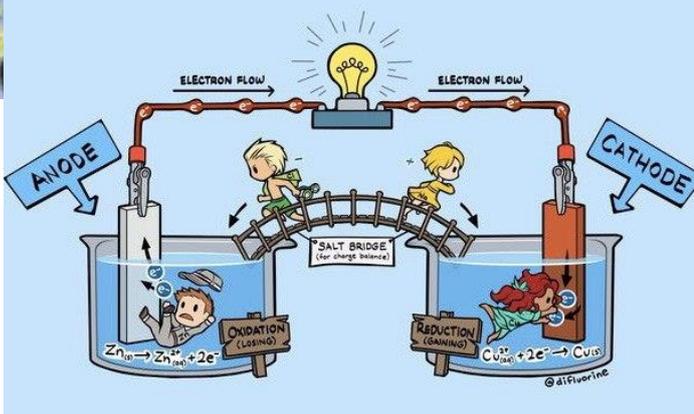


شیمی ۳

آسایش و رفاه در سایه شیمی

فصل ۲



استاد: دکتر حسن پلویی



علم استفاده از انرژی الکتریکی برای انجام یک تغییر شیمیایی و نیز تولید انرژی الکتریکی به وسیله واکنش های شیمیایی را الکتروشیمی گویند.

۱۰۰۲۸۹

۱- به عبارتی الکتروشیمی، علمی است که با سفر و جابه جایی الکترون سر و کار دارد.

۲- پدیده هایی مانند آذرخش با تخلیه الکتریکی نشان می دهد که انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی جابه جا شود به عبارتی هر الکترون در حال حرکت طبق رابطه $\frac{1}{2} m \cdot v^2$ دارای انرژی جنبشی می باشد (انرژی الکتریکی).

۳- این پدیده ها که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشمه می گیرد، سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش های شامل داد و ستد الکترون به طور هدفمند دنبال شود، واکنش هایی که مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. به عبارتی اساس علم الکتروشیمی، «داد و ستد الکترون» می باشد. علمی که باعث افزایش شدید سطح رفاه و آسایش شده است.

برخی قلمروهای الکتروشیمی:



پ) اندازه گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فرآورده)



ب) تولید مواد (مانند برقکافت و آبکاری)



آ) تأمین انرژی (باتری ها، سلول سوختی و سوخت آنها)

۱- تولید انرژی پاک و ارزان (باتری ها و سلول های سوختی و سوخت آن)

۲- تولید مواد جدید (برقکافت، آبکاری): مانند تولید لوله های فلزی انتقال اب، قوطی های مواد غذایی، لوازم آشپزی مقاوم در برابر خوردگی

۳- پیاده شدن اصول شیمی سبز در جهان

۴- اندازه گیری و کنترل کیفی: اطمینان از کیفیت تولید فرآورده های دارویی، بهداشتی، غذایی و...

نکته ۱: اصطلاح شیمی سبز در رابطه با طراحی محصولات و فرآیندهای شیمیایی است که تولید و استفاده از مواد خطرناک را کاهش داده یا کاملاً از بین می‌برد.

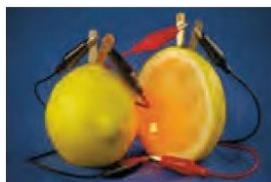
نمونه‌هایی از کاربرد باتری‌ها: تامین انرژی الکتریکی برای تنظیم کننده‌های ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل، موبایل و خودروی الکتریکی.



پ) قطار برقی ب) سمعک آ) اتاق باتری

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

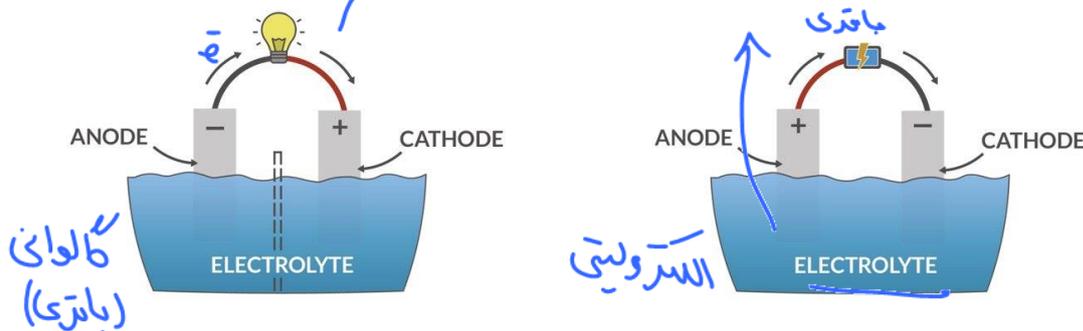
باتری خورشیدی: یک ابزار روشنایی است که از لامپ LED، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ تشکیل شده است.



باتری لیمویی

باتری میوه‌ای!! اگر تیغه ای مانند مس و تیغه ای دیگری مانند روی را درون میوه ای مانند لیمو قرار دهیم، باتری ضعیفی تولید می‌شود که می‌تواند لامپ LED را روشن کند.

انواع سلول‌های الکتروشیمیایی



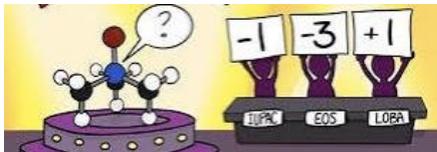
A) سلول گالوانی (باتری): مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهند تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود.

B) سلول الکترولیتی: مولدی است که در آن بخشی از انرژی الکتریکی باتری، تبدیل به انرژی شیمیایی می‌شود.

نکته ۲: اساس علم الکتروشیمی سفر (جاب‌جایی) الکترون بین دو گونه می‌باشد.

عدد اکسایش

عدد اکسایش: عدد اکسایش یک اتم در یک گونه شیمیایی برابر با جمع جبری الکترون‌هایی است که آن عنصر گرفته یا از دست داده است.



یادآوری:

الکترونگاتیوی: نشان دهنده تمایل عنصر برای جذب الکترون به سمت هسته خود می‌باشد (بار موثر هسته). به عبارتی هر چه عنصر نافلزتر باشد الکترونگاتیوی بیشتر دارد.



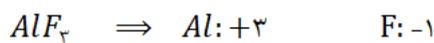
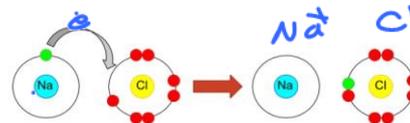
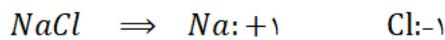
$$F \approx \frac{K \cdot Z_{eff}}{r^2}$$

تعداد پروتون \approx بار موثر هسته \approx الکترونگاتیوی \approx $\frac{1}{(تعداد لایه)^2}$

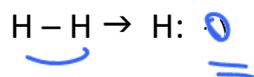
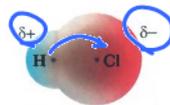
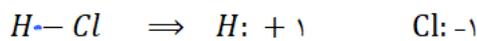
ترتیب الکترونگاتیوی نافلزات و شبه فلزات:



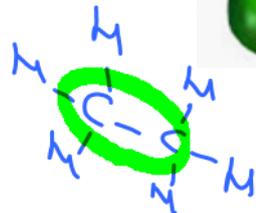
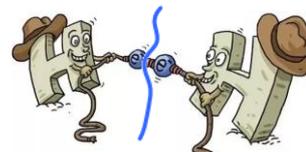
۱- در پیوند یونی چون انتقال الکترون کامل است، عدد اکسایش هر یون تک اتمی برابر با بار آن است.



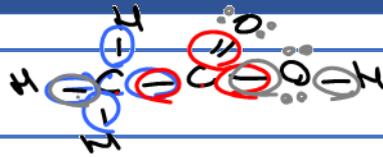
۲- در پیوند کوالانسی قطبی، فرض را بر یونی بودن گرفته (به اشتباه) و الکترون را به اتمی که الکترونگاتیوی بیشتر دارد نسبت می‌دهیم:



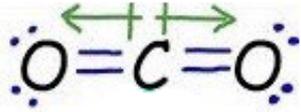
۳- در پیوند کوالانسی ناقطبی عدد اکسایش اتم‌ها صفر خواهد بود



محاسبه عدد اکسایش اتم‌ها



الف) با استفاده از ساختار لوویس



۱- ابتدا اتم‌ها (غیر از H) را اکت می‌کنیم.

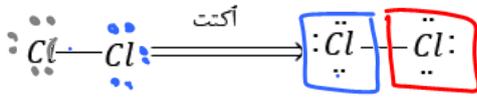
۲- الکترون‌های ناپیوندی هر اتم فقط متعلق به خودش می‌باشد.

۳- الکترون‌های پیوندی را به اتمی نسبت می‌دهیم که الکترونگاتیوتر است.

۴- در نهایت عدد اکسایش هر اتم را با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آوریم:

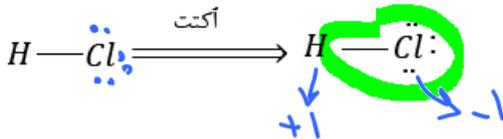
تعداد e های نسبت داده شده - تعداد e های لایه ظرفیت = عدد اکسایش

مثال ۱



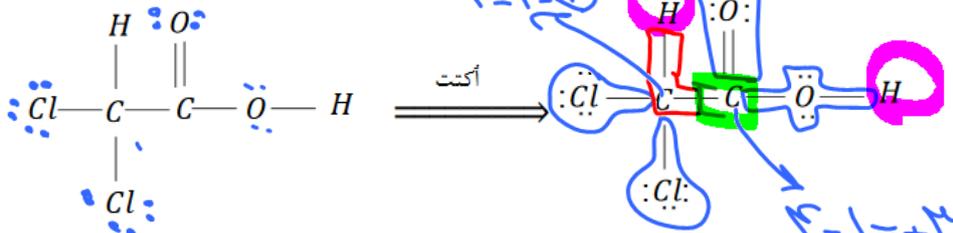
عدد اکسایش هر دو کلر = 7 - 7 = 0

عدد اکسایش کلر = 7 - 8 = -1



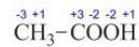
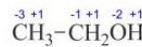
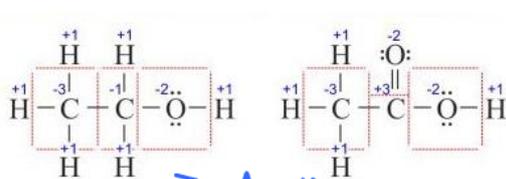
عدد اکسایش هیدروژن = 1 - 0 = +1

مثال ۲

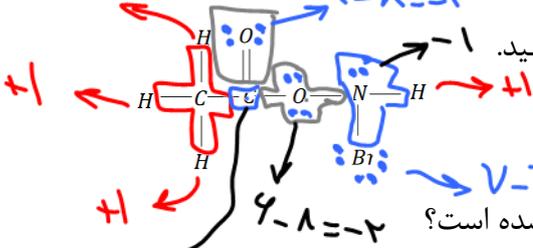


عدد اکسایش H : 1 - 0 = +1 عدد اکسایش Cl : 7 - 8 = -1 عدد اکسایش O : 6 - 8 = -2 عدد اکسایش C (کربن راست) : 4 - 1 = +3 عدد اکسایش C (کربن چپ) : 4 - 3 = +1

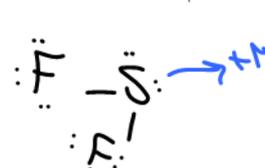
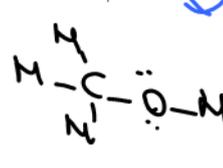
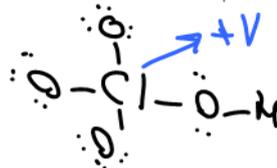
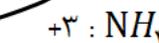
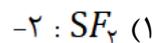
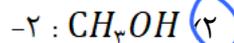
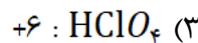
مثال ۳: عدد اکسایش اتم‌ها در چند ترکیب آلی:



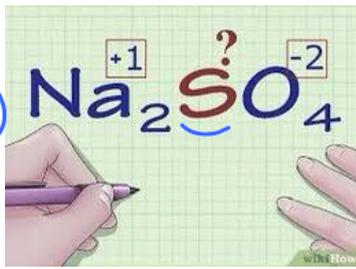
مثال ۴: عدد اکسایش اتم‌ها را با استفاده از ساختار لوویس محاسبه کنید.



تست: عدد اکسایش اتم مرکزی در کدام ترکیب درست نشان داده شده است؟



ب) محاسبه عدد اکسایش اتم مرکزی بدون رسم ساختار لوئیس (به سبب مشاهده ناپایایی)



در این روش بدون رسم لوئیس و با دانستن عدد اکسایش عناصری مشخص می‌توان عدد اکسایش اتم مرکزی را با توجه به نکات زیر به دست بیاوریم:

دست بیاوریم:

- $CO_2 \rightarrow O = -2$ (ایند)
- $K_2SO_4 \rightarrow O = -1$ (دیوالید)
- $KO_2 \rightarrow O = -1/2$ (دیوالید)
- $O_2F_2 \rightarrow O = +2$ (دیوالید)
- $H_2O_2 \rightarrow O = -1$ (ایند)

۱- مجموع اعداد اکسایش اتم‌ها در یک مولکول خنثی برابر با صفر می‌باشد.

۲- مجموع اعداد اکسایش اتم‌ها در یک یون چند اتمی برابر با بار یون می‌باشد.

۳- عدد اکسایش یون تک اتمی برابر با باریون می‌باشد:

۴- عدد اکسایش اتم‌ها در حالت عنصری (آزاد) صفر می‌باشد: $F_2 = 0, H_2 = 0$

۵- عدد اکسایش فلزات در ترکیبات برابر با یون پایدار آنها است.

۶- عدد اکسایش فلوئور (F) در ترکیبات همواره -۱ است.

۷- عدد اکسایش (O) اگر اتم اطراف باشد همواره -۲ است.

۸- عدد اکسایش هیدروژن (H) اکثراً +۱ می‌باشد. (CH_4, H_2O و ...)

البته اگر ترکیب فقط شامل فلز و H باشد، عدد اکسایش H برابر -۱ خواهد بود:

۹- عدد اکسایش اتم مرکزی را همواره باید محاسبه کرد. حتی اگر عنصری مانند اکسیژن باشد:

۱۰- اتم مرکزی است: باید محاسبه شود:

$H_2O = 2(+1) + (-2) = 0$

$OH^- = (-2) + (+1) = -1$

$N^{3-} : -3 \quad Na^+ : +1$

$O_2 : 0 \quad N_2 : 0 \quad Na : 0$
 $Al : +3 \quad Fe : +2 \quad \cdot \quad +3$

$H_2SO_4 \rightarrow O = -2$

۷- عدد اکسایش (O) اگر اتم اطراف باشد همواره -۲ است.

۸- عدد اکسایش هیدروژن (H) اکثراً +۱ می‌باشد. (CH_4, H_2O و ...)

البته اگر ترکیب فقط شامل فلز و H باشد، عدد اکسایش H برابر -۱ خواهد بود:

۹- عدد اکسایش اتم مرکزی را همواره باید محاسبه کرد. حتی اگر عنصری مانند اکسیژن باشد:

$H_2O_2 \Rightarrow O: 2(+1) + 2x = 0 \Rightarrow O = -1$

$Cl_2O_3 \rightarrow 2x + 3(-2) = 0$

۱۰- اتم مرکزی است: باید محاسبه شود:

$OCl_2 \rightarrow Cl = +1$

اتم مرکزی آن FON است: +۱

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

$CHCl_3 \rightarrow Cl = -1$

اتم مرکزی آن FON نیست: -۱

$x + (+1) + 3(-1) = 0 \rightarrow C = +2$

CL اتم کناری است (یعنی پیوند)

مثال: عدد اکسایش اتم‌های مشخص شده را به دست آورید.

$$H_3PO_4 : 3(+1) + x + 3(-2) = 0 \Rightarrow P = +3$$

$$HCO_3^- : +1 + x + 3(-2) = -1 \Rightarrow C = +4$$

$$OF_2 : x + 2(-1) = 0 \Rightarrow O = +2$$

$$Cr_2O_7^{2-} : 2x + 7(-2) = -2 \Rightarrow Cr = +6$$

$$Fe_2O_3 : Fe = +3$$

$$Fe_2(CO)_9 \begin{cases} \text{(روش ۱): درکل ترکیب: } 2(+3) + 3x + 9(-2) = 0 \Rightarrow C = +4 \\ \text{(روش ۲): } (CO)_3^- : x + 3(-2) = -2 \Rightarrow C = +4 \end{cases}$$

$$Al_2(HPO_4)_3 \begin{cases} \text{(روش ۱): درکل ترکیب: } 2(+3) + 3(+1) + 3x + 12(-2) = 0 \Rightarrow P = +5 \\ \text{(روش ۲): } (HPO_4)^{2-} : +1 + x + 4(-2) = -2 \Rightarrow P = +5 \end{cases}$$

$$NH_4Cl \Rightarrow NH_4^+ : x + 4(+1) = +1 \Rightarrow N = -3$$

$$NH_4NO_3 \Rightarrow \begin{cases} NH_4^+ : x + 4(+1) = +1 \Rightarrow N = -3 \\ NO_3^- : y + 3(-2) = -1 \Rightarrow N = +5 \end{cases}$$

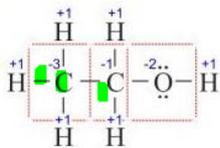
$$NH_4Cl \Rightarrow x + 4(+1) + (+1) = 0 \rightarrow N = -3$$

$$COCl_2 \Rightarrow x + (-2) + 2(-1) \rightarrow C = +4$$

$$OCl_2 \Rightarrow x + 2(+1) = 0 \rightarrow O = -2$$

$$Ca(ClO)_2 \Rightarrow \begin{cases} Ca : \dots \dots \dots Cl = +5 \\ ClO_2^- : \dots \dots \dots Cl = +5 \end{cases}$$

$$H_2S_2O_7 \Rightarrow 2(+1) + 2x + 7(-2) = 0 \rightarrow S = +6$$



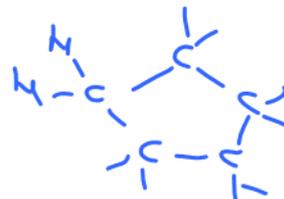
نکته: بطور کلی برای به دست آوردن عدد اکسایش اتم مرکزی در جسمی که

چند اتم مرکزی دارد، باید از ساختار لوئیس (روش الف) استفاده کنیم:

اما چنانچه اتصالات اتم‌های مرکزی یکسان باشند چون همه اتم‌های مرکزی عدد

اکسایش یکسان دارند، نیازی به ساختار لوئیس نیست و می‌توان از روش ب استفاده کرد:

$$(بنزن) C_6H_6 : 6x + 6(+1) = 0 \Rightarrow C = -1$$



$$x + 1 \cdot (+1) = 0$$

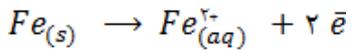
$$x = -1$$

اکسایش یا کاهش (تغییر عدد اکسایش عنصر در یک واکنش)

اکسایش: به معنی از دست دادن e^- = افزایش = به سمت $+\infty$ = آند = آب شدن = کاهش ~~X~~

کاهش: به معنی گرفتن e^- = کاهش = به سمت $-\infty$ = کاتد = کاپول شدن = اکسیده ~~X~~

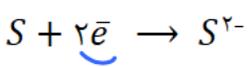
اکسایش = از دست دادن e^- = افزایش = به سمت $+\infty$ = آند = آب شدن = کاهش ~~X~~



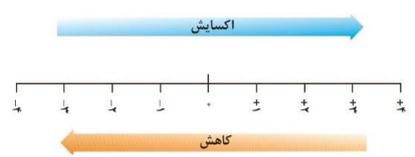
مثالی از نیم واکنش اکسایش:

کاهش: به معنی گرفتن e^- توسط گونه در واکنش می باشد.

کاهش = گرفتن e^- = کاهش = به سمت $-\infty$ = کاتد = کاپول شدن = اکسیده ~~X~~



مثالی از نیم واکنش کاهش:



گستره عدد اکسایش عناصر:

به عنوان مثال عدد اکسایش کربن در ترکیبات آن می تواند از -4 تا +4 باشد.

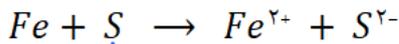
یون و پایداری

		0					2		
0	0	0	-4	-3	-2	-1	He		
3	4	5	6	7	8	9	10		
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne		
11	12	13	14	15	16	17	18		
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar		
19	20	دامنه یا گستره یا یازه عدد اکسایش عناصر اصلی		31	32	33	34	35	36
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
37	38	49	50	51	52	53	54		
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	0		

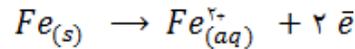
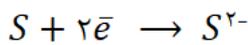
نکته: بازه عدد اکسایش H از -1 تا +1 است و اکسیژن از -2 تا +2 و همچنین فلئور -1 و 0 است.

لیگان نروگاه + کاهنده و +2 و +3 و +4 و +5 و +6 و +7

واکنش کلی اکسایش - کاهش : واکنشی است که در آن حداقل یک گونه اکسایش و یک گونه کاهش می‌یابد:



که خود از دو نیم واکنش اکسایش (آندی) و نیم واکنش کاهش (کاتدی) تشکیل شده است.

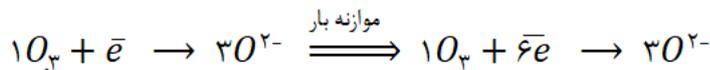


موازنه نیم واکنش‌ها

۱- ابتدا عنصر را به روش واری موزانه می‌کنیم.

۲- سپس با استفاده از موازنه بار، ضریب e را تعیین می‌کنیم.

مثال: نیم واکنش $O_3 + e^- \rightarrow O_3^{2-}$ به این شکل موازنه می‌شود:



مثال: نیم واکنش $P^{3-} \rightarrow P_4 + e^-$ را موازنه کنید.



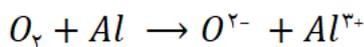
موازنه واکنش اکسایش - کاهش

روش ۱: با استفاده از نیم واکنش‌ها

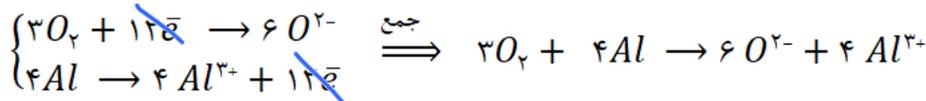
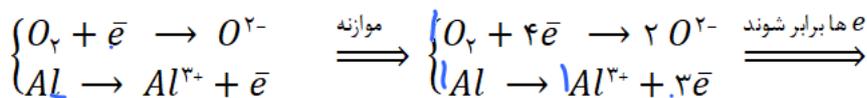
۱- ابتدا نیم واکنش‌ها موازنه می‌شوند. ۲- تعداد e در دو نیم واکنش برابر می‌شوند.

۳- نیم واکنش‌ها جمع می‌شوند.

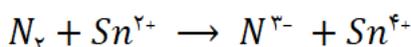
مثال: موازنه واکنش رو به رو به کمک نیم واکنش:



جواب: نیم واکنش‌ها را استخراج می‌کنیم و سپس موازنه کرده و ...



مثال: واکنش زیر را به روش نیم واکنشی موازنه کنید:

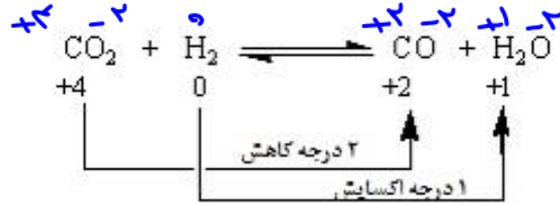


مشخص کردن اکسنده و کاهنده در یک واکنش و میزان تغییر عدد اکسایش آنها

۱- ابتدا عدد اکسایش هر اتم را به دست می آوریم.

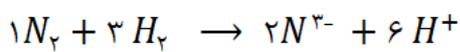
۲- سپس عنصر اکسنده و کاهنده و تغییر درجه عدد اکسایش آنها را محاسبه می

نماییم.



مثال: در واکنش $1\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{N}^{3-} + 6\text{H}^+$ عنصر اکسنده و کاهنده و تغییر عدد اکسایش

آنها به این شکل مشخص می شود:

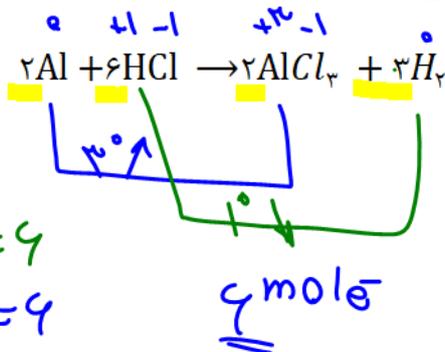


N اکسنده است و هر اتم آن 3° کاهش دارد. H کاهنده است و هر اتم آن 1° اکسایش دارد.

تعداد e مبادله شده در این واکنش: 6 عدد می باشد.

(مول) تعداد e مبادله شده در یک واکنش = تعداد اتمی که اکسایش یا کاهش میابد \times تغییر درجه هر اتم

مثال: در واکنش زیر چند مول e بین اکسنده و کاهنده مبادله می شود؟



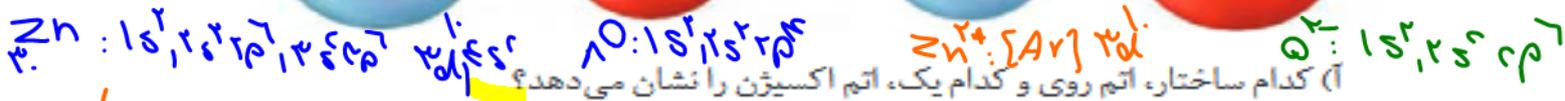
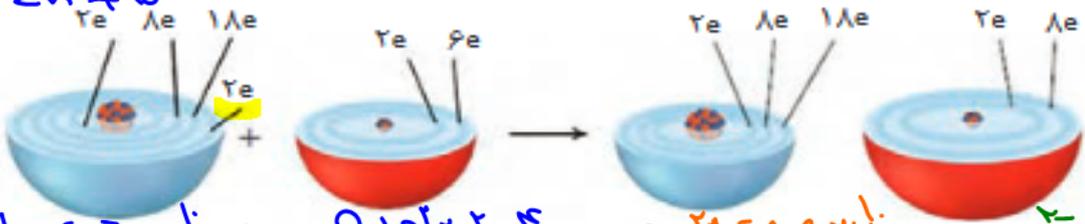
Al: $2 \times 3 = 6$
H: $1 \times 6 = 6$

در این واکنش Al اکسنده و H کاهنده است.
 $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e^-$
 $2 \times 3 = 6$
 $\text{H}^+ + e^- \rightarrow \text{H}_2$
 $6 \times 1 = 6$



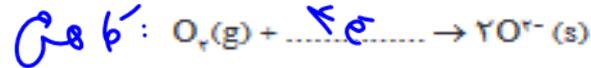
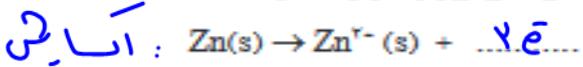
با هم بیندیشیم عندراز طلا، پلاتین، پالادیم (فلزات نجیب)

اکسیژن نافلزنی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می دهد و آنها را به اکسید فلز تبدیل می کند، درحالی که با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی دهد. شکل زیر الگوی ساده ای از واکنش بین اتم های روی و اکسیژن را با ساختار لایه ای اتم نشان می دهد.



(ب) کدام اتم الکترون از دست داده و کدام الکترون گرفته است؟
 (پ) اگر گرفتن الکترون را کاهش^۱ و از دست دادن الکترون را اکسایش^۲ بنامیم، کدام گونه کاهش و کدام اکسایش یافته است؟

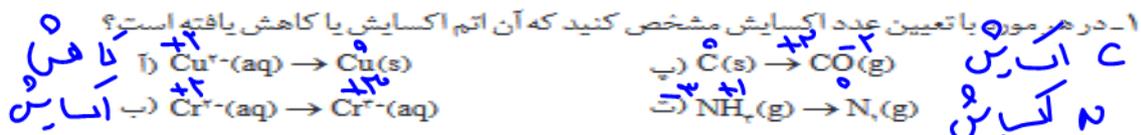
(ت) شیمی دان ها هریک از فرایندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک نیم واکنش^۳ نمایش می دهند که هر نیم واکنش باید از لحاظ جرم (اتم ها) و بار الکتریکی موازنه باشد. اینک با قرار دادن شمار معینی الکترون، هریک از نیم واکنش های زیر را موازنه کنید.



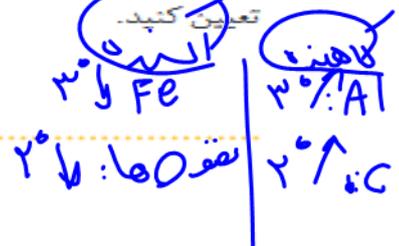
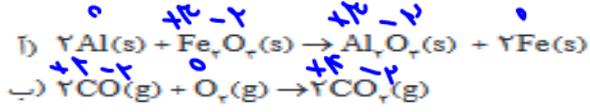
(ث) کدام یک از نیم واکنش های بالا، نیم واکنش اکسایش و کدام یک نیم واکنش کاهش را نشان می دهد؟ چرا؟

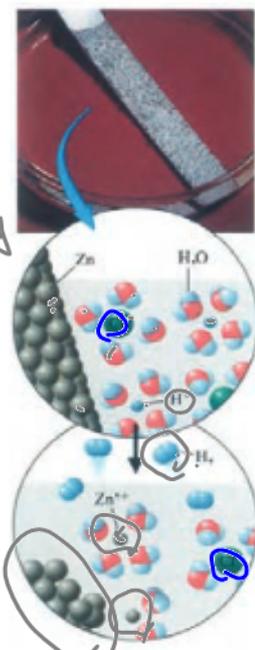
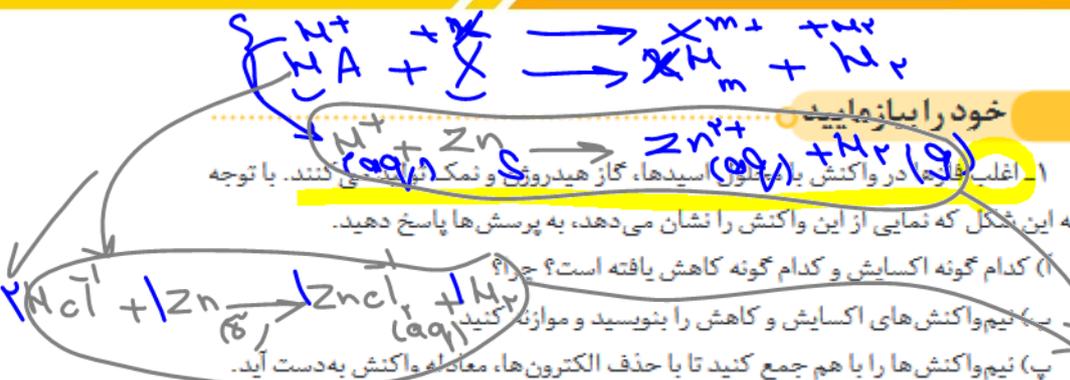
(ج) ماده ای که با گرفتن الکترون سبب اکسایش گونه دیگر می شود، اکسنده^۴ و ماده ای که با دادن الکترون سبب کاهش گونه دیگر می شود، کاهنده^۵ نام دارد. در واکنش روی با اکسیژن، گونه اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

خود را بیازمایید

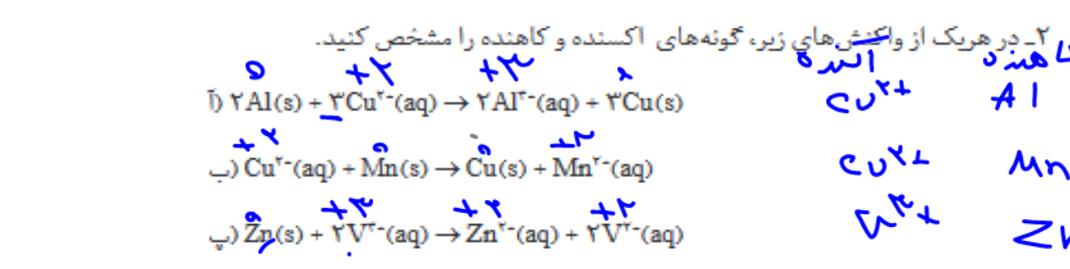
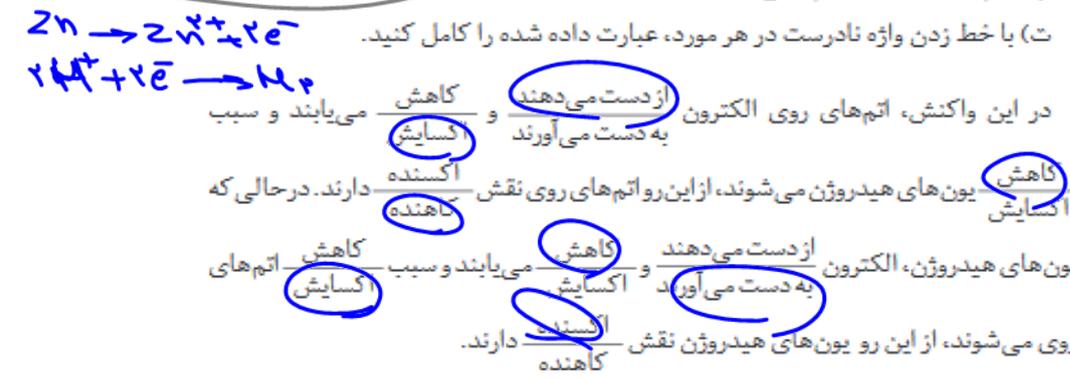


۲- در هر یک از واکنش های زیر با محاسبه تغییر عدد اکسایش، گونه کاهنده و اکسنده را تعیین کنید.

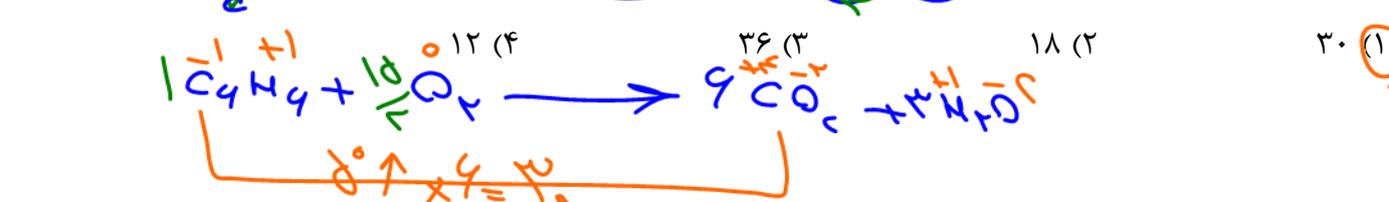




۱) ۲
 ۲) ۲
 ۳) ۲



تست ۱: در سوختن کامل بنزن، مجموع تغییر درجه اکسایش اتم های کربن چند است؟



تست ۲: در سوختن کامل استون $(CH_3-C(=O)-CH_3)$ ، مجموع تغییر درجه اکسایش کربن ها چند است؟

Handwritten calculation: $16 \times 3 = 48$

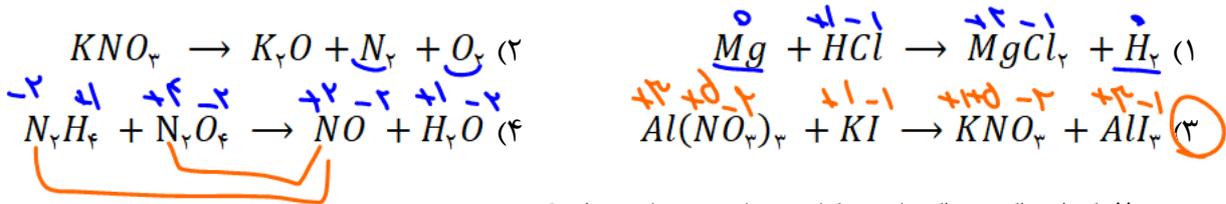
تشخیص واکنش اکسایش-کاهش از دیگر واکنش ها

بطور کلی اعداد اکسایش عنصرهای یک واکنش را به دست می آوریم، چنانچه تعدادی از اتم ها تغییر درجه داشتند، واکنش از نوع اکسایش-کاهش است.

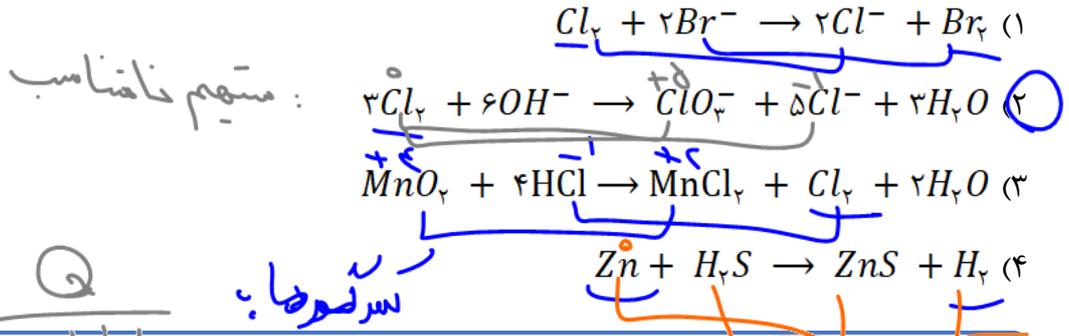
عنصری: O_2, O, Fe, P و...
ترتیب: $NaCl, H_2O$ و...

نکته: چنانچه در واکنشی عنصر (هایی) به حالت عنصر باشند، واکنش قطعاً از نوع اکسایش-کاهش می باشد.

تست ۱: کدام واکنش از نوع اکسایش-کاهش نیست؟



تست ۲: کدام واکنش اکسایش-کاهش با بقیه تفاوت دارد؟

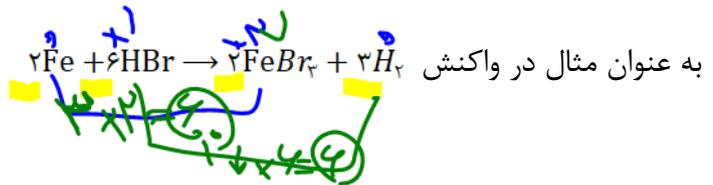


استوکیومتری و عدد اکسایش

تعداد مول الکترون مبادله شده در هر واکنش و نیز واکنش متناسب با ضریب استوکیومتری هر جسم بر حسب مول می باشد.

$\frac{1.5 \text{ mol } H_2}{3} = \frac{Q}{-2 \cdot kJ}$

$\Delta H = -200 \text{ kJ}$



تغییر عدد اکسایش هر اتم آهن ۳ درجه می باشد و تغییر درجه اکسایش هر اتم H برابر با ۱ درجه است.

تعداد e مبادله شده در واکنش ۶ مول می باشد، پس می توان گفت به ازای مبادله ۶ مول e بین اکسنده و کاهنده:

۲ مول Fe مصرف می شود. ۶ مول HBr مصرف می شود. ۲ مول FeBr₃ تولید می شود. ۳ مول H₂ تولید می شود.

و ۲۰۰ کیلو ژول گرما آزاد می شود.

مثال: در این مبادله...
 $\frac{0.2 \text{ mol } e}{6} = \frac{2}{x}$
 $\frac{0.2}{6} = \frac{2}{x} \rightarrow x = 60$

مثال ۱: در واکنش $C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 2CO_2 + 6H_2O$ در اثر مبادله 0.7 مول e^- چند لیتر CO_2 در شرایط STP تولید می‌شوند؟

$$\frac{0.7}{28} = \frac{x}{44} \Rightarrow 1.224 \text{ L } CO_2$$

مثال ۲: در واکنش $2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$ اگر $3/0.1 \times 10^{22}$ عدد e^- مبادله شود، چند گرم Al تولید می‌شود؟ ($Al = 27$)

تست ۱: کدام گزینه نادرست است؟

- ۱) الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.
- ۲) ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی محتوی مواد غذایی، چهره‌ای از افزایش سطح رفاه و آسایش است.
- ۳) الکتروشیمی شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تامین انرژی نقش بسزایی دارد.
- ۴) اطمینان از کیفیت فرآورده‌ها در قلمرو تولید مواد دانش الکتروشیمی قرار دارد.

تست ۲: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- در واکنش $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ اتم‌های روی کاهنده و یون‌های کلرید اکسند هستند.
- الکتروشیمی شاخه‌ای از علم شیمی است که در قلمرو تامین انرژی، تولید مواد، اندازه گیری و کنترل کیفی بر پایه اصول شیمی سبز عمل می‌کند.
- اکسند جسمی است که اکسایش می‌یابد و کاهنده جسمی است که کاهش می‌یابد.
- هنگامی که بار یک گونه مثبت‌تر شود، آن گونه اکسایش یافته است.
- فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسند هستند.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

تست ۳: در واکنش $MnO_4^- + aH^+ + b e^- \rightarrow Mn^{2+} + cH_2O$ ضرایب c, b, a به ترتیب از راست به چپ کدامند؟

۲, ۳, ۸ (۱) ۳, ۲, ۵ (۲) ۴, ۴, ۵ (۳) ۴, ۵, ۸ (۴)

تست ۴: پس از موازنه واکنش $Cr_2O_7^{2-} + Sn^{2+} + H^+ \rightarrow Sn^{4+} + H_2O + Cr^{3+}$ ضریب یون Sn^{2+} چند برابر یون Cr^{3+} می‌باشد؟

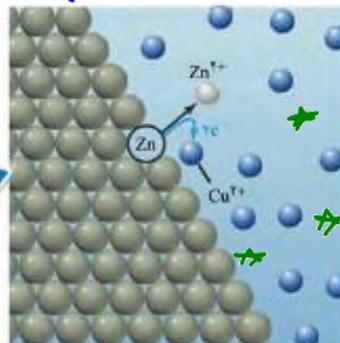
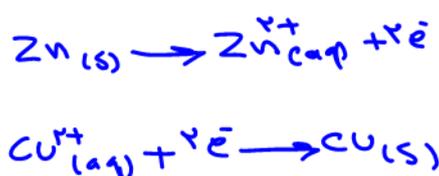
۱ (۱) ۱/۵ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴)

جاری شدن انرژی با سفر الکترون

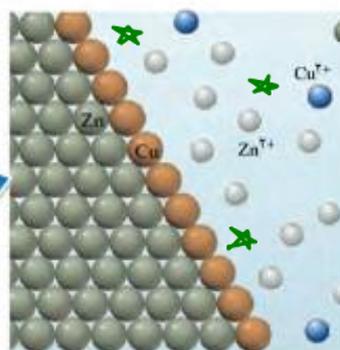
از سال گذشته به خاطر دارید که فلز واکنش پذیرتر می‌تواند با ترکیب فلزی که واکنش پذیری کمتری دارد، (با مبادله الکترون بین آن‌ها) واکنش می‌دهد و در اثر این واکنش انرژی آزاد شده و فرآورده‌های پایدارتری تولید می‌شود اما در حالت عکس، واکنشی انجام نمی‌شود.

نکته ۱: تبادل الکترون بین دو گونه با آزاد شدن انرژی همراه است و بخشی از این انرژی به شکل گرما ظاهر شده و دمای سامانه افزایش می‌یابد.

نکته ۲: تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون در محلول‌های آبی نیز یکسان نیست. به عبارتی قدرت اکسایش (کاهندگی) در فلزات متفاوت است.



با گذشت زمان



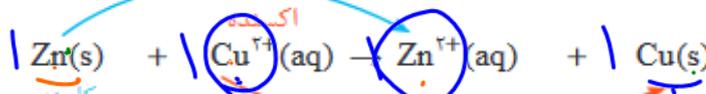
(کاهندگی)، (آب‌ساز) از دست دادن e^-

$Zn > Cu$

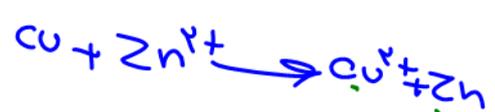
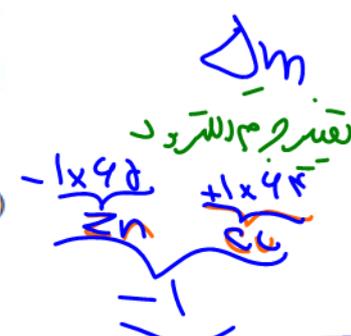
(آکسیدان)، (کاهنده) گرفتن e^-

$Cu^{2+} > Zn^{2+}$

اکسایش

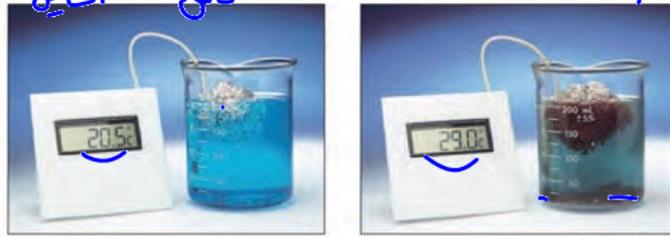


کاهش



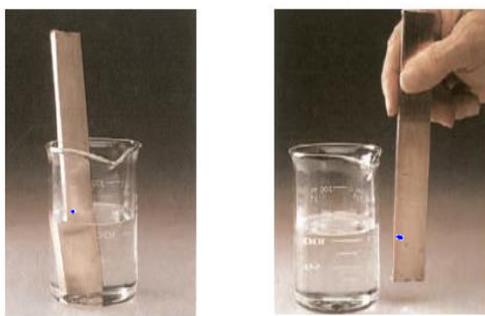
Dr. Hassan Plooi

مثال ۲: بررسی واکنش تیغه آلومینیوم با محلول نمک مس و افزایش دمای محلول
 بررسی: $Cu^{2+} > Al^{3+}$
 پتانسیل: $Cu < Al$
 $2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s)$



هنگامی که $Al(s)$ درون $CuSO_4(aq)$ قرار گیرد، بر اثر واکنش اکسایش-کاهش، دمای محلول افزایش می‌یابد.

مثال ۳: عدم واکنش تیغه مس با محلول $ZnSO_4$ و ثابت ماندن دمای محلول:

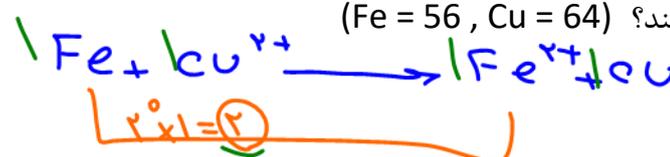


$Cu + Zn^{2+} \not\rightarrow Cu^{2+} + Zn$
 بررسی: $Zn^{2+} > Cu^{2+}$
 پتانسیل: $Zn < Cu$

$Sn \rightarrow Sn^{2+}$ ✓

مثال ۴: اگر تیغه‌ای از جنس آهن در محلول آبی رنگ مس (Cu^{2+})، قرار گیرد، در اثر مبادله ی $0/1$ مول Fe

الکترون، جرم تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ ($Fe = 56, Cu = 64$)



$\frac{0/1}{2} = \frac{K=1/4}{+1}$

$\Delta m_{تیغه} = \frac{(1 \times 56)}{Fe(-)} - \frac{(1 \times 64)}{Cu(+)} \Rightarrow \Delta m_{تیغه} = -56 + (64) = +8g$

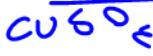
نکته ۳: هر چه تفاوت قدرت اکسید شدن دو فلز بیشتر باشد، در اثر واکنش آن ها گرمای بیشتری آزاد شده و دمای محلول، افزایش بیشتری می‌یابد. (با فرض تعداد الکترون مبادله شده ی برابر)

نکته ۴: فلز به حالت جامد، خنثی می باشد (غیر از جیوه)

در محلول فلز، فلز به شکل کاتیون می باشد.

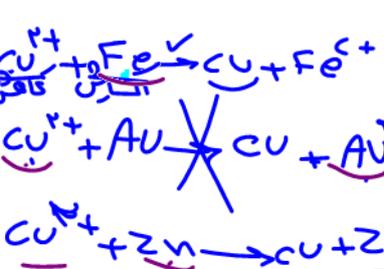
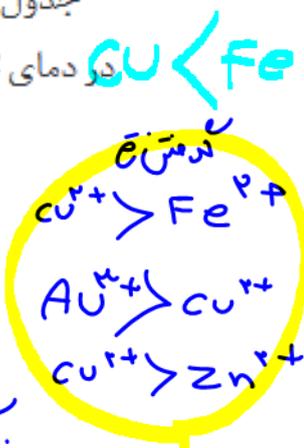
خود را بیازمایید

جدول زیر داده‌هایی را از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول مس (II) سولفات



در دمای $20^\circ C$ نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

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

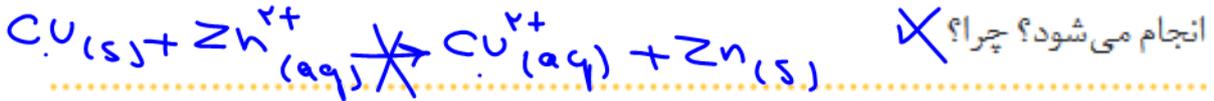


(ب) هر یک از واکنش‌های زیر را کامل کرده سپس گونه‌های کاهنده و اکسند را مشخص کنید.



(پ) با توجه به تغییر دمای هر سامانه، کدام فلز تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون دارد؟ چرا؟
(ت) فلزهای Au، Fe، Zn و Cu را بر اساس قدرت کاهندگی مرتب کنید.

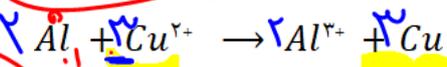
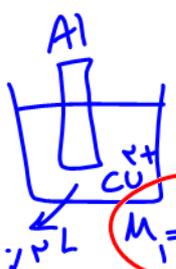
(ث) پیش‌بینی کنید هرگاه تیغه مس درون محلول روی سولفات قرار گیرد، آیا واکنشی



تست ۱: یک فویل آلومینیومی درون ۲۰۰ میلی لیتر محلول $CuSO_4$ با غلظت ۰/۰۵ مولار انداخته

شده است. اگر از بین رفتن رنگ کامل آبی محلول ۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه به طول انجامد. سرعت متوسط

آزاد شدن فلز مس چند مول بر ثانیه است و چند مول الکترون در این واکنش مبادله می‌شود؟



$M_{Cu^{2+}} = 0$
 $M_{Cu} = 63.5$
 $R_{Cu^{2+}} = ? \text{ mol/s}$
 $R_{Cu} = ? \text{ mol/s}$

$R_{Cu^{2+}} = \frac{\Delta M_{Cu^{2+}}}{\Delta t} = \frac{-(0 - 1.0) \text{ mol}}{100 \text{ s}} = 0.01 \text{ mol/s}$

$\frac{R_{Cu^{2+}}}{2} = \frac{R_{Cu}}{3} \rightarrow R_{Cu} = 0.015 \text{ mol/s}$

$\frac{Q}{\Delta H}$

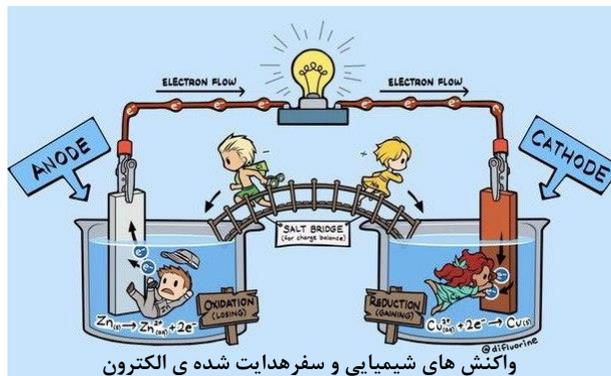
تست ۲: به ازای مصرف هر گرم آلومینیوم در واکنش ترمیت ۱۵/۲۵ کیلو ژول انرژی آزاد می شود. اگر در طول انجام شدن این واکنش 6.02×10^{24} الکترون مبادله شود، مقدار انرژی آزاد شده برابر با چند کیلو ژول است؟ (Al = ۲۷)



$\frac{9Al}{18} = \frac{-182.8}{\Delta H} \rightarrow \Delta H = -182.8 \text{ kJ}$

$\frac{6.02 \times 10^{24} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{-182.8 \text{ kJ}} = Q \Rightarrow Q = -1372 \text{ kJ}$

سلول گالوانی یا ولتایی



دیدیم که چنانچه دو گونه در محلول با یکدیگر تبادل مستقیم الکترون داشته باشند، بخشی از تفاوت انرژی شیمیایی آن‌ها تبدیل به انرژی گرمایی شده و دمای محلول افزایش می‌یابد. حال اگر به جای داد و ستد مستقیم الکترون بین گونه‌های اکسایش و کاهش یافته در یک واکنش، بتوان الکترون‌ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جا به جا کرد، آنگاه می‌توان بخش از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش-کاهش را به شکل انرژی الکتریکی درآورد. به سلول‌هایی که این کار را انجام می‌دهند «سلول‌های گالوانی» گویند.

سلول گالوانی یا ولتایی: نوعی سلول الکتروشیمیایی که در آنها بخشی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

اجزای سلول گالوانی

(A) نیم سلول‌ها: هر سلول گالوانی دارای دو نیم سلول آندی و کاتدی است. هر نیم سلول شامل الکتروود و محلول الکترولیت یون‌های آن تیغه می‌باشد (معمولا).

الکتروود: یک رسانای الکترونی است که عمل اکسایش و کاهش در سطح آن انجام می‌شود. (فلز یا گرافیت که الکترون شناور دارند)

محلول الکترولیت: یک رسانای یونی است که در آن یون‌ها آزادانه حرکت می‌کنند.

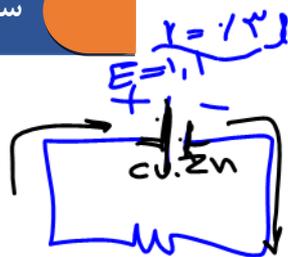
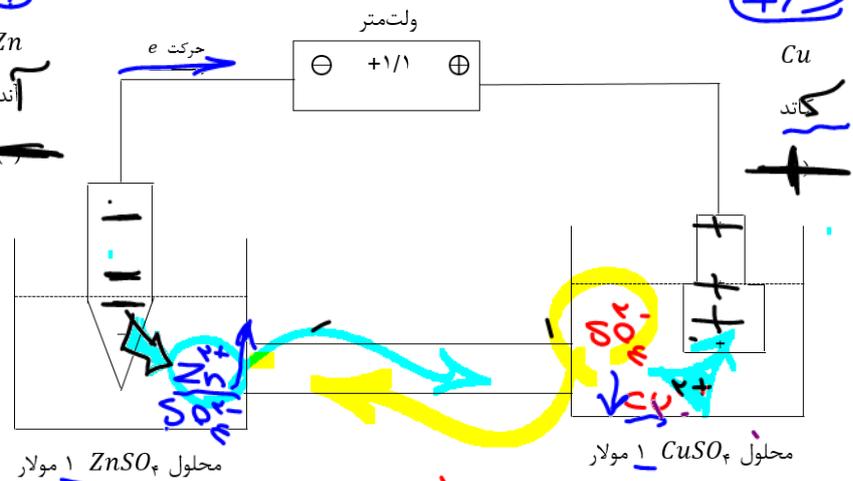
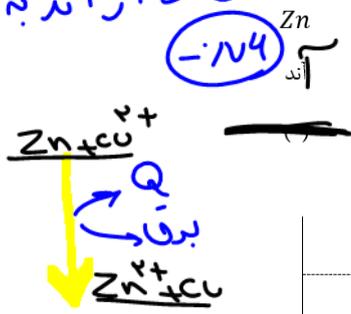
(B) مدار بیرونی: یک رسانای الکترونی است که الکترون‌ها را از آند (قطب منفی) به کاتد (قطب مثبت) منتقل کرده و در مسیر آن می‌توان مقاومت یا ولت متر و ... قرار داد.

(C) دیواره متخلخل: دیواره‌ای از جنس سفال و ... که از مخلوط شدن مستقیم دو الکترولیت جلوگیری می‌کند اما برخی یون‌های موجود در دو محلول می‌توانند از آن عبور کنند (کاتیون‌ها از آن نیم سلول آندی به نیم سلول کاتدی می‌روند و آنیون‌ها از آن از نیم سلول کاتدی به آندی می‌روند). دیواره متخلخل محلول‌ها را از نظر الکتریکی خنثی نگه می‌دارد.

سلول گالوانی روی - مس

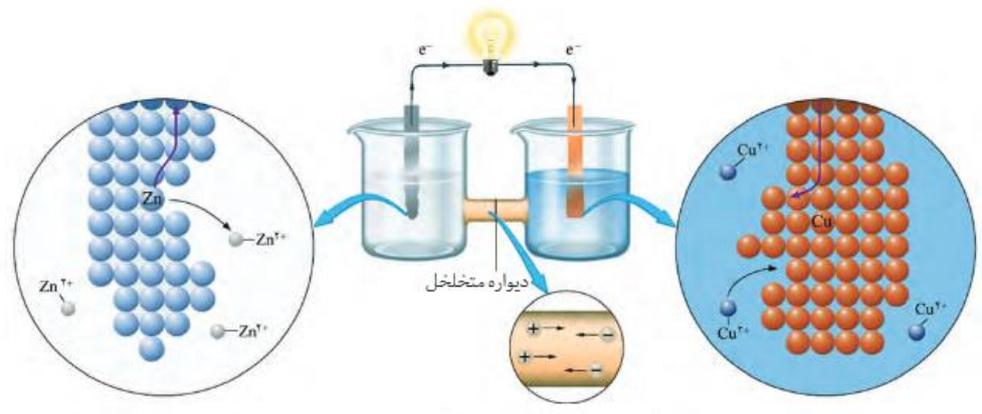
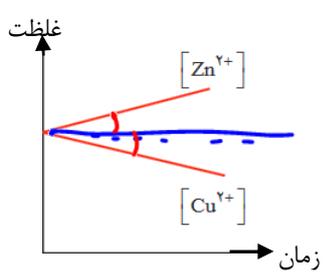
همواره صورتی از آن به کاتد راست

انرژی



با محلول Zn^{2+}

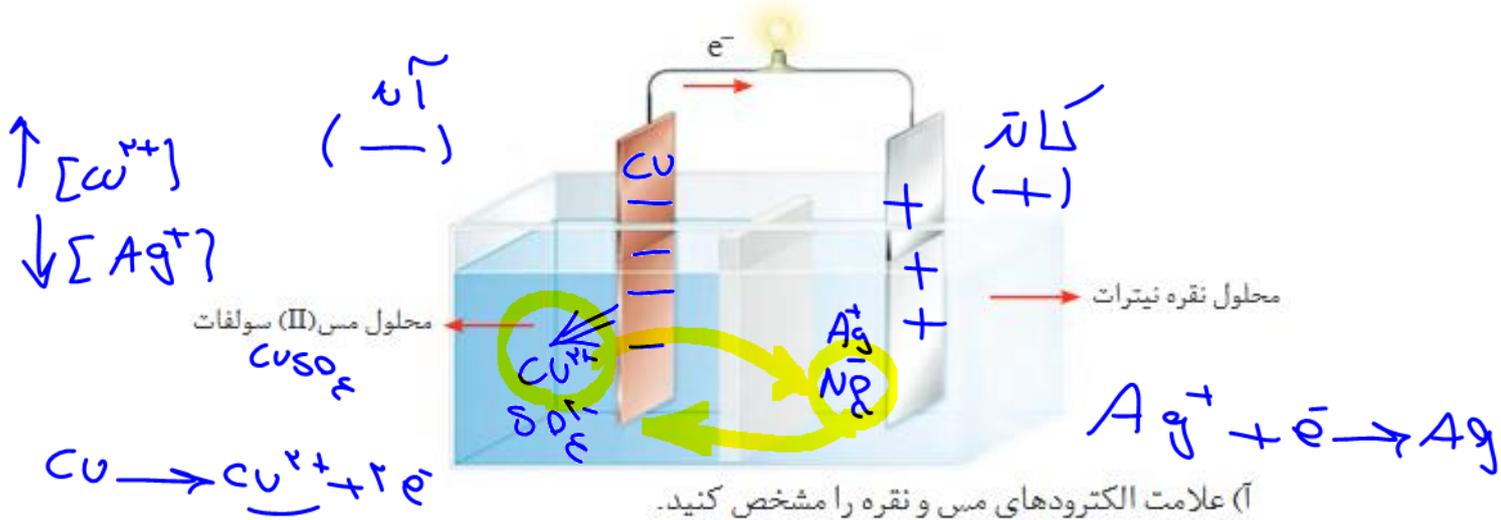
با محلول Cu^{2+}



- آ) نیم واکنش‌های انجام شده در هر نیم سلول و واکنش کلی سلول را بنویسید.
- ب) آند الکترودی است که در آن نیم واکنش اکسایش و کاتد الکترودی است که در آن نیم واکنش کاهش رخ می‌دهد. با این توصیف، کدام الکترود نقش آند و کدام نقش کاتد را دارد؟
- پ) در مدار بیرونی، حرکت الکترون‌ها در چه جهتی است؟ چرا؟
- ت) توضیح دهید چرا پس از مدتی جرم تیغه روی کم و جرم تیغه مس زیاد شده است؟

خود را بیازمایید

شکل زیر سلول گالوانی مس - نقره (Cu - Ag) را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.

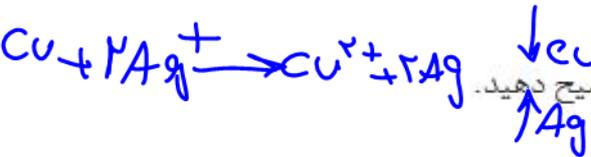


(آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.

(ب) نیم واکنش های انجام شده در آند و کاتد را بنویسید.

(پ) با انجام واکنش، جرم الکترودها چه تغییری می کند؟ توضیح دهید.

(ت) جهت حرکت یون ها را از دیواره متخلخل مشخص کنید.



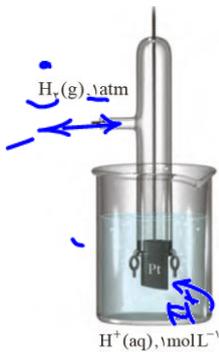
تمایل گونه‌ها برای گرفتن الکترون (پتانسیل کاهش استاندارد) (E°)

همانطور که می‌دانیم، الکترونگاتیوی نشان دهنده‌ی تمایل عنصر به جذب الکترون در پیوندهای شیمیایی به سمت هسته‌ی خود می‌باشد.

حال با توجه به اینکه تمایل و قدرت گونه‌ها برای گرفتن یا از دست دادن الکترون نیز متفاوت است، می‌توان معیاری برای این کمیت بیان کنیم و در نتیجه قدرت گونه‌ها از این نظر را با یکدیگر مقایسه کنیم. قدرت گونه‌ها برای داد و ستد الکترون را با نماد E° نمایش می‌دهند و طبق قرارداد تمایل یون H^+ برای گرفتن الکترون را مبنای رتبه‌بندی قرار می‌دهند.

پتانسیل کاهش استاندارد (E°): تمایل یک گونه برای گرفتن e^- (کاهش) در شرایط استاندارد (دمای $25^\circ C$ و فشار 1 atm)، نسبت به H^+ را پتانسیل کاهش استاندارد آن گویند.

الکتروود استاندارد هیدروژن (SHE): شامل یک الکتروود پلاتینی است که در محلول $1 \text{ مولار } H^+ (PH = 0)$ و دمای $25^\circ C$ قرار داده شده و گاز H_2 با فشار 1 atm به آن دمیده می‌شود.



در این صورت پتانسیل الکتریکی SHE، صفر در نظر گرفته می‌شود:



نفس تازه: SHE

$E^\circ_{H^+/H_2} = 0 \text{ V}$

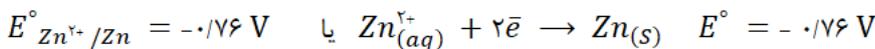


نفس آند: SHE

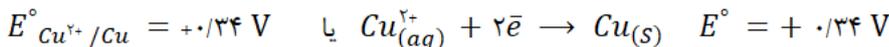
➤ بدست آوردن پتانسیل کاهش استاندارد یک یون فلزی:

تیغه‌ای از جنس فلز مورد نظر را در محلول 1 مولار یون آن قرار می‌دهیم و تیغه را توسط سیم به ولت متر وصل کرده و سر دیگر ولت متر را به SHE متصل می‌کنیم. عددی که ولت متر نشان می‌دهد بیانگر مقدار عددی E° یون فلزی مورد نظر است، که خود 2 حالت دارد:

الف) اگر حرکت الکترون از نیم سلول فلزی به SHE باشد: E° یون فلزی عددی منفی در نظر گرفته می‌شود؛ به عنوان مثال اگر نیم سلول روی به SHE وصل شود، عدد ولت متر 0.76 خواهد بود و حرکت الکترون به سمت SHE، در نتیجه:



ب) اگر حرکت الکترون از SHE به نیم سلول فلزی باشد: E° یون فلزی عددی مثبت در نظر گرفته می‌شود؛ به عنوان مثال اگر نیم سلول مس به SHE وصل شود، عدد ولت متر 0.34 خواهد بود و حرکت الکترون به سمت الکتروود مس:



نکته ۱: به روش تقریباً مشابه می‌توان E° همه گونه‌ها را نسبت به H^+ به دست آورد.

نکته ۲: E° یک گونه در شرایط استاندارد عددی بین $+3$ و -3 ولت می‌باشد. (تقریباً)

نکته ۱: برای هماهنگی در همه منابع و به پیشنهاد آیوپاک، نیم واکنش‌ها به شکل کاهش نوشته می‌شوند.

سری الکتروشیمیایی عناصر



اگر عناصر را با توجه به مقدار E° آنها به گونه‌ای رتبه بندی کنیم که هر چه عنصری E° بیشتر داشته باشد بالاتر و هر چه مقدار E° آن کمتر باشد پایین تر قرار گیرد، ترتیبی به نام سری الکتروشیمیایی به دست می‌آید:

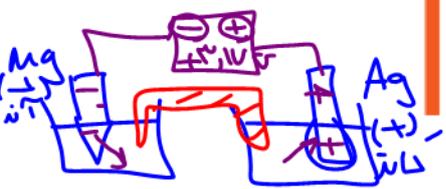
جدول ۱- پتانسیل کاهش استاندارد برای برخی نیم سلول‌ها

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

$E^\circ_{Ag^+/Ag} = +۰/۸۰$

اکسنده قوی تر

کاهنده قوی تر



$emf = 1.18 - (-2.37) = 3.55$
 $emf = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$

خود را بیازمایید

با استفاده از جدول ۱ مشخص کنید در سلول گالوانی ساخته شده از نقره و منیزیم:

(آ) کدام الکتروود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟

(ب) نیم واکنش‌های انجام شده را بنویسید و واکنش کلی سلول را به دست آورید.



سری الکترو شیمیایی تستی:

قویترین اکسده



اکسنده ترین



ضعیف ترین کاهشده (ضعیف ترین آند)



اکسنده ترین گونه : F_2
 ضعیف ترین آند : Li
 کاهشده ترین گونه : Li^+
 نافلزات

نفس نماند

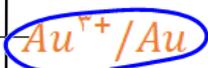
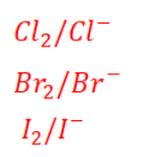
افزایش اکسنده گی (گرفتن e)

افزایش کاهشده گی (دادن e)

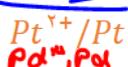
نفس نماند

قطار آلومینیوم

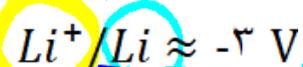
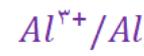
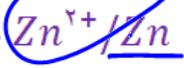
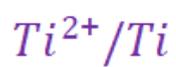
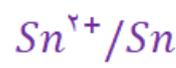
فلزات



طلا



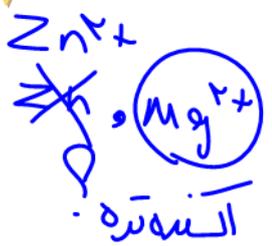
پلاتین



کاهشده ترین

ضعیف ترین اکسده (ضعیف ترین کاتد)

قویترین کاهشده



نکاتی از سری الکتروشیمی

- ۱- گونه‌ی سمت چپ صرفاً تمایل به کاهش دارد. (اکسنده)
- ۲- گونه‌ی سمت راست صرفاً تمایل به اکسایش دارد. (کاهنده)
- ۳- در مباحث این فصل نیز فلزات و هیدروژن می‌توانند به شکل مثبت (کاتیون) یا خنثی باشد.
- ۴- در مباحث این فصل نیز نافلزات می‌توانند به شکل منفی (آنیون) یا خنثی باشد.
- ۵- نیم واکنش کاهش را به دو حالت نمایش می‌دهند، به عنوان مثال نیم واکنش و E° یون روی:

$$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V \quad \text{یا} \quad Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)} \quad E^\circ = -0.76V$$
- ۶- هر چه فلزی پایین‌تر باشد، واکنش پذیری آن بیشتر بوده به عبارتی فعال‌تر و ناپایدارتر است و استخراج آن از طبیعت دشوارتر می‌باشد
- ۷- هر چه نافلزی بالاتر باشد، واکنش پذیری آن بیشتر است به عبارتی فعال‌تر و ناپایدارتر است و استخراج آن از طبیعت دشوارتر می‌باشد
- ۸- E° هر گونه را E° نیم سلول گویند. حال چنانچه دو گونه با یکدیگر واکنش دهند، به تفاوت E° آنها، E° سلول یا نیروی الکتروموتوری یا emf یا نیرو محرکه و یا ولتاژ سلول می‌گویند، که از رابطه زیر به دست می‌آید:

نیروی الکتروموتوری (emf) یا E° سلول:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}}$$

- ۹- E° نیم سلول می‌تواند مثبت یا منفی باشد اما E° سلول حتماً عددی مثبت می‌باشد.
- ۱۰- هر چه E° سلول بیشتر باشد سرعت واکنش دو گونه اکسنده و کاهنده بیشتر بوده و اگر واکنش در محلول انجام شود، دمای محلول افزایش بیشتر می‌یابد و چنانچه واکنش دو گونه در یک سلول گالوانی انجام شود، باتری قوی‌تر ایجاد می‌شود.

مقایسه قدرت اکسندگی و کاهشندگی گونه‌ها



نکته ۱: در سری الکتروشیمیایی گونه سمت چپ، کاهش یابنده یعنی اکسند است و هر چه بالاتر باشد، اکسند قوی‌تری است.

نکته ۲: در سری الکتروشیمیایی گونه سمت راست، اکسید شونده است یعنی کاهشنده است و هر چه پایین‌تر باشد، کاهشنده قوی‌تری است.

مثال ۱: گونه‌های $Zn, Li^+, Al^{3+}, H_2, H^+, Ag^+, F^-, F_2$ را از نظر قدرت اکسندگی و کاهشندگی مرتب کنید:

جواب: گونه‌هایی که می‌توانند کاهش یابند (اکسند): $F_2 > Ag^+ > H^+ > Al^{3+} > Li^+$ (مضعف‌ترین اکسند)

گونه‌هایی که می‌توانند اکسایش یابند (کاهشنده): $Zn > H_2 > F^-$ (مضعف‌ترین کاهشنده)

مثال ۲: با توجه به E° های داده شده، گونه‌ها را براساس اکسندگی و کاهشندگی مرتب کنید؟

$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76 V$ $E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34 V$ $E^\circ_{Cl_2/Cl^-} = +1.13 V$

جواب:

گونه‌هایی که امکان کاهش دارند (اکسندها): Zn^{2+}, Cu^{2+}, Cl_2

گونه‌هایی که امکان اکسایش دارند (کاهشندهها): Zn, Cu, Cl^-

قدرت اکسندگی: $Zn^{2+} < Cu^{2+} < Cl_2$

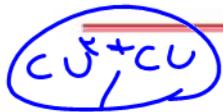
قدرت کاهشندگی: $Zn > Cu > Cl^-$

تست: با توجه به E° های داده شده، چند مطلب از مطالب زیر درست است؟

- قدرت کاهشندگی A از B بیشتر است.
- قدرت اکسندگی B^{2+} از A^{2+} بیشتر است.
- واکنش $A^{2+} + B \rightarrow A + B^{2+}$ انجام می‌شود.
- تمایل A^{2+} برای گرفتن الکترون بیشتر از B^{2+} است.
- تمایل A برای گرفتن الکترون بیشتر از B است.

۴ (۴) ۳ (۳) ۲ (۲) ۱ (۱)

پیوند با ریاضی

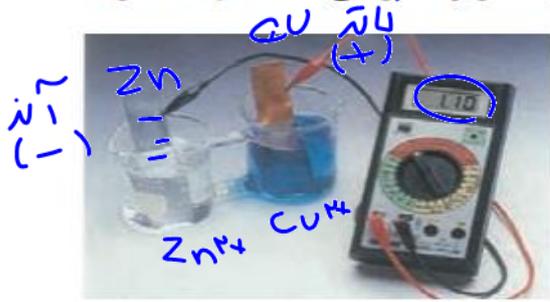


$E^{\circ}(Cu^{2+}/Cu) = +0.34V$

$E^{\circ}(Zn^{2+}/Zn) = -0.76V$

۱- با مراجعه به جدول ۱، هر یک از جاهای خالی را پر کنید.
 ۲- در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم سلول بالا مشخص کنید کدام یک نقش آنود و کدام یک نقش کاتد را دارد؟

۳- شکل زیر سلول گالوانی استاندارد روی - مس را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش های زیر پاسخ دهید:



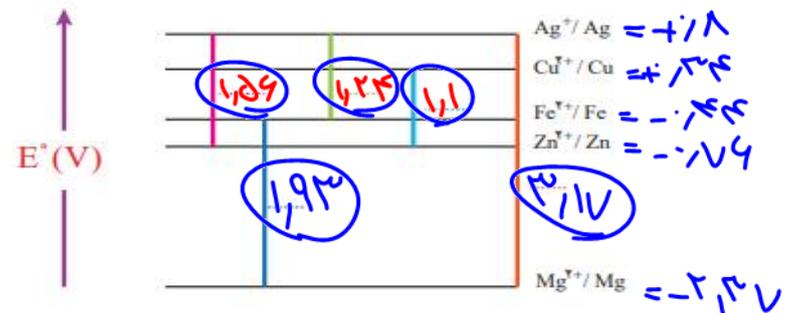
الف) emf این سلول را از روی شکل مشخص کنید.

ب) کدام رابطه زیر برای محاسبه این کمیت به کار رفته است؟ توضیح دهید.

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

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

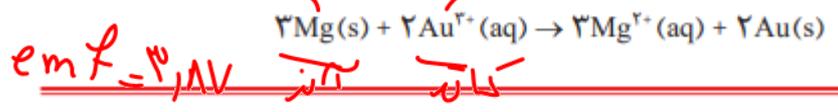
۴- در نمودار زیر هر خط رنگی نشان دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش ها پاسخ دهید.



الف) نخست برای هر سلول گالوانی، آنود و کاتد را مشخص کرده سپس emf را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.

ب) اگر چند نیم سلول در اختیار داشته باشید و بخواهید از آنها یک سلول گالوانی با بیشترین ولتاژ بسازید، از کدام نیم سلول ها استفاده می کنید؟ چرا؟

۵- با استفاده از جدول ۱، emf سلولی را حساب کنید که واکنش اکسایش - کاهش زیر در آن رخ می دهد.



بیشترین ولتاژ را دارند ← emf

نکاتی دیگر از سلول گالوانی



- ۱- گونه‌ای که E° کمتر دارد، آند و گونه‌ای که E° بیشتر دارد کاتد است.
- ۲- حرکت e همواره از آند (گونه‌ای با E° کمتر) به کاتد (گونه‌ای با E° بیشتر) می‌باشد.
- ۳- اگر قطب‌های هم نام ولت متر به الکترودها وصل باشد، عددی که ولت متر نشان می‌دهد مثبت است (emf) و گرنه عددی منفی است. (قرینه emf) اما در هر حالت emf سلول مثبت در نظر گرفته می‌شود زیرا نیروی الکتروموتوری یا ولتاژ سلول همواره عددی مثبت است.
- ۴- در سلول گالوانی به تدریج غلظت کاتیون‌ها در آند بیشتر شده و E° نیم سلول آندی بیشتر می‌شود و در نیم سلول کاتدی نیز به تدریج غلظت کاتیون‌ها کمتر شده و E° نیم سلول کاتدی کاهش می‌یابد. بنابراین به تدریج emf سلول کم می‌شود. (باتری ضعیف می‌شود).
- ۵- هر اقدامی در جهت روند طبیعی کارکرد طبیعی سلول گالوانی انجام شود، باعث کاهش emf می‌شود.

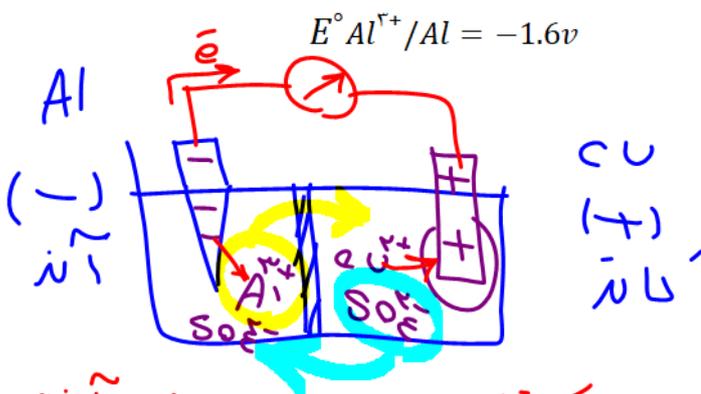


- ۶- هر اقدامی در خلاف جهت روند طبیعی کارکرد طبیعی سلول گالوانی انجام شود، باعث افزایش emf می‌شود.

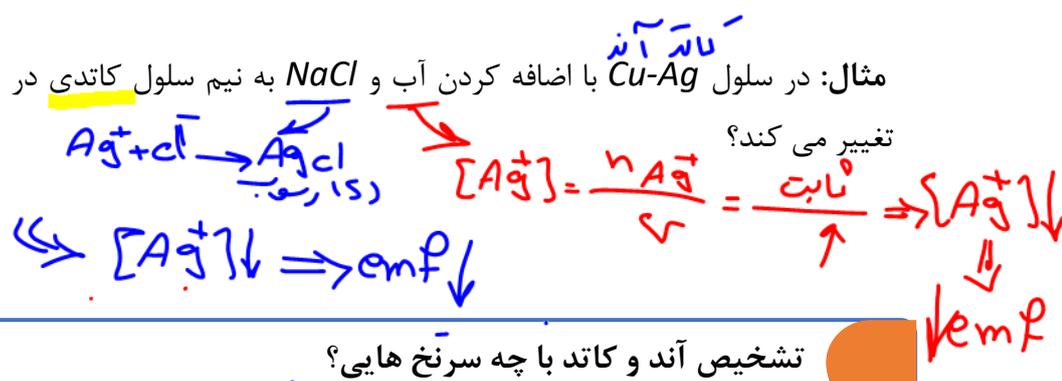
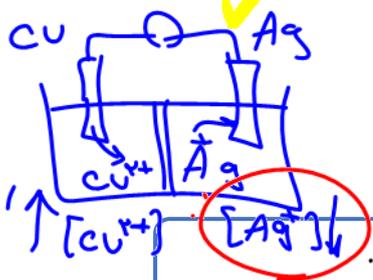
مثال: با توجه به E° های داده شده، سلول گالوانی Al-Cu را بررسی کنید

$$E^\circ Al^{3+}/Al = -1.6v$$

$$E^\circ Cu^{2+}/Cu = +0.34V$$



مثال: در سلول Cu-Ag با اضافه کردن آب و NaCl به نیم سلول کاتدی در هر حالت ولتاژ سلول چگونه



تشخیص آند و کاتد با چه سرخ هایی؟

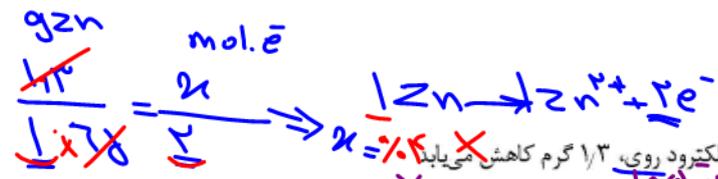
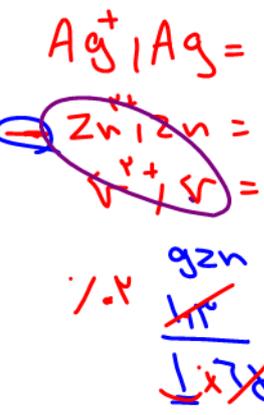
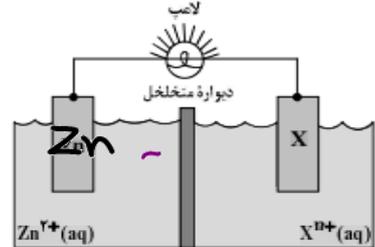


- ۱- با توجه به E° های گونه های داده شده
- ۲- با توجه به سری تستی
- ۳- با توجه به واکنش کلی داده شده
- ۴- با توجه به حرکت الکترون از مدار بیرونی
- ۵- با توجه به حرکت یونها در مدار درونی
- ۶- با توجه به علامت عدد ولت متر
- ۷- با توجه به قطبیت الکترودها
- ۸- با توجه به تغییر جرم الکترودها

تست ۱: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

با توجه به شکل داده شده که سلول گالوانی استاندارد تشکیل شده از دو نیم سلول را نشان می دهد، کدام مورد، عبارت زیر را از نظر علمی به درستی کامل می کند؟ ($Zn = 65 \text{ g.mol}^{-1}$)
 « اگر X الکترودها باشد، »

- $E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0,76V$
- $E^\circ(V^{2+}/V) = -1,20V$
- $E^\circ(Ag^+/Ag) = +0,80V$



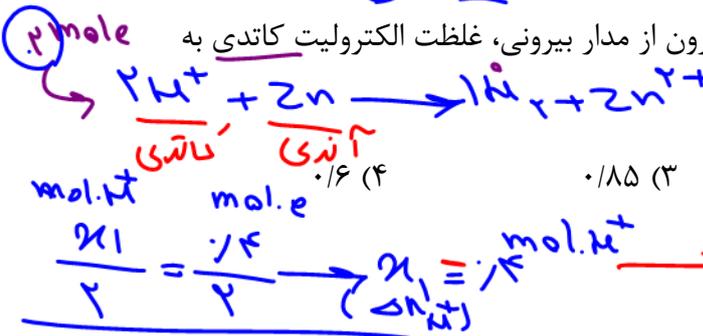
- ۱) بازای مبادله ۰,۰۲ مول الکترون، جرم الکتروده روی، ۱/۳ گرم کاهش می یابد
- ۲) جهت حرکت الکترون ها با جهت حرکت آنیون های منفی محلول واتادیم، همسو است
- ۳) جهت حرکت کاتیون های محلول نقره به سمت الکتروده روی است
- ۴) $E^\circ : V = 0,44 +$ ولت و Zn^{2+} ، گونه اکسندده است

Handwritten EMF calculation:

$$emf = -0,76 - (-1,2) = 0,44$$

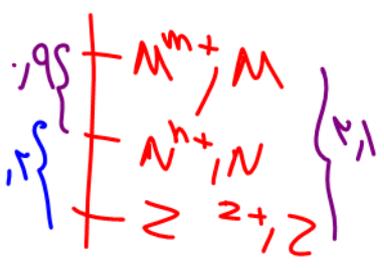
$[M^{n+}] = m \cdot n \cdot \alpha$
 $\downarrow \downarrow \downarrow$
 $1 \times 1 \times 1$
 $\rightarrow [M^{n+}]_1 = 1$

تست ۲: اگر در سلول گالوانی روی - هیدروژن، الکترولیت به کار رفته در کاتد شامل ۴ لیتر محلول Zn^{2+} / Zn باشد، با مبادله ۰/۴ مول الکترون از مدار بیرونی، غلظت الکترولیت کاتدی به چند مول بر لیتر می‌رسد؟
 SHE (۲) ۰/۹
 SHE (۳) ۰/۸۵
 SHE (۴) ۰/۱۶

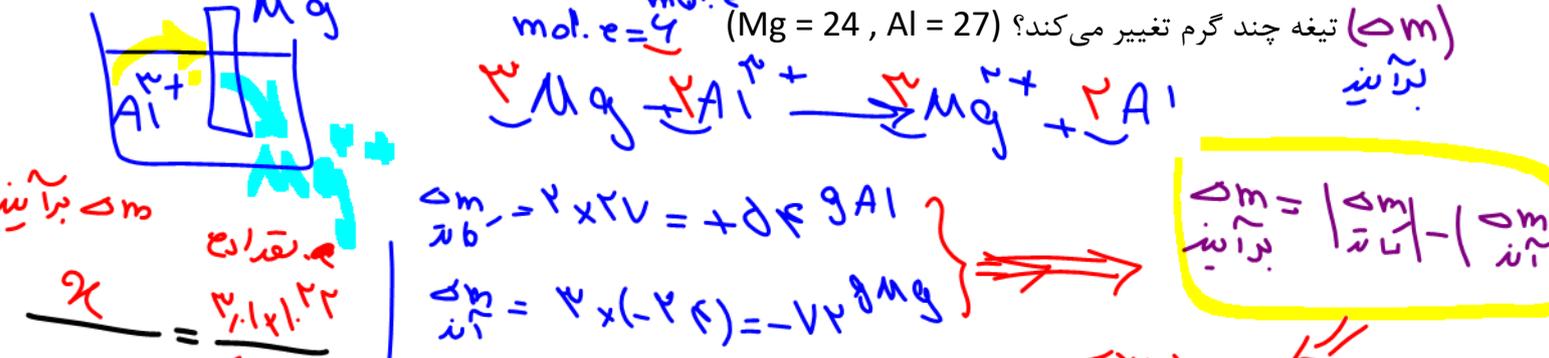


تست ۳: اگر نیروی الکتروموتوری سلول $M - N$ برابر با ۰/۹ ولت باشد و از جرم الکترو N به تدریج کاسته شود و emf سلول $N - Z$ برابر با ۱/۲ ولت و N قطب مثبت باشد، کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) ترتیب کاهندگی: $Z > N > M$ ✓
 (۲) ولتاژ سلول $Z - M$ برابر ۲/۱ ولت است. ✓
 (۳) در سلول $Z - M$ کاتیون‌ها به سمت نیم سلول Z حرکت می‌کنند. ✗
 (۴) در سلول $Z - M$ آند سریعتر از سلول $Z - N$ کاهش وزن می‌یابد. ✓



مثال ۱: اگر تیغه Mg در محلول نمک آلومینیوم قرار گیرد در اثر عبور $3/0.1 \times 10^{22}$ عدد الکترون، جرم تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ (Mg = 24, Al = 27)



مثال ۲: در سلول منیزیم - آلومینیوم در اثر عبور $3/0.1 \times 10^{22}$ عدد الکترون از مدار بیرونی، تفاوت جرم الکترودها چند گرم خواهد شد؟ (جرم اولیه الکترودها برابر است)

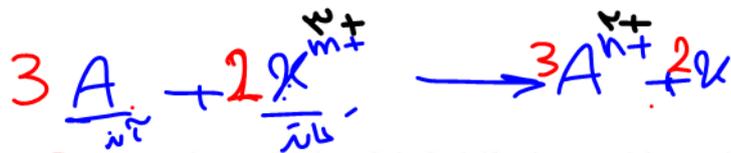
$\Delta m = |\Delta m_{Al}| + |\Delta m_{Mg}| = 54 + 72 = 126 \text{ g}$

$\alpha = 1, 0.9$

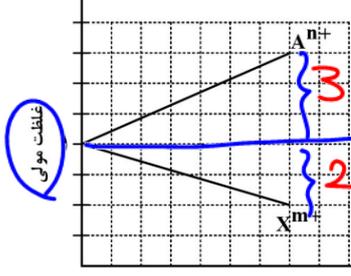
بهبود در به مراتب

تست ۱: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

ان
[]



با توجه به نمودار داده شده، که تغییرات غلظت یون‌ها را در یک سلول گالوانی استاندارد نشان می‌دهد، کدام مورد درباره این سلول درست است؟ (A و X فلزند).



Cr
Zn
Al
Mg

$x(+m) = 3$
 $\frac{3}{m} = \frac{2}{n}$

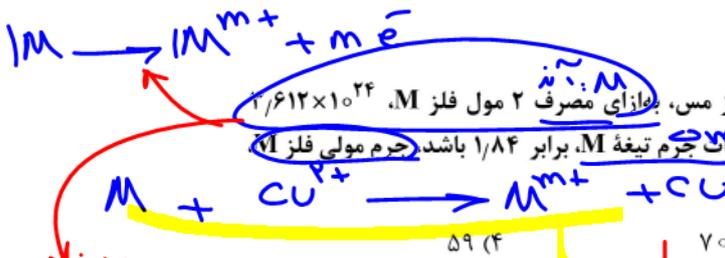
۱) A و X می‌توانند به ترتیب، کروم و روی باشند و $\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$ در سلول، نقش اکسند را دارد. X

۲) در این سلول گالوانی، به ازای مصرف ۰,۰۶ مول از فلز X، $1,036 \times 10^{23}$ الکترون مبادله می‌شود. X

۳) نمودار می‌تواند مربوط به سلول گالوانی «منیزیم - آلومینیم» باشد، که مقدار m، برابر مقدار n است.

۴) E° الکتروود (X^{m+} / X) ، از E° الکتروود (A^{n+} / A) کوچک‌تر است و با گذشت زمان، از جرم تیغه A کاسته می‌شود. X

تست ۲: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)



اگر در سلول گالوانی استاندارد تشکیل شده از فلز M و فلز مس، به ازای مصرف ۲ مول فلز M، $1,612 \times 10^{24}$ الکترون مبادله شود و نسبت تغییرات جرم تیغه مس به تغییرات جرم تیغه M، برابر ۱,۸۴ باشد، جرم مولی فلز M به تقریب کدام است؟ ($\text{Cu} = 64 \text{ g.mol}^{-1}$)



$\frac{2}{1} = \frac{m \times 64}{1,84 \times 2}$
 $m = 2$

$2M + 3\text{Cu}^{2+} \rightarrow 2M^{m+} + 3\text{Cu}$
 $\frac{\Delta m_{\text{Cu}}}{\Delta m_M} = 1,84 = \frac{3 \times 64}{2 \times M} \rightarrow M = 52$

تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

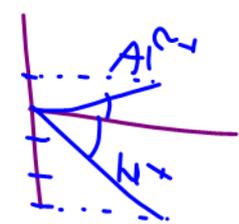
درباره سلول گالوانی استاندارد «آلومینیم - هیدروژن» کدام موارد زیر درست است؟ (حجم هریک از محلول‌های پیرامون آند و کاتد، برابر یک لیتر است، $E^\circ = (\text{Al}^{3+} / \text{Al}) = -1,66 \text{ V}$ ، $\text{H} = 1$ ، $\text{Al} = 27 \text{ g.mol}^{-1}$)

$\frac{\Delta m_{\text{Al}}}{\Delta m_{\text{H}_2}} = \frac{1}{0} = \infty$

الف: نسبت تغییرات جرم آند به تغییرات جرم کاتد، برابر ۹ است. X
 ب: اگر غلظت $\text{H}^+(\text{aq})$ ، ۰,۳ مولار کاهش یابد، غلظت $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ ، ۰,۹ مولار افزایش خواهد داشت. X
 پ: اگر ۰,۵۴ گرم از جرم آند کاسته شود، 672 میلی‌لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP، تشکیل شده است. ✓
 ت: در نمودار «مول - زمان» برای این سلول، شیب تغییر یون شرکت‌کننده در نیم‌واکنش کاتدی، ۳ برابر شیب تغییر یون شرکت‌کننده در نیم‌واکنش آندی است. ✓



$\frac{1}{9} = \frac{2}{27} \rightarrow n = 3$



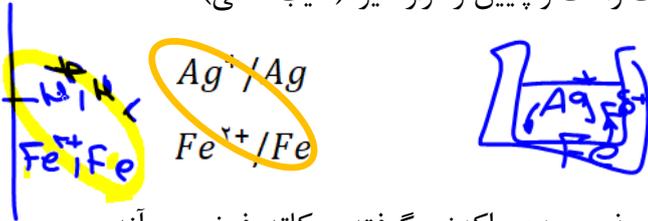
۱) «پ» و «ت»
 ۲) «ب» و «پ»
 ۳) «الف» و «ب»
 ۴) «الف» و «ت»

$3\text{Al} \rightarrow \text{L.M.C}$
 $\frac{1}{3} = \frac{2}{27} \rightarrow n = 3$

Dr. Hasan Palaei

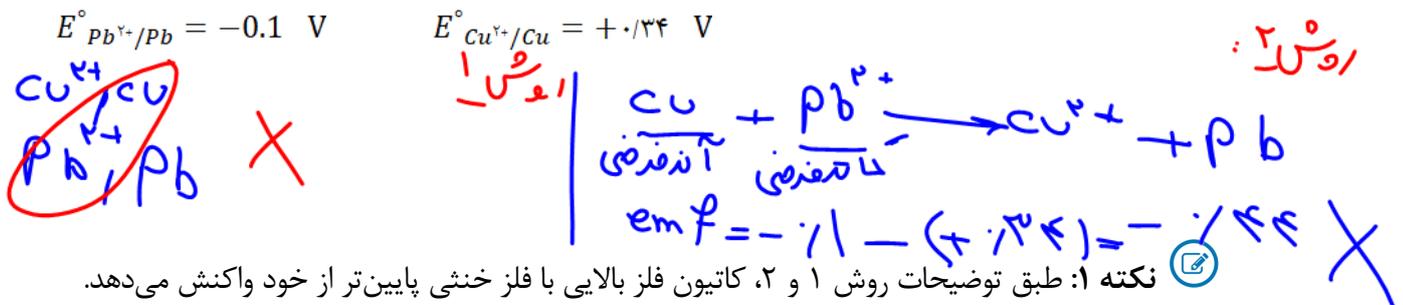
پیش بینی انجام پذیری یا انجام ناپذیری یک واکنش

روش ۱: یک واکنش شیمیایی در صورتی انجام می‌شود که گونه سمت چپ و بالاتر در مجاورت گونه سمت راست و پایین‌تر قرار گیرد (شیب منفی):



روش ۲: فرض را بر انجام پذیر بودن واکنش گرفته و کاتد فرضی و آنُد فرضی را مشخص می‌کنیم، حال emf واکنش را محاسبه کرده، در صورتی که عددی مثبت بود واکنش انجام پذیر، وگرنه انجام ناپذیر است.

مثال: آیا تیغه مس در محلول نمک سرب حل می‌شود؟



نکته ۲: همه فلزات پایین‌تر از هیدروژن می‌توانند با محلول اسیدها واکنش دهند و گاز H_2 آزاد کنند.

نکته ۳: محلول کاتیون پایین‌تر را می‌توان در ظرف بالاتر نگهداری کرد.

نکته ۴: یک هالوژن بالاتر در جدول می‌تواند با نمک هالوژن زیرین واکنش دهد.



نکته ۵: اگر در یک محلول واکنشی از نظر الکتروشیمیایی انجام پذیر باشد، دمای محلول افزایش می‌یابد. و در شرایط یکسان هر چه تفاوت E° دو گونه‌ای که با هم واکنش می‌دهند بیشتر باشد، سرعت واکنش و نیز افزایش دمای محلول بیشتر خواهد بود. (بفرض شرایط یکسان)

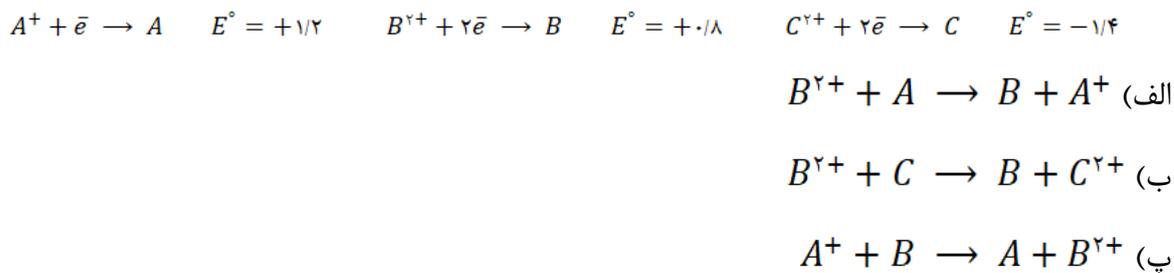
مثال ۱: با توجه به سری الکتروشیمیایی، محلول‌های زیر را بر اساس افزایش دمای آنها مرتب کنید.
(جرم محلول‌ها برابر)

افزایش دما (Δθ) : D > A > B > C ✓
Δθ = 0

محلول A: محلول آبی رنگ $CuSO_4$ و تیغه آلومینیومی. ✓
محلول B: محلول $AgNO_3$ و تیغه مسی. ✓
محلول C: محلول آبی رنگ $CuSO_4$ و تیغه نقره. ✗
محلول D: محلول $AgNO_3$ و تیغه لیتیم. ✓

B	$Ag^+ | Ag$
A	$Cu^{2+} | Cu$
C	$Ag^+ | Ag$
D	$Li^+ | Li$

مثال ۲: با توجه به E° گونه‌ها، کدام واکنش خود به خودی است (دمای محلول افزایش می‌یابد).
محلول‌ها را بر اساس افزایش دمای محلول و سرعت واکنش مرتب کنید؟

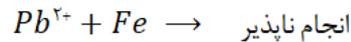
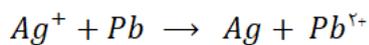


مثال ۳: کدام واکنش خود به خودی انجام نمی‌شود؟

- واکنش تیغه روی با محلول آهن II کلرید.
- واکنش گاز فلوئورید با محلول سدیم برمید.
- واکنش تیغه قلع با محلول هیدروکلریک اسید.
- واکنش تیغه آلومینیوم با محلول پتاسیم نیترات.

مثال ۴: اگر فلز M با محلول نقره کلرید واکنش دهد اما بر محلول نمک‌های روی بی‌اثر باشد، ترتیب قدرت اکسندگی و کاهش‌دهندگی گونه‌ها را بنویسید؟

مثال ۵: با توجه به واکنش‌های زیر به سوالات پاسخ دهید:



الف) قوی‌ترین اکسنده: (ب) ضعیف‌ترین اکسنده: (پ) قوی‌ترین کاهنده: (ت) ضعیف‌ترین کاهنده:

ج) سریع‌ترین واکنش بین دو گونه: (د) کمترین نیروی الکتروموتوری سلول:

📌 تست ۱: اگر تیغه‌ای از جنس سرب را در محلول آبی رنگ Cu^{2+} قرار دهیم، رنگ آبی محلول کم رنگ می‌شود، با توجه به E° یون مس چند مورد از مطالب زیر درست است؟ $E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34 \text{ V}$

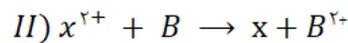
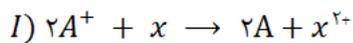
- واکنش انجام شده به شکل $Cu^{2+} + Pb \rightarrow Cu + Pb^{2+}$ می‌باشد.

- Pb کاهنده ضعیف‌تری از Cu می‌باشد. - Pb^{2+} اکسنده ضعیف‌تری از Cu^{2+} می‌باشد.

- E° یون Pb^{2+} عددی بین صفر و $+0.34$ می‌باشد. - به تدریج آلیاژی از سرب و مس ایجاد می‌شود.

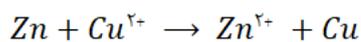
۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

تست ۲: با توجه به واکنش‌های زیر اگر E° واکنش (I) به اندازه 0.1 ولت بیشتر از E° واکنش (II) بوده و E° گونه‌های A^+ و B^{2+} به ترتیب 0.3 و -0.5 ولت باشد، پتانسیل کاهش گونه x^{2+} چند ولت است؟



۱ (۱) -0.05 ۲ (۲) -0.15 ۳ (۳) -0.45 ۴ (۴) -0.35

تست ۳: اگر با قرار دادن تیغه روی در محلول یون Cu^{2+} بعد از مدتی 0.05 مول الکترون مبادله شود، جرم تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ ($Zn = 65$ ، $Cu = 64$)

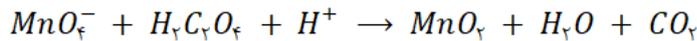


۱ (۱) 0.025 گرم افزایش ۲ (۲) 0.025 گرم کاهش ۳ (۳) 0.5 گرم افزایش ۴ (۴) 0.5 گرم کاهش

تست ۴: با قرار دادن تیغه روی در محلول اسید به ازای مبادله $10^{22} \times 1/0.3$ الکترون، چند میلی لیتر گاز در شرایطی که چگالی گاز اکسیژن $1/28 \text{ g.L}^{-1}$ است تولید می‌شود؟ ($H = 1, O = 16$)

(۱) ۳۹ (۲) ۱۲۵ (۳) ۶۲۵ (۴) ۱۲۵۰

تست ۵: با توجه به واکنش زیر کدام مطلب درست است؟



- (۱) انجام این واکنش باعث کاهش PH محلول می‌شود. هر اتم منگنز در این واکنش ۳ درجه کاهش می‌یابد.
 (۳) اتم‌های اکسیژن نقش اکسنده دارند. (۴) با مصرف ۰/۱ مول $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ، ۰/۱ مول الکترون مبادله می‌شود.

تست ۶: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به پتانسیل کاهش استاندارد نیم سلول‌های داده شده، کدام مورد درست است؟

$$E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.41 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0.77 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) = +1.09 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}) = -0.04 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = +1.35 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{I}_2/2\text{I}^-) = +0.54 \text{ V}$$

- (۱) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش: $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$. پس از موازنه معادله آن برابر ۶ است و به طور طبیعی انجام می‌شود.
 (۲) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش: $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{s}) \rightarrow \text{FeI}_2(\text{aq})$. پس از موازنه معادله آن، برابر ۷ است و به طور طبیعی انجام می‌شود.
 (۳) ید، برم و محلول آهن (II) کلرید را می‌توان در ظرفی از جنس آهن نگهداری کرد.
 (۴) قدرت کاهندگی یون یدید، کمتر از قدرت کاهندگی فلز آهن و یون برمید است.

تست ۷: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به E° نیم واکنش‌های زیر، کدام مورد درست است؟

$$E^\circ(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = +1.36 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = +0.15 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Cu}^+/\text{Cu}) = +0.52 \text{ V}$$

- (۱) Cl^- (aq)، کاهنده‌ای قوی‌تر از Sn^{2+} (aq) و Cu^+ (aq)، اکسنده‌ای قوی‌تر از Sn^{4+} (aq) است.
 (۲) Sn^{4+} (aq) می‌تواند $\text{Cu}(\text{s})$ را در شرایط مناسب اکسید و انرژی تولید کند.
 (۳) اگر فلز X با Sn^{4+} (aq) به طور طبیعی واکنش دهد، به یقین فلز X، با گاز کلر نیز واکنش می‌دهد.
 (۴) واکنش: $2\text{Cu}^+(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Cu}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ ، به طور طبیعی انجام می‌شود.

تست ۸: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

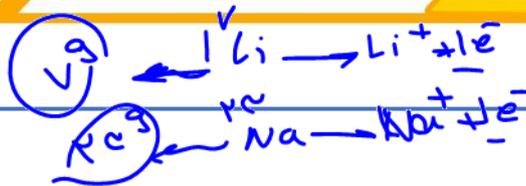
با توجه به پتانسیل کاهش استاندارد نیم سلول‌های زیر، کدام واکنش در جهت طبیعی انجام نمی‌شود؟

$$E^\circ(\text{V}^{2+}/\text{V}) = -1.20 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{V}^{3+}/\text{V}^{2+}) = -0.26 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}) = -1.18 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}$$



Handwritten notes in Persian:
 Fe^{3+}/Fe
 $\text{V}^{3+}/\text{V}^{2+}$
 Mn^{2+}/Mn
 V^{2+}/V
 Dr. Hossein Plooyi



باتری لیتیم دار



۱- لیتیم فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی است زیرا در میان فلزها کمترین چگالی و E° و جرم مولی را دارا است. در نتیجه با استفاده از این فلز می توان باتری های سپکتر، کوچکتر و با توانایی ذخیره انرژی بیشتر تولید کرد.

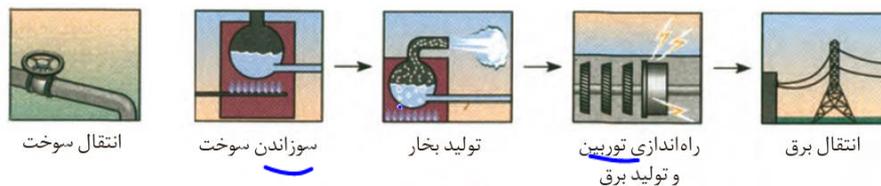
۲- باتری های دکمه ای و نیز باتری های قابل شارژ (رایانه و تلفن) از جمله باتری های لیتیم دار هستند.

۳- پسماندهای الکترونیکی تلفن و رایانه و باتری های لیتیمی و ... به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند؛ هر چند برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مواد ارزشمند و گران قیمت، منبع مناسبی برای بازیافت مواد هستند.

باتری سوختی

- سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است که در آن از اکسایش آهسته سوختی مانند H_2 یا CH_4 به طور مستقیم برق تولید می شود.

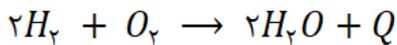
سوال: روش قدیمی تولید برق از سوخت (برق حرارتی) چگونه است؟ (موتور درون سوز)



جواب: در این روش طبق مراحل زیر انرژی شیمیایی موجود در سوختی مانند مازوت، هیدروژن یا متان به انرژی الکتریکی تبدیل می شود.

مرحله ۱: انتقال سوخت به نیروگاه حرارتی.

مرحله ۲: سوزاندن سوخت و تولید گرما:

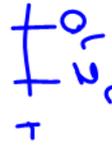


مرحله ۳: به جوش آمدن آب موجود در دیگ های آب و تولید بخار آب که انرژی مکانیکی دارد.

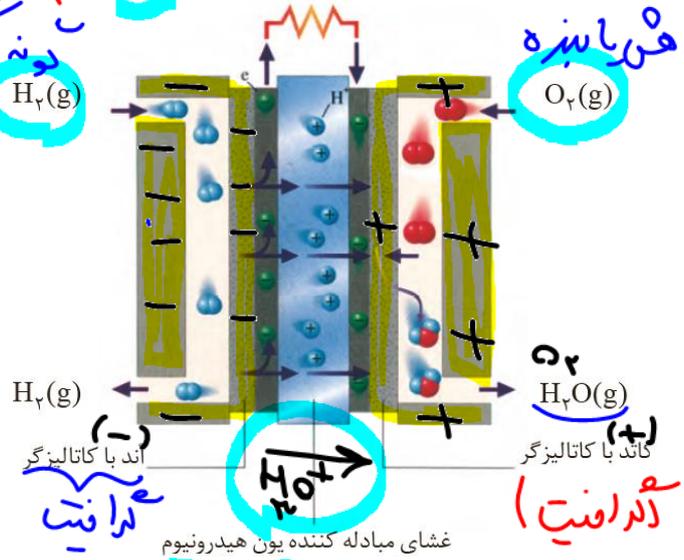
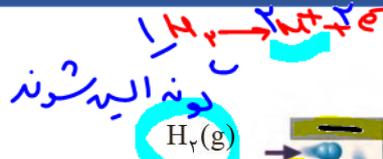
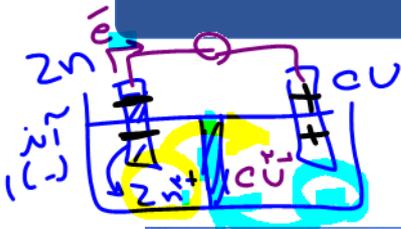
مرحله ۴: هدایت بخار آب به توربین و تولید برق.

مرحله ۵: انتقال برق تولیدی به مراکز مصرف.

به این شکل فقط ۲۰٪ انرژی شیمیایی به الکتریکی تبدیل شده و مابقی انرژی شیمیایی، تبدیل به گرما می شود و از طرفی انتقال سوخت و ساخت نیروگاه و توربین (مولد) نیز هزینه زیادی دارد.



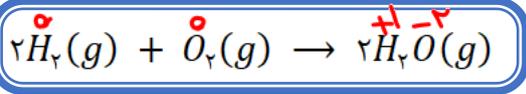
سلول‌های سوختی هیدروژن - اکسیژن



بازده پایین و هزینه زیاد تولید برق در موتورهای درون سوز، شیمی دان‌ها را بر آن داشت تا سلولی طراحی کنند که در آن از اکسایش آهسته سوختی مانند هیدروژن توسط اکسیژن، به طور مستقیم انرژی الکتریکی تولید می‌شود. یکی از این سلول‌های سوختی، سلول $\text{H}_2 - \text{O}_2$ می‌باشد.

۱- این سلول باعث کاهش آلودگی محیط زیست شده و رد پای کربن دی اکسید را کاهش می‌دهد.

۲- بازده آن ۶۰٪ می‌باشد (سه برابر موتور درون سوز)

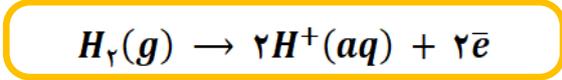


۳- واکنش کلی انجام شده :

۴- هر سلول سوختی سه جز اصلی دارد: غشا مبادله کننده پروتون، الکترود کاتد و الکترود آند .

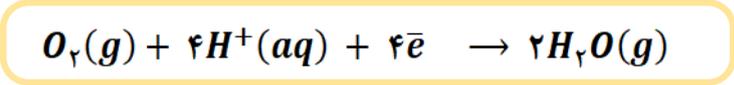
۵- کاتد و آند کاتالیزگرهایی هستند از جنس گرافیت (C)

۶- واکنش آندی : گاز H_2 وارد آند شده و اکسایش یافته و تبدیل به H^+ و الکترون می‌شود. H^+ وارد غشا مبادله کننده پروتون (H^+) شده و به سمت کاتد می‌رود و از طرفی الکترون‌آزاد شده در آند از طریق مدار بیرونی به سمت کاتد می‌رود:



$$E^\circ = 0 \text{ V}$$

۷- واکنش کاتدی : گاز O_2 وارد کاتد شده و با گرفتن الکترون و H^+ تبدیل به H_2O می‌شود و بخار آب تولیدی از انتهای کاتد خارج می‌شود:



$$E^\circ = 1/2 \text{ V}$$

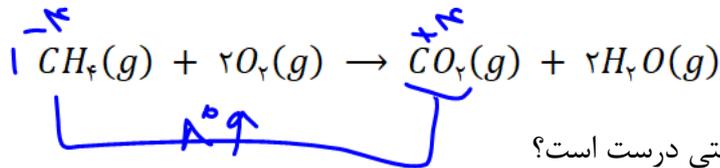
۸- نیروی الکترو موتوری این سلول (نظری) :

$$emf = 1/2 - 0 = 1/2 \text{ V}$$

البته در عمل emf این سلول ۰/۷ ولت بوده و بازده نزدیک ۶۰٪ خواهد بود.

۹- مزیت این سلول، بازده بالا و پاک بودن سوخت است اما اشکال آن گران و خطرناک بودن H_2 است.

نکته: به دلیل تهیه گران هیدروژن و انفجار پذیر بودن آن، سلول سوختی متان - اکسیژن نیز مورد استفاده قرار گرفته است. مزیت این سلول ارزان تر بودن و کم خطر بودن CH_4 نسبت به H_2 می باشد؛ اما اشکال آن تولید آلاینده CO_2 می باشد. (متان سوخت پاک محسوب نمی شود)



تست ۱: کدام گزینه در مورد سلول سوختی درست است؟

- ۱- نوعی سلول گالوانی است که در آن از سوختن سریع H_2 یا CH_4 به طور مستقیم برق تولید می شود.
 - ۲- آند و کاتد آن نقش کاتالیزگر را نیز داشته و جرم آنها به ترتیب کم و زیاد می شود.
 - ۳- غشا مبادله کننده پروتون نقش دیواره متخلخل را دارا است ولی فقط در آن کاتیون حرکت می کند.
 - ۴- نسبت به موتورهای درون سوز بازده بیشتری داشته و آلاینده محیط زیست نیستند.
- تست ۲: اگر در سلول سوختی به جای هیدروژن از سوخت ارزان تر و کم خطر تر متان استفاده شود، برای عبور همان شمار الکترون ناشی از مصرف ۱ مول هیدروژن از مدار بیرونی، چند گرم متان مصرف می شود؟ ($C = 12, H = 1$)

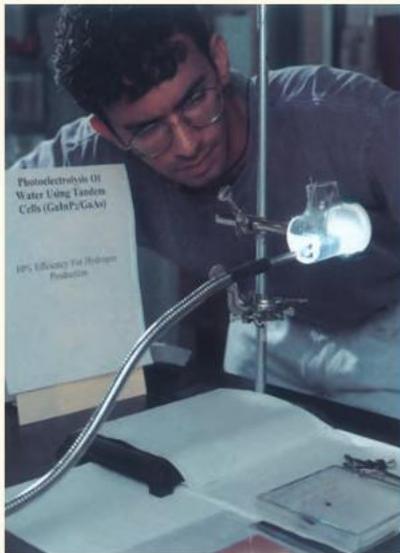
۳۲ (۴)

۱۶ (۳)

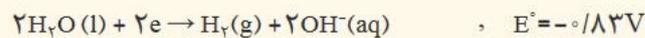
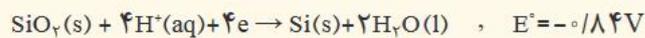
۸ (۲)

۴ (۱)

سلول فوتو الکتروشیمیایی



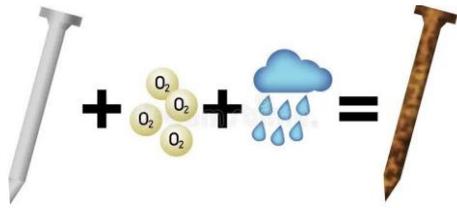
شیمی دان ها در برخی سلول های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش - کاهش از نور بهره می برند و آنها را سلول نور الکتروشیمیایی می نامند. در نمونه ای از آنها که برای تهیه گاز هیدروژن از آب به کار می رود، با توجه به نیم واکنش های زیر:



آ) نیم سلول آند و کاتد را مشخص و emf سلول را حساب کنید.

ب) یافته های تجربی نشان می دهند که افزون بر emf، بازده و سرعت انجام واکنش در این سلول پایین است، با این توصیف چرا برخی استفاده از آنها را برای تهیه گاز هیدروژن مناسب می دانند؟

اکسایش و خوردگی فلزات



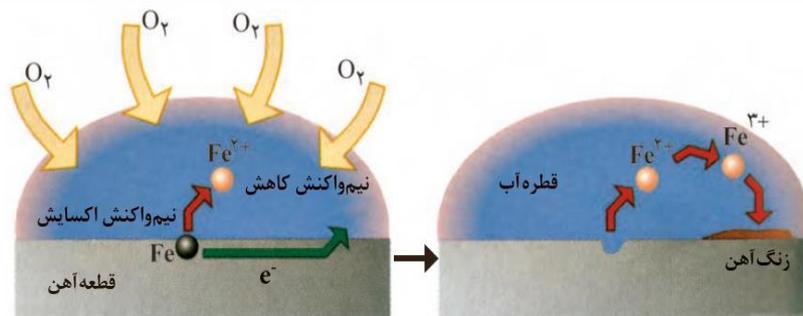
اکسایش فلزات : غیر از فلزات نجیب (طلا، پلاتین و پالادیوم) که حتی در محیط اسیدی هم اکسایش نمی‌یابند، مابقی فلزات با اکسیژن (به دلیل مثبت بودن زیاد E° اکسیژن) واکنش داده و اکسایش می‌یابند.

خوردگی: به فرآیند تردشدن، خردشدن و فروریختن فلزات بر اثر واکنش اکسایش-کاهش خوردگی می‌گویند.

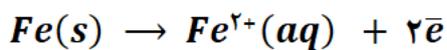
نکته: اکسید فلزاتی مانند آلومینیوم، منیزیم، قلع و روی خوردگی نمی‌یابند و پایدارند.

نکته: آهن پر مصرف‌ترین فلز جهان است و بزرگترین اشکال آن خوردگی اکسید آن است. به طوری که سالانه حدود ۲۰٪ از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورد شده مصرف می‌شود.

زنگ زدن و خوردگی آهن

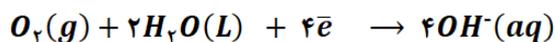


- ۱- برای اکسایش و خوردگی فلزات از جمله آهن وجود اکسیژن و آب الزامی است.
- ۲- در جاییکه غلظت اکسیژن محلول در آب کمتر است آهن اکسایش یافته و به شکل Fe^{2+} وارد آب شده و الکترون آن از طریق ورقه‌های آهنی به جاییکه غلظت اکسیژن در آب بیشتر است حرکت می‌کند:



نیم واکنش آندی:

- ۳- اکسیژن الکترون را گرفته و کاهش می‌یابد که برای این کار آب نیز نیاز است:



نیم واکنش کاتدی:

- ۴- یون Fe^{2+} موجود در قطره آب مجدد اکسایش یافته و به Fe^{3+} تبدیل شده و با OH^- تولید شده در محل کاتدی، تولید رسوب $Fe(OH)_3$ می‌کند.



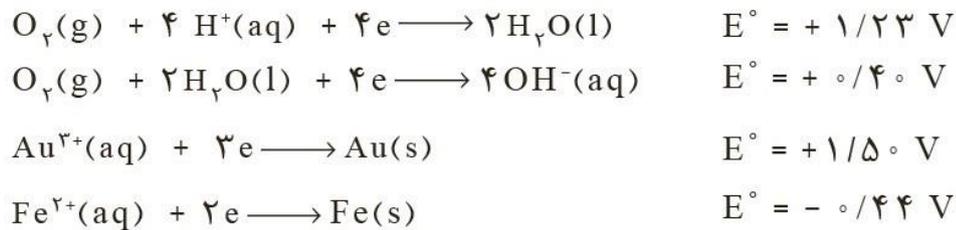
۵- واکنش کلی اکسایش آهن:

- ۶- در محیط اسیدی سرعت زنگ زدن فلزات بیشتر و در محیط بازی کمتر می‌شود.

نکته: نیم واکنش کاتدی در اکسایش کلیه فلزات یکسان بوده و برای گاز اکسیژن بیان می شود.

با هم بیندیشیم

با توجه به نیم واکنش های زیر توضیح دهید چرا :



(آ) خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می دهد؟

(ب) با گذشت زمان فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان درخشان باقی می ماند؟

روش های جلوگیری از اکسایش و خوردگی فلزات: برای جلوگیری از خوردگی فلزات و از جمله آهن می توان از زنگ زدن، قیر زدن و روکش زدن و نیز حفاظت کاتدی استفاده کرد.

فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

حفاظت کاتدی

تعریف: برای جلوگیری از خوردگی فلز، می توان آن را به فلزی که E° کمتر (کاهنده تر) دارد متصل کرد. در این صورت فلزی که E° کمتر دارد اکسید شده و فلز مورد نظر که E° بیشتری دارد حفاظت کاتدی شده و از خوردگی مصون می ماند.

- برای حفاظت کاتدی لوله های نفتی یا دیگر سازه های آهنی، می توان از فلزی مانند منیزیم یا روی و ... استفاده کرد. البته بعد از مدتی فلزی که نقش آند را دارد اکسایش و مصرف می شود و باید به شکل دوره ای آن را تعویض کرد



(ب)



(آ)

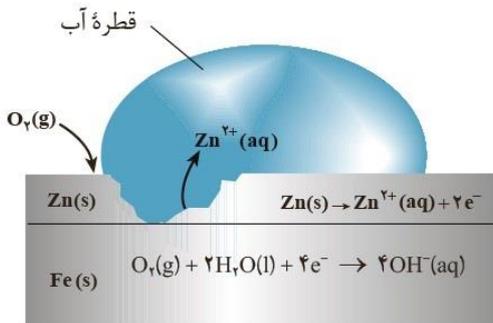
حفاظت از آهن با منیزیم، آ) بدنه کشتی ب) لوله های نفتی

آهن سفید یا گالوانیزه

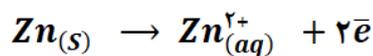
- ۱- به ورقه‌های آهنی که با فلز روی پوشیده شده‌اند، آهن سفید یا گالوانیزه گویند.
- ۲- از این ورقه‌ها برای ساخت تانکر آب، کانال کولر و استفاده می‌شود.
- ۳- با ایجاد روکش از جنس روی در آهن سفید، از دو روش ایجاد روکش و حفاظت کاتدی برای جلوگیری از خوردگی آهن استفاده می‌شود.



• تانکر آب ساخته شده از آهن سفید.

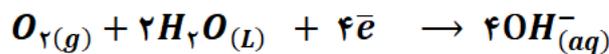


۴- با ایجاد خراش در سطح آهن گالوانیزه، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند اما چون E° فلز روی کمتر است، روی در اکسایش برنده شده و آهن حفاظت کاتدی می‌شود.



۵- نیم واکنش آندی:

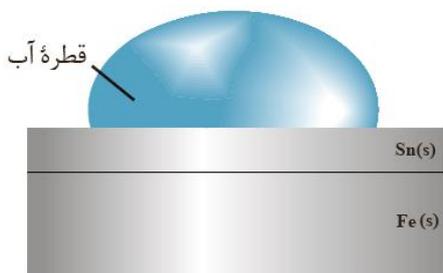
رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه



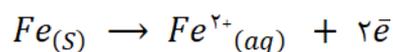
۶- نیم واکنش کاتدی:

حلبی

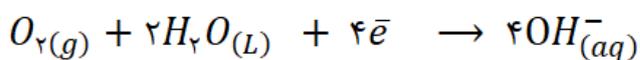
- ۱- به ورقه‌های آهنی که با فلز قلع پوشیده شده است، حلبی گویند.
- ۲- از این ورقه‌ها برای ساخت قوطی کنسرو و روغن نباتی استفاده می‌شود.
- ۳- در اثر ایجاد خراش در سطح حلبی، فلز آهن که E° کمتری از قلع دارد اکسیده شده



و در حقیقت قلع حفاظت کاتدی می‌شود. برای همین در هنگام بسته بندی کنسروها باید دقت کرد تا خراشی به روی بدنه قوطی‌ها ایجاد نشود.



۴- نیم واکنش آندی:



۵- نیم واکنش کاتدی:

سوال: چرا برای ظروف بسته بندی مواد غذایی بر خلاف حلبی از آهن گالوانیزه نمی‌توان استفاده کرد؟

جواب: با اینکه E° دو فلز قلع و روی کمتر از یون هیدروژن موجود در مواد غذایی است، اما چون E° قلع بسیار نزدیک به H^+ است در نتیجه یون هیدروژن در عمل نمی‌تواند قلع را اکسید کند اما می‌تواند فلز روی را اکسید کرده و باعث حل شدن فلز روی به داخل محتویات مواد غذایی می‌شود.

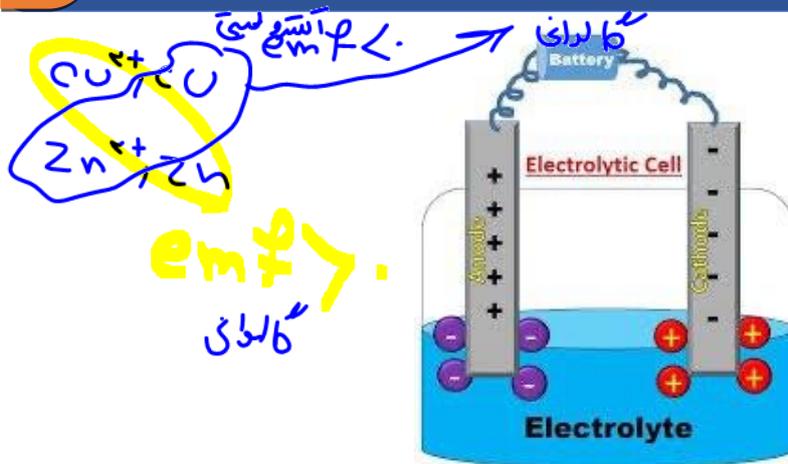
تست ۱: کدام گزینه در مورد خوردگی فلزات نادرست است؟

- ۱- آب نقش واکنش دهنده دارد.
- ۲- در خوردگی آهن، در محل آندی ورقه‌های آهنی کاهش جرم و در محل کاتدی افزایش جرم می‌یابد.
- ۳- فلزاتی مانند طلا، پلاتین اکسید می‌شوند اما خوردگی نمی‌یابند.
- ۴- فلزاتی مانند روی، قلع و آلومینیوم در مقابل خوردگی مقاوم هستند، هرچند اکسید می‌شوند.

تست ۲: چه تعداد از مطالب زیر درست است؟

- برای حفاظت کاتدی وسایل آهنی می‌توان از فلز مس استفاده کرد.
 - در حلبی از دو اصل ایجاد روکش و حفاظت کاتدی برای جلوگیری از خوردگی ورقه‌های آهنی استفاده می‌شود.
 - نیم واکنش کاتدی در اکسایش همه فلزات یکسان است.
 - نیم واکنش آندی در اکسایش ورقه‌های آهنی و آهن سفید یکسان است.
 - نیم واکنش آندی و کاتدی در اکسایش ورقه‌های آهنی و حلبی یکسان است.
- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

سلول‌های الکترولیتی



سلول الکترولیتی: نوعی از سلول‌های الکترو شیمیایی هستند که با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی تولید شده توسط سلول گالوانی از درون محلول الکترولیت یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی امکان پذیر می‌کنند.

برقکافت یا الکترولیز: به عمل انجام شده در سلول‌های الکترولیتی گویند.

الکترولیت: به محلول آبی ترکیب یونی یا ترکیب یونی مذاب که دارای یون شناور هستند گویند.

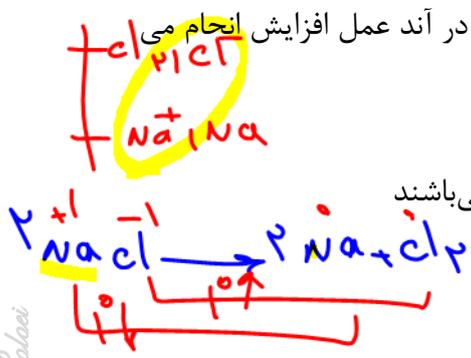
اجزای سلول الکترولیتی: (۱) سلول گالوانی (۲) الکتروود (۳) الکترولیت

نکته ۱: واکنش انجام شده در همه سلول‌های الکترولیتی در شرایط معمول انجام ناپذیر هستند و دارای $emf < 0$ می‌باشند ولی در سلول‌های الکترولیتی به دلیل اعمال ولتاژ، این واکنش‌ها انجام می‌شوند.

نکته ۲: در سلول‌های الکترولیتی جرم کاتد واند تغییر نمی‌کند غیر از سلول آلیکاری که جرم کاتد افزایش جرم و آند کاهش جرم می‌یابد و سلول هال که آند کاهش جرم می‌یابد.

نکته ۳: در سلول‌های الکترولیتی جنس کاتد و آند از جنس گونه کاهش یابنده و اکسید شونده نیست و بهتر است از جنس گرافیت باشد. غیر از سلول آبکاری

نکته ۴: در سلول‌های الکترولیتی همانند سلول گالوانی در کاتد عمل کاهش و در آند عمل افزایش انجام می‌شود، اما قطبیت الکتروودها برعکس است.



➤ پنج سلول الکترولیتی بررسی شده در کتاب درسی شامل سلول‌های زیر می‌باشند

۱- سلول برقکافت NaCl مذاب: برای تولید Na (سلول دانز)

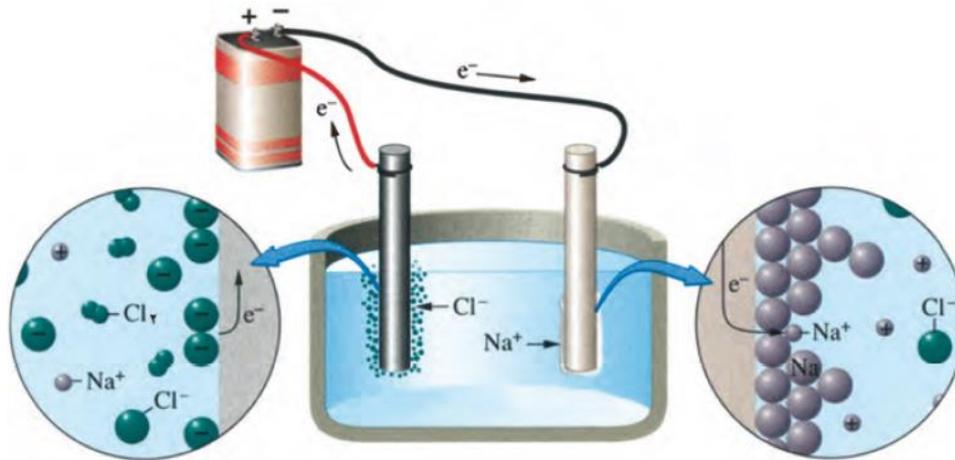
۲- سلول برقکافت آب: برای تولید گاز H_2

۳- سلول برقکافت $MgCl_2$ مذاب: برای تولید Mg

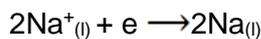
۴- سلول آبکاری

۵- سلول برقکافت Al_2O_3 مذاب: برای تولید Al (سلول هال)

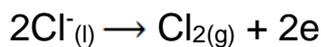
برقکافت سدیم کلرید مذاب



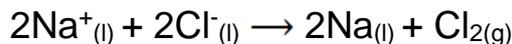
۱- سدیم کلرید به همراه مقداری کلسیم کلرید (کمک ذوب) به حالت مذاب وارد سلول الکترولیتی می‌شود.



۲- نیم واکنش کاتدی:



۳- نیم واکنش آندی:



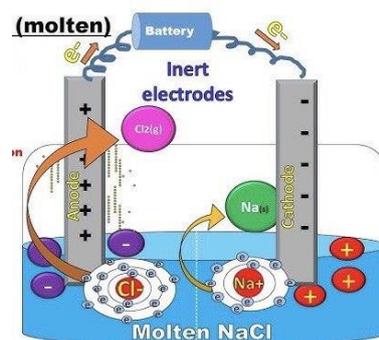
۴- واکنش کلی:

۵- در صنعت برقکافت سدیم کلرید مذاب در سلولی به نام (دانز) انجام می‌شود.

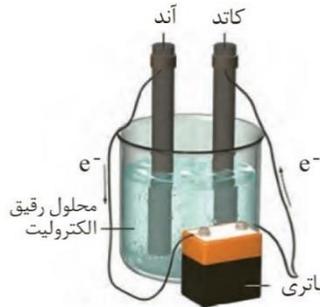
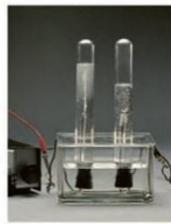
۶- سدیم کلرید خالص در 801° سانتیگراد ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود 587° سانتیگراد پایین می‌آورد. این کار از نظر اقتصادی باعث کاهش مصرف سوخت و آلایندگی کمتر هواکره می‌شود.

۷- اگر از محلول آبی سدیم کلرید استفاده شود، در رقابت کاتدی به جای یون Na^+ یون H^+ (آب) برنده شده و گاز H_2 تولید می‌شود نه Na (در نتیجه برای تولید فلز سدیم اجباراً از برقکافت سدیم کلرید مضاف استفاده می‌شود نه محلول آبی آن).

۸- علاوه بر سدیم، مابقی فلزات فعال مانند گروه ۱ و ۲ و آلومینیوم نیز کاهنده‌ی قوی بوده و اجباراً برای تولید آنها نیز باید برقکافت نمک مذاب آنها انجام شود.

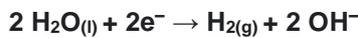


برقکافت آب



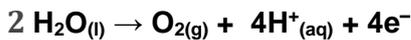
تجزیه آب به گازهای هیدروژن و اکسیژن با مصرف انرژی الکتریکی

۱- آب خالص به همراه مقدار اندکی الکترولیت وارد سلول الکترولیتی می شود (چون رسانایی الکتریکی آب خالص اندک است)



۲- نیم واکنش کاتدی:

محیط اطراف کاتد بازی می شود.



۳- نیم واکنش آندی:

محیط اطراف آند اسیدی می شود.



۴- واکنش کلی:

PH در کل ۷ خواهد بود.

۵- از این روش برای تولید گاز هیدروژن استفاده می شود.

۶- واکنش انجام شده در برقکافت آب و سلول سوختی کاملاً عکس یکدیگرند.

تست ۱: در برقکافت آب در اثر تولید ۶,۷۲ لیتر گاز چند مول الکترون در مدار بیرونی مبادله می شود؟

۰,۸-۴

۰,۶-۳

۰,۴-۲

۰,۲-۱

تست ۲: در سلول دانز اگر ۴۶ گرم فراورده در کاتد تولید شود، چند عدد الکترون از سلول گالوانی خارج می شود؟ (Na=23, Cl=35.5)

6.2×10^{24} (۴)

6.02×10^{23} (۳)

3.01×10^{23} (۲)

1.2×10^{24} (۱)

تست ۳: کدام عبارت درست می باشد؟

۱- واکنش برقکافت آب و واکنش انجام شده در سلول سوختی، عکس یکدیگرند و هر دو emf مثبت دارند

۲- در برقکافت آب و برقکافت نمک طعام، وزن الکترودهای آندی کاهش می یابد.

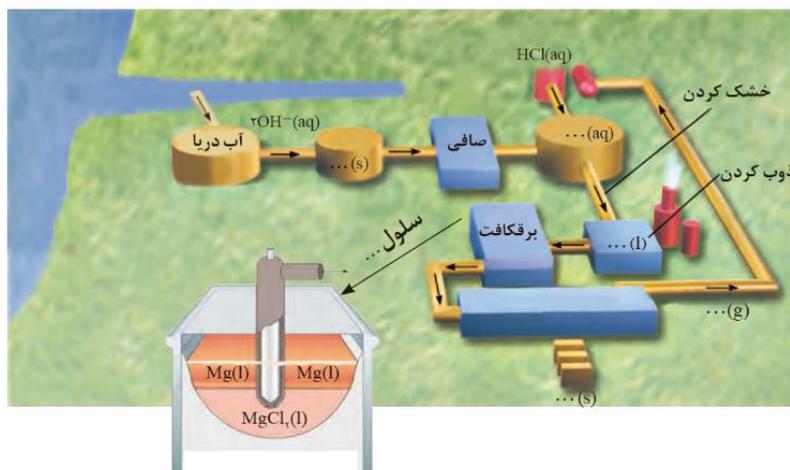
۳- حرکت الکترون ها در سلول گالوانی و الکترولیتی از آند به کاتد است.

۴- حجم گاز تولیدی در تجزیه آب، در کاتد نصف حجم گاز تولیدی در آند است.

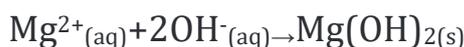
برقکافت منیزیم کلرید مذاب

برای تولید فلز منیزیم ابتدا باید یون منیزیم موجود در آب دریا را به شکل $MgCl_2$ در آورد و سپس این نمک را به شکل مذاب برقکافت کرد.

مراحل تولید منیزیم کلرید از آب دریا:

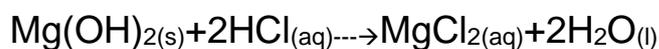


۱- واکنش یون هیدروکسید با یون منیزیم تولید منیزیم هیدروکسید:



۲- عبور از صافی برای جداسازی ناخالصی‌ها

۳- واکنش منیزیم هیدروکسید با هیدروکلریک اسید و تولید منیزیم کلرید محلول:

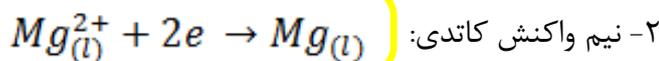
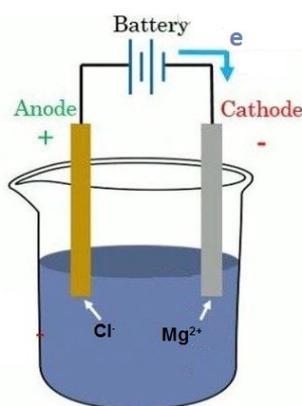


۴- خشک کردن محلول منیزیم کلرید و تولید منیزیم کلرید جامد.

۵- برقکافت منیزیم کلرید مذاب و تولید فلز منیزیم

➤ **برقکافت منیزیم کلرید مذاب و تولید منیزیم:**

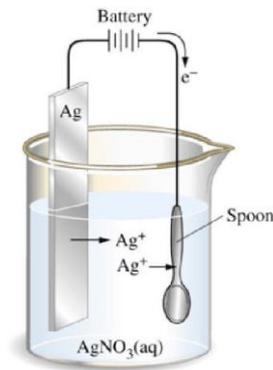
۱- منیزیم کلرید جامد را ذوب کرده و وارد سلول الکترولیتی می‌کنند



۵- در برقکافت $MgCl_2$ مذاب نیز همانند برقکافت $NaCl$ مذاب و آب، وزن کاتد و آند تغییر نمی‌کند.

۶- در برقکافت $MgCl_2$ مذاب نیز همانند برقکافت $NaCl$ مذاب و آب، فلز منیزیم مذاب بر روی الکترولیت جمع آوری می‌شود.

سلول الکترولیتی آبکاری



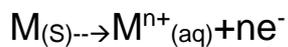
آبکاری: پوشاندن یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی را "آبکاری" گویند که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود.

۱- وسایل آشپزخانه، شیرآلات، دستگیره درب و غیره که فلز اصلی آنها آهن یا مس می‌باشد، خوردگی می‌یابند که هم سبب از بین رفتن زیبایی آن‌ها می‌شود و هم به سلامت آسیب می‌رساند در نتیجه توسط فلزاتی مانند نقره کروم نیکل روی و قلع پوشانده می‌شوند.

۲- جسمی که روکش فلزی بر روی آن ایجاد می‌شود باید رسانای برق باشد.

۳- فلزی که قرار است لایه نازک را ایجاد کند (فلز پوشاننده) به عنوان آند (قطب مثبت) قرار می‌دهند و نیم

واکنش اکسایش انجام شده و به شکل کاتیون وارد محلول می‌شود
(جرم آند کم می‌شود):



۴- جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می‌شود را به عنوان کاتد (قطب منفی) قرار می‌دهند و کاتیون



محلول به سمت آن آمده و عمل کاهش روی آن ایجاد می‌شود و بر روی جسم متصل می‌شود (جرم کاتد زیاد می‌شود):

۵- الکترولیت باید محلول آبی از جنس نمک فلز پوشاننده باشد.



۶- چون نیم واکنش آندی و کاتدی عکس هم هستند، در حقیقت واکنش کلی به شکل روبرو است:

نکته: در آبکاری، همه چیز وابسته به جنس لایه نازک (فلز پوشاننده) می‌باشد:

۱- جنس فلز آند

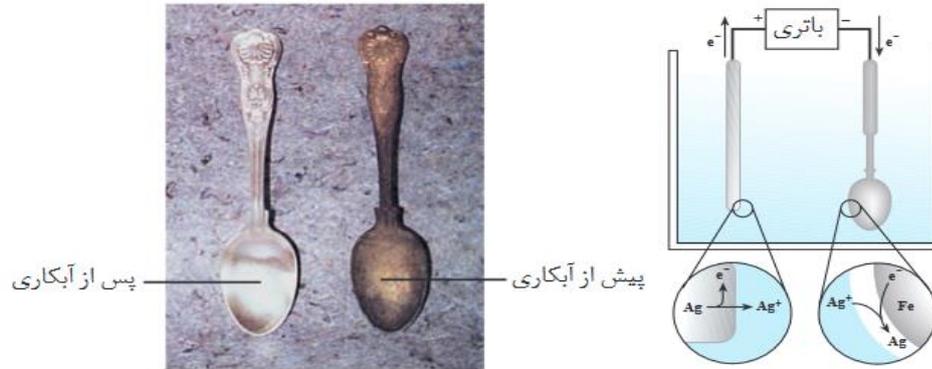
۲- جنس محلول الکترولیت

۳- نیم واکنش آندی

۴- نیم واکنش کاتدی

خود را بیازمایید

شکل زیر آبکاری یک قاشق فولادی را با فلز نقره نشان می دهد با توجه به آن:



آ) قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟

ب) نیم واکنش کاتدی را بنویسید.

پ) چرا الکترولیت را محلولی از نمک نقره انتخاب کرده اند؟

خود را بیازمایید

لوحه آموزشی زیر، آبکاری یک قاشق مسی را با فلز نقره نشان می دهد. درباره آن در کلاس گفت و گو کنید.

آبکاری

پیش از برقراری جریان الکتریکی

تیغه ای از جنس نقره به قطب مثبت باتری متصل می شود.

مدتی پس از برقراری جریان الکتریکی

جسمی که آبکاری می شود به قطب منفی باتری اتصال دارد. در این قطب فلز نقره با از دست دادن الکترون به یون نقره تبدیل می شود

در این قطب یون های نقره با گرفتن الکترون به نقره تبدیل می شوند و روی جسم می نشینند.

$$\text{Ag(s)} \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \quad \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)}$$

پوشاندن یک جسم با لایه ای نازک از یک فلز به کمک یک سلول الکترولیتی، آبکاری نامیده می شود. جسمی که به عنوان کاتد است باید رسانای جریان برق باشد و محلول الکترولیت برای آبکاری دارای یون های فلزی باشد که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد.

سوال: در آبکاری ورقه آهنی توسط فلز روی، جنس آند، جنس کاتد، جنس محلول الکترولیت، نیم واکنش آندی و کاتدی را بنویسید (تولید آهن گالوانیزه)

تست ۱: اگر در فرایند آبکاری یک جسم مسی توسط نقره، تغییر جرم جسم مورد نظر ۲٫۱۶ گرم باشد، چند الکترون در مدار خارجی این سلول بین تیغه‌های آندی و کاتدی مبادله شده است؟ (Ag=108) (بازده ۵۰ درصد)

۱- $1,2 \times 10^{23}$ ۲- $1,2 \times 10^{22}$ ۳- $2,4 \times 10^{23}$ ۴- $2,4 \times 10^{22}$

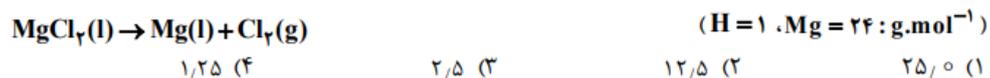
تست ۲: در آبکاری یک کلید آهنی توسط نیکل، کدام گزینه نادرست است؟
 ۱- کلید به قطب منفی وصل شده و نقش کاتد را خواهد داشت و به تدریج به جرم آن افزوده می‌شود
 ۲- قطعه ای فلز نیکل به قطب مثبت وصل شده و آند بوده و به تدریج کاهش جرم خواهد داشت
 ۳- نیم واکنش آندی و کاتدی عکس هم بوده گونه کاهنده و اکسنده نیکل و یون نیکل می‌باشد
 ۴- الکترولیت نمک آهن در محلول آبی آن می‌باشد.

تست ۳: چه تعداد از مطالب در برقکافت منیزیم کلرید مذاب و سدیم کلرید مذاب مشابهت وجود دارد؟
 *نیم واکنش آند *نیم واکنش کاتدی *تغییر جرم آند *مقدار افزایش جرم کاتد
 *علامت emf

۱- ۱ ۲- ۲ ۳- ۳ ۴- ۴

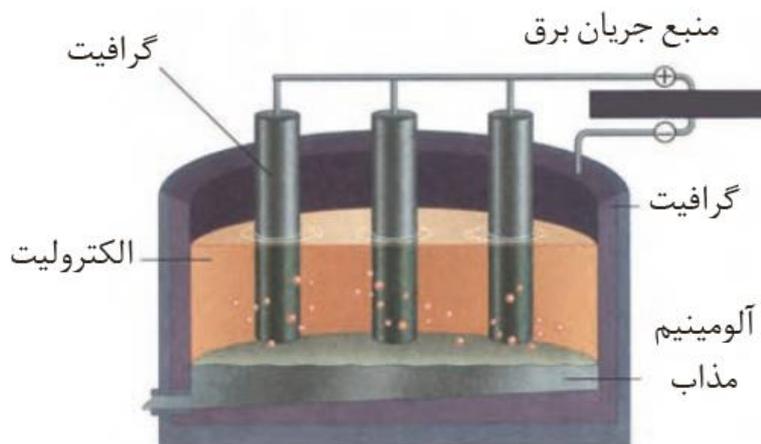
تست ۴: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

اگر از الکترون‌های تولید شده در سلول سوختی هیدروژن برای تهیه فلز منیزیم از آب دریا استفاده شود، با مصرف چند کیلوگرم گاز هیدروژن در سلول سوختی با بازدهی ۶۰ درصد، می‌توان ۱۸ کیلوگرم منیزیم مذاب تهیه کرد؟

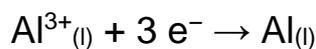


برقکافت آلومینیوم اکسید مذاب (سلول هال)

- فلز آلومینیوم را از برقکافت آلومینیوم اکسید مذاب تولید می کنند.
 - ۲- فلزاتی مانند آلومینیوم با اینکه به سرعت در هوا اکسید می شوند اما به دلیل لایه چسبنده و متراکم Al_2O_3 ، از ادامه اکسایش لایه زیرین جلوگیری می شود و استحکام ورقه آلومینیوم حفظ می شود. در نتیجه آلومینیوم فلزی مناسب برای ساخت لوازم خانگی، هواپیما و کشتی و غیره می باشد.
 - ۳- آلومینیوم نیز همانند دیگر فلزات فعال در طبیعت به شکل ترکیب و به خصوص ترکیب با اکسیژن (Al_2O_3) وجود دارد. بوکسیت، سنگ معدن آلومینیوم یعنی Al_2O_3 ناخالص می باشد.
 - ۴- برای تولید آلومینیوم عنصری، Al_2O_3 مذاب را در سلول الکترولیتی به نام "هال" برقکافت می کنند.
- فرآیند هال**

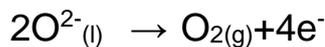


- ۱- الکترولیت آلومینیوم اکسید مذاب می باشد.
- ۲- دیواره و کف سلول هال از جنس گرافیت بوده و به قطب منفی متصل بوده است و یون Al^{3+} کاهیده شده و فلز آلومینیوم مذاب تولید می شود.

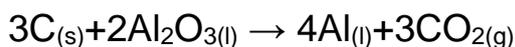


نیم واکنش کاتدی:

- ۳- آند به شکل استوانه های گرافیتی است که به قطب مثبت متصل بوده یون $O^{2-}(l)$ در آن اکسایش می یابد: نیم واکنش آندی:



- ۴- گاز اکسیژن تولیدی به محض تولید با کربن آند واکنش داده و CO_2 تولید می شود (وزن آند کم می شود) $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$



۵- واکنش کلی:

- ۶- سلول ها هال مقدار زیادی انرژی الکتریکی مصرف می کند. در صورتی که بازیافت قوطی و وسایل آلومینیومی ۷ درصد انرژی هال را مصرف می کند و در ضمن باعث افزایش عمر یکی از مهمترین منابع تجدید ناپذیر طبیعت شده و برخی هزینه های تولید این فلز را کاهش می دهد.



تست ۱: کدام مورد درباره سلول هال درست است؟

- ۱- مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها در واکنش کلی برابر ۶ می‌باشد
- ۲- فلز آلومینیوم تولید شده از بالای سلول الکتrolیتی به صورت مذاب خارج می‌شود.
- ۳- برخلاف سلول داندز الکتروود کاتد در این فرآیند نقش واکنش دهنده نیز دارد.
- ۴- در سلول هال همانند سلول آبکاری وزن آند کاهش می‌یابد.

تست ۲: در شرایط یکسان به ازای مبادله شدن تعداد الکترون برابر، حجم گاز تولیدی در برقکافت سدیم کلرید مذاب، چند برابر حجم گاز تولیدی در فرآیند هال است؟

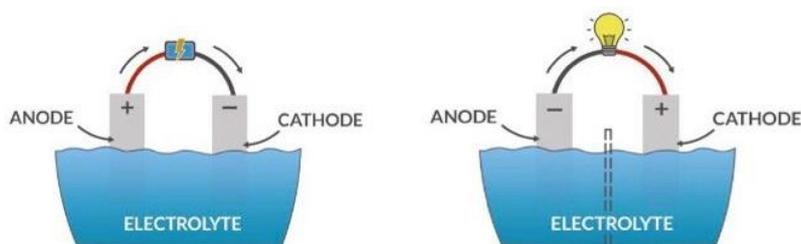
- | | | | |
|-------|---------|----------|-------|
| ۱ - ۱ | ۲ - ۰,۵ | ۳ - ۰,۲۵ | ۴ - ۲ |
|-------|---------|----------|-------|

تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

کدام مورد، نادرست است؟

- ۱) در باتری دگمنای «روی - نقره»، آند و کاتد، به ترتیب، $\text{Zn}(s)$ و $\text{Ag}^+(aq)$ است.
- ۲) از بوکسیت، می‌توان به‌عنوان سنگ معدن در فرآیند هال برای تولید آلومینیم استفاده کرد.
- ۳) در آبکاری، سطح یک فلز توسط لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم به خوردگی پوشانده می‌شود.
- ۴) تفاوت انرژی لازم برای تولید قوطی آلومینیمی از فرآیند هال، با تولید آن از قوطی‌های کهنه، برابر ۹۳ درصد است.

مقایسه سلول گالوانی و الکترولیتی

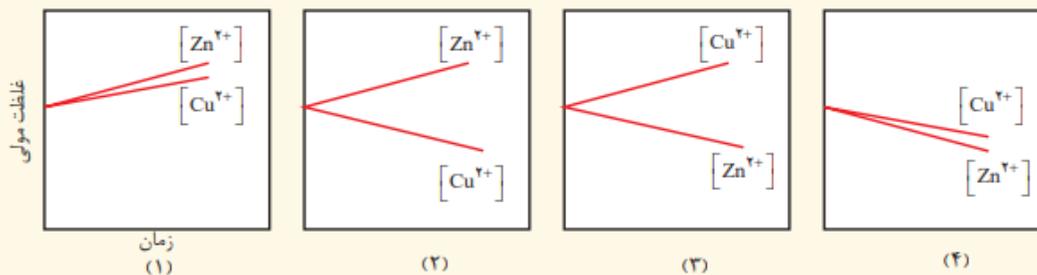


سلول الکترولیتی	سلول گالوانی	سلول / کمیت
الکتریکی به شیمیایی	شیمیایی به الکتریکی	تبدیل انرژی
غیر خود به خود	خود به خود	نوع فرایند
فراورده‌ها بیشتر	فراورده‌ها کمتر	سطح انرژی فراورده‌ها و واکنش دهنده‌ها
کاهش	کاهش	عمل انجام شده در کاتد
اکسایش	اکسایش	عمل انجام شده در آند
منفی	مثبت	قطبیت کاتد
مثبت	منفی	قطبیت آند
معمولاً ثابت می‌ماند	معمولاً افزایش جرم	تغییر جرم کاتد
معمولاً ثابت می‌ماند	معمولاً کاهش جرم	تغییر جرم آند

تمرین‌های دوره‌ای

۱- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.
 آ) فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.
 ب) فلوئور، اکسندترین عنصر در جدول دوره‌ای است.
 پ) عدد اکسایش اکسیژن در OF_2 برابر با $+2$ است.

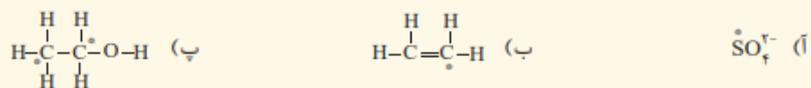
۲- با مراجعه به جدول ۱، توضیح دهید کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی-مس در بخشی از زمان نشان می‌دهد.



۳- emf سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با $1/98 V$ است. E° نیم سلول A را حساب کرده و با مراجعه به جدول ۱، مشخص کنید A کدام فلز است؟



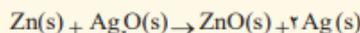
۴- عدد اکسایش اتم نشان داده شده با ستاره را مشخص کنید.



۵- در هر یک از واکنش‌های زیر گونه‌های اکسند و کاهند را مشخص کنید.

- آ) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$
 ب) $Cl_2(g) + 2KI(aq) \rightarrow I_2(s) + 2KCl(aq)$
 پ) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

۶- باتری‌های روی-نقره از جمله باتری‌های دگمه‌ای هستند که در آنها واکنش زیر انجام می‌شود.



آ) گونه‌های اکسند و کاهند را در آن مشخص کنید.

ب) آند و کاتد را در این باتری مشخص کنید.

۷- با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نیم‌واکنش کاهش	$E^{\circ}(V)$
$A^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow A(s)$	+۱/۳۳
$B^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow B(s)$	+۰/۸۷
$C^{2+}(aq) + e^{-} \rightarrow C^{+}(aq)$	-۰/۱۲
$D^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow D(s)$	-۱/۵۹

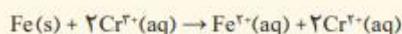
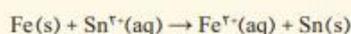
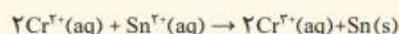
آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسنده است؟

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهنده است؟

پ) کدام گونه(ها) می‌توانند C^{2+} را اکسید کنند؟

۸- با توجه به واکنش‌های زیر که به‌طور طبیعی انجام می‌شوند، گونه‌های کاهنده و گونه‌های اکسنده را بر حسب کاهش

قدرت مرتب کنید.



۹- با توجه به جدول پتانسیل‌های کاهش استاندارد توضیح دهید محلول هیدروکلریک اسید را در کدام ظرف (مسی یا

آهنی) می‌توان نگه داشت؟

۱۰- قدر مطلق پتانسیل کاهش دو عنصر X و Y در زیر داده شده است. هنگامی که این دو نیم‌سلول را به هم وصل

می‌کنیم، جریان الکتریکی از اتم X به اتم Y برقرار می‌شود و با اتصال نیم‌سلول X به نیم‌سلول هیدروژن، الکترون‌ها از اتم

X به سمت نیم‌سلول هیدروژن جاری می‌شوند. نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی شامل این دو نیم‌سلول را حساب کنید.



۱۲- در یک آزمایش چهار فلز A، B، C و D رفتارهای زیر را نشان داده‌اند:
 • فقط فلزهای A و C با محلول ۰/۱ M هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن تولید می‌کنند.

• با قرار دادن فلز C در محلول‌های حاوی یون‌های D^{2+} ، B^{2+} و A^{2+} به ترتیب فلزهای D، B و A رسوب می‌کنند.
 • یون B^{2+} اکسندۀ قوی‌تری از D^{2+} است.
 با توجه به این داده‌ها، ترتیب کاهش‌دهندگی این چهار فلز را مشخص کنید.

۱۳- جدول زیر نیروی الکتروموتوری سه سلول گالوانی را نشان می‌دهد:

	B^{2+}/B	C^{2+}/C
A^{2+}/A	۰/۸۹ V	۰/۵۸ V
B^{2+}/B	-	۰/۳۱ V

اگر $E^\circ C^{2+}/C = ۰/۰۰ V$ و فلز A با یون C^{2+} واکنش ندهد:
 (آ) مقدار پتانسیل کاهش‌دهندگی استاندارد را برای دو عنصر A و B به دست آورید.
 (ب) نماد اکسندۀ قوی‌ترین و کاهش‌دهندۀ قوی‌ترین گونه را بنویسید.

تست جامع فصل



تست ۱: سلول گالوانی مس- نقره و سلول الکترولیتی مس- نقره برای آبکاری مس در کدام موارد همواره مشابهت دارند؟

الف- انجام خود به خودی واکنش

ب- جنس الکترودهای آند و کاتد

پ- داشتن دو الکترودها با الکترولیت‌های مجزا

ت- جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی از آند را به کاتد

۱-الف، پ ۲-ب، ت ۳-الف، ب ۴-پ، ت

تست ۲: جمع جبری تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن در معادله سوختن پروپانول کدام است؟

۱-۱۹ ۲-۱۸ ۳-۱۲ ۴-۱۰

تست ۳: در یک سلول..... با انجام یک واکنش اکسایش- کاهش..... الکترون‌ها در مدار بیرونی از..... به سوی..... می‌روند.

۱- گالوانی- غیر خود به خودی-کاتد-آند ۲- الکترولیتی- غیر خود به خودی-کاتد-آند

۳- گالوانی- خود به خودی- قطب منفی-قطب مثبت ۴- الکترولیتی- خود به خودی- قطب مثبت- قطب منفی

تست ۴: الکتروسیته حاصل از عبور ۴۴۸ لیتر گاز اکسیژن و واکنش آن با هیدروژن در یک سلول سوختی، چند گرم نقره را در یک سلول آبکاری نقره به جسم مورد نظر می‌توان انتقال دهد؟ (O=16

Ag=108)

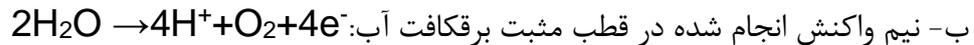
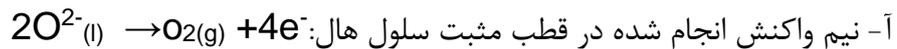
۱-۲۱۶۰ ۲-۴۳۲۰ ۳-۶۴۸۰ ۴-۸۶۴۰

تست ۵: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- در آبکاری باروی برای تولید آهن سفید روی در آند اکسید می‌شود.
- در برقکافت نمک خوراکی مذاب، شمار سلول‌های فراورده‌ها در کاتد دو برابر آند است.
- به ازای هر مول آلومینیوم در فرایند هال، ۱۶۸ لیتر گاز در شرایط STP تولید می‌شود.
- در اتصال نیم سلول استاندارد همه فلزها به she، الکترودی منفی مشاهده می‌شود.
- عدد اکسایش کلر در PCl_5 و CCl_4 به ترتیب +۵ و +۱ است.

۱-۱ ۲-۲ ۳-۳ ۴-۴

تست ۶: کدام یک از عبارتهای زیر درست است؟



ث- در سلول کاری تولید ورق حلبی، ذره اکسند و کاهنده به ترتیب اتمی قلع و یون قلع است

۱-آ، ب، ت ۲-ب، پ، ت ۳-آ، ت، ث ۴-ب، ت، ث

تست ۷: در سلول گالوانی روی-هیدروژن، الکترولیت به کار رفته در نیم سلول کاتدی ۱۰ لیتر محلول

هیدروکلریک اسید یک مولار است. اگر پس از گذشت مدتی، PH این الکترولیت به ۱/۰ برسد، جرم تیغه آند

چند گرم تغییر می کند؟ $Zn=65$

۱-۶۵ ۲-۱۲۵ ۳-۱۲۰ ۴-۱۹۵

تست ۸: در تجزیه آب به عناصر سازنده آتش، از یک کیلوگرم آب نمک با غلظت یک درصد به عنوان

الکترولیت استفاده شده است. اگر آزمایش تا زمانی ادامه یابد که غلظت آب نمک به ۲ درصد برسد حجم

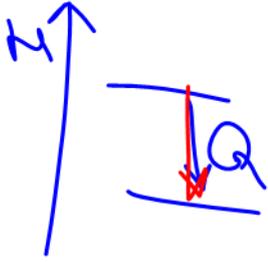
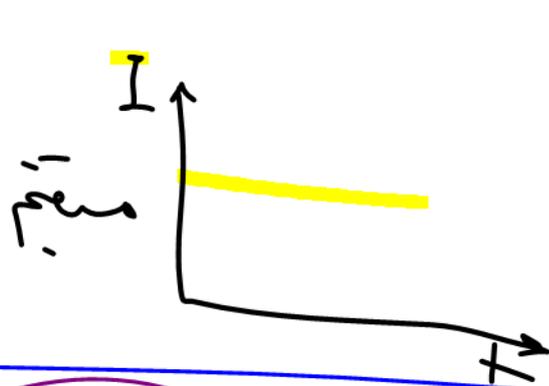
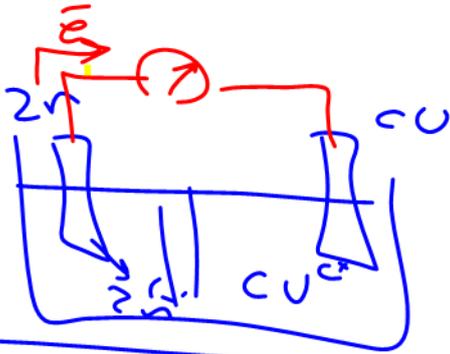
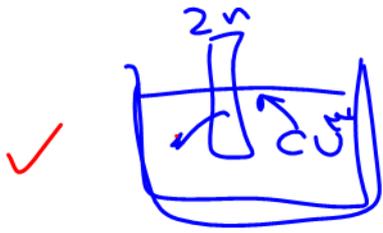
گازهای تولید شده در شرایط به تقریب چند لیتر است؟

۱-۳۱۱ ۲-۶۲۲ ۳-۹۳۳ ۴-۱۸۶۶

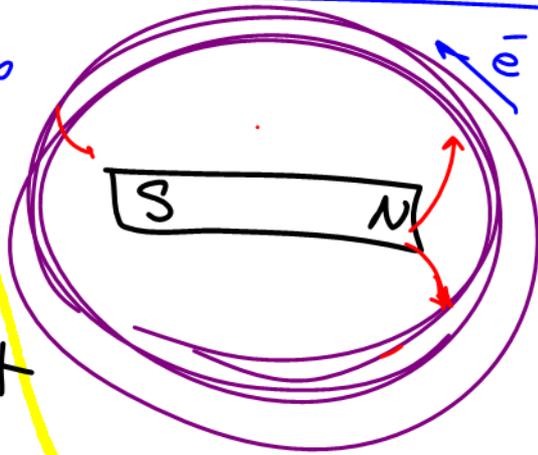
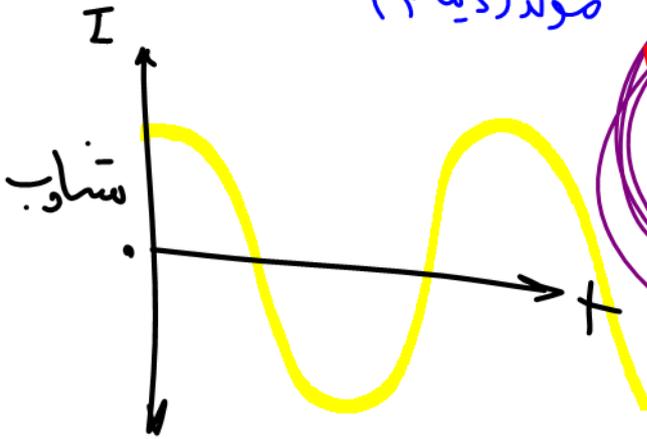
تست ۹: به ازای عبور مقادیر یکسان جریان برق در سلول دانز و سلول منیزیم، نسبت جرم فلز تولید شده

در سلول اول به جرم فلز تولید شده در سلول دوم کدام است؟ $Mg=24$ $Na=23$

۱- $\frac{23}{24}$ ۲- $\frac{23}{48}$ ۳- $\frac{46}{68}$ ۴- $\frac{46}{24}$



مولد (دینام)

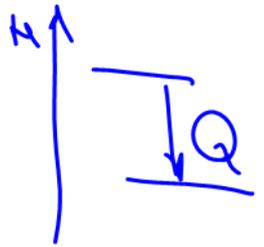
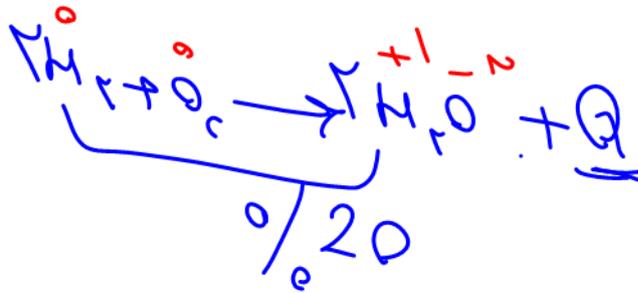


برق متناوب:

برق آبی

برق بادی

برق حرارتی



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

شیمی (۳)

رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

پایه دوازدهم

دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

شیمی (۳) - پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۲۲۱۰
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، شریف کامیابی، رضا فارغی علمداری، محسن گلبن حقیقی، محمد قربان دکامین، رسول عبدالله میرزائی، عابد بدریان، دوست‌محمد سمیعی، معصومه شاه‌محمدی‌اردبیلی، راضیه بنکدارسخی، حسین زمانی‌سیفی‌کار، فرشاد صیرفی‌زاده، بهزاد زنجانی‌نژاد و منصور مختاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، رضا فارغی علمداری و رسول عبدالله میرزائی (اعضای گروه تألیف) - حسن حذرخانی (ویراستار علمی) - علی‌اکبر میرجعفری (ویراستار ادبی) اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - توفیق علائی (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) - صبا کاظمی دوانی (طراح جلد) - سیده‌فاطمه طباطبایی، فاطمه پزشکی، حمید ثابت کلاچاهی (امور آماده‌سازی)

تهران - خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)، تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
چاپ ششم ۱۴۰۲

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

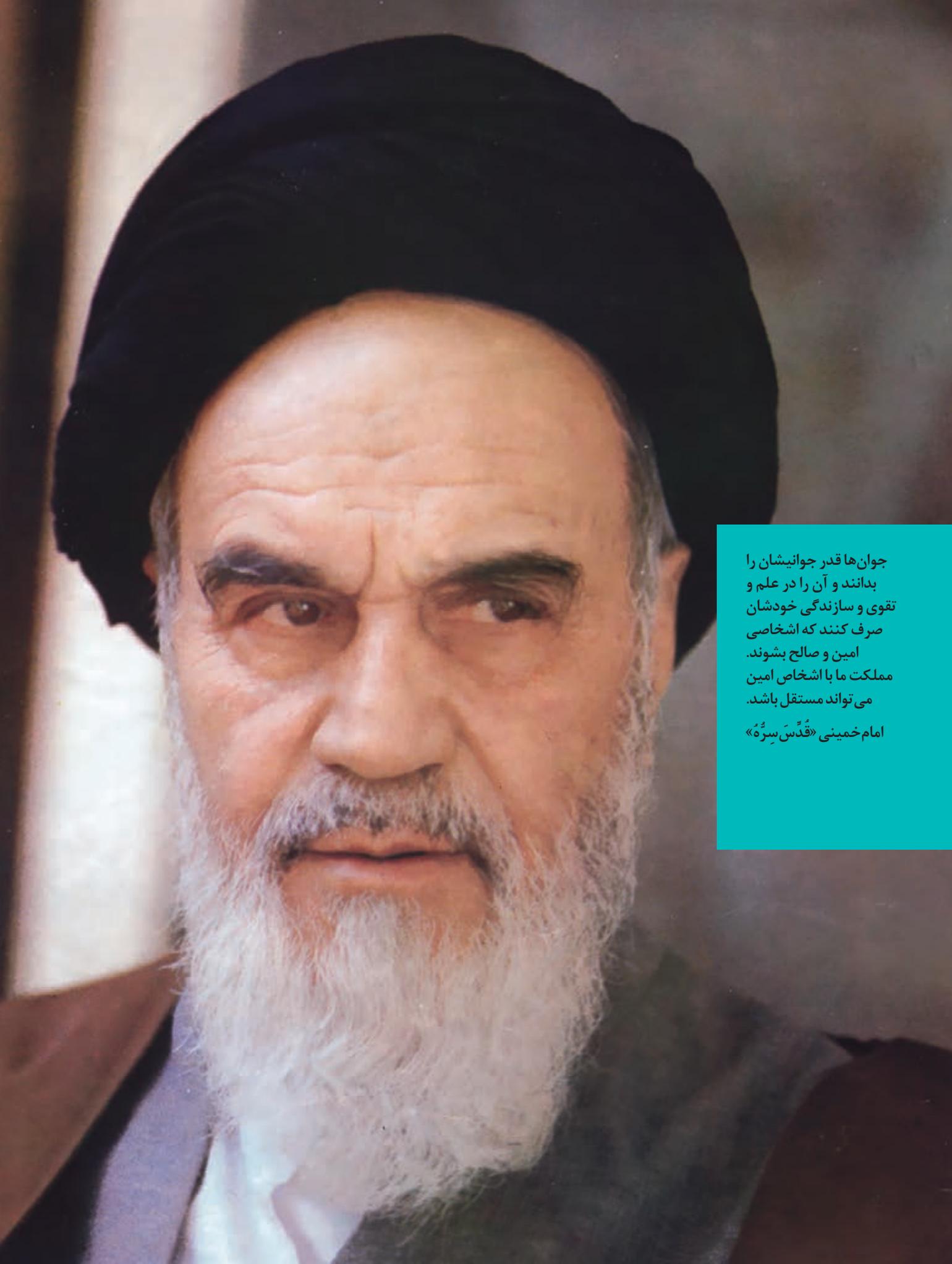
ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۳-۳۱۵۶-۰۵-۹۶۴-۹۷۸

ISBN: 978-964-05-3156-3



جوان‌ها قدر جوانیشان را
بدانند و آن را در علم و
تقوی و سازندگی خودشان
صرف کنند که اشخاصی
امین و صالح بشوند.
مملکت ما با اشخاص امین
می‌تواند مستقل باشد.
امام خمینی «قُدَّسَ سِرَّةً»

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

..... فهرست

فصل اول: مولکول‌ها در خدمت تندرستی ۱



فصل دوم: آسایش و رفاه در سایه شیمی ۳۷



فصل سوم: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری ۶۷



فصل چهارم: شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن تر ۹۱



واژه‌نامه ۱۲۴

منابع ۱۲۶

سخنی با دبیران ارجمند

علوم تجربی یکی از حوزه‌های تربیت و یادگیری برنامه‌درسی ملی است که رسالت اصلی آن تربیت افرادی توانمند با ویژگی‌های زیر است:

- مسئولیت‌پذیر، نوع دوست، جمع‌گرا و جهان‌اندیش باشند.
 - ضمن بهره‌برداری از منابع طبیعی، آنها را امانت الهی بدانند و این منابع را برای نسل‌های آینده حفظ کنند.
 - از آموخته‌های خود در زندگی فردی و اجتماعی بهره‌گیرند تا زندگی سالم و با نشاطی برای خود و جامعه فراهم کنند.
 - اخلاق مدار باشند و در همه حال خداوند را ناظر و حاضر بر اعمال خود بدانند.
- بر اساس این برنامه، دانش‌آموزان دوره‌دوم متوسطه باید به این شایستگی‌ها برسند:
- با درک ماهیت، روش و فرایند علوم تجربی، این علوم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده) به کار گیرند و محدودیت‌ها و توانمندی‌های این علوم را در حل مسائل گزارش کنند.
 - با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، بتوانند اندیشه‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیت‌های علمی ارائه دهند و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت کنند.

علوم تجربی حاصل تلاش انسان برای درک دنیای اطراف، روابط علت و معلولی بین اجزای مادی جهان هستی و در واقع به مثابه کشف بخشی از فعل خداوند است که با ظهور شواهد و دلایل جدید تغییر می‌کند. قلمرو علوم تجربی، سامانه‌ای به بزرگی جهان هستی است که خود از سامانه‌های خرد و کلان و گوناگونی تشکیل شده است. هر سامانه از اجزایی ساخته شده است که:

- ساختار و عملکرد ویژه‌ای دارند.
- با هم در ارتباط‌اند و بر یکدیگر اثر می‌گذارند.
- برای حفظ پایداری تغییر می‌کنند.

از این رو برنامه‌درسی نیز به گونه‌ای طراحی و تدوین شده است که مفاهیم اساسی مرتبط با این اندیشه‌های کلیدی را آموزش دهد. درس شیمی یکی از درس‌های این حوزه یادگیری است که به بررسی ساختار، رفتار و تغییر مواد می‌پردازد. این درس در دوره‌دوم متوسطه برای رشته‌های علوم تجربی و ریاضی و فیزیک به‌طور مشترک به میزان سه ساعت در پایه‌دهم، سه ساعت در پایه‌یازدهم و چهار ساعت در پایه‌دوازدهم ارائه می‌شود. شایان‌گفتن است درسی با عنوان «آزمایشگاه علوم» نیز برای رشته‌های علوم تجربی و ریاضی و فیزیک در نظر گرفته شده است که در پایه‌دهم دو ساعت و در پایه‌یازدهم یک ساعت خواهد بود.

کتابی که پیش روی شماست، سومین کتاب شیمی در دوره‌دوم متوسطه است که با تلاش و کوشش مشتاقانه و دلسوزانه جمعی از استادان، کارشناسان و دبیران، تدوین و تألیف شده است. رسالت اصلی محتوا در این کتاب تربیت افرادی است که با کسب سواد علمی شیمی مبتنی بر اصول نقشه‌جامع علمی کشور، بتوانند زندگی خود را در همه سطح‌ها بهبود بخشند. بر همین اساس، رویکرد سازماندهی محتوا در این درس، زمینه محور و ارتباط با زندگی و رویکرد آموزشی محتوا، یادگیری فعال و کشف مفهوم است. گفتنی است انتخاب رویکرد زمینه محور، سبب شده است تا از ارائه منسجم و متمرکز محتوا در یک پایه پرهیز شود. برای نمونه مبحث استوکیومتری و ساختار لوویس در هر سه پایه آموزش داده می‌شود. ملاک انتخاب و گستره محتوا در این موارد، ارتباط آن موضوع با زندگی است.

برای تحقق رویکردهای انتخاب شده، در تدوین و تألیف محتوا از عنوان‌های گوناگونی مانند با هم بیندیشیم، کاوش کنید، پیوند با زندگی، پیوند با صنعت، پیوند با ریاضی، آیا می‌دانید، خود را بیازمایید و در میان تارنما، استفاده شده است.

یکی دیگر از ویژگی‌های کتاب شیمی دوازدهم، تصویر محور بودن آن است. مؤلفان تلاش کرده‌اند تا حد امکان از تصویرها، نمودارها و شکل‌های گوناگونی استفاده کنند تا افزون بر ایجاد جذابیت و شادابی، یادگیری محتوا آسان‌تر و ماندگاری آن را بیشتر کنند. همچنین برای آشنایی شما همکاران گرامی با

نمونه پرسش‌های ارزشیابی و مرور یافته‌های دانش‌آموزان، در پایان هر فصل تعدادی پرسش با عنوان «تمرین‌های دوره‌ای» طراحی و تألیف شده است.

گفتنی است که یادگیری همه محتوای کتاب و تدریس آن ضروری است، اما ارزشیابی از «آیا می‌دانید» ممنوع است. در عین حال باید نکات اشاره شده در حاشیه کتاب در خصوص حدود محتوا و ارزشیابی مورد توجه قرار گیرد.

گروه شیمی واحد تحقیق و توسعه و آموزش علوم دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری، امیدوار است که آموزش این کتاب گامی در جهت تحقق اهداف برنامه درسی، تربیت شهروندان مسئول و آگاه و بهبود سطح زندگی با رعایت معیارهای پیشرفت باشد. لذا، این گروه همچنان مشتاقانه منتظر پیشنهادهای، انتقادات و نظرهای سازنده شما همکاران گرامی و صاحب‌نظران آموزشی است.

توجه: طرح هرگونه پرسش از محتوای «آیا می‌دانید»، «تفکر نقادانه» و «در میان تارنما» در آزمون‌های هماهنگ کشوری، نهایی و کنکور سراسری ممنوع است.

سخنی با دانش‌آموزان گرامی

به دنبال کتاب شیمی ۱ و ۲، این کتاب در دوره دوم متوسطه برای پایه دوازدهم تألیف و چاپ شده است. در شیمی ۱ با پیدایش عنصرها و رفتار آنها، هواکره و اجزای سازنده و در پایان با اهمیت و نقش کلیدی آب در زندگی آشنا شدید. از آنجا که هوا و آب دو نیاز حیاتی برای زندگی و ادامه آن هستند می‌توان پس از این دو، برداشت از منابع زمینی برای تهیه غذا و پوشاک را برای زندگی ضروری دانست.

در این راستا کتاب شیمی ۲ در سه فصل با عنوان‌های قدر هدایای زمینی را بدانیم، در پی غذای سالم و پوشاک نیازی پایان‌ناپذیر تألیف شده است. به دنبال شیمی ۱ و ۲، در آخرین کتاب شیمی دوره دوم متوسطه، فصل‌های «مولکول‌ها در خدمت تندرستی»، «آسایش و رفاه در سایه شیمی»، «شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری» و «شیمی راهی به سوی آینده روشن‌تر» تألیف شده است. از آنجا که انتظار می‌رود، دانش‌آموزان پس از یادگیری مفاهیم شیمی، بتوانند آموخته‌های خود را برای حل مسائل زندگی به‌ویژه در موقعیت‌های جدید به کار گیرند، در فصل پایانی این کتاب نمونه‌هایی از مسائل پیش روی جوامع همراه با راه حل نگارش شده است. نگارشی که در آن رویکرد زیست-فناورانه مورد توجه قرار گرفته است. هر فصل با رویکرد زمینه محور به رشته تحریر درآمده و دانش شیمی بر اساس نیازها، تجربیات و رویدادهای زندگی آموزش داده می‌شود. برای تحقق این رویکرد در تدوین و تألیف شیمی ۳ نیز همانند کتاب‌های پیشین از عنوان‌های گوناگونی استفاده شده که هر عنوان و نقش آن در فرایند آموزش به شرح زیر است:

● **با هم ببیندیشیم:** در نظام آموزشی نوین به روش‌های فعال و تعاملی توجه ویژه‌ای می‌شود. در این محتوا در فعالیت گروهی با هم کلاسی‌ها، یک محیط یادگیری جذاب، با نشاط و فعال فراهم نموده تا یادگیری بهتر، عمیق‌تر و لذت‌بخش شود. در هر یک از این گروه‌ها با بهره‌گیری از مهارت‌های ذهنی، درباره یک یا چند مفهوم می‌اندیشید، با گفت و گوی علمی آن را بررسی، تجزیه و تحلیل می‌کنید و پس از کشف مفهوم، آن را توسعه و تعمیم می‌دهید یا تثبیت می‌کنید.

● **کاوش کنید:** واژه شیمی با انجام آزمایش‌های شوق‌انگیز عجین است. در این بخش با انجام فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی افزون بر کشف یا تعمیق یک مفهوم علمی به کسب مهارت‌های دست‌ورزی، مشاهده، ثبت نتایج و ارائه گزارش کار می‌پردازید.

● **پیوند با زندگی:** در زندگی روزمره با پدیده‌هایی روبه‌رو می‌شوید که برای درک، توصیف و تعمیم آن به سواد شیمی نیاز است. این محتوا از یک سو اهمیت و جایگاه دانش شیمی را در زندگی نشان می‌دهد و از سوی دیگر دقت شما را در مواد و فرایندهای پیرامون افزایش می‌دهد.

● **پیوند با صنعت:** یکی از مبانی پیشرفت صنعت، رشد و گسترش علوم تجربی و کاربردی است. شیمی به عنوان علم مواد، فرایندها و واکنش‌ها در این راستا اهمیت و جایگاه کلیدی دارد. هدف از این عنوان، معرفی پیشرفت‌ها و دستاوردهای صنعتی جهان و نقش شیمی در گردشگری‌ها به ویژه توانمندی‌های صنعتی و بومی کشور ایران است.

● **پیوند با ریاضی:** محتوای ارائه شده در این عنوان از یک سو ارتباط بین حوزه‌های گوناگون علوم را معنادار می‌کند و از سوی دیگر به شما می‌آموزد که چگونه می‌توان مفاهیم و داده‌های شیمیایی را به کمک روابط ریاضی فرمول‌بندی کرد. این موضوع سبب خواهد شد تا بتوان پیش‌بینی‌های درستی را در موقعیت‌های جدید انجام داد.

● **آیا می‌دانید:** این عنوان شامل اطلاعات و موضوعات گوناگونی مانند تاریخ علم، داده‌های عددی، یافته‌های علمی و فناوری، فرهنگ و تمدن ایرانی-اسلامی، نقش دانشمندان مسلمان در گسترش علم و ... است که به منظور افزایش آگاهی شما آورده شده است.

● **خود را بیازمایید:** این بخش شامل تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌هایی است که براساس پیش‌دانسته‌ها و آموخته‌های شما از مفاهیم و موضوعات مرتبط با کتاب درسی طراحی شده‌اند. هدف از این بخش‌ها، تثبیت، تعمیق، یادآوری و آماده‌سازی زمینه‌های لازم برای فرایند یادگیری است.

● **در میان تارنما:** در این بخش با مراجعه به پایگاه‌های اینترنتی یا منابع علمی معتبر به اطلاعاتی درباره اهمیت، نقش و کاربردهای شیمی در زندگی، جامعه، صنعت و ... دست می‌یابید و می‌توانید آن را به صورت یک گزارش علمی در کلاس ارائه کنید.

گروه شیمی دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری



●●● وَاللَّهُ يُحِبُّ الْمُطَهَّرِينَ... (سورة توبه، آیه ۱۰۸) ●●●

و خداوند پاکیزگان را دوست دارد.

● هوا، آب، پوشاک، بدن و زمین از جمله موهبت‌های الهی هستند که پیوسته باید برای پاکیزه نگهداشتن آنها بکوشیم. پاکیزگی رفتاری شایسته، نشاط‌آور و مایه آرامش است که بستری مناسب برای سلامت، رشد و بالندگی انسان و جامعه فراهم می‌کند. انسان‌ها با الهام از طبیعت و شناخت مولکول‌ها و رفتار آنها، راهی برای زدودن آلودگی‌ها پیدا کردند. راهی که با استفاده از مواد شوینده هموارتر می‌شود. این مواد براساس خواص اسیدی و بازی عمل می‌کنند. از این رو آشنایی با رفتار اسیدها و بازها می‌تواند ما را در تهیه و استفاده بهینه از شوینده‌ها یاری کند.



آیا می دانید

سالانه میلیون ها تن از انواع شوینده ها در جهان مصرف می شود. صنعت تولید شوینده ها و فرآورده های پاک کننده، یکی از صنایع بزرگ و سودآور است که سالانه سود فراوانی را نصیب صاحبان آن می کند.



● امروزه، بسته به هر نوع نیاز و کاربرد، شوینده و پاک کننده مناسب در بازار یافت می شود.

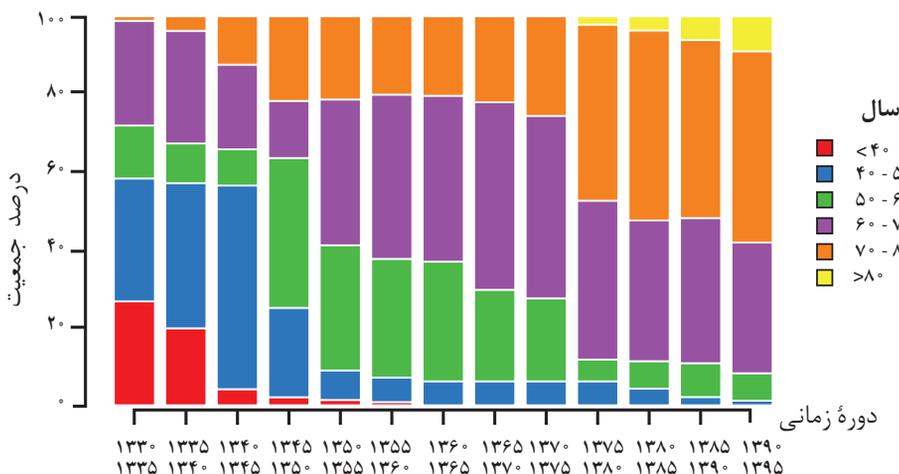
پاکیزگی و بهداشت همواره در زندگی جایگاه و اهمیت شایانی داشته است. یکی از دلایل اسکان انسان در کنار رود و رودخانه این بود که با دسترسی به آب، بدن خود را بشوید و ابزار، ظروف و محیط زندگی خود را تمیز نگاه دارد. حفاری های باستانی از شهر بابل نشان می دهد که چند هزار سال پیش از میلاد، انسان ها به همراه آب از موادی شبیه به صابون امروزی برای نظافت و پاکیزگی استفاده می کردند. نیاکان ما نیز به تجربه پی بردند که اگر ظرف های چرب را به خاکستر آغشته کنند و سپس با آب گرم شست و شو دهند، آسان تر تمیز می شوند.

در گذشته به دلیل عدم دسترسی، کمبود یا استفاده نکردن از صابون، سطح بهداشت فردی و همگانی بسیار پایین بود، به طوری که بیماری های گوناگون به سادگی در جهان گسترش می یافت. برای نمونه وبا یک بیماری واگیر دار است که به دلیل آلوده شدن آب و نبود بهداشت شایع می شود. این بیماری در طول تاریخ بارها در جهان همه گیر شد و جان میلیون ها انسان را گرفت و هنوز هم می تواند برای هر جامعه تهدید کننده باشد. ساده ترین و مؤثرترین راه پیشگیری این بیماری، رعایت بهداشت فردی و همگانی است.

با گذشت زمان، استفاده از صابون و توجه به نظافت و بهداشت در جوامع گسترش یافت و سبب شد تا میکروب ها، آلودگی ها و عوامل بیماری زا در محیط های فردی و همگانی کاهش یافته و سطح بهداشت جامعه افزایش یابد. با افزایش سطح تندرستی و بهداشت فردی و همگانی، شاخص امید به زندگی نیز در جهان افزایش یافته است. شاخصی که نشان می دهد با توجه به خطراتی که انسان ها در طول زندگی با آن مواجه هستند، به طور میانگین چند سال در این جهان زندگی می کنند.

خود را بیازمایید

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



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

دوره زمانی	۱۳۳۵-۱۳۳۰	۱۳۶۵-۱۳۷۰	۱۳۹۵-۱۳۹۰
درصد جمعیت			

آیا می دانید

شاخص امید به زندگی به عوامل گوناگونی مانند میزان شادی افراد جامعه، سلامت محیط زیست، سطح آگاهی مردم، میزان ورزش همگانی، نوع تغذیه و نیز شیوه و میزان ارائه خدمات بهداشتی و درمانی وابسته است، براساس آمار سازمان بهداشت جهانی، مردم کشور موناکو بیشترین امید به زندگی را با میانگین سنی بیش از ۸۵ سال و مردم کشور سیرالئون کمترین امید به زندگی را با میانگین سنی زیر ۵۰ سال دارند. میانگین سنی امید به زندگی در ایران ۷۳/۵ سال است.

سازمان بهداشت جهانی در اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۲ خورشیدی (۲۰۲۳ میلادی) پایان وضعیت اضطراری بیماری کووید ۱۹ را اعلام کرد. این موفقیت مرهون تلاش‌های دانشمندان، داروسازان، پرستاران و پزشکان است. در این میان شیمی دان‌ها با طراحی و تولید انواع ضد عفونی کننده‌ها، شوینده‌ها و داروها نقش بسزایی در پیشگیری، کنترل و درمان این بیماری داشتند. این دستاورد بزرگ نمونه‌ای از کارکرد «مولکول‌ها در خدمت تندرستی» را یادآوری می‌کند.

ب) در دوره زمانی ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۰، امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان حدود چند سال است؟

پ) در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵ امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در حدود چند سال است؟

ت) با گذشت زمان، امید به زندگی در سطح جهان افزایش یافته است یا کاهش؟ توضیح دهید.

ث) امروزه امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در حدود چند سال است؟



نمودار ۱- مقایسه امید به زندگی برای مناطق برخوردار و کم برخوردار با میانگین جهانی

در میان تارنماها

با توجه به اینکه پیشگیری و درمان بیماری‌ها نقش مهمی در افزایش شاخص امید به زندگی دارد، با مراجعه به منابع علمی معتبر:

آ) درباره همه گیری وبا و نیز آمار جان باختگان این بیماری در ایران و جهان از آغاز سده بیستم تا کنون، گزارشی تهیه و به کلاس ارائه دهید.

ب) درباره همه گیری کرونا و انواع ضد عفونی کننده‌ها و داروهای تولید شده برای پیشگیری، کنترل و درمان این بیماری در ایران و جهان اطلاعات مناسبی تهیه و نتایج را با استفاده از امکانات فضای مجازی از جمله اینفوگرافیک، ارائه آنلاین و ویدئو کلیپ برای هم کلاسی‌های خود گزارش دهید.

آیا می دانید

هنگام استفاده از سفیدکننده‌ها برای شست‌وشوی سطوح در حمام و سرویس‌های بهداشتی حتماً در و پنجره را باز بگذارید تا هوا به خوبی جریان داشته باشد؛ زیرا گاز سمی و خطرناک کلر آزاد می‌شود. چگالی این گاز از هوا بیشتر است در نتیجه در محیط می‌ماند. تنفس گاز کلر برای سلامتی بدن بسیار مضر است.



سلامت و بهداشت در شاخص امید به زندگی اهمیت بسیاری دارد و در راستای ارتقای آن، پاک‌کننده‌ها و شوینده‌ها نقش پررنگی ایفا می‌کنند. آیا تاکنون اندیشیده‌اید که شوینده‌ها و پاک‌کننده‌ها از نظر شیمیایی چه ساختاری دارند؟ چگونه این مواد سبب پاک شدن یا از بین رفتن آلودگی‌ها می‌شوند؟ رفتار این مواد در محیط‌های شیمیایی چگونه است؟ شوینده‌ها و پاک‌کننده‌هایی مانند صابون، شامپو و پودر لباس‌شویی چگونه عمل می‌کنند؟ ورود این مواد به محیط‌زیست چه زیان‌هایی به دنبال دارد؟ تأثیر این مواد روی بدن چیست؟ آگاهی بیشتر از علم شیمی کمک می‌کند تا چگونگی عملکرد این مواد را درک کنید و با شوینده‌هایی آشنا شوید که آسیب کمتری به محیط‌زیست وارد می‌کنند. همچنین با روش استفاده درست و مصرف مناسب آنها در راستای افزایش سطح بهداشت فردی و همگانی آشنا خواهید شد.

پاکیزگی محیط با مولکول‌ها

افراد هر جامعه برای انجام فعالیت‌های روزانه خود در هر محیطی، کم و بیش در معرض انواع آلاینده‌ها هستند، به طوری که بدن، پوشاک و ابزاری که با آنها سروکار دارند، آلوده می‌شود. آلاینده‌ها موادی هستند که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، نمونه ماده یا یک جسم وجود دارند. گل‌ولای آب، گرد و غبار هوا، لکه‌های چربی و مواد غذایی روی لباس‌ها و پوست بدن نمونه‌هایی از انواع آنها هستند. برای داشتن لباس پاکیزه، هوای پاک و محیط بهداشتی باید این آلودگی‌ها را زدود. اکنون فرض کنید هنگام خوردن عسل مقداری از آن روی لباس می‌ریزد و دست‌ها به آن آغشته می‌شود. چگونه می‌توان این عسل را پاک کرد؟ لکه‌های دیگر را چگونه می‌توان زدود؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها باید به بررسی ساختار و رفتار ذره‌های سازنده آلاینده‌ها و مواد شوینده و نیز نیروهای بین مولکولی آنها پرداخت.

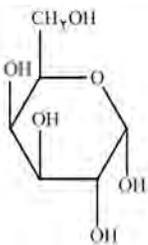
خود را بیازمایید

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

نام ماده	فرمول شیمیایی	محل در آب	محل در هگزان
اتیلن گلیکول (ضدیخ)	$\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$		
نمک خوراکی	NaCl		
بنزین	C_8H_{18}		
اوره	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	✓	×
روغن زیتون	$\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$		
وازلین	$\text{C}_{25}\text{H}_{52}$		

آیا می دانید

عسل به طور عمده حاوی قندهایی مانند گلوکز، فروکتوز، ساکاروز و مالتوز است. مولکول های سازنده این قندها شمار قابل توجهی گروه هیدروکسