

فصل اول

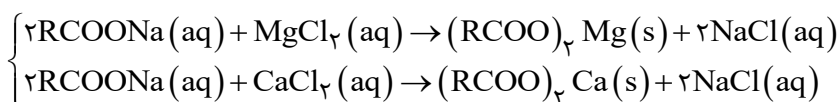
عوامل مؤثر بر قدرت پاک‌کنندگی صابون:

- ✓ دما: با افزایش دما، قدرت پاک‌کنندگی صابون افزایش می‌یابد.
- ✓ آنزیم: با افزودن آنزیم به صابون، قدرت پاک‌کنندگی آن افزایش می‌یابد.
- ✓ نوع پارچه: چسبندگی لکه‌های چربی به پارچه پلی‌استری، بیشتر از پارچه نخی است.
- ✓ نوع و مقدار صابون: با افزایش مقدار صابون، پاک‌کنندگی آن افزایش می‌یابد.
- نوع آب: پاک‌کنندگی صابون در آب سخت، کمتر از آب‌های دیگر مانند آب چشمه است.

❖ آب سخت:

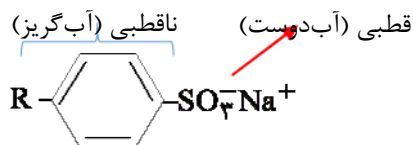
- به آب دریا و آب‌های مناطق کویری که شور هستند و مقادیر چشمگیری از یون‌های کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) دارند، آب سخت می‌گویند.
- صابون در این آب‌ها به خوبی کف نمی‌کند و قدرت پاک‌کنندگی آن کاهش می‌یابد، زیرا صابون با یون‌های موجود در آب سخت رسوب تشکیل می‌دهد.
- لکه‌های سفیدی که پس از شستن لباس با صابون روی آن‌ها بر جای می‌ماند، نشانه‌ای از تشکیل چنین رسوب‌هایی است.

❖ واکنش صابون با آب سخت:



❖ پاک‌کننده‌های غیرصابونی:

- ✓ از بنزن و دیگر مواد اولیه صنایع پتروشیمی تولید می‌شود.
- ✓ به دلیل افزایش تقاضای جهانی برای صابون و محدودیت استفاده از صابون در آب‌های سخت تولید شدند.
- ✓ ساختار کلی:



- ✓ مراحل پاک کردن چربی توسط پاک‌کننده‌های غیرصابونی و صابون‌ها مشابه یکدیگر است.
- ✓ قدرت پاک‌کنندگی آن از صابون‌ها بیشتر است، زیرا با یون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} موجود در آب سخت رسوب نمی‌دهد.

❖ انواع صابون و کاربردهای آن:

صابون طبیعی (صابون مراغه):

- ✓ از جوشاندن پیه گوسفند و سود سوزآور (NaOH) در دیگ‌های بزرگ آب به دست می‌آید.

✓ افزودنی شیمیایی ندارد و به دلیل خاصیت بازی برای موهای چرب مناسب است.

صابون حاوی مواد افزودنی:

- ✓ صابون گوگرددار: برای از بین بردن جوش صورت و قارچ‌های پوستی کاربرد دارد.
- ✓ صابون حاوی ماده شیمیایی کلردار: برای افزایش خاصیت ضدعفونی‌کنندگی و میکروب‌کشی کاربرد دارد.
- ✓ صابون حاوی نمک‌های فسفات: برای افزایش خاصیت پاک‌کنندگی صابون استفاده می‌شود.

❖ پاک‌کننده‌های خورنده:

- ✓ علاوه برداشتن برهم‌کنش با آلاینده‌ها با آن‌ها واکنش هم می‌دهند.
- ✓ برای از بین بردن رسوب‌هایی که به سطح چسبیده‌اند کاربرد دارند، مانند رسوب کتری، لوله‌ها و ...
- ✓ پس از واکنش با آلاینده‌ها، آن‌ها را به فرآورده‌هایی تبدیل می‌کنند که با آب شسته می‌شوند.

✓ مثال‌هایی از پاک‌کننده‌های خورنده:

- هیدروکلریک اسید (جوهر نمک)
- سدیم هیدروکسید (سود سوزآور)
- سفیدکننده‌ها
- مخلوط سدیم هیدروکسید و پودر آلومینیم

❖ مخلوط سدیم هیدروکسید و پودر آلومینوم:

- ✓ این مخلوط دارای خاصیت بازی است و برای باز کردن لوله‌ها و مسیرهایی استفاده می‌شود که بر اثر تجمع رسوب و چربی‌ها بسته شده‌اند.
- ✓ واکنش انجام شده:

گرما + فرآورده‌های دیگر + گاز هیدروژن → آب + مخلوط آلومینیم و سدیم هیدروکسید

✓ گرمای آزاد شده باعث ذوب شدن چربی‌های موجود در لوله می‌شود و گاز هیدروژن تولید شده با ایجاد فشار مکانیکی، باعث سست شدن پیوند آلاینده با سطح شده و در نتیجه آلاینده راحت‌تر زدوده می‌شود.

🔗 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید و شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید.

میزان چسبندگی لکه‌های چربی، بر روی پارچه‌های نخی بیشتر از پارچه‌های پلی استری است.

پاسخ: نادرست، میزان چسبندگی لکه‌های چربی بر روی پارچه‌های نخی کمتر از پارچه‌های پلی استری است.

نهایی خرداد ۱۴۰۲: چرا استفاده از صابون مراغه عوارض جانبی کمتری دارد و برای موهای چرب مناسب است؟

پاسخ: زیرا افزودنی شیمیایی ندارد و از آن به دلیل داشتن خاصیت بازی برای شست‌وشوی موهای چرب استفاده می‌شود.

❖ انواع حل‌شونده:

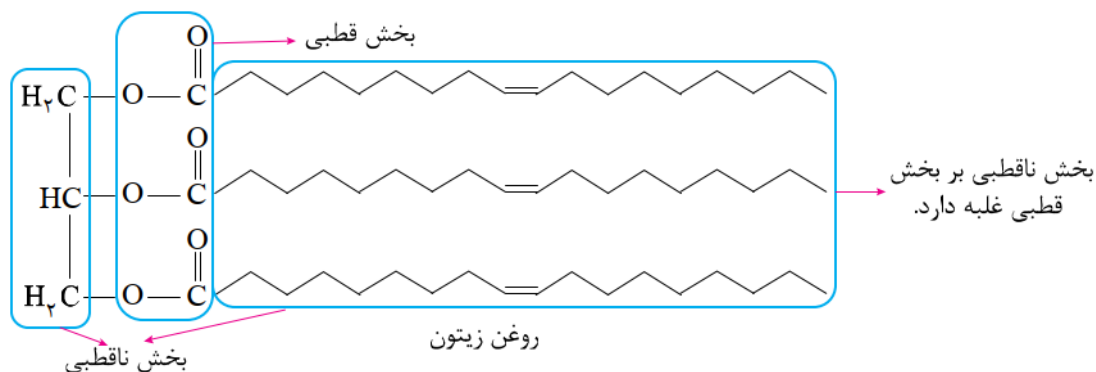
✓ مولکولی:

قطبی: در حلال‌های قطبی مانند آب حل می‌شود (مانند اوره و اتیلن گلیکول)

ناقطبی: در حلال‌های ناقطبی مانند هگزان حل می‌شود (مانند بنزین و وازلین)

✓ **یونی:** اغلب ترکیبات یونی، در حلال‌های قطبی مانند آب حل می‌شود. (مانند نمک خوراکی)

نکته: ترکیباتی مانند روغن زیتون که در آن‌ها بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد، در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند.



❖ اسیدها و بازها:

شناساگر اسید و باز:

✓ کاغذ pH:

محیط اسیدی ← قرمز

محیط بازی ← آبی

✓ گل ادریسی:

خاک اسیدی ← آبی

خاک بازی ← قرمز

مدل آرنیوس: بر اساس این مدل، موادی که با حل شدن در آب، باعث افزایش غلظت یون هیدرولیم (H_3O^+) یا

H^+ می‌شوند، اسید آرنیوس و موادی که با حل شدن در آب، باعث افزایش غلظت یون هیدروکسید (OH^-)

می‌شوند، باز آرنیوس هستند.

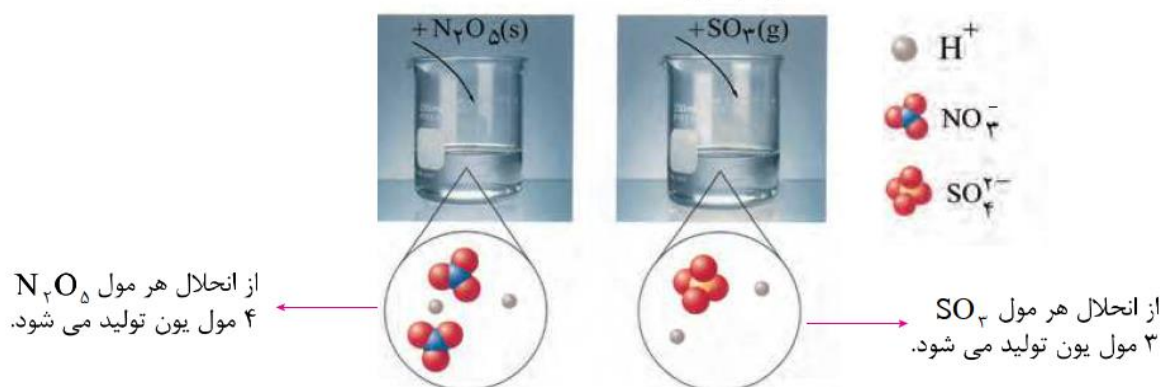
انواع اسید آرنیوس:

✓ اغلب اکسیدهای نافلزی مانند CO_2 ، SO_3 ، N_2O_5

✓ هیدروژن هالیدها مانند HCl و HF

توجه: برخی از اکسیدهای نافلزی مانند کربن مونوکسید (CO)، با آب واکنش نداده و اسید آرنیوس به شمار نمی‌روند.

• نمای ذره‌ای محلول آبی اسیدهای آرنیوس N_2O_5 و SO_3 :



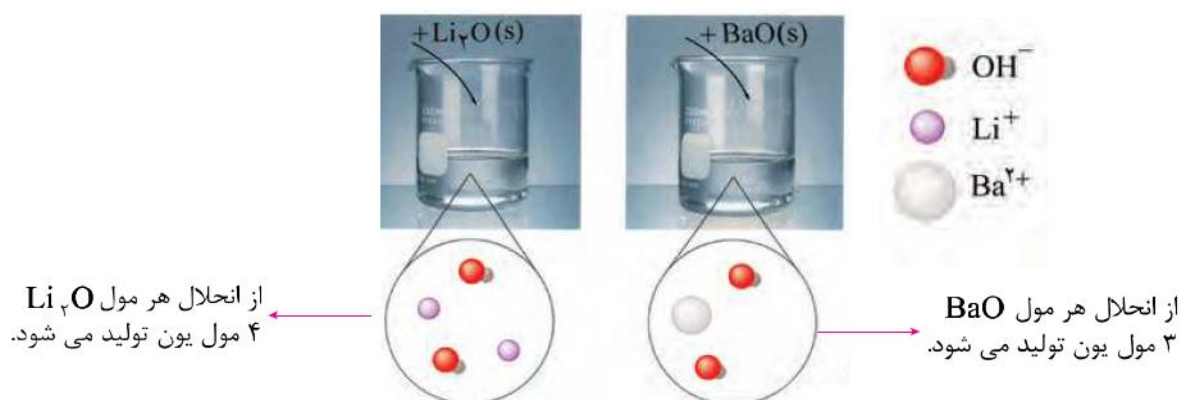
انواع باز آرنیوم:

✓ هیدروکسید فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی مانند NaOH و $\text{Ba}(\text{OH})_2$

✓ اکسید فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی مانند CaO و Li_2O

✓ آمونیاک (NH_3)

• نمای ذره ای محلول آبی بازهای آرنیوس Li_2O و BaO :



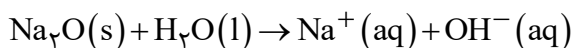
❖ محاسبه غلظت یون‌ها:

برای محاسبه غلظت یون $\text{H}^+(\text{aq})$ در محلول اسیدها و غلظت یون $\text{OH}^-(\text{aq})$ در محلول بازها، ابتدا واکنش مربوطه را نوشته و موازنه می‌کنیم. در ادامه، تعداد مول یون مورد نظر را با استفاده از روابط استوکیومتری حساب کرده و به کمک رابطه زیر، غلظت مولی بین مورد نظر را به دست می‌آوریم:

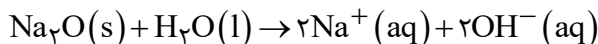
$$\text{غلظت مولی یون} = \frac{\text{تعداد مول یون}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}}$$

📌 **شاهد عینی:**

نهایی خرداد ۱۳۹۸ با کمی تغییر: مطابق واکنش موازنه نشده زیر ۰/۰۱ مول سدیم اکسید را در مقداری آب حل کرده و حجم محلول را به ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم. غلظت مولی یون هیدروکسید را در محلول به دست آورید.



پاسخ:



$$? \text{ mol OH}^- = 0.01 \text{ mol Na}_2\text{O} \times \frac{2 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol Na}_2\text{O}} = 0.02 \text{ mol}$$

$$\text{OH}^- \text{ غلظت مولی} = \frac{\text{تعداد مول OH}^-}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}} = \frac{0.02 \text{ mol}}{10.0 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}}} = 0.02 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

❖ رسانایی الکتریکی محلول‌ها و قدرت اسیدی:

انواع رسانا:

- رسانای الکتریکی ← جریان الکتریکی ناشی از حرکت الکترون‌ها:

✓ فلزها

✓ گرافیت

- رسانای یونی ← جریان الکتریکی ناشی از حرکت یون‌ها:

✓ محلول نمک در آب

✓ نمک مذاب

انواع مواد بر اساس نوع انحلال در آب:

- الکترولیت:

✓ الکترولیت قوی ← به طور کامل یونیده یا تفکیک می‌شود ← مثال: اسیدهای قوی، ترکیبات یونی محلول در آب

✓ الکترولیت ضعیف ← به طور ناقص یونیده می‌شود (عمدتاً به صورت مولکولی حل می‌شود)

← مثال: اسیدهای ضعیف

- غیر الکترولیت ← کاملاً به طور مولکولی حل می‌شود ← مثال: شکر و اتانول

نکته: به دلیل تفاوت در غلظت یون‌ها، رسانایی الکتریکی محلول‌های الکترولیت یکسان نیست. دقت کنید که هرچه

تعداد یون‌های موجود در حجم معینی از یک محلول بیشتر باشد، رسانایی الکتریکی آن محلول بیشتر خواهد بود.

رسانایی الکتریکی محلول بیشتر → مجموع غلظت مولی یون‌ها بیشتر → تعداد مول یون‌ها در حجم معین بیشتر

👉 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید:

- در دمای اتاق، رسانایی الکتریکی محلول ۰/۱ مولار BaCl_2 با محلول ۰/۱ مولار $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ برابر است.

پاسخ: نادرست، رسانایی الکتریکی باریم کلرید کمتر از آلومینیم نترات است.

توجه: در یک لیتر محلول باریم کلرید ۰/۱ مولار، در مجموع ۰/۳ مول یون ولی در یک لیتر محلول آلومینیم نیترات ۰/۱ مولار، در مجموع ۰/۴ مول یون وجود دارد.

❖ اسیدهای قوی و ضعیف:

همه اسیدها به یک میزان در آب یونیده نمی‌شوند. برای بیان میزان پوشش اسیدها از کمیتی به نام درجه یونش (α) استفاده می‌کنیم.

درجه یونش اسیدها:

✓ قوی $\alpha \approx 1$

✓ ضعیف $0 < \alpha < 1$

لبنه تیغ:

برای محاسبه مقدار درجه یونش، با توجه به داده‌های سؤال از یکی از فرمول‌های زیر استفاده می‌کنیم.

