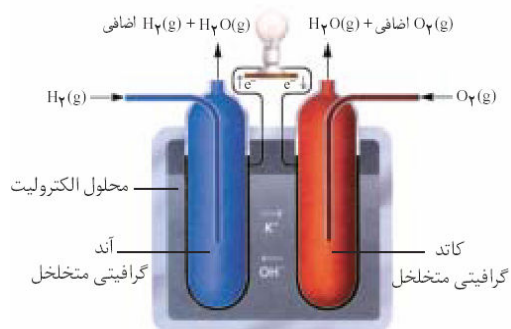
نکات سلول گالوانی:

- (۱) تیغه دارای E° منفی تر، قطب منفی و تیغه دارای E° مثبت تر، قطب مثبت است.
- (۲) تیغه منفی الکترون از دست داده، خورده می‌شود و جرم آن کاهش می‌یابد بنابراین در آن عمل اکسایش صورت می‌گیرد.
- (۳) تیغه مثبت افزایش جرم پیدا کرده، در آن عمل کاهش صورت می‌گیرد.
- (۴) الکترودی که در آن اکسایش انجام می‌شود را آند و الکترودی که در آن عمل کاهش صورت می‌گیرد را کاتد می‌نامند. نیم سلولی که در آن عمل اکسایش صورت می‌گیرد را نیم سلول آندی و نیم سلولی که در آن عمل کاهش صورت می‌گیرد را نیم سلول کاتدی می‌گویند.
- (۵) در نیم سلول آندی غلظت کاتیون زیاد شده، جهت حرکت کاتیونها از محلول به پل نمکی و جهت حرکت آنیونها از پل نمکی به محلول است.
- (۶) در نیم سلول کاتدی به علت کاهش غلظت کاتیون، جهت حرکت کاتیونها از پل نمکی به محلول و جهت حرکت آنیونها از محلول به پل نمکی است.
- (۷) الکترون فقط در مدار خارجی حرکت می‌کند و در محلول وارد نمی‌شود؛ در محلول جریان بار توسط یونها ادامه پیدا می‌کند.
- (۸) از جمع کردن نیم واکنش های اکسایش و کاهش واکنش کلی پیل حاصل می‌شود. سلول گالوانی تا وقتی که مواد اولیه آن وجود داشته باشد کار می‌کند.
- (۹) ولتاژ پیل را نیروی الکتروموتوری استاندارد پیل (emf) نامیده و از قدر مطلق تفاضل E° ها بدست می‌آورند؛ با توجه به اینکه E° کاتد همیشه مثبت تر از آند است می‌توان گفت: آند E° - کاتد E° = نیروی الکتروموتوری پیل.

۱۰) چوب پنبه به کار رفته در پل نمکی توده‌ای متخلخل (سوراخ سوراخ) است و میتواند یون ها را تبادل دهد. به جای پل نمکی میتوان از کاغذ صافی آغشته به یک محلول الکترولیت استفاده نمود.

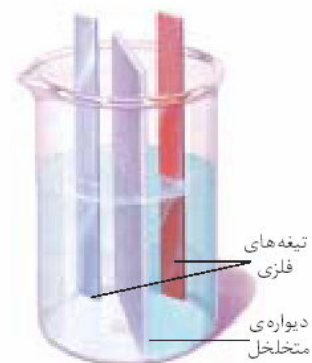
۱۱) برای بستن درست ولت سنج باید قطب منفی ولت سنج را به قطب منفی پیل و قطب مثبت آنرا به قطب مثبت پیل متصل کنیم و اگر ولت سنج را برعکس ببندیم عدد ولتاژ منفی نمایش داده می شود.

۱۲) سلولهای گالوانی غیر قابل شارژ را سلولهای گالوانی نوع اول و سلولهای گالوانی قابل شارژ را سلولهای گالوانی نوع دوم می نامند. (صفحه ۹۸ و ۹۹ کتاب مطالعه شود).



۱۳) اگر واکنش کلی پیل، واکنش سوختن باشد آنرا پیل سوختی می نامند. از پیل سوختی که سلول گالوانی نوع اول به حساب می آید، برای تأمین برق و آب آشامیدنی فضاپیماها و همچنین برق بیمارستانها استفاده می شود. در این سلولها، انرژی گرمایی واکنش سوختن به صورت انرژی الکتریکی آزاد می شود.

۱۴) سلول گالوانی را می توان در یک ظرف طراحی کرد. در این حالت نیاز به پل نمکی نیست و از یک دیواره متخلخل برای جداسازی دو محلول از هم استفاده می شود. (مثل سفال)



$$E^{\circ}(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0.76\text{V}$$

$$E^{\circ}(\text{Ag}^{+} / \text{Ag}) = +0.8\text{V}$$

تست: در سلول گالوانی Zn-Ag کدام گزینه نادرست است؟

۱) تیغه روی در آن نقش آند را ایفا می کند.

۲) ولتاژ سلول برابر با ۱/۵۶V است.

۳) در نیم سلول نقره جهت حرکت کاتیون ها از پل نمکی به محلول است.

۴) واکنش کلی پیل، به صورت $\text{Ag}_{(s)} + \text{Zn}_{(aq)}^{2+} \rightarrow \text{Ag}_{(aq)}^{+} + \text{Zn}_{(s)}$ است.

تست: در سلول گالوانی «مس - نقره» جهت حرکت الکترون ها در سیم از به و در نیم سلول مس جهت حرکت آنیون ها از به است.

۲) نقره - مس - پل نمکی - محلول

۱) مس - نقره - محلول - پل نمکی

۴) نقره - مس - محلول - پل نمکی

۳) مس - نقره - پل نمکی - محلول

تست: سلول گالوانی ساخته شده در کدام گزینه ولتاژ بیشتری را تولید می کند؟

Fe-Cu (۲) Zn-Fe (۱)

Fe-Al (۴) Al-Ag (۳)

تست: با چهار فلز منیزیم، آهن، روی و مس به صورت دو به دو سلول هایی گالوانی تهیه می کنیم. کدام فلز در تمامی سلول های خود نقش آند را ایفا می کند؟

(۱) منیزیم (۲) آهن (۳) روی (۴) مس

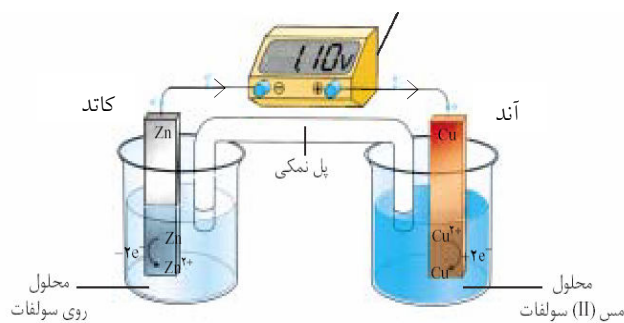
تست: اگر ولتاژ سلول Zn-Cu؛ ۱/۱ ولت، ولتاژ سلول Al-Ag، ۲/۴۶ ولت و ولتاژ سلول Ag-Cu،

$E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$ ؛ E° آلومینیوم کدام است؟

(۱) -۱/۲ (۲) -۱/۶۶ (۳) -۱/۰۸ (۴) -۱/۸۱

ولت سنج

تست: در شکل مقابل کدام مورد درست نمایش داده نشده است؟



(۱) جهت بستن ولت سنج

(۲) نقش الکترودها

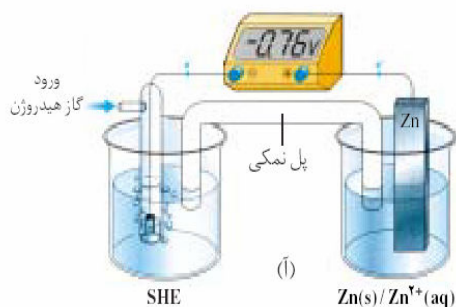
(۳) ولتاژ سلول

(۴) جهت حرکت الکترون

$E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$

$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34\text{V}$

الکتروده استاندارد هیدروژن (SHE)



نکته: برای محاسبه E° یک الکتروود آنرا با الکتروود استاندارد هیدروژن در یک سلول گالوانی قرار می‌دهند. اگر قطب منفی ولت سنج را به SHE و قطب مثبت آن را به تیغه فلز متصل کنیم، ولت سنج، E° فلز را با علامت آن نمایش می‌دهد.

نکته: هر عاملی که تعادل $X^{n+}(aq) + ne^- \rightleftharpoons X(s)$ را به سمت راست جابجا کند دراصل باعث می‌شود که تعدادی کاتیون به تیغه اضافه شده، بار تیغه و در نتیجه E° مثبت‌تر شود مثلاً با افزایش غلظت محلول، E° مثبت‌تر و با کاهش غلظت محلول، منفی‌تر می‌شود.

مثال: با اضافه کردن آب مقطر به هر یک از نیم سلولهای آندی و کاتدی در سلول گالوانی ولتاژ سلول چه تغییری خواهد کرد؟

نکته: با توجه به نکته قبل می‌توان سلولی گالوانی تهیه کرد که در آن جنس تیغه‌ها یکسان باشد اما غلظت الکتروولیت‌ها تفاوت داشته باشد، چنین سلولی را سلول غلظتی می‌نامند، در سلول غلظتی تیغه واقع در الکتروولیت رقیق‌تر E° منفی‌تری داشته، قطب منفی (آند) و تیغه واقع در الکتروولیت غلیظ‌تر E° مثبت‌تری داشته، قطب مثبت (کاتد) است. * این سلول تا وقتی کار می‌کند که غلظت الکتروولیت‌ها برابر شود.

نکته: ولتاژ سلول غلظتی از رابطه زیر به دست می‌آید:

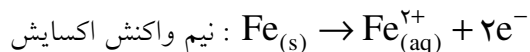
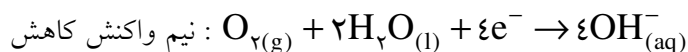
$$X^{n+}(aq) + ne^- \rightleftharpoons X(s)$$

$$\text{ولتاژ سلول غلظتی} = -\frac{0.059}{n} \log \frac{[\text{X}^{n+}]_{\text{رقیق}}}{[\text{X}^{n+}]_{\text{غلیظ}}}$$

به عنوان مثال ولتاژ سلول بالا را بدست آورید:

خوردگی آهن:

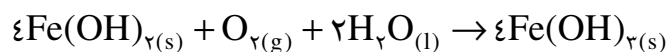
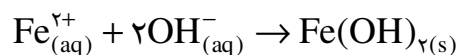
در این فرآیند ابتدا واکنشی الکتروشیمیایی رخ می‌دهد:



محل وقوع نیم واکنش کاهش مکانهایی است که غلظت

اکسیژن در آنها زیاد است. (پایگاه کاتدی)

در مورد نیم واکنش اکسایش برعکس است. (پایگاه آندی)



قهوه ای رنگ (زنگ آهن)

در اثر گرما $\text{Fe}(\text{OH})_3$ به $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ تبدیل می‌شود. از اینرو زنگ آهن را به این صورت نیز نمایش می‌دهند.

عوامل مؤثر در خوردگی آهن:

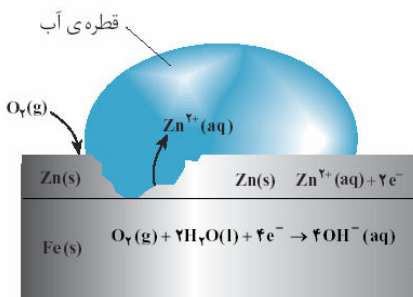
- (۱) اکسیژن و رطوبت: مواد لازم برای خوردگی (در نیم واکنش کاهش)
- (۲) الکترولیت (بالاخص اسیدی) بودن محیط: در سلول گالوانی حاصل نقش رسانای یونی داشته باعث سرعت خوردگی می‌شود.
- (۳) تماس داشتن آهن با فلز اکسنده تر (سریع ترین عامل): در سلول گالوانی بوجود آمده آهن آنداست و سریعاً خورده می‌شود.

راه های جلوگیری از خوردگی آهن:

- (۱) رنگ زدن، ضدزنگ زدن، لعاب دادن، قیراندود کردن و... رطوبت و اکسیژن را از سطح آهن جدا می‌کند.
- (۲) تماس داشتن آهن با فلز کاهنده تر (حفاظت کاتدی): در سلول گالوانی حاصل آهن کاتد است و سالم می‌ماند (مؤثرترین عامل)

تست: در کدام ظرف میخ آهنی سریع تر خورده می شود؟

سؤال: در صنعت لعاب فلزی آهن به دو صورت کاربرد فراوانی دارد، حلبی (روکش قلع) و آهن سفید یا گالوانیزه (روکش روی)؛ در اثر ایجاد خراش در سطح هریک از این دو لعاب، در کدامیک آهن خورده می شود، چرا؟



نکته: در خوردگی فلزها نیم واکنش کاهش همیشه $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$ است.

سلول گالوانی: انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند.

سلول الکترولیتی: انرژی الکتریکی را به انرژی شیمیایی تبدیل می کند.

سلولهای الکتروشیمیایی

الکترولیز (برقکافت)

آب فلز کاری

استخراج (پالایش) فلزها

برخی کاربردهای سلول الکترولیتی

الف) الکترولیز (برقکافت): تجزیه شدن بوسیله برق

۱- الکترولیز نمک طعام مذاب (سلول دانز): برای تهیه سدیم به کار می رود.

* در سلول دانه‌آند، گرافیتی و کاتد، آهنی است.

* در سلول دانه‌آند از CaCl_2 به عنوان کمک ذوب استفاده می‌شود (کمک ذوب نقطه ذوب را کاهش می‌دهد)

نکته: در سلولهای الکترولیتی برخلاف سلول گالوانی آند، مثبت و کاتد، منفی است.

نکته: آند الکترودی است که در آن الکترون از رسانای یونی (الکترولیت) به رسانای الکترونی (تیغه فلزی) جریان می‌یابد و کاتد الکترودی است که در آن الکترون از رسانای الکترونی به رسانای یونی جریان پیدا می‌کند.

۲- الکترولیز محلول رقیق نمک طعام:

نکات:

سری الکتروشیمیایی
فلزهای قلیایی
فلزهای قلیایی خاکی
Al
Mn
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
Zn
Fe
Ni
Sn
H
Cu
Ag
Hg
Pt
Au
I
Br
$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$
Cl
... و SO_4^{2-} و NO_3^- : بنیانها
F

(۱) در اطراف آند که آنیون‌ها جمع می‌شوند و عمل اکسایش رخ می‌دهد، رقابت بر سر اکسایش یا از دست دادن الکترون بوجود می‌آید.

در این رقابت، عاملی پیروز می‌شود که الکترون ده‌تر باشد یعنی در سری الکتروشیمیایی بالاتر باشد.

(۲) در اطراف کاتد که کاتیون‌ها جمع می‌شوند، رقابت بر سر کاهش یا گرفتن الکترون است و در این رقابت، عاملی پیروز می‌شود که الکترون گیرتر باشد؛ یعنی در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر باشد.

(۳) بنابراین در الکترولیز محلولهای آبی عواملی که در سری الکتروشیمیایی نوشته شده، بین دو آب قرار گرفته‌اند (میان‌دوآبی هستند) پیروز می‌شوند و هر عاملی که میان‌دوآبی نباشد بازنده است.

(۴) اختلاف E° کلر و اکسایش آب بسیار کم است. به همین خاطر در محلولهای غلیظ نمکهای کلرید به جای آب، کلر در واکنش آندی پیروز می‌شود. (اگر در سؤال، غلیظ یا رقیق بودن محلول را بیان نکرده بودند، محلول را غلیظ در نظر می‌گیریم)

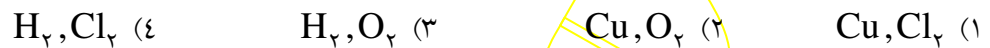
(۵) برنده شدن آب در اطراف آند، محلول را اسیدی و در اطراف کاتد،

محلول را قلیایی می‌کند. بنابراین در الکترولیز محلول آبی یک نمک اگر آنیون آن (بخش اسیدی نمک) بازنده شود، محیط اسیدی و اگر کاتیون آن (بخش بازی نمک) بازنده شود، محیط بازی می‌شود.

تست: از الکترولیز محلول آبی کدام نمک زیر کاتیون نمک در کاتد و آب در آند پیروز می‌شوند؟



تست: در الکترولیز محلول آبی مس (II) کلرید محصولات آند و کاتد به ترتیب کدامند؟



تست: از الکترولیز محلول آبی کدام نمک، محیط اسیدی می‌شود؟

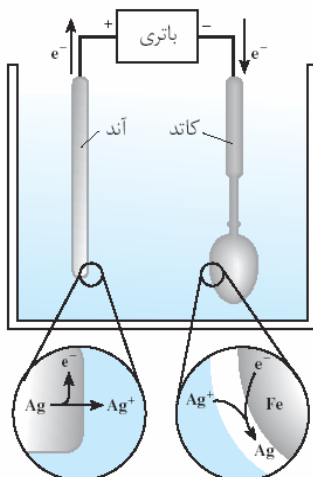


تست: در طی الکترولیز محلول آبی پتاسیم سولفات

(۱) محلول کاهش می‌یابد. (۲) pH محلول افزایش می‌یابد.

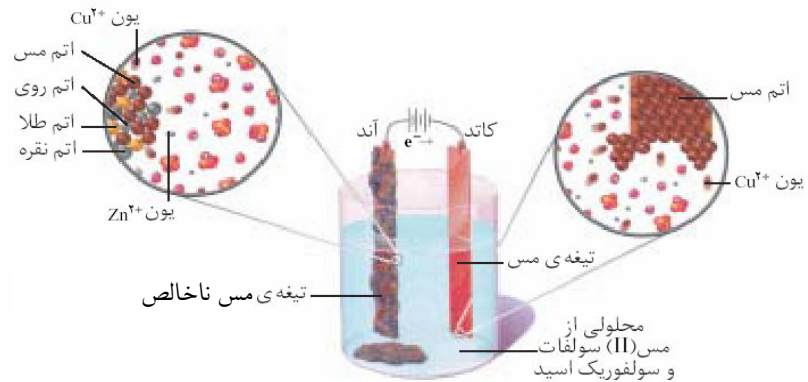
(۳) غلظت محلول کاهش می‌یابد. (۴) غلظت محلول افزایش می‌یابد.

(ب) آب فلز کاری:



ج) پالایش فلزها:

۱- پالایش مس



۲- پالایش آلومینیوم: (تهیه آلومینیوم به روش هال)

در صنعت آلومینیوم را از سنگ معدن آلومینیوم داری به نام بوکسیت ($Al_2O_3 \cdot H_2O$ یا آلومینای ناخالص) تهیه می‌کنند. با توجه به نقطه ذوب بسیار بالای آلومینا ($2045^\circ C$) تهیه آلومینیوم از برقکافت آلومینای مذاب مقرون به صرفه اقتصادی نیست. دانشمندی به نام مارتین هال ماده ای به نام کریولیت (Na_3AlF_6) را تهیه کرد که نقش کمک ذوب را در فرآیند ذوب آلومینا دارد و مخلوط این دو در دمای $960^\circ C$ ذوب می‌شود. از الکترولیز این مخلوط مذاب، آلومینیوم را تهیه می‌کنند.