(۱) اگر شمار مولکول‌ها را بدهند: $\text{درجه یونش } (\alpha) = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده}}$

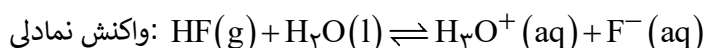
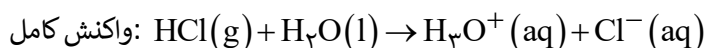
(۲) اگر غلظت مولی گونه‌های حل شده را بدهند: $\left. \begin{aligned} \text{درجه یونش اسید } (\alpha) &= \frac{\text{غلظت مولی اسید یونیده شده}}{\text{غلظت مولی اسید حل شده}} \\ \text{درجه یونش اسید } (\alpha) &= \frac{\text{غلظت مولی یون هیدرونیوم}}{\text{غلظت مولی اسید حل شده}} \end{aligned} \right\}$

توجه: گاهی در سؤال‌ها به جای درجه یونش، درصد یونش را می‌دهند (یا می‌خواهند) که به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\% \alpha = \alpha \times 100$$

❖ ثابت یونش اسیدها:

واکنش اسیدهای قوی در آب تقریباً به طور کامل پیش می‌رود، بنابر این واکنش آن‌ها را می‌توان برگشت‌ناپذیر و کامل در نظر گرفت. در طرف مقابل، واکنش اسیدهای ضعیف در آب، نمونه‌ای از واکنش‌های برگشت‌پذیر بوده و محلول یک اسید ضعیف در آب را می‌توان یک سامانه تعادلی در نظر گرفت. برای مثال:



مقدار عددی ثابت یونش یک اسید، معیاری برای میزان پیشرفت آن اسید تا لحظه رسیدن به تعادل است. هر چه ثابت یونش یک اسید بزرگ‌تر باشد، واکنش یونیده شدن آن اسید، پیشرفت بیشتری خواهد داشت:

اسید قوی‌تر $\rightarrow$ غلظت یون H^+ بیشتر $\rightarrow$ ثابت یونش بزرگ‌تر

توجه: مقدار عددی ثابت یونش اسیدها، فقط و فقط به دما بستگی دارد و مستقل از سایر کمیت‌ها مانند غلظت اسید است.

مقایسه قدرت اسیدی:

✓ اسیدهای قوی: $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{HNO}_3$ ✓ اسیدهای ضعیف: $\text{HF} > \text{HNO}_2 > \text{HCOOH} > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HCN}$

نکته: رابطه ثابت یونش را برای اسید تک پروتون دار HA به صورت زیر می نویسیم:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \frac{[\text{H}^+]=[\text{A}^-]}{\rightarrow} K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{HA}]} \quad \text{یا} \quad \frac{[\text{A}^-]^2}{[\text{HA}]}$$

غلظت تعادلی اسید

👈 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: ثابت یونش محلول اسیدهای CH_3COOH و HNO_3 در دمای اتاق، به ترتیب برابر $1/8 \times 10^{-5}$ و $4/5 \times 10^{-4}$ است.

الف) کدام یک اسید قوی تر است؟ چرا؟

ب) اگر به محلول تعادلی استیک اسید (CH_3COOH) مقداری آب خالص افزوده شود، ثابت یونش اسید کدام مقدارخواهد بود؟ چرا؟ ($1/3 \times 10^{-5}$, $1/8 \times 10^{-5}$, $3/5 \times 10^{-4}$)پاسخ: الف) HNO_3 ، زیرا ثابت یونش (K_a) بزرگتری دارد.ب) $1/8 \times 10^{-5}$ ، زیرا K_a برای یک واکنش تعادلی در دمای معین مقداری ثابت است.

❖ مقیاس pH:

✓ شیمی دان ها برای بیان میزان اسیدی یا بازی بودن یک محلول از کمیت pH استفاده می کنند که به صورت زیر تعریف می شود:

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

✓ کمیت pH فاقد یکا بوده و در دمای اتاق (25°C) با اعدادی در گستره صفر تا ۱۴ بیان می شود:○ آب و محلول های خنثی $\text{pH} = 7 \leftarrow$ ○ محلول های اسیدی $0 \leq \text{pH} < 7 \leftarrow$ ○ محلول های بازی $7 < \text{pH} \leq 14 \leftarrow$

❖ مقایسه pH محلول ها:

۱) هر چه غلظت یون هیدرونیوم ($\text{H}^+(\text{aq})$) موجود در محلول بیشتر باشد، محیط اسیدی تر شده و مقدار pH

کم تر خواهد بود:

$$[\text{H}^+]_1 > [\text{H}^+]_2 \Rightarrow \text{pH}_1 < \text{pH}_2$$

۲) هرچه غلظت یون OH^- موجود در محلول بیشتر باشد، محیط بازی تر شده و مقدار pH محلول بیشتر خواهد بود:

$$[\text{OH}^-]_1 > [\text{OH}^-]_2 \Rightarrow \text{pH}_1 > \text{pH}_2$$

لبنه تیغ:

اگر pH محلول دو اسید (۱) و (۲) با هم برابر باشد، غلظت یونهای H^+ در محلول این دو اسید با هم برابر بوده و با توجه به رابطه درجه یونش ($\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{M_a}$) می توان نوشت:

$$\text{pH}_1 = \text{pH}_2 \rightarrow [\text{H}^+]_1 = [\text{H}^+]_2 \Rightarrow M_1 \alpha_1 = M_2 \alpha_2 \Rightarrow \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{M_1}{M_2}$$

👉 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: درجه یونش محلول اسید HX دو برابر درجه یونش محلول اسید HA است. با در نظر گرفتن شکل و نوشتن محاسبات لازم pH این دو محلول را مقایسه کنید.

پاسخ:



$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{M_a} \Rightarrow \frac{\alpha_{\text{HX}}}{\alpha_{\text{HA}}} = \frac{\frac{[\text{H}^+]\text{HX}}{M_{\text{HX}}}}{\frac{[\text{H}^+]\text{HA}}{M_{\text{HA}}}} \Rightarrow \frac{2}{1} = \frac{\frac{0.05}{[\text{H}^+]_{\text{HA}}}}{\frac{0.1}{[\text{H}^+]_{\text{HA}}}}$$

۲۰ میلی لیتر محلول
۰/۱ مولار

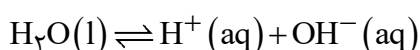
۲۰ میلی لیتر محلول
۰/۰۵ مولار

$$\Rightarrow 2 \times 0.05 \times [\text{H}^+]_{\text{HA}} = 0.1 \times [\text{H}^+]_{\text{HX}} \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{HA}} = [\text{H}^+]_{\text{HX}} \Rightarrow \text{pH}_{\text{HA}} = \text{pH}_{\text{HX}}$$

توجه کنید که اگر غلظت مولی اسید قوی بیشتر از یک مولار باشد، pH محلول آن کمتر از صفر می شود. همچنین اگر غلظت مولی باز قوی بیشتر از یک مولار شود، pH محلول آن بزرگ تر از ۱۴ خواهد شد.

❖ یونش آب:

✓ در آب، مقدار بسیار کمی از یونهای هیدرونیوم (H^+) و هیدروکسید (OH^-) وجود دارد. واکنش یونش آب به صورت زیر است:



✓ بر اساس یافته های تجربی، در دمای اتاق (25°C)، حاصل ضرب غلظت یونهای هیدرونیوم و هیدروکسید در آب و محلول های آبی برابر مقدار ثابت 10^{-14} است:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}$$

✓ روش محاسبه غلظت یون‌های H^+ و OH^- با استفاده از pH محلول:

(۱) غلظت یون هیدرونیوم را با استفاده از رابطه $[H^+] = 10^{-pH}$ بدست می‌آوریم. اگر pH عددی غیر صحیح (اعشاری) بود، آن را به صورت تفاضل یک عدد صحیح و مقدار لگاریتم داده شده در صورت سؤال می‌نویسیم و در ادامه با استفاده از رابطه $10^{\log X} = X$ ، مقدار $[H^+]$ را به دست می‌آوریم.

(۲) اگر صورت سؤال غلظت یون هیدروکسید محلول را خواسته بود، ابتدا غلظت به یون H^+ را بدست می‌آوریم و در ادامه با استفاده از رابطه $\frac{10^{-14}}{[H^+]} = [OH^-]$ ، غلظت یون هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم.

📌 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۰: pH یک نمونه آب پرتقال در حدود ۵/۳ است. غلظت یون‌های هیدروکسید را در این نمونه در دمای اتاق، بر حسب مول بر لیتر حساب کنید. ($\log 5 = 0.7$)

پاسخ:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-5/3} = 10^{-0.7} \times 10^{-6} = 10^{\log 5} \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

زیر ذره‌بین:

در امتحان‌های نهایی سال‌های اخیر، از تغییر pH محلول‌ها بر اثر رقیق‌سازی (با اضافه کردن آب خالص)، سؤال مطرح نشده است و پیش‌بینی می‌شود که سر و کله این تیپ سوال‌ها در امتحان‌های آینده پیدا شود!

اگر به محلول یک اسید قوی آب اضافه کنیم، غلظت یون هیدرونیوم (H^+) در این محلول کاهش پیدا کرده و مقدار pH زیاد می‌شود. برای مثال، فرض کنید ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۳ مولار HCl را آنقدر رقیق کنیم تا حجم محلول به یک لیتر برسد (در این حالت محلول ۱۰ بار رقیق‌تر شده)، غلظت نهایی محلول ۰/۰۳ مولار خواهد بود. اگر pH محلول را قبل و بعد از اضافه کردن آب خالص محاسبه کنیم، خواهیم داشت:

$$pH_1 = -\log(0.3) = -\log(3 \times 10^{-1}) = 1 - \log 3 = 1 - 0.5 = 0.5$$

$$pH_2 = -\log(0.03) = -\log(3 \times 10^{-2}) = 2 - \log 3 = 2 - 0.5 = 1.5$$

بنابراین با ۱۰ بار رقیق‌تر کردن محلول اولیه، pH یک واحد افزایش یافت.

مثال ۱: برای رساندن pH دو لیتر محلول هیدروکلریک اسید از ۲ به ۲/۷ چند لیتر آب باید به محلول اضافه کنیم؟

پاسخ: ابتدا غلظت H^+ را در دو pH داده شده حساب می‌کنیم:

$$pH = 2 \Rightarrow [H^+] = 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

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

سپس تعداد مول H^+ موجود در محلول اولیه را حساب می‌کنیم:

$$n = M \times V = 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 2\text{L} = 2 \times 10^{-2} \text{mol}$$

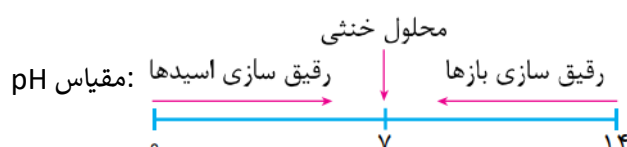
در ادامه با توجه به غلظت H^+ در محلول نهایی، حجم آب خالص اضافه شده (x) را حساب می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی نهایی} = \frac{\text{تعداد مول } \text{H}^+}{\text{حجم محلول نهایی}} \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{2 \times 10^{-2} \text{mol}}{(2+x)\text{L}} = 2 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow \frac{2 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} = 2+x$$

$$\Rightarrow 2+x=10 \Rightarrow x=8\text{L}$$

بنابراین باید ۸ لیتر آب خالص، به محلول اولیه اضافه کنیم.

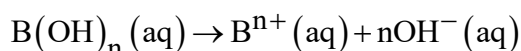
توجه: در صورت رقیق‌سازی محلول بازها، مقدار pH محلول کاهش پیدا کرده و به ۷ نزدیک می‌شود.



❖ ثابت یونش بازها:

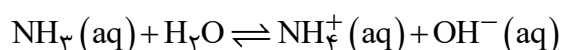
✓ واکنش بازهای قوی در آب تقریباً به طور کامل پیش می‌رود، بنابراین واکنش آن‌ها را می‌توان برگشت‌ناپذیر و کامل در نظر گرفت.

نکته: یونش باز قوی با فرمول کلی B(OH)_n در آب، به صورت زیر انجام می‌شود:



مقدار n ظرفیت باز را نشان می‌دهد که برای سود سوزآور (NaOH) برابر یک و برای باریم هیدروکسید (Ba(OH)_2) برابر دو است.

✓ واکنش بازهای ضعیف در آب، نمونه‌ای از واکنش‌های برگشت‌پذیر بوده و محلول یک باز ضعیف (مانند آمونیاک) در آب را می‌توان یک سامانه تعادلی در نظر گرفت:



✓ مقدار عددی ثابت یونش یک باز (K_b)، معیاری برای میزان پیشرفت آن باز تا لحظه رسیدن به تعادل است. هر چه ثابت یونش یک باز بزرگ‌تر باشد، واکنش یونیده شدن آن، پیشرفت بیشتری خواهد داشت.

قدرت بازی بیشتر $\rightarrow$ غلظت یون OH^- بیشتر $\rightarrow$ ثابت یونش باز بزرگ‌تر



رسانایی الکتریکی بیشتر

❖ واکنش خنثی شدن اسید - باز:

✓ فرآورده‌های واکنش خنثی شدن اسید - باز، نمک و آب هستند:

آب + نمک → محلول باز + محلول اسید

برای مثال، فرآورده‌های واکنش هیدروکلریک اسید (HCl) و سود سوزآور (NaOH)، نمک خوراکی (NaCl) و آب هستند.

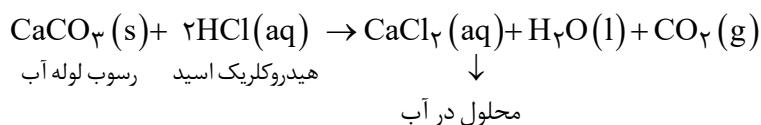
✓ در شرایط یکسان، هرچه ثابت یونش باز B و اسید A بزرگ‌تر باشد، سرعت واکنش خنثی شدن اسید - باز بیشتر خواهد بود.

❖ سه واکنش اسید - باز مهم کتاب درسی:

(۱) شوینده‌های خورنده بازی: از این شوینده‌ها برای پاک کردن آلاینده‌هایی با خاصیت اسیدی استفاده می‌شود:



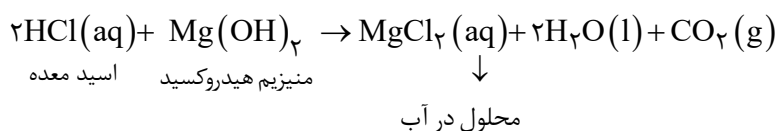
(۲) شوینده‌های خورنده اسیدی: از این شوینده‌ها برای پاک کردن آلاینده‌هایی با خاصیت بازی استفاده می‌شود:



(۳) ضد اسیدها: داروهایی هستند که برای خنثی کردن اسید معده توسط پزشکان تجویز می‌شوند. شیر منیزی یکی از

رایج‌ترین ضداسیدها است که شامل منیزیم هیدروکسید است. این دارو با اسید معده به صورت زیر واکنش داده و

سبب کاهش اسید معده می‌شود:



فصل دوم

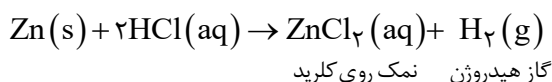
❖ واکنش‌های اکسایش - کاهش

✓ در هر واکنش اکسایش - کاهش، یک گونه اکسند و یک گونه کاهنده وجود دارد:
اکسند: ماده‌ای که با گرفتن الکترون از گونه‌های دیگر، آن‌ها را اکسید می‌کند؛ در واقع گونه اکسند باعث اکسایش گونه‌های دیگر شده و خودش کاهش می‌یابد.

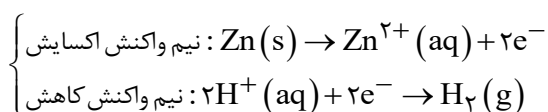
کاهنده: ماده‌ای که با دادن الکترون به گونه‌های دیگر، آن‌ها را کاهش می‌دهد (می‌کاهد) و خودش اکسایش می‌یابد.
توجه: نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش به طور هم‌زمان و در کنار هم رخ می‌دهند. به همین خاطر به واکنش‌هایی که در آن‌ها گونه‌های شیمیایی الکترون دادوستد می‌کنند، **واکنش‌های اکسایش - کاهش** می‌گوییم.

❖ واکنش فلزها با اسیدها:

اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. برای مثال، به واکنش فلز روی (Zn) با محلول هیدروکلریک اسید توجه کنید:



نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش مربوطه به صورت زیر است:

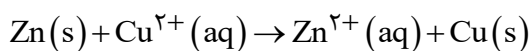


بنابراین در واکنش فلز روی با هیدروکلریک اسید، فلز روی نقش کاهنده و یون‌های هیدروژن نقش اکسند دارند.

❖ رقابت فلزها برای از دست دادن الکترون:

✓ فلزها، قدرت کاهندگی متفاوتی دارند و تمایل آن‌ها برای از دست دادن الکترون یکسان نیست.
 ✓ اگر تیغه فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد را درون محلول کاتیون‌های فلزی با قدرت کاهندگی کمتر قرار دهیم، واکنش اکسایش - کاهش انجام می‌شود.

برای مثال، تیغه فلز روی در محلول مس (II) سولفات به صورت زیر واکنش می‌دهد:



توجه ۱: واکنش انجام شده، گرماده است و بر اثر انجام آن، دمای محلول افزایش پیدا می‌کند.

توجه ۲: هرچه قدرت کاهندگی فلز بیشتر باشد، گرمای آزاد شده و دمای نهایی محلول بیشتر خواهد بود.

❖ سلول گالوانی:

هر سلول گالوانی، از سه جزء اصلی تشکیل شده است:

(۱) **کاتد و آنود:** در سلول گالوانی، الکترودی که در آن نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد، کاتد و الکترودی که در آن نیم‌واکنش اکسایش رخ می‌دهد، آنود نامیده می‌شود. در این سلول، الکترون‌ها در آنود آزاد شده و از طریق سیم رابط در مدار بیرونی به سمت کاتد جریان پیدا می‌کنند.

توجه: در سلول‌های گالوانی الکترون‌ها، در آند تولید شده و به سمت کاتد حرکت می‌کنند. در این سلول‌ها، آند را قطب منفی و کاتد را قطب مثبت سلول در نظر می‌گیریم.

(۲) **نیم‌سلول‌های کاتدی و آندی:** نیم‌سلول کاتدی، شامل الکتروکاتد است که درون محلولی حاوی کانیون‌های خود قرار گرفته است. به همین ترتیب نیم‌سلول آندی، شامل الکتروکاتد است که درون محلولی حاوی کانیون‌های خود قرار دارد.

(۳) **دیواره متخلخل:** این دیواره اجازه جابه‌جایی برخی یون‌ها بین محلول‌های الکتروکاتدی را می‌دهد؛ یعنی امکان عبور آنیون‌ها را به سمت آند و کانیون‌ها را به سمت کاتد فراهم می‌کند.

نکته: در اغلب سلول‌های گالوانی، تیغه آند اکسید شده و با گذشت زمان از جرم فلز آند کاسته می‌شود. در طرف مقابل، با کاهش کاتیون‌های موجود در نیم‌سلول کاتدی، جرم تیغه فلزی کاتد افزایش می‌یابد.

❖ نکات مهم جدول سری الکتروشیمیایی:

(۱) در سری الکتروشیمیایی، علامت E° فلزهایی که قدرت کاهندگی بیشتری از H_2 دارند، منفی و علامت E° فلزهایی که قدرت کاهندگی کم‌تری از H_2 دارند، مثبت است.

نکته: یک محلول اسیدی (حاوی یون H_2) را نمی‌توان در ظرفی از جنس فلز با E° منفی نگهداری کرد.

(۲) هر چه مقدار پتانسیل کاهش استاندارد یک نیم‌سلول کوچک‌تر (منفی‌تر) باشد، در سری الکتروشیمیایی در مکان پایین‌تری قرار می‌گیرد و گونه سمت راست نیم‌واکنش، تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون یا اکسید شدن دارد؛ در نتیجه کاهنده قوی‌تری است.

(۳) هر چه مقدار پتانسیل کاهش استاندارد یک نیم‌واکنش بزرگ‌تر (مثبت‌تر) باشد، در سری الکتروشیمیایی در مکان بالاتری قرار داشته و گونه سمت چپ نیم‌واکنش، تمایل بیشتری برای گرفتن الکترون یا کاهش یافتن دارد؛ در نتیجه اکسنده قوی‌تری است.

نکته: لیتیم (Li) کاهنده‌ترین و فلوئور (F_2) اکسنده‌ترین عناصر سری الکتروشیمیایی هستند.

(۴) در یک سلول گالوانی، نیم‌سلول با E° کوچک‌تر (منفی‌تر)، آند (قطب منفی سلول) و نیم‌سلول با E° بزرگ‌تر (مثبت‌تر)، کاتد (قطب مثبت سلول) را تشکیل می‌دهد.

📌 **شاهد عینی:**

نهایی خرداد ۱۴۰۳: در جدول زیر، پتانسیل کاهش استاندارد برخی نیم‌سلول‌ها داده شده است.

الف) در سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز A و D، جرم کدام تیغه (A یا D) کاهش می‌یابد؟

ب) کدام گونه (ها) می‌تواند C^{2+} را اکسید کند؟

نیم واکنش کاهش	$E^{\circ} (V)$
$A^{3+}(aq) + 3e^{-} \rightarrow A(s)$	$+1/5$
$B^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow B(s)$	$+0/85$
$C^{3+}(aq) + e^{-} \rightarrow C^{2+}(aq)$	$-0/12$
$D^{3+}(aq) + 3e^{-} \rightarrow D(s)$	$-1/66$

پ) کدام گونه قوی ترین کاهنده است؟

پاسخ: الف) D

ب) A^{3+} ، B^{2+} (به پاسخ A و B نمره تعلق نگرفت)

پ) D

❖ محاسبه emf سلول گالوانی:

اگر در سلول گالوانی به جای لامپ، ولت سنج قرار

گیرد، ولتاژی که ولت سنج در سلول گالوانی نشان می دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول است که آن را با نماد emf نمایش می دهند و از رابطه زیر بدست می آید:

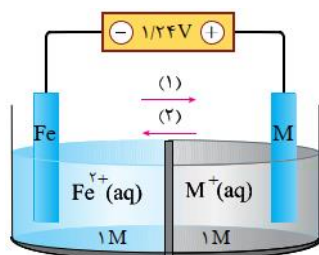
$$emf = E^{\circ}(\text{کاتد}) - E^{\circ}(\text{آند})$$

🔊 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: شکل زیر، ولتاژ ولت سنج را در سلول گالوانی نشان داده است. اگر پتانسیل کاهشی استاندارد

Fe^{2+}/Fe برابر $-0/44V$ باشد، پتانسیل کاهشی استاندارد M^{+}/M را محاسبه کنید.

پاسخ:



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

$$\Rightarrow 1/24 = E^{\circ}(M^{+}/M) - E^{\circ}(Fe^{2+}/Fe) = E^{\circ}(M^{+}/M) - (-0/44)$$

$$\Rightarrow E^{\circ}(M^{+}/M) = 1/24 - 0/44 = 0/8V$$

مقدمه:

در امتحان نهایی دوازدهم، ۵ نمره از فصل ۲ دوازدهم طرح خواهد شد که پیش بینی می شود حدود ۳ نمره آن از سرفصل حاضر باشد.

❖ تعیین عدد اکسایش اتم ها در یک مولکول:

به منظور تعیین عدد اکسایش آن ها در یک مولکول از ساختار الکترون - نقطه ای آن مولکول بهره گرفته و مطابق مراحل زیر عمل می کنیم:

(۱) به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم یکسان، یک الکترون به هر اتم نسبت می دهیم.

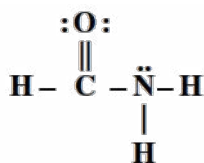
(۲) همه الکترون های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت می دهیم.

(۳) به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم متفاوت، هر دو الکترون را به اتم با خصلت نافلزی بیشتر نسبت می دهیم.

(۴) در نهایت به کمک رابطه زیر، عدد اکسایش اتم مورد نظر را تعیین می کنیم:

مجموع تعداد الکترون های نسبت داده شده مورد نظر - تعداد الکترون های ظرفیتی اتم مورد نظر = عدد اکسایش اتم

مثال: عدد اکسایش اتم‌های C و N را در ترکیب زیر حساب کنید.



پاسخ:

$$\text{عدد اکسایش اتم N} = 5 - (6 + 2) = -3 \quad \text{و} \quad \text{عدد اکسایش اتم C} = 4 - 2 = +2$$

❖ چند قاعده برای تعیین عدد اکسایش:

(۱) عدد اکسایش عنصرها در حالت آزاد به شکل اتمی (مانند Fe، Mg و ...) یا دواتمی (مانند H_۲، O_۲، Cl_۲ و ...) برابر صفر است.

(۲) عدد اکسایش یون‌های تک‌اتمی برابر است با بار یون (با در نظر گرفتن علامت آن)، برای مثال، عدد اکسایش Fe^{۳+} برابر با «+۳» و عدد اکسایش O^{۲-} برابر با «-۲» است.

(۳) در ترکیب‌های مختلف، عدد اکسایش فلزهای قلیایی (گروه ۱) برابر +۱ و فلزهای قلیایی خاکی (گروه ۲)، برابر با +۲ است. برای مثال، عدد اکسایش Na و Mg در ترکیب‌های مختلف آن‌ها به ترتیب +۱ و +۲ می‌باشد.

(۴) عدد اکسایش فلئوئور (F) در ترکیب‌های مختلف (مانند HF و CaF_۲) همواره برابر -۱ است.

(۵) عدد اکسایش اکسیژن (O) در اغلب ترکیب‌ها (مانند H_۲O و MgO) برابر -۲ و در برخی از ترکیب‌ها عددی دیگر است. برای مثال، در ترکیب OF_۲، عدد اکسایش اکسیژن برابر +۲ می‌باشد.

(۶) در ترکیب‌های مختلف هیدروژن با نافلزها، عدد اکسایش هیدروژن برابر با +۱ است. برای مثال، عدد اکسایش هیدروژن در CH_۴ برابر با «+۱» است.

❖ تعیین عدد اکسایش به روش تشکیل معادله:

مجموع اعداد اکسایش اتم‌ها در یک مولکول خنثی، برابر با صفر و در یون‌های چند اتمی، برابر با بار یون (با در نظر گرفتن علامت آن) است. برای مثال، مجموع اعداد اکسایش در CH_۴، NH_۴⁺ و SO_۴^{۲-} به ترتیب برابر با صفر، +۱ و -۲ است. بنابراین در صورتی که در یک ترکیب، عدد اکسایش تمام اتم‌ها را به جز یکی داشتیم، می‌توانیم با تشکیل معادله عدد اکسایش، عدد اکسایش مجهول را پیدا کنیم.

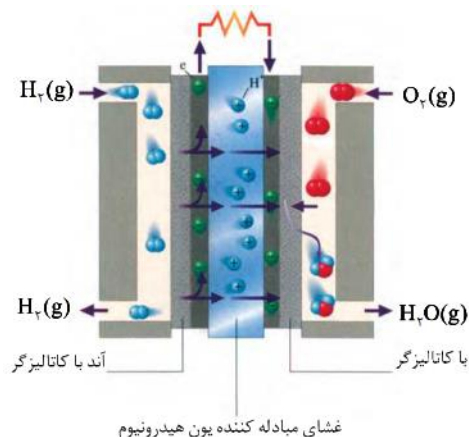
مثال: عدد اکسایش اتم گوگرد را در یون سولفات به دست آورید.

پاسخ:

$$\text{SO}_4^{2-}: \underbrace{\text{عدد اکسایش}}_x + \underbrace{4(-2)}_{\text{عدد اکسایش O}} = -2 \Rightarrow x = +6$$

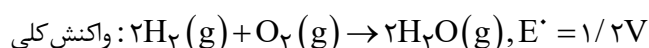
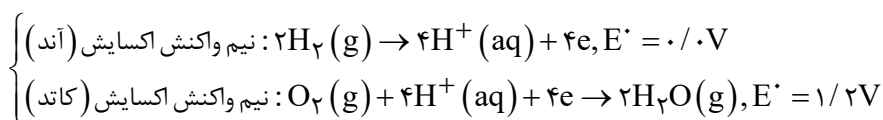
بار یون

❖ سلول سوختی:



رایج‌ترین سلول سوختی، سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن است. این سلول، نوعی سلول گالوانی بوده و همانند سایر سلول‌های گالوانی از آند، کاتد، مدار خارجی و غشا تشکیل شده است. الکترودهای آند و کاتد در این سلول‌ها، دارای کاتالیزگرهایی هستند که سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شوند.

توجه: در این سلول سوختی هیدروژن از بخش آندی و اکسیژن از بخش کاتدی وارد سلول می‌شود.



❖ سه نکته درباره سلول‌های سوختی:

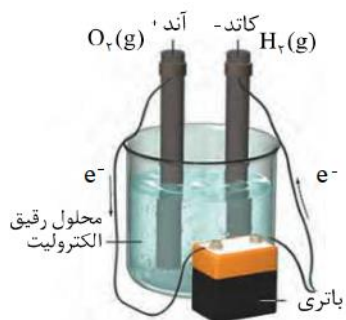
- ۱) بازدهی سلول‌های سوختی حدوداً ۳ برابر سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون‌سوز است.
- ۲) سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند.
- ۳) یکی از چالش‌های سلول‌های سوختی تأمین سوخت است.

مشاوره:

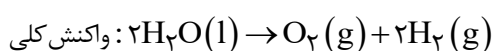
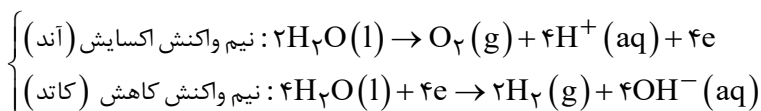
یکی از سؤالات محتمل امتحان نهایی، مقایسه سلول‌های گالوانی و الکترولیتیک که باید حتماً بلد باشیم.

سلول الکترولیتی	سلول گالوانی	نوع واکنش
غیر خود به خودی	خود به خودی	
$\text{emf} < 0$	$\text{emf} > 0$	emf
الکتریکی به شیمیایی	شیمیایی به الکتریکی	تبدیل انرژی
آند (+) و کاتد (-)	آند (-) و کاتد (+)	قطب مثبت و منفی
واکنش‌دهنده > فراورده	فراورده > واکنش‌دهنده	سطح انرژی

❖ برقکافت آب:



در فرایند برقکافت آب در یک سلول الکترولیتی مولکول‌های آب به عناصر سازنده خود تبدیل می‌شوند. در این سلول، مولکول‌های آب در آند اکسایش یافته و سبب تولید گاز اکسیژن می‌شوند. همچنین مولکول‌های آب در کاتد، کاهش یافته و گاز هیدروژن تولید می‌کنند. واکنش‌های انجام شده به صورت زیر است:



❖ دو نکته درباره برقکافت آب:

۱) در فرایند برقکافت آب، اطراف آند به علت تولید یون H^+ خاصیت اسیدی دارد؛ بنابراین اگر یک کاغذ pH را در آند این سلول فرو ببریم، قرمز رنگ می‌شود. همچنین اطراف کاتد به علت تولید یون OH^- ، خاصیت بازی دارد و رنگ کاغذ pH آبی خواهد شد.

۲) آب خالص، رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد و در فرایند برقکافت باید اندکی ماده الکترولیت به آن اضافه کرد.

👉 **شاهد عینی:**

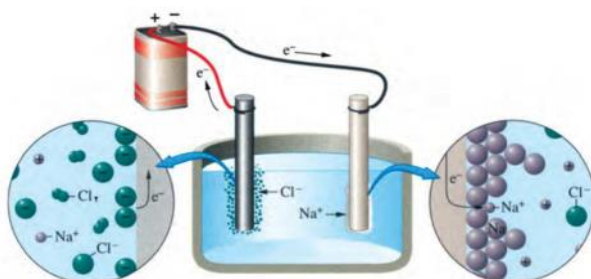
نهایی خرداد ۱۴۰۳: درستی یا نادرستی عبارت زیر را تعیین کنید.

برقکافت محلول رقیق نمک خوراکی نسبت به برقکافت آب خالص بهتر انجام می‌شود.

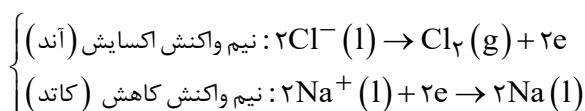
پاسخ: درست

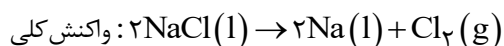
❖ برقکافت سدیم کلرید مذاب (سلول دانز):

به منظور استخراج فلزاتی مانند سدیم که کاهنده‌ای قوی به شمار می‌رود، بایستی از برقکافت نمک مذاب این فلزها بهره بگیریم. برقکافت سدیم کلرید مذاب، در نوعی سلول الکترولیتی به نام سلول دانز انجام می‌شود. در آند این سلول، یون کلرید اکسایش یافته و در کاتد، یون سدیم با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد.



واکنش‌های انجام شده در فرایند برقکافت سدیم کلرید مذاب به صورت زیر است:





نکته: سدیم کلرید مذاب در دمای 801°C ذوب می‌شود. برای کاهش نقطه ذوب این ماده، به آن کلسیم کلرید اضافه می‌کنند و در نتیجه دمای ذوب تا حدود 587°C کاهش می‌یابد.

زیر ذره‌بین:

به منظور تشخیص فراورده‌های تولید شده در آند و کاتد سلول‌های مربوط به برقکافت نمک مذاب یک فلز، باید بدانید که آنیون نافلز در آند اکسایش یافته و کاتیون فلز در کاتد کاهش می‌یابد. بر این اساس، فراورده تولید شده در آند و کاتد این سلول‌ها، به ترتیب نافلز و فلز خواهد بود.

🔍 **شاهد عینی:**

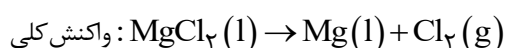
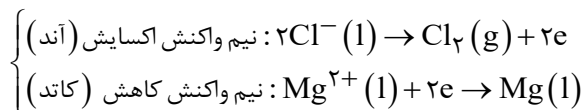
شبه نهایی خرداد ۱۴۰۳: واژه درست را از داخل کمانک انتخاب کنید.

در فرایند برقکافت لیتیم برمید مذاب (LiBr) در آند (لیتیم / برم) تولید می‌شود.

پاسخ: برم

❖ تهیه فلز منیزیم از آب دریا:

به منظور استخراج فلز منیزیم از آب دریا، ابتدا منیزیم را به صورت $\text{Mg}(\text{OH})_2$ رسوب می‌دهند. سپس با افزودن هیدروکلریک اسید به منیزیم هیدروکسید، محلول منیزیم کلرید حاصل می‌شود. سپس محلول منیزیم کلرید حاصل را خشک و سپس ذوب می‌کنند تا منیزیم کلرید مذاب حاصل شود. در نهایت منیزیم کلرید مذاب را برقکافت می‌کنند:

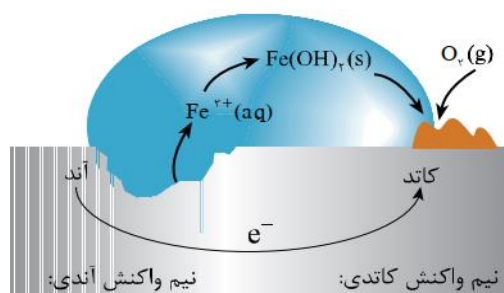


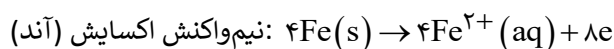
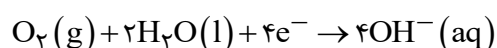
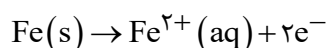
لبه تیغ: به منظور استخراج فلز سدیم یا فلز منیزیم، نمی‌توان محلول سدیم کلرید یا محلول منیزیم کلرید را برقکافت کرد و حتماً باید نمک مذاب این فلزات برقکافت شود. زیرا در سلول‌های الکترولیتی مربوطه، مولکول‌های آب در رقابت کاتدی با یون سدیم و منیزیم برنده می‌شوند و به جای فلز مذاب، گاز H_2 در کاتد تولید می‌شود.

❖ خوردگی آهن:

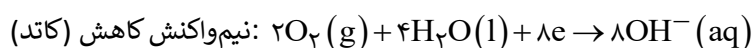
خوردگی یک واکنش خود به خودی و ناخواسته است. فرایند خوردگی در سلول‌های گالوانی انجام می‌شود.

در فرایند خوردگی آهن، نخست اتم‌های آهن به یون Fe^{2+} اکسایش می‌یابند.

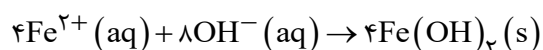




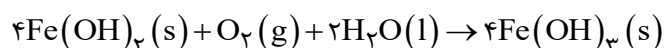
الکترون‌های حاصل از اکسایش آهن توسط قطعه آهن به کاتد مهاجرت کرده و سبب کاهش مولکول‌های اکسیژن می‌شوند:



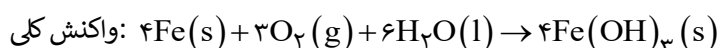
یون‌های Fe^{2+} تولید شده در آند از طریق قطره آب به سمت کاتد رفته و با یون هیدروکسید واکنش می‌دهند:



در مرحله بعد $\text{Fe}(\text{OH})_2$ مجدداً اکسید شده و فراورده نهایی $(\text{Fe}(\text{OH})_3)$ تشکیل می‌شود:



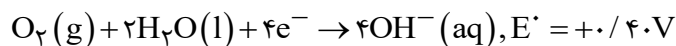
با توجه به این مراحل، معادله واکنش کلی فرایند خوردگی آهن به صورت زیر است:



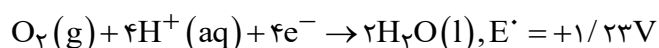
زیر ذره‌بین:

خوردگی آهن در محیط خنثی و در محیط اسیدی متفاوت است. به نیم‌واکنش‌های زیر دقت کنید:

(۱) نیم‌واکنش کاهش O_2 در آب خالص:



(۲) نیم‌واکنش کاهش O_2 در محیط اسیدی:

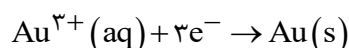


از آن‌جا که پتانسیل کاهش استاندارد O_2 در محیط اسیدی بزرگ‌تر است، قدرت اکسندگی گاز اکسیژن در محیط اسیدی

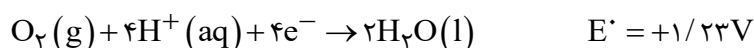
بیشتر خواهد بود؛ یعنی در حضور یون‌های H^{+} ، مقدار پتانسیل الکترودی نیم‌واکنش کاهش، افزایش می‌یابد و بهتر می‌تواند آهن را اکسید کند. به عبارت دیگر، خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد.

توجه: بالا رفتن سرعت نیم‌واکنش کاهش O_2 ، باعث بالا رفتن سرعت اکسایش در آند شده و بنابراین فلز آهن بیشتر و سریع‌تر خورده می‌شود.

• **فلزهای نجیب مانند طلا و پلاتین**، مقاومت عجیبی در برابر از دست دادن الکترون دارند. برای مثال با گذشت زمان، فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان درخشان باقی می‌ماند. فلزهای نجیب حتی در محیط‌های اسیدی هم اکسایش نمی‌یابند. این ویژگی، به دلیل پتانسیل کاهش استاندارد بالای این فلزها است. برای مثال به نیم‌واکنش‌های زیر دقت کنید:



$$E^{\circ} = +1.50\text{V}$$

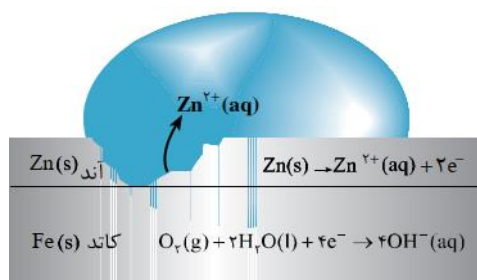


از آنجا که پتانسیل کاهشی استاندارد Au از پتانسیل کاهشی استاندارد O_2 ، محیط خنثی و همچنین در محیط اسیدی بیشتر است؛ فلز Au در محیط مرطوب و حتی در محیط اسیدی اکسید نمی‌شود.

♦ آهن گالوانیزه:

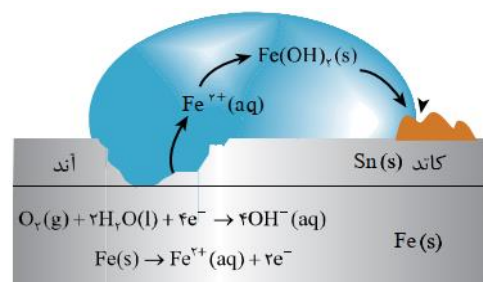
آهن گالوانیزه یا آهن سفید، ورقه آهنی (Fe) است که با لایه نازکی از فلز روی (Zn) محافظت می‌شود و در ساخت تانکر آب و کانال کولر کاربرد دارد. پس از ایجاد خراش، فلز روی به علت قدرت کاهندگی بیشتر نسبت به آهن، اکسایش می‌یابد و به عنوان یک محافظ کاندی، از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند.

مقایسه قدرت کاهندگی: $Zn > Fe$



♦ حلی:

حلی از ورقه‌های آهنی (Fe) تشکیل شده است که بر روی آن‌ها لایه نازکی از فلز قلع (Sn) وجود دارد و در ساختن قوطی کنسروها و ظروف بسته‌بندی مواد غذایی کاربرد دارد. قبل از ایجاد خراش، فلز قلع به عنوان پوشش محافظ از آهن حفاظت می‌کند، اما پس از ایجاد خراش، فلز آهن به علت قدرت کاهندگی بیشتر نسبت به قلع اکسایش می‌یابد.



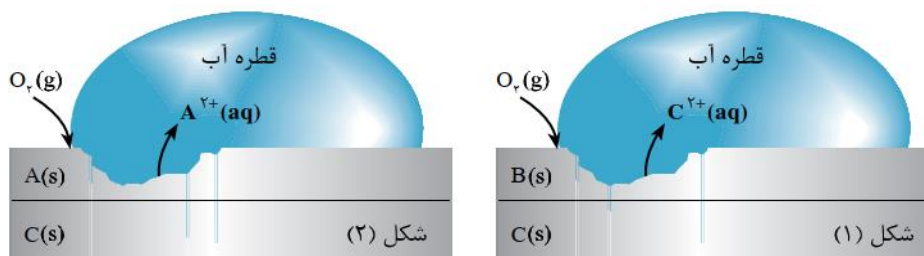
مقایسه قدرت کاهندگی: $Fe > Sn$

🔊 شاهد عینی:

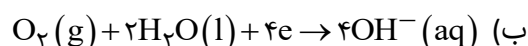
شبه نهایی خرداد ۱۴۰۳: با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

الف) در دمای $25^\circ C$ محلولی از نمک B را در ظرفی از جنس فلز A قرار می‌دهیم. با گذشت زمان، دمای محلول کدام یک از اعداد ($22^\circ C$ ، $25^\circ C$ ، $28^\circ C$) می‌تواند باشد؟ توضیح دهید.

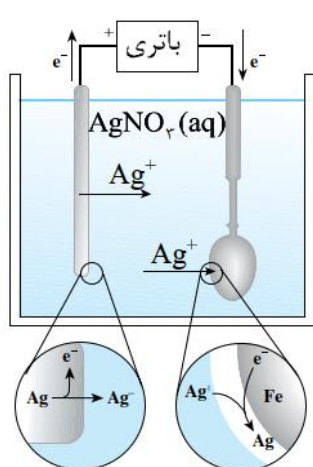
ب) نیم‌واکنش کاهش انجام شده در شکل (۱) را بنویسید. (موازنه شود)



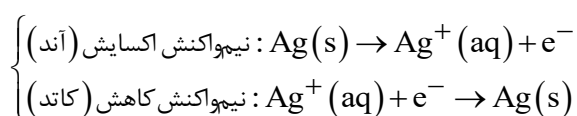
پاسخ: الف) $-28^\circ C$ - مقایسه قدرت کاهندگی به صورت $A > C > B$ است. بنابر این واکنش انجام می‌شود و دمای محلول افزایش می‌یابد.



❖ آبکاری:



به پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری گفته می‌شود. فرایند آبکاری، در یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود. در این فرایند فلزی که قرار است پوشش فلزی بر روی آن ایجاد شود به عنوان کاتد به قطب منفی مولد متصل می‌شود و فلزی که قرار است بر روی جسم مورد نظر بشیند (فلز پوشاننده) به عنوان آند به قطب مثبت باتری متصل می‌شود. شکل روبه‌رو آبکاری قاشق آهنی را با نقره نشان می‌دهد. نیم‌واکنش‌های انجام شده در الکترودها به صورت زیر است:

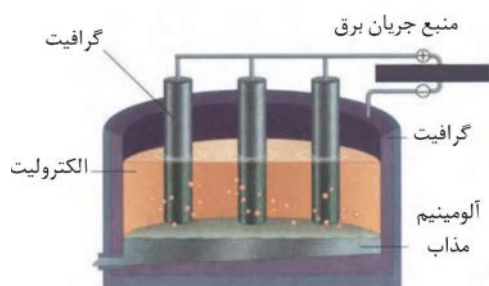


❖ سه نکته درباره آبکاری:

- جسمی که روکش فلزی بر روی آن ایجاد می‌شود، باید حتماً رسانای جریان برق باشد.
- الکترولیت این سلول باید دارای یون‌های فلزی باشد که قرار است به عنوان فلز پوشاننده استفاده شود؛ به عبارت دیگر الکترولیت باید حاوی کاتیون فلز آند باشد.
- با گذشت زمان، از جرم فلز آند کاسته شده و یک لایه از فلز پوشاننده (فلز به کار رفته در آند) بر روی جسم قرار گرفته در کاتد، می‌نشیند.

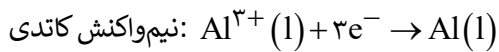
❖ فرایند هال:

فلز آلومینیم (Al) یک کاهنده قوی بوده و کانیون آن (Al^{3+}) از خودش پایدارتر است؛ بنابراین همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت، به شکل ترکیب یافت می‌شود؛ از این رو این فلز را می‌توان مانند فلزهای سدیم و منیزیم، از برق‌کافت نمک‌های مذاب آن به دست آورد. رایج‌ترین روش برای این منظور، به فرایند هال معروف است. شکل مقابل، سلول الکترولیتی که در آن فرایند هال برای تولید آلومینیم از Al_2O_3 انجام می‌شود را نشان می‌دهد:

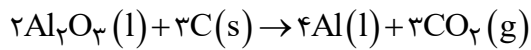


❖ چند نکته درباره سلول الکترولیتی فرایند هال:

- دیواره‌های این سلول از جنس گرافیت (C(s)) بوده و نقش کاتد (قطب منفی) سلول را ایفا می‌کنند.
- میله‌هایی از جنس گرافیت، درون سلول قرار داشته و آند سلول (قطب مثبت) را تشکیل می‌دهند.
- الکترولیت این سلول یک مخلوط یونی مذاب شامل Al_2O_3 مذاب است.
- در کاتد این سلول، نیم‌واکنش روبه‌رو انجام می‌شود:



(۵) واکنش کلی فرایند هال به صورت مقابل است:



توجه: در معادله بالا، $\text{C}(\text{s})$ گونه کاهنده و $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{l})$ گونه اکسنده است.

❖ اهمیت بازیافت آلومینیم:

فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی، هزینه بالایی دارد؛ از این رو با بازیافت فلز آلومینیم می‌توان علاوه بر افزایش عمر یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدناپذیر طبیعت (یعنی فلز آلومینیم)، برخی از هزینه‌های تولید این فلز را کاهش داد. برای مثال، تولید قوطی‌های آلومینیمی از قوطی‌های کهنه، فقط به ۷ درصد از انرژی لازم برای تهیه همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

فصل سوم

مقدمه:

۴ نمره امتحان نهایی دوازدهم از فصل ۳ کتاب دوازدهم طرح خواهد شد که پیش‌بینی می‌شود در حدود ۵/۳ نمره آن از سرفصل حاضر باشد. در خردادماه ۱۴۰۳، ۴ نمره امتحان نهایی متعلق به این سرفصل بوده است.

زیر ذره‌بین:

❖ مسائل درصد جرمی:

درصد جرمی یک ماده در یک نمونه، مقدار گرم آن ماده را در صد گرم از نمونه مورد نظر نشان می‌دهد. در امتحان نهایی، به دو صورت زیر از این مبحث سؤال طرح می‌شود:

حالت اول: محاسبه درصد جرمی یک ماده در یک نمونه

درصد جرمی در این حالت، از حاصل ضرب نسبت جرم ماده مورد نظر به جرم نمونه در ۱۰۰ به دست می‌آید.

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم ماده مورد نظر}}{\text{جرم نمونه}} \times 100$$

مثال ۱: درصد جرمی سیلیس (SiO_2) در یک نمونه خاک رس برابر ۴۵ درصد است. جرم سیلیس در ۲kg از این نمونه چند گرم است؟

پاسخ: از آن‌جا که جرم سیلیس را بر حسب گرم می‌خواهیم، ابتدا جرم نمونه را بر حسب گرم به دست می‌آوریم:

$$2\text{kg} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 2000\text{g}$$

بنابراین:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم سیلیس}}{\text{جرم نمونه}} \times 100 \Rightarrow 45 = \frac{x}{2000} \times 100 \Rightarrow x = 900\text{g}$$

حالت دوم: محاسبه درصد جرمی یک عنصر در یک ترکیب

در این حالت، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی عنصر مورد نظر} = \frac{\text{جرم مولی عنصر مورد نظر} \times \text{تعداد اتم‌های عنصر مورد نظر در فرمول}}{\text{جرم مولی ترکیب}} \times 100$$

مثال ۲: درصد جرمی عنصر آلومینیم را در یک نمونه خالص آلومینیم اکسید حساب کنید.

$$(\text{Al} = 27, \text{O} = 16 : \frac{\text{g}}{\text{mol}})$$

پاسخ: جرم مولی آلومینیم اکسید (Al_2O_3) برابر $102 = (2 \times 27) + (3 \times 16)$ گرم بوده و داریم:

$$\text{درصد جرمی Al} = \frac{\text{جرم مولی Al} \times \text{تعداد Al در } \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{جرم مولی } \text{Al}_2\text{O}_3} \times 100 = \frac{2 \times 27}{102} \times 100 \approx 52.9\%$$

❖ انواع جامدهای بلوری:

ذره‌های تشکیل‌دهنده جامدهای بلوری، اتم‌ها، مولکول‌ها یا یون‌ها هستند که به صورت منظم و در موقعیت‌های مشخص نسبت به هم قرار دارند. جامدهای بلوری را بر اساس نوع و ساختار ذره‌های سازنده‌شان به چهار دسته تقسیم می‌کنند:

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

❖ مواد کووالانسی:

یک ماده کووالانسی، مجموعه‌ای از اتم‌های بسیار است که با هم، پیوندهای اشتراکی داشته و ساختاری به هم پیوسته و غول‌آسا دارند. بنابراین در ساختار این مواد، مولکول وجود ندارد.

مواد کووالانسی را می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی کرد:

- (۱) **مواد کووالانسی که عنصرند:** علاوه بر عنصر کربن (C)، شبه‌فلزهای جدول دوره‌ای مانند عنصر سیلیسیم (Si) جزو مواد کووالانسی به شمار می‌روند.

- (۲) **مواد کووالانسی که ترکیب‌اند:** سیلیس (SiO_2) و سیلیسیم کربید (SiC)، دو مثال معروف از این دسته مواد کووالانسی هستند.

سه ویژگی مهم مواد کووالانسی عبارت‌اند از:

- (۱) در دما و فشار اتاق، به حالت جامد هستند و به همین دلیل آن‌ها را جامد کووالانسی نیز می‌خوانند.
- (۲) عنصرهای اصلی سازنده آن‌ها در طبیعت کربن (C) و سیلیسیم (Si) هستند.
- (۳) اغلب آن‌ها به دلیل داشتن ساختار به هم پیوسته و غول‌آسا، سختی بالایی داشته و دیرگداز هستند.

❖ سیلیس (SiO_2)، زیبا، سخت و ماندگار:

سیلیسیم (Si) پس از اکسیژن، فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است. بنابراین ترکیب‌های گوناگونی که از این دو عنصر به دست می‌آیند، بخش عمده پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند. در واقع ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند. از این رو سیلیس (SiO_2)، فراوان‌ترین اکسید در پوسته جامد زمین به شمار می‌رود. در جدول زیر ویژگی‌های انواع سیلیس در طبیعت مقایسه شده است:

انواع سیلیس در طبیعت	مثال	ویژگی	کاربرد
خالص	کوارتز	خواص نوری ویژه دارد.	ساخت منشور و عدسی
ناخالص	خاک رس، شن و ماسه	استحکام و ماندگاری	ساخت استکان شیشه‌ای

❖ مقایسه ساختار سیلیس و یخ خشک:

- (۱) یخ خشک ($\text{CO}_2(s)$) برخلاف سیلیس ($\text{SiO}_2(s)$) که یک جامد کووالانسی با ساختار غول‌آسا است، یک جامد مولکولی بوده و از مولکول‌های CO_2 تشکیل شده است.

۲) بین مولکول‌های CO_2 در ساختار یخ خشک، نیروی واندروالسی ضعیفی وجود دارد. در نتیجه یخ خشک برخلاف سیلیس، نقطه ذوب پایینی دارد.

🔗 شاهد عینی:

نهایی دی ۱۴۰۲: با توجه به ترکیبات «سیلیس ($\text{SiO}_2(\text{s})$) و کربن دی‌اکسید جامد ($\text{CO}_2(\text{s})$)» به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) نوع جامد را در هر ترکیب بنویسید؟ (مولکولی، یونی، فلزی، کووالانسی)

ب) سختی کدام ترکیب بیشتر است؟ چرا؟

پاسخ: الف) سیلیس، جامد کووالانسی و کربن دی‌اکسید جامد، جامد مولکولی است.

ب) سیلیس، زیرا یخ خشک ماده‌ای مولکولی است که در ساختار آن مولکول‌های مجزای CO_2 وجود دارند و بین آن‌ها نیروی‌های واندروالسی ضعیف وجود دارد، اما سیلیس، مجموعه‌ای از اتم‌های Si و O است که با هم پیوند اشتراکی داشته و ساختاری غول‌آسا را به وجود می‌آورند. بنابراین سختی سیلیس به مراتب بیشتر از یخ خشک است.

❖ گرافیت و الماس:

گرافیت و الماس از جمله دگرشکل‌های طبیعی کربن هستند و جزو جامدهای کووالانسی محسوب می‌شوند. در جدول زیر، ویژگی‌های این دو دگرشکل مقایسه شده است:

گرافیت	الماس	دگرشکل کربن
چینش دوبعدی اتم‌ها	چینش سه‌بعدی اتم‌ها	ساختار
۳	۴	تعداد کربن متصل به هر کربن در ساختار
کم‌تر از الماس	بیشتر از گرافیت	چگالی
نرم	سختی بالا	سختی / نرمی
ساخت مغز مداد	ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه	کاربرد

توجه: گرافن تک‌لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌ها در دو بعد چینش یافته‌اند. در واقع از آن‌جا که ضخامت گرافن به اندازه یک اتم کربن است، می‌توان آن را یک گونه شیمیایی دوبعدی دانست که پیش‌بینی می‌شود شفاف و انعطاف‌پذیر باشد. یافته‌های تجربی نیز شفافیت و انعطاف‌پذیری گرافن را تأیید می‌کنند.

لبه تیغ:

مقایسه نقطه ذوب و سختی مواد کووالانسی:

در جدول زیر، مقدار میانگین آنتالپی‌های $\text{C}-\text{C}$ ، $\text{Si}-\text{Si}$ و $\text{Si}-\text{C}$ مقایسه شده است:

C-C	Si-Si	Si-C	پیوند
۳۴۸	۲۲۶	۳۱۸	میانگین آنتالپی ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$)

مقایسه مقدار میانگین آنتالپی: $\text{C}-\text{C} > \text{Si}-\text{C} > \text{Si}-\text{Si}$

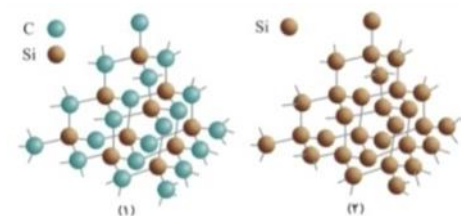
همان طور که می دانیم، هر چه میانگین آنتالپی یک پیوند بزرگتر باشد، شکستن آن پیوند دشوارتر است. پس با توجه به مشابه بودن ساختار الماس، سیلیسیم خالص و سیلیسیم کربید می توان نقطه ذوب و سختی این جامدهای کووالانسی را به صورت زیر مقایسه کرد:

سیلیسیم خالص > سیلیسیم کربید > الماس: مقایسه نقطه ذوب و سختی

توجه: اگر ساختار دو جامد کووالانسی یکسان نبود، نمی توان صرفاً با مقایسه میانگین آنتالپی های پیوند در آن دو ماده، نقطه ذوب و سختی آن ها را مقایسه کرد.

🔗 **شاهد عینی:**

نهایی خرداد ۱۴۰۲: میانگین آنتالپی پیوند C-C و Si-Si به ترتیب برابر $435 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ و 327 است. پیش بینی کنید



کدام ماده (۱) یا (۲) سختی کمتری دارد؟

پاسخ: ماده (۲) سختی کمتری دارد.

❖ مواد مولکولی:

مولکول ها، واحدهای سازنده مواد مولکولی هستند، واحدهای مجزایی که شامل دو یا چند اتم با پیوندهای اشتراکی بوده و نقش کلیدی در تعیین خواص و رفتار این دسته از مواد دارند. در این دسته از مواد، نیروی بین مولکولی ذرات از نوع نیروهای واندروالسی یا پیوند هیدروژنی است.

❖ ویژگی های جامدهای مولکولی:

(۱) ذرات تشکیل دهنده: ذره های تشکیل دهنده جامدهای مولکولی برخلاف سه نوع جامد دیگر، مولکول های مجزا هستند.

(۲) رفتار فیزیکی: رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آن ها بستگی دارد. برای نمونه آنتالپی تبخیر و نقطه جوش یک ماده مولکولی به حالت مایع، به نیروهای بین مولکولی آن وابسته است. نیروهای بین ذره های تشکیل دهنده جامدهای مولکولی، از نوع واندروالسی یا پیوند هیدروژنی هستند، از این رو دمای ذوب جامدهای مولکولی، پایین است.

(۳) رفتار شیمیایی: رفتار شیمیایی یک ماده مولکولی به طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت الکترون ها پیوندی) و جفت الکترون های ناپیوندی موجود در مولکول آن ماده وابسته است.

❖ مقایسه مواد مولکولی و مواد کووالانسی:

(۱) استفاده از واژه های رایج شیمیایی: واژه های رایج شیمیایی مانند ماده مولکولی، فرمول مولکولی و نیروهای بین مولکولی را نمی توان برای مواد کووالانسی به کار برد، زیرا این مواد ساختارهای غول آسای دارند که در آن ها اثری از مولکول های مجزا دیده نمی شود.

(۲) تنوع: تنوع و شمار مواد مولکولی به مراتب از مواد کووالانسی بیشتر است.

۳) **نقطه ذوب:** در ساختار یک جامد کووالانسی، میان همه اتم‌ها، پیوندهای اشتراکی وجود دارد. به همین دلیل چنین موادی نقطه ذوب بالایی دارند و دیرگداز هستند. از سوی دیگر، در ساختار یک جامد مولکولی، میان شمار معینی از اتم‌ها، پیوندهای اشتراکی وجود دارد. به همین دلیل چنین موادی دمای ذوب پایینی دارند و زودگداز هستند.

۴) **تعداد پیوندهای اشتراکی:** در ساختار یک جامد کووالانسی، میان همه اتم‌ها، ولی در ساختار یک جامد مولکولی، میان شمار معینی از اتم‌ها، پیوندهای اشتراکی وجود دارد. بنابراین اگر یک جامد کووالانسی و یک جامد مولکولی با تعداد اتم برابر داشتیم، تعداد پیوندهای اشتراکی در جامد کووالانسی بیشتر خواهد بود.

❖ نقشه های پتانسیل و الکتروستاتیکی:

الکترون‌ها در مناطق خاصی از فضای اطراف هسته اتم‌های سازنده مولکول‌ها حضور دارند. جفت الکترون‌های پیوندی در مناطقی بین هسته اتم‌هایی که با هم پیوند اشتراکی دارند و جفت الکترون‌های ناپیوندی هر اتم در اطراف آن قرار دارند. در هر مولکول، تراکم بار الکتریکی نشان می‌دهد که الکترون‌ها چگونه در اطراف هسته‌ها توزیع شده‌اند. اگر تراکم بار الکتریکی در ناحیه اطراف هسته‌ها زیاد باشد، به این معنی است که احتمال پیدا کردن الکترون‌ها در آن ناحیه زیاد است، ولی اگر تراکم بار الکتریکی در آن ناحیه کم باشد، نشان‌دهنده این است که احتمال یافتن الکترون در آن ناحیه پایین است. **توجه:** در نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی، هرچه رنگ ناحیه‌ای به سرخ متمایل باشد، تراکم بار الکتریکی در آن ناحیه بیشتر بوده و آن ناحیه منفی‌تر است. بالعکس هرچه ناحیه‌ای به آبی متمایل باشد؛ تراکم بار الکتریکی در آن ناحیه کمتر بوده و آن ناحیه مثبت‌تر است.

👉 **شاهد عینی:**

نهایی خرداد ۱۳۹۹: با توجه به نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی گوگرد دی‌اکسید (SO_2) به پرسش‌ها پاسخ دهید.



الف) این مولکول قطبی است یا ناقطبی؟ چرا؟

ب) با بیان دلیل، اتم S را در نقشه با $(\delta+)$ یا $(\delta-)$ نشان‌دار کنید.

پاسخ: الف) قطبی، زیرا بار الکتریکی در پیرامون اتم مرکزی توزیع متقارن ندارد.

ب) در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی، رنگ آبی تراکم کم‌تر بار الکتریکی را نشان می‌دهد، بنابراین اتم S با $(\delta+)$ نشان‌دار می‌شود.

❖ شبکه بلوری جامد یونی:

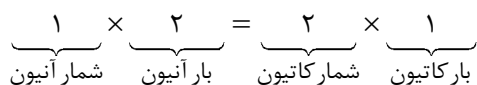
۱) آرایش یون‌ها در سرتاسر شبکه بلوری سدیم کلرید از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند، به طوری که هر کاتیون با شمار معینی آنیون و هر آنیون با شمار معینی کاتیون احاطه شده است.

۲) به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهم‌نام موجود در پیرامون هر یون در شبکه بلور، عدد کوئوردیناسیون می‌گویند. برای مثال عدد کوئوردیناسیون یون‌های Na^+ و Cl^- در شبکه بلوری سدیم کلرید یکسان و برابر با ۶ است.

۳) فرمول شیمیایی هر ترکیب یونی، ساده‌ترین نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های سازنده آن را نشان می‌دهد. از آن‌جا که ترکیب‌های یونی در مجموع خنثی هستند، رابطه زیر بین شمار کاتیون‌ها و شمار آنیون‌های آن برقرار است.

بار کاتیون $\times$ شمار کاتیون = بار آنیون $\times$ شمار آنیون

برای مثال، در ترکیب یونی Na_2SO_4 با یون‌های Na^+ و SO_4^{2-} داریم:



(۴) برای محاسبه بار یک یون چند اتمی، از روی ساختار لوویس از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

مجموع تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی - مجموع تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها = بار آنیون

برای مثال، برای یون فسفات داریم:

$$\text{بار آنیون} = \underbrace{((4 \times 6) + 5)}_{29} - \underbrace{((4 \times 6) + (4 \times 2))}_{32} = -3$$

❖ آنتالپی فروپاشی شبکه:

(۱) هر چه نیروی جاذبه یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکه یونی بیشتر بوده و برای فروپاشی آن یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر، به انرژی بیشتری نیاز است.

(۲) مقدار آنتالپی فروپاشی همواره عددی مثبت است و یکای آن، کیلوژول بر مول ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$) می‌باشد.

(۳) هر چه چگالی بار یون‌های سازنده یک جامد یونی بیشتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه آن بزرگ‌تر بوده و در نتیجه شبکه آن دشوارتر از هم پاشیده می‌شود.

فروپاشی شبکه دشوارتر $\Rightarrow$ آنتالپی فروپاشی $\uparrow \Rightarrow$ چگالی بار یون‌ها

توجه: از آن‌جا که محاسبه چگالی بار یک یون دشوار است، می‌توان از نسبت مقدار بار یون به شعاع آن استفاده کرد که نسبت ساده‌تری است. در رابطه زیر شعاع یون بر حسب پیکومتر (pm)، قرار داده می‌شود:

$$\text{نسبت بار به شعاع} = \frac{\text{مقدار بار یون}}{\text{شعاع یون}}$$

(۴) هر چه آنتالپی فروپاشی شبکه یک جامد یونی بزرگ‌تر باشد، به این معناست که نیروی جاذبه بین ذره‌های تشکیل‌دهنده آن بیشتر بوده و در نتیجه نقطه ذوب آن جامد یونی بیشتر است.

$\uparrow$ نقطه ذوب $\Rightarrow \uparrow$ نیروی جاذبه بین یون‌ها $\Rightarrow \uparrow$ آنتالپی فروپاشی

👉 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۱: با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

یون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع
Mg^{2+}	۷۲	$2 / 72 \times 10^{-2}$
Na^+	۱۰۲	
F^-	۱۲۳	$1 / 123 \times 10^{-3}$

الف) نسبت بار به شعاع یون Na^+ را حساب کنید.

ب) آنتالپی فروپاشی شبکه منیزیم فلئوئورید (MgF_2) بیشتر است یا سدیم فلئوئورید (NaF)؟ چرا؟

پاسخ:

$$\text{الف) } \frac{\text{مقدار بار یون}}{\text{شعاع یون}} = \frac{1}{1.02} \approx 9.8 \times 10^{-3}$$

ب) MgF_2 ، زیرا چگالی بار یون منیزیم از یون سدیم بیشتر است و شبکه آن سخت تر فرو می پاشد.

❖ ویژگی های فلزها:

۱) جایگاه فلزها در جدول تناوبی عناصرها:

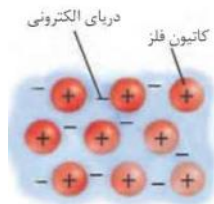
فلزها بخش عمده عناصرهای جدول دوره ای را تشکیل می دهند. این عناصرها در هر چهار دسته s، p، d و f حضور دارند. اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی آنها متفاوت است.

رفتارهای فیزیکی: جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل پذیری

رفتارهای شیمیایی: واکنش پذیری و تنوع عدد اکسایش (در بسیاری از فلزها)

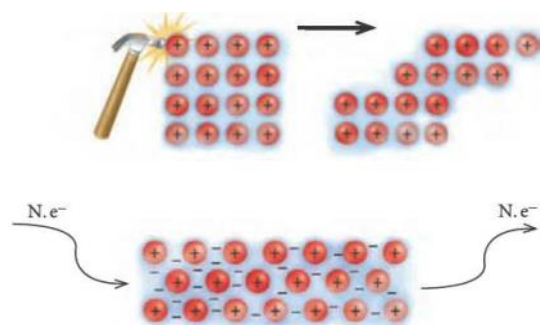
۲) **مدل دریای الکترونی:** شکل مقابل، الگوی ساده ای از شبکه بلوری فلزها را نشان می دهد که برای توجیه برخی از رفتارهای فیزیکی آنها ارائه شده و به مدل دریای الکترونی معروف است. براساس مدل دریای الکترونی، ساختار فلزها

آرایش منظمی از کاتیون ها در سه بعد است که در فضای میان آنها، سست ترین الکترون های موجود در اتم فلزها (یعنی الکترون های ظرفیت)، دریایی از الکترون می سازند و در آن آزادانه جابه جا می شوند.



توجه: از آنجا که در دریای الکترونی، الکترون ها آزادانه در فضای میان کاتیون ها جابه جا می شوند، هر الکترون موجود در این دریا را نمی توان تنها متعلق به یک اتم دانست. در واقع هر الکترون متعلق به شبکه بلوری فلز است نه به یک اتم!

- به کمک مدل دریای الکترونی می توان برخی از رفتارهای فیزیکی فلزها از جمله شکل پذیری و رسانایی الکتریکی را توجیه کرد:



شکل پذیری فلزها: اگر به فلزها ضربه وارد کنیم، چیدمان

کاتیون ها در شبکه بلوری فلزها جابه جا می شود، اما به خاطر حضور دریای الکترونی نیروهای جاذبه بر نیروهای دافعه غلبه کرده و چیدمان کاتیون ها در حالت جدید پایدار می ماند. در نتیجه فلزها چکش خوارند و می توان آنها را به هر شکلی در آورد.

رسانایی الکتریکی فلزها: به دلیل جابه جایی آزادانه الکترون ها در

دریای الکترونی، الکترون ها می توانند مطابق شکل مقابل، از یک

منبع خارجی وارد فلز شده و از سمت دیگر آن خارج شوند، در نتیجه فلزها رسانای الکتریکی هستند.

توجه: از مدل دریای الکترونی نمی توان برای توجیه رفتارهای شیمیایی فلزها استفاده کرد.

👉 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: درستی و نادرستی عبارت زیر را مشخص کرده و در صورت نادرست بودن شکل درست آن را بنویسید.

«مدل دریای الکترونی، تنوع اعداد اکسایش فلزها را توجیه نمی‌کند.»

پاسخ: درست (زیرا تنوع اعداد اکسایش یکی از رفتارهای شیمیایی فلزها است).

❖ رنگ، نماد زیبایی:

احساس و درک رنگ‌ها به دلیل نورهای مرئی‌ای است که از محیط اطراف به چشم ما می‌رسند. بنابراین اگر در محیطی نور مرئی نباشد، انسان نمی‌تواند پیرامون خود را ببیند.



نکته:

(۱) اگر یک نمونه ماده همه طول موج‌های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همه آن‌ها را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می‌شود.

(۲) مواد رنگی، بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌مانده آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند. -

(۳) چشم ما، مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آن‌ها می‌بیند.

❖ محلول ترکیبات فلزهای واسطه:

محلول نمک‌های فلزهای واسطه که چندین کاتیون پایدار (چندین عدد اکسایش پایدار) دارند، به رنگ‌های گوناگون دیده می‌شوند. برای مثال، وانادیم (V ۲۳) با آرایش الکترونی $[\text{Ar}] 3d^3 4s^2$ ، پنج الکترون ظرفیتی داشته و می‌تواند اعداد اکسایش (II)، (III)، (IV) و (V) داشته باشد.

❖ واکنش اکسایش - کاهش محلول نمک وانادیم و فلز روی:

اگر به محلولی از نمک وانادیم (V)، گرد روی (Zn) اضافه کنیم، وانادیم (V) با رنگ زرد به وانادیم (IV) با رنگ آبی، در ادامه، به وانادیم (III) با رنگ سبز و در نهایت به وانادیم (II) با رنگ بنفش تبدیل می‌شود.

واکنش اکسایش و کاهش:



آرایش الکترونی یون وانادیم:



در هر مرحله از این آزمایش، عدد اکسایش وانادیم یک واحد کاهش یافته است؛ بنابراین در این واکنش چند مرحله‌ای، یون‌های وانادیم نقش اکسندۀ دارند. در طرف مقابل، فلز روی (Zn) نقش کاهندۀ داشته و به یون بی‌رنگ Zn^{2+} اکسید می‌شود.

❖ تیتانیم، فلزی فراتر از انتظار:

- (۱) تیتانیم نقطه ذوب بالاتری نسبت به فولاد زنگ نزن دارد؛ از این رو می‌تواند در ساخت تجهیزات که اجزای سازندۀ آن‌ها در دمای بالایی کار می‌کنند (مانند موتور جت) استفاده شود.
- (۲) چگالی تیتانیم کمتر از فولاد زنگ نزن است؛ از این رو قطعات ساخته شده با فلز تیتانیم سبک‌ترند.
- (۳) واکنش تیتانیم با ذره‌های موجود در آب دریا کمتر از فولاد زنگ نزن است. از این رو در ساخت پروانه کشتی اقیانوس‌پیما به جای فولاد از تیتانیم استفاده می‌شود.
- (۴) مقاومت تیتانیم در برابر خوردگی، خیلی بیشتر از مقاومت فولاد زنگ نزن در برابر خوردگی است. از این رو به منظور افزایش ماندگاری بناها می‌توان پوشش بیرونی آن‌ها را با تیتانیم ساخت.
- (۵) مقاومت تیتانیم در برابر سایش، مشابه فولاد زنگ نزن، عالی است.

❖ آلیاژهای تیتانیم:

تیتانیم به شکل آلیاژهای گوناگون کاربرد گسترده‌ای در صنعت دارد. برای نمونه نیتینول آلیاژی از نیکل و تیتانیم بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است و در ساخت فرآورده‌های صنعتی و پزشکی مانند سازه فلزی در ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک به کار می‌رود.

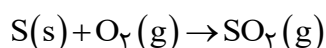
فصل ۴

❖ به دنبال هوای پاک:

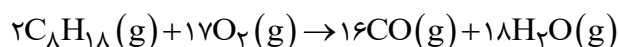
علاوه بر گازهایی که در هوای خشک و پاک وجود دارند، هوای آلوده حاوی گازهای گوناگونی مانند اوزون (O_3) کربن مونوکسید (CO)، اکسیدهای نیتروژن (NO و NO_2)، گوگرد دی اکسید (SO_2)، ذره‌های معلق و مواد آلی فزّار (مانند برخی هیدروکربن‌های سبک (C_xH_y)) است.

❖ چگونگی تشکیل آلاینده‌ها در خودرو:

(۱) گاز گوگرد دی اکسید (SO_2): در بنزین و گازوئیل با کیفیت پایین، مقداری ناخالصی گوگرد ($S(s)$) وجود دارد که در موتور خودروها می‌سوزد و تبدیل به گاز SO_2 می‌شود:

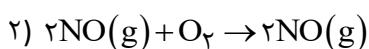
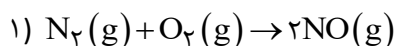


(۲) کربن مونوکسید: بر اثر سوختن ناقص هیدروکربن‌های موجود در سوخت‌ها، علاوه بر تولید بخار آب ($H_2O(g)$)، گاز کربن مونوکسید ($CO(g)$) نیز تولید می‌شود. برای مثال واکنش زیر، سوختن ناقص اوکتان را نشان می‌دهد:



(۳) هیدروکربن‌های نسوخته ($C_xH_y(g)$): مقداری از هیدروکربن‌ها، بدون این که وارد واکنش سوختن شوند، از لوله اگزوز خودرو خارج شده و وارد هواکره می‌شوند.

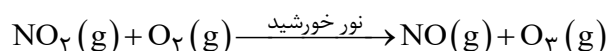
(۴) اکسیدهای نیتروژن ($NO(g)$, $NO_2(g)$): اکسیدهای نیتروژن ($NO(g)$, $NO_2(g)$) از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن مطابق معادله‌های زیر درون موتور خودرو (در دمای بالا) به وجود می‌آیند:



نکته: از آنجایی که گاز NO_2 به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده کلان‌شهرها اغلب به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود.

❖ هوای آلوده و تولید گاز اوزون تروپوسفری:

در هوای آلوده و در حضور نور خورشید، بر اثر واکنش گاز NO_2 با گاز اکسیژن، گاز اوزون (تروپوسفری) تولید می‌گردد:



مطابق این واکنش، با کاهش مقدار گاز NO_2 در هوای آلوده، مقدار گاز O_3 افزایش می‌یابد.

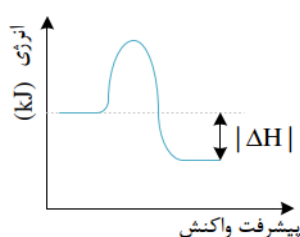
❖ نمودار انرژی - پیشرفت واکنش:

در این نمودار، سطح انرژی واکنش‌دهنده(ها) و فرآورده(ها) و همچنین سد انرژی که واکنش‌دهنده(ها) با عبور از آن، به فرآورده(ها) تبدیل می‌شوند، نمایش داده می‌شود.

در نمودارهای انرژی - پیشرفت، یکی از دو حالت زیر ممکن است رخ دهد:

- (۱) اگر سطح انرژی واکنش دهنده(ها) از فرآورده(ها) بیشتر باشد $\Delta H < 0$ بوده و واکنش گرماده است (نمودار ۱).
در واکنش های گرماده، فرآورده(ها) از واکنش دهنده(ها) پایدارتر هستند.

واکنش گرماده:



✓ سطح انرژی واکنش دهنده(ها) $<$ سطح انرژی فرآورده(ها)

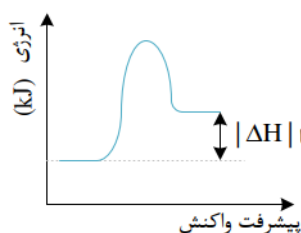
✓ پایداری واکنش دهنده(ها) $>$ پایداری فرآورده(ها)

واکنش گرماده ($\Delta H < 0$): نمودار (۱) قدر مطلق آنتالپی واکنش یا $|\Delta H|$

(۲) اگر سطح انرژی فرآورده(ها) از واکنش دهنده(ها) بیشتر باشد،

- $\Delta H < 0$ بوده و واکنش گرماگیر است (نمودار ۲) در واکنش های گرماگیر، واکنش دهنده(ها) از فرآورده(ها) پایدارتر هستند.

واکنش گرماگیر:



✓ سطح انرژی واکنش دهنده(ها) $>$ سطح انرژی فرآورده(ها)

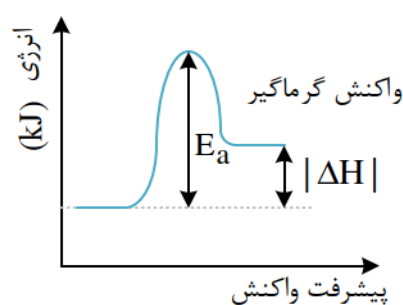
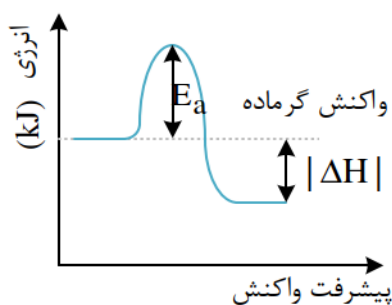
✓ پایداری واکنش دهنده(ها) $<$ پایداری فرآورده(ها)

واکنش گرماگیر ($\Delta H > 0$): نمودار (۲) قدر مطلق آنتالپی واکنش یا $|\Delta H|$

❖ تعیین انرژی فعال سازی (E_a) واکنش با استفاده از نمودار

انرژی - پیشرفت واکنش:

اختلاف انرژی قله نمودار انرژی - پیشرفت واکنش و سطح انرژی واکنش دهنده(ها) با انرژی فعال سازی (E_a) برابر است.



❖ چگونه انجام یک واکنش با انرژی فعال سازی بزرگ:

- (۱) افزایش دما: یکی از روش های تأمین انرژی فعال سازی، گرما دادن به واکنش دهنده(ها) است. برای مثال، هنگامی که نوک کبریت بر روی سطح زیر قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می شود. این گرما تولید شده، انرژی فعال سازی واکنش شیمیایی مورد نیاز را تأمین می کند.

توجه: واکنش های گرماده هم برای آغاز شدن به انرژی نیاز دارند.

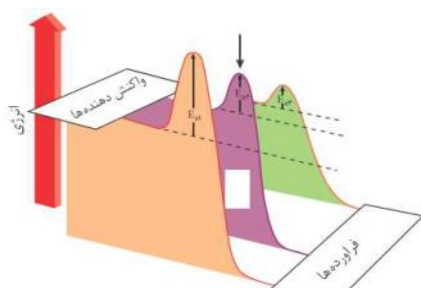
۲) استفاده از کاتالیزگر: با استفاده از کاتالیزگر می‌توان انرژی فعال‌سازی یک واکنش را کاهش داده و باعث افزایش سرعت آن واکنش شد.

برخی از ویژگی‌های کاتالیزورها عبارتند از:

۱) کاتالیزورها در واکنش شرکت می‌کنند، اما در پایان واکنش مصرف نشده و باقی می‌مانند. از این رو می‌توان آن‌ها را بارها و بارها به کار برد.

۲) استفاده از کاتالیزورها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود، زیرا استفاده از آن‌ها باعث می‌شود که واکنش‌ها در دماها و فشارهای کمتری قابل انجام باشند و در نتیجه سوخت کمتری برای تأمین دمای مورد نیاز انجام واکنش، مصرف می‌شود و CO_2 و آلاینده‌های کمتری وارد هوا کرده می‌شوند.

۳) کاتالیزورها در هر واکنش شیمیایی با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سرعت واکنش را افزایش می‌دهند.



در نمودار روبه‌رو انرژی فعال‌سازی یک واکنش در شرایط یکسان، با حضور کاتالیزگر و بدون حضور آن نشان داده شده است.

E_{a1} : انرژی فعال‌سازی واکنش بدون کاتالیزگر

E_{a3} و E_{a2} : انرژی فعال‌سازی واکنش در حضور کاتالیزگر

$$(E_{a3} < E_{a2} < E_{a1})$$

نکته: استفاده از کاتالیزگر، سطح انرژی واکنش دهنده(ها) و فرآورده(ها) و در نتیجه مقدار آنتالپی (ΔH) واکنش را تغییر نمی‌دهد.

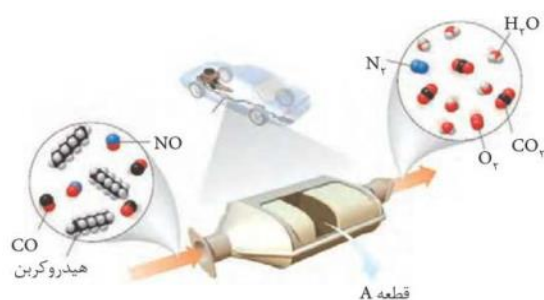
📌 **شاهد عینی:**

نهایی خرداد ۱۴۰۳: در واکنش B، پایداری فرآورده‌ها کمتر از واکنش دهنده‌ها است. اگر در واکنش B از کاتالیزگر استفاده شود، سرعت واکنش و ΔH واکنش چه تغییری می‌کند؟

پاسخ: سرعت واکنش افزایش می‌یابد، ولی ΔH واکنش تغییر نمی‌کند.

❖ مبدل‌های کاتالیستی در خودروهای بنزینی:

سه آلاینده اصلی موجود در آگزوز خودروها، یعنی گاز کربن مونوکسید (CO)، هیدروکربن‌های نسوخته (C_xH_y) و

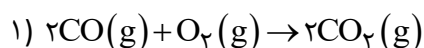


نیتروژن مونوکسید (NO) آلاینده‌هایی هستند که از آگزوز خودروهای بنزینی خارج می‌شوند و با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی به ترکیب‌های بی‌خطر تبدیل می‌شوند.

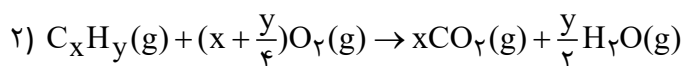
ترکیب‌های بی‌خطر حاصل	آلاینده
کربن دی‌اکسید	کربن مونوکسید
کربن دی‌اکسید و آب	هیدروکربن نسوخته
نیتروژن و اکسیژن	نیتروژن مونوکسید

تبدیل این آلاینده‌ها به ترکیب‌های بی‌خطر بر اساس واکنش‌های اکسایش - کاهش زیر انجام می‌شود:

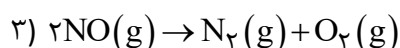
✓ تبدیل کربن مونوکسید به کربن دی‌اکسید:



✓ تبدیل هیدروکربن‌های نسوخته به کربن دی‌اکسید و بخار آب:



✓ تبدیل نیتروژن مونوکسید به گاز نیتروژن و گاز اکسیژن:



❖ انتخاب کاتالیزگر مناسب:

انرژی فعال‌سازی واکنش‌های مبدل کاتالیستی، بالا است و این آلاینده‌ها در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هواکره می‌شوند. برای این که این واکنش‌ها در دمای پایین و در زمان بسیار کوتاه انجام شوند، نیاز به کاتالیزگرهای مناسب داریم. برای این منظور از فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) در این مبدل‌های کاتالیستی استفاده می‌شود.

👉 شاهد عینی:

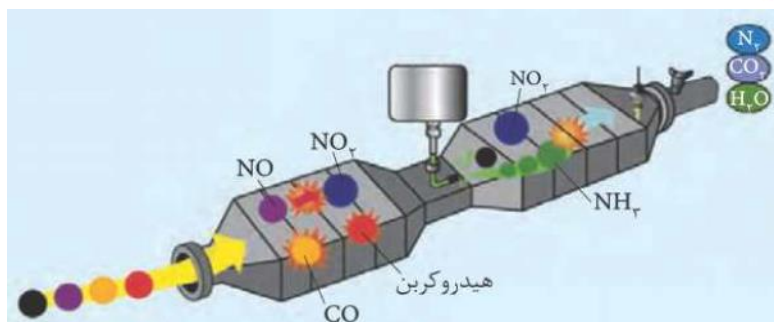
نهایی خرداد ۱۴۰۳: در جمله زیر، واژه درست را از داخل کمانک انتخاب کنید.

«یکی از کاتالیزگرهای مورد استفاده در مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی، فلز (پالادیم / سرب) است و آلاینده NO با عبور از این مبدل به گاز (N_۲ / NH_۳) تبدیل می‌شود.»

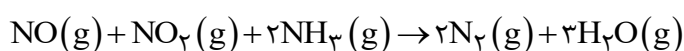
پاسخ: پالادیم - N_۲

❖ مبدل‌های کاتالیستی خودروهای دیزلی:

با استفاده از مبدل کاتالیستی می‌توان از ورود آلاینده‌های تولید شده در خودروهای بنزینی به هواکره جلوگیری کرد، اما طبق تحقیقات انجام شده، استفاده از این نوع مبدل‌ها نمی‌تواند اکسیدهای نیتروژن (یعنی گازهای NO و NO_۲) خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کند؛ به همین خاطر پژوهشگران مبدلی مختص به خودروهای دیزلی طراحی کرده‌اند.



در این مبدل، با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای NO و NO₂ به گاز N₂ تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود اکسیدهای نیتروژن (گازهای NO و NO₂) به هواکره جلوگیری می‌شود:



در این واکنش، ۲ مول گاز آلاینده (گازهای NO و NO₂) با ۲ مول گاز NH₃ واکنش داده و در مجموع ۵ مول گاز بی‌خطر (گازهای N₂ و H₂O) تولید می‌شود.

❖ مفهوم ثابت تعادل:

برای هر تعادل در یک دمای خاص، مقداری ثابت به نام ثابت تعادل دارد که آن را با K نشان می‌دهند. رابطه ثابت تعادل برای واکنشی با معادله شیمیایی $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ که هیچ یک از مواد شرکت‌کننده در آن جامد یا مایع خالص نیستند، به صورت زیر است:

$$K = \frac{\text{حاصل ضرب غلظت فراورده‌ها به توان ضریب آنها}}{\text{حاصل ضرب غلظت واکنش‌دهنده‌ها به توان ضریب آنها}} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

توجه: برای نمایش غلظت یک ماده، نماد آن ماده را داخل دو تا کروشه قرار می‌دهیم. غلظت مولی یک گاز برابر است با تعداد مول آن گاز تقسیم بر حجم ظرف سرسته محتوی آن گاز و غلظت یک حل‌شونده برابر است با تعداد مول حل‌شونده تقسیم بر حجم محلول، بنابراین داریم:

$$A \text{ گاز غلظت مولی گاز } = [A] = \frac{\text{تعداد مول A}}{\text{حجم ظرف محتوی گاز A}}$$

$$B \text{ حل‌شونده مولی حل‌شونده B} = [B] = \frac{\text{تعداد مول حل‌شونده B}}{\text{حجم مول}}$$

نکته:

- (۱) ثابت تعادل (K) یک واکنش در دمای ثابت، مقدار ثابتی است.
 - (۲) ثابت تعادل (K) یک واکنش در دمای ثابت، به مقدار واکنش‌دهنده(ها) یا فراورده(ها) در لحظه تعادل بستگی ندارد.
 - (۳) مقدار ثابت تعادل در دمای ثابت، به مقدار اولیه واکنش‌دهنده(ها) یا فراورده(ها) بستگی ندارد.
- مثال:** واکنش برگشت‌پذیر گازی $\text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI(g)}$ در دمای معین انجام شده است. با توجه به جدول زیر که غلظت مواد شرکت‌کننده در حالت تعادل را نشان می‌دهد، مقدار K را حساب کنید.

مقدار ثابت تعادل	غلظت مواد شرکت کننده در لحظه تعادل (مول بر لیتر)		
	$[H_2]$	$[I_2]$	$[HI]$
؟	۰/۱۰	۰/۲۰	۱/۰۴

پاسخ: ثابت تعادل این واکنش برابر است با:

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$K = \frac{(1/0.4 \frac{\text{mol}}{\text{L}})^2}{(0/1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}) \times (0/2 \frac{\text{mol}}{\text{L}})} = \frac{1/0.16 (\frac{\text{mol}}{\text{L}})^2}{0/2 (\frac{\text{mol}}{\text{L}})^2} = 54/0.8$$

❖ میزان پیشرفت واکنش:

با توجه به مقدار عددی ثابت تعادل، دو حالت ممکن است پیش بیاید:

۱) اگر مقدار عددی K بزرگ باشد، واکنش پیشرفت خوبی داشته و مقدار قابل توجهی از واکنش دهنده(ها) به فراورده(ها) تبدیل می شوند. برای نمونه به غلظت گزارش شده برای مواد شرکت کننده در واکنش تعادلی $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ که مقدار عددی ثابت تعادل آن، برابر با ۵۴ است. توجه کنید:

$$[H_2] = 0/1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}, [I_2] = 0/2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}, [HI] = 1/0.4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

با توجه به مقادیر تعادلی بالا می توان گفت که در این واکنش تعادلی، مقدار قابل توجهی از واکنش دهنده ها به فراورده تبدیل شده اند.

۲) اگر مقدار عددی K کوچک باشد، واکنش رفت پیشرفت خوبی نداشته و مقدار کمی از واکنش دهنده(ها) به فراورده(ها) تبدیل می شوند. برای نمونه به غلظت گزارش شده برای مواد شرکت کننده در واکنش تعادلی $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ که مقدار عددی ثابت تعادل آن در شرایط معین برابر با $1/7 \times 10^{-3}$ است، توجه کنید:

$$[N_2] = 0/98 \frac{\text{mol}}{\text{L}}, [O_2] = 0/98 \frac{\text{mol}}{\text{L}}, [NO] = 0/0.4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

بنابراین غلظت فراورده در تعادل، در مقابل غلظت واکنش دهنده ها خیلی ناچیز است.

👉 **شاهد عینی:**

نهایی خرداد ۱۴۰۳: تعادل $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ در یک ظرف سر بسته برقرار است. اگر در دمای ثابت، غلظت تعادلی NH_3 و H_2 به ترتیب برابر ۰/۰۲ و ۰/۵ و مقدار ثابت تعادل $K = 0/0.8$ باشد، غلظت تعادلی N_2 را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \Rightarrow 0.008 = \frac{(0.02)^2}{[N_2] \times (0.5)^3} \Rightarrow [N_2] = 0.4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

❖ مفهوم اصل لوشاتلیه:

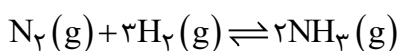
اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان (نه به طور کامل)، اثر آن تغییر را جبران کند.

❖ اثر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده در واکنش تعادلی در دمای ثابت:

هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در سامانه تعادلی افزایش یابد، واکنش تا حد امکان در جهت مصرف آن ماده پیش می‌رود تا به تعادل جدید برسد. به طور مشابه می‌توان گفت که هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در سامانه تعادلی کاهش یابد، واکنش تا حد امکان در جهت تولید آن ماده پیش می‌رود.

👉 شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: اگر در دما و حجم ثابت، مقداری N_2 به ظرف واکنش تعادلی زیر اضافه کنیم، غلظت H_2 در تعادل جدید چه تغییری می‌کند؟



پاسخ: کاهش می‌یابد (زیرا با اضافه شدن N_2 به ظرف واکنش، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقداری از گاز H_2 مصرف می‌شود).

❖ اثر تغییر حجم در سامانه‌های تعادلی گازی:

تعریف: به واکنش تعادلی که حداقل یکی از مواد شرکت‌کننده در آن به حالت گازی باشد، سامانه تعادلی گازی می‌گویند.

اثر تغییر حجم را در دو حالت بررسی می‌کنیم:

(۱) بلافاصله بعد از اعمال تغییر حجم: اگر در یک واکنش تعادلی گازی، حجم ظرف را کم کنیم، با توجه به ثابت بودن تعداد مول گاز، بلافاصله بعد از اعمال تغییر، غلظت گاز زیاد می‌شود.

به طور مشابه، با افزایش حجم ظرف، غلظت گاز بلافاصله بعد از اعمال تغییر، کم خواهد شد:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{افزایش غلظت گاز} \Rightarrow \text{کاهش حجم ظرف} \\ \text{کاهش غلظت گاز} \Rightarrow \text{افزایش حجم ظرف} \end{array} \right\} \text{تعداد مول گاز} = \text{غلظت گاز} \times \text{حجم گاز}$$

(۲) با گذشت زمان، سامانه تعادلی مطابق اصل لوشاتلیه در جهت جبران تغییر وارد شده عمل می‌کند.

نکته: با کاهش حجم، سامانه تعادلی گازی در جهت تعداد مول گاز کمتر و با افزایش حجم، سامانه تعادلی در جهت تعداد مول گاز بیشتر جابه‌جا می‌شود.

لبه تیغ:

یک سامانه تعادلی مانند $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ ، بر اثر کاهش حجم، در جهت تعداد مول گازی کمتر (در این جا در جهت برگشت) پیش می‌رود؛ اما نمی‌تواند اثر کاهش حجم را به طور کامل از بین ببرد. در نتیجه غلظت همه مواد موجود در تعادل جدید، نسبت به تعادل اولیه بیشتر است. یعنی بر اثر کاهش حجم، مقدار گاز NO_2 برحسب مول کاهش پیدا کرده و مقدار گاز N_2O_4 برحسب مول افزایش می‌یابد. توجه داریم که به دلیل کاهش حجم، غلظت مولی هر دو گاز افزایش پیدا می‌کند:

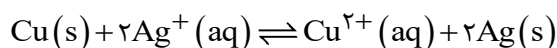
در تعادل جدید > در تعادل اولیه: تعداد مول‌های NO_2 در تعادل جدید < در تعادل اولیه: تعداد مول‌های N_2O_4
در تعادل جدید < در تعادل اولیه: غلظت مولی NO_2 در تعادل جدید < در تعادل اولیه: غلظت مولی N_2O_4

❖ اثر تغییر فشار بر سامانه تعادلی گازی:

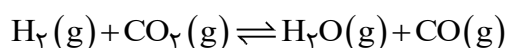
اثر فشار در سامانه‌های تعادلی گازی، عکس اثر حجم است. زیرا افزایش فشار، باعث کاهش حجم و کاهش فشار، باعث افزایش حجم ظرف می‌شود. بنابراین با افزایش فشار، سامانه تعادلی در جهتی که تعداد مول گازی کمتری وجود دارد؛ جابه‌جا می‌شود.

نکته:

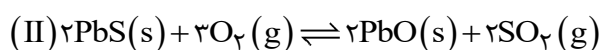
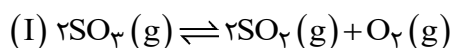
(۱) اگر در یک واکنش تعادلی، هیچ‌یک از مواد شرکت‌کننده گازی نباشند، تغییر فشار یا حجم، تاثیری بر تعادل نمی‌گذارد (تعادل را جابه‌جا نمی‌کنند). برای مثال، تغییر فشار بر واکنش تعادلی زیر بی‌تاثیر است:



(۲) تغییر فشار یا حجم، بر یک واکنش تعادلی با شمار مول‌های گازی برابر در دو سوی معادله واکنش، تاثیری بر جابه‌جایی تعادل نخواهد داشت. برای مثال، تغییر حجم بر واکنش تعادلی زیر بی‌تاثیر است:



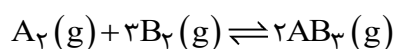
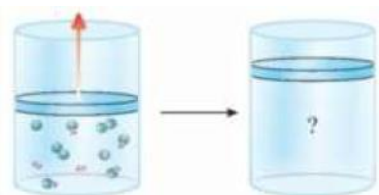
مثال: کدام یک از واکنش‌های زیر، با افزایش فشار در جهت رفت جابه‌جا می‌شود؟



پاسخ: واکنش (II)، زیرا تعداد مول‌های گازی در سمت فرآورده‌های آن، کمتر است.

🔗 شاهد عینی:

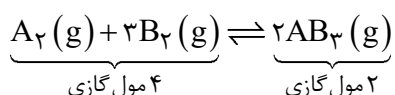
نهایی خرداد ۱۳۹۹: با توجه به شکل که در آن، واکنش تعادلی زیر در سیلندری با پیستون روان در دمای ثابت قرار دارد، به سوالات پاسخ دهید.



الف) اگر در سامانه، پیستون به سمت بیرون کشیده شود، واکنش تعادلی در کدام جهت جابه‌جا می‌شود؟ دلیل بنویسید.

ب) با این تغییر شمار مولکول‌های AB_3 چه تغییری می‌کند؟

پاسخ: الف) در جهت برگشت، زیرا با بیرون کشیده شدن پیستون، حجم سامانه افزایش یافته و واکنش تعادلی گازی، به سمتی که تعداد مول گازی بیشتری وجود دارد، جابه‌جا خواهد شد.



ب) کاهش می‌یابد.

❖ اثر دما بر سامانه تعادلی:

هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی تغییر می‌کند؛ افزون بر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده، ثابت تعادل (K) نیز تغییر خواهد کرد. اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون یکسان نیست و به گرماده یا گرماگیر بودن آن‌ها بستگی دارد.

- در یک واکنش گرماده (Q در سمت راست) با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقدار ثابت تعادل کم می‌شود، ولی با کاهش دما، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار ثابت تعادل زیاد می‌شود.
 - در یک واکنش گرماگیر (Q در سمت چپ) با افزایش دما، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار ثابت تعادل زیاد می‌شود. ولی با کاهش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقدار ثابت تعادل کاهش می‌یابد.
- مثال: جدول داده شده، اثر دما را بر ثابت تعادل زیر نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



دما ($^{\circ}C$)	۲۵	۲۲۵	۴۳۵
$K(\frac{mol}{L})$	$2/5 \times 10^{-25}$	4×10^{-11}	4×10^{-5}

الف) با افزایش دما K چه تغییری کرده است؟ این اتفاق، جابه‌جا شدن تعادل را در چه جهتی باعث می‌شود؟

ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟

پاسخ: الف) با افزایش دما، مقدار K افزایش پیدا کرده است و تعادل به سمت تولید فراورده‌ها (واکنش رفت) جابه‌جا شده است.

ب) گرماگیر

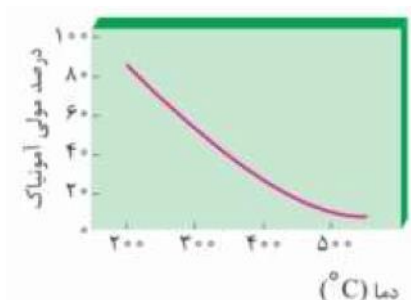
❖ سامانه تعادلی آمونیاک (واکنش هابر):

فریتس هابر، برای این که شرایط بهینه انجام واکنش نیتروژن (N_2) و هیدروژن (H_2) و تولید آمونیاک (NH_3) را پیدا کند، شرایط واکنش (دما، فشار و کاتالیزگر مناسب) را بررسی کرد:

۱) **افزایش دما:** هابر می‌دانست که با افزایش دما و تأمین انرژی فعال‌سازی واکنش، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. به همین خاطر، سامانه تعادلی را در دماهای بالا بررسی کرد.

بر طبق یافته‌های هابر:

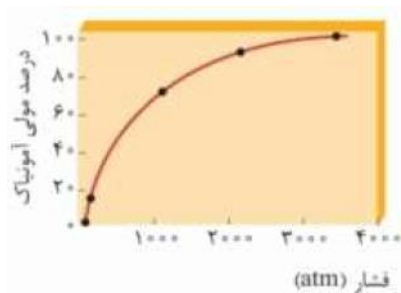
۱- در دماهای بالا، واکنش با سرعت چشمگیری انجام می‌شد، اما سرانجام با پیشرفت کمی به تعادل می‌رسید و در سامانه، مخلوطی از هر سه گاز (N_2 ، H_2 و NH_3) وجود داشت.



۲- بر طبق نمودار روبه‌رو، هر چه دما را بالاتر می‌برد، درصد مولی آمونیاک در مخلوط کاهش می‌یافت. هابر به این نتیجه رسید که افزایش دما برای تولید آمونیاک بیشتر، بی‌فایده است.

توجه: واکنش تولید آمونیاک یک واکنش گرماگیر است ($\Delta H < 0$)؛

بنابراین تعادل با افزایش دما، در جهت برگشت جابه‌جا شده و درصد مولی آمونیاک کاهش پیدا می‌کند.



۲) افزایش فشار: هابر موفق شد در دمای ثابت با افزایش فشار، درصد مولی آمونیاک در سامانه را مطابق نمودار روبه‌رو، افزایش دهد.

۳) استفاده از کاتالیزگر: هابر با استفاده از کاتالیزگر آهن ($Fe(s)$) توانست

واکنش را در دماهای پایین‌تر، با سرعت مناسب انجام دهد. اما همچنان درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی مطلوب نبود.

❖ شرایط بهینه انجام واکنش:

هابر با بررسی دقیق این سه عامل، شرایط بهینه انجام واکنش را پیدا کرد:

دما: $450^\circ C$ و فشار: 200 atm و کاتالیزگر: $Fe(s)$

توجه: در صورت انجام فرایند هابر در شرایط بهینه، ۲۸ درصد مولی مخلوط گازها در تعادل را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

نکته: درصد مولی آمونیاک در فرایند هابر از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{درصد مولی } NH_3 = \frac{n_{NH_3}}{n_{NH_3} + n_{N_2} + n_{H_2}} \times 100$$

در رابطه بالا، n_{NH_3} ، n_{N_2} و n_{H_2} به ترتیب تعداد مول گازهای NH_3 ، N_2 و H_2 در تعادل را نشان می‌دهد.

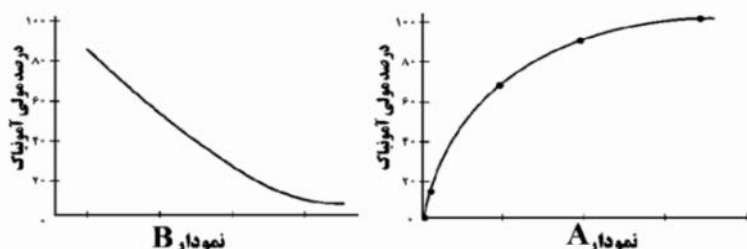
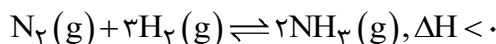
❖ جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش:

با توجه به نقطه جوش گازهای شرکت‌کننده در این تعادل، اگر بعد از انجام فرایند هابر، دما را کمی پایین‌تر از دمای جوش آمونیاک بیاوریم (مثلاً دمای $-40^\circ C$)، از بین این سه گاز، تنها آمونیاک، مایع شده و می‌توان آن را از مخلوط واکنش جدا نمود. نقطه جوش گازهای شرکت‌کننده در تعادل، به صورت زیر است:

$-253^\circ C$: هیدروژن، $-196^\circ C$: نیتروژن، $-33^\circ C$: آمونیاک

شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: با توجه به تعادل زیر، با بیان دلیل مشخص کنید که کدام نمودار (A یا B) اثر فشار را بر درصد مولی آمونیاک نشان می‌دهد؟

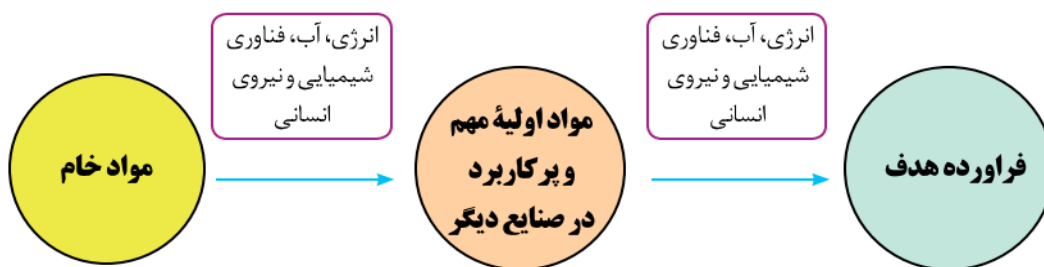


پاسخ: A - زیرا با افزایش فشار، طبق اصل لوشاتلیه واکنش در جهت مول‌های گازی کمتر (یا در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود تا افزایش فشار تا حد امکان جبران شود؛ در نتیجه درصد مولی آمونیاک افزایش می‌یابد.

❖ ارزش فناوری‌های شیمیایی:

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

با استفاده از مواد خام، به همراه انرژی، آب و همچنین به کارگیری فناوری شیمیایی و نیروی انسانی، می‌توانیم مواد اولیه مهم و پرکاربرد در صنایع را بسازیم و در نهایت، با استفاده از این مواد اولیه و مصرف انرژی و آب و به کارگیری مجدد فناوری شیمیایی و نیروی انسانی، می‌توانیم فرآورده نهایی (فرآورده هدف) را تولید کنیم. این روند در نمودار زیر نشان داده شده است.



توجه: استفاده از فناوری‌های شیمیایی، سبب افزایش بهره‌وری تولید فرآورده هدف می‌گردد.

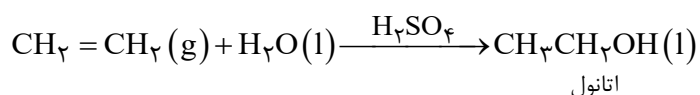
❖ گروه عاملی کلید سنتز مولکول‌های آلی:

تعریف: سنتز، یک فرایند شیمیایی هدفمند است که در آن، با استفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگری را تولید می‌کنند.

❖ واکنش‌های گاز اتن (C_2H_4):

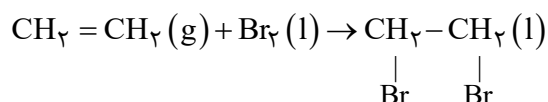
گاز اتن، یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی است. مولکول این گاز، یک پیوند دوگانه دارد که می‌توان در شرایط مناسب، آن را به سایر گروه‌های عاملی تبدیل کرد. در ادامه شش واکنش مهم این گاز را بررسی می‌کنیم:

(۱) **تولید اتانول:** با وارد کردن گاز اتن در مخلوط آب و اسید در شرایط مناسب، اتانول را مطابق واکنش زیر، در مقیاس صنعتی تولید می‌کنند. اتانول به عنوان **ضد عفونی کننده** کاربرد دارد.



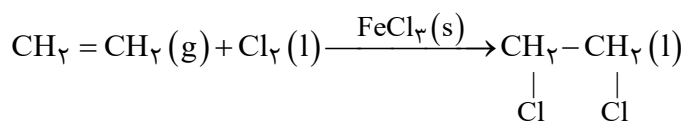
توجه: سولفوریک اسید (H_2SO_4) در این واکنش، نقش کاتالیزگر دارد.

(۲) واکنش با برم مایع: هرگاه گاز اتن را در برم مایع وارد کنیم، رنگ قرمز آن از بین می‌رود.



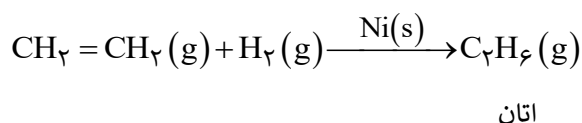
۱، ۲ - دی‌برمو اتان (بی‌رنگ) قرمز بی‌رنگ

(۳) کلردار کردن:

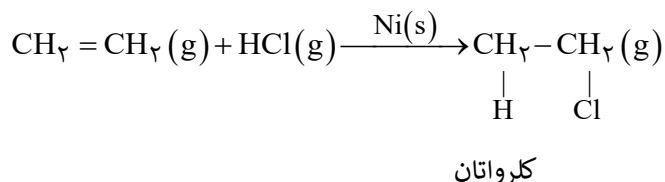


۱، ۲ - دی‌کلرو اتان

(۴) هیدروژن‌دار کردن:

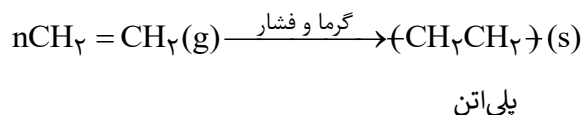


(۵) واکنش با گاز هیدروژن کلرید:



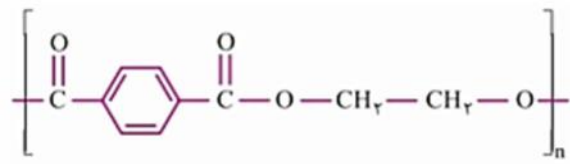
توجه: فراورده این واکنش (کلرواتان) به عنوان افشانه بی‌حس‌کننده موضعی کاربرد دارد.

(۶) واکنش پلیمری شدن اتن: با اعمال گرما و فشار مناسب، می‌توان گاز اتن را به پلی‌اتن تبدیل کرد که به عنوان سازنده اصلی برخی لوازم پلاستیکی کاربرد دارد.

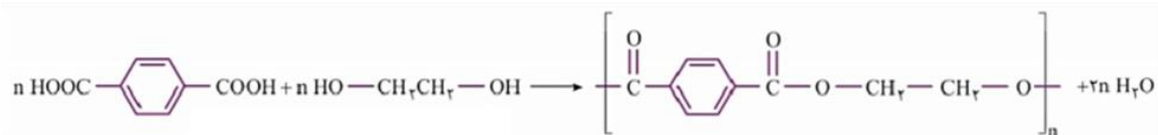


❖ ساخت بطری آب:

سالانه، شمار بسیار زیادی بطری پلاستیکی برای نگهداری و بسته‌بندی آب آشامیدنی تولید می‌شود. بطری آب، از پلیمری به نام پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) ساخته می‌شود. برای ساخت بطری آب، ابتدا پلیمر آن را تهیه می‌کنند، سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر در آید. فرمول ساختاری پلیمر سازنده بطری آب یا همان پلی‌اتیلن ترفتالات به صورت زیر است:



این پلیمر از دی‌اسید و دی‌الکل سازنده آن به صورت زیر می‌شود:



پلی اتیلن ترفتالات (PET) اتیلن گلیکول (دی‌الکل) ترفتالیک اسید (دی‌اسید)

❖ تهیه مونومرهای واکنش تولید پلی اتیلن ترفتالات:

اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند؛ یعنی نمی‌توان به طور مستقیم آن‌ها را از نفت خام به دست آورد. به منظور حل این مشکل، شیمی‌دان‌ها ابتدا مواد اولیه و در دسترس را بررسی کردند و سپس مواد مناسب برای سنتز ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول را انتخاب نمودند و در نهایت، مواد اولیه انتخاب شده را در شرایط مناسب، واکنش دادند تا ماده مورد نظر (PET) تولید شود.

نکته:

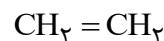
(۱) بررسی‌ها نشان می‌دهند که از تقطیر نفت خام، می‌توان مواد زیر را به دست آورد:



پارازایلن



بنزن

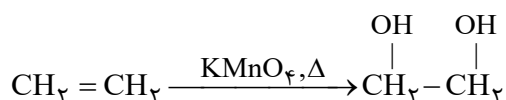


اتن

(۲) پتاسیم پرمنگنات (KMnO_4) اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب، پارازایلن را مطابق واکنش زیر، با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند.

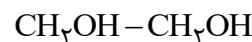
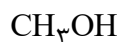
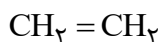
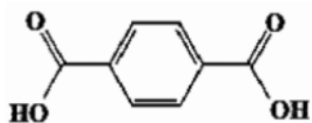


(۳) گاز اتن در اثر واکنش با محلول پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب، به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود:



شاهد عینی:

نهایی خرداد ۱۴۰۳: با توجه به مولکول‌های داده شده:



(۴)	(۳)	(۲)	(۱)
-----	-----	-----	-----

الف) کدام ترکیب داده شده را می‌توان به طور مستقیم از نفت خام به دست آورد؟

ب) کدام ماده در بازیافت شیمیایی PET به کار می‌رود؟

ج) نام ماده اولیه برای تولید ترکیب (۴) چیست؟

د) برای تبدیل ماده (۳) به ماده (۱)، به کدام دسته از مواد نیاز است؟ (اکسنده یا کاهنده)

ه) برای تبدیل ترکیب (۳) به کلرواتان، کدام واکنش‌دهنده روبه‌رو لازم است؟ (HCl ، H_2O ، Cl_2)

پاسخ: الف) ترکیب (۳) (اتن یا $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$)

ب) ترکیب (۲) (متانول یا CH_3OH)

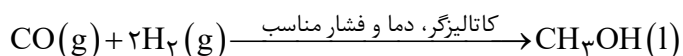
ج) پارازیلین

د) اکسنده

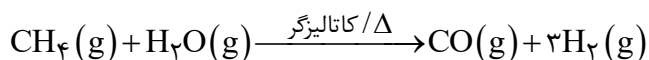
ه) HCl

❖ تولید متانول در مقیاس صنعتی:

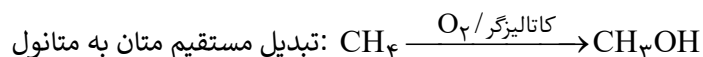
متانول، مایعی بی‌رنگ و بسیار سمی است که ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است. متانول را می‌توان از چوب تهیه کرد، اما از آن‌جا که این الکل، کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد، برای رفع این نیازها، آن را در مقیاس صنعتی تولید می‌کنند. برای این منظور، گاز کربن مونوکسید (CO) را با گاز هیدروژن (H_2) در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند تا متانول تولید شود:



واکنش‌دهنده‌های این واکنش (یعنی گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن) در دسترس نیستند و نخست باید آن‌ها را تولید کرد تا در ادامه بتوانیم متانول را سنتز کنیم. برای تهیه این گازها کافی است که گاز متان را در حضور کاتالیزگر با بخار آب واکنش دهیم:



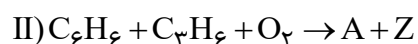
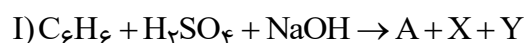
توجه: گاز متان، سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود؛ بنابراین کاملاً در دسترس است. اما چالشی که با آن مواجهیم، واکنش‌پذیری بسیار کم این گاز است. بنابراین پژوهش‌هایی برای تبدیل مستقیم گاز متان به متانول، در مجاورت گاز اکسیژن و با استفاده از کاتالیزگر، در حال انجام است.



❖ اصول شیمی سبز در سنتز مواد:

شیمی سبز، به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کمترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. بر طبق اصول شیمی سبز، یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شوند.

مثال: معادله‌های شیمیایی موازنه نشده زیر، تهیه ماده A را به دو روش نشان می‌دهد.



در این واکنش‌ها، X و Y پسماند هستند؛ اما Z یک حلال صنعتی است.

الف) در کدام واکنش، همه اتم‌های مواد واکنش‌دهنده، به مواد ارزشمند تبدیل شده‌اند؟ چرا؟

ب) بر اساس اصول شیمی سبز، کدام واکنش از دیدگاه اتمی صرفه اقتصادی دارد؟ چرا؟

پاسخ: الف) واکنش (II)، زیرا علاوه بر ماده هدف یعنی A، Z نیز تولید شده که یک حلال صنعتی است؛ بنابراین تمام مواد تولید شده ارزشمند هستند.

ب) واکنش (II)، زیرا در این واکنش همه فراورده‌ها مواد ارزشمند هستند و هیچ پسماندی تولید نمی‌شود. در نتیجه کمترین آسیب به محیط زیست وارد می‌شود.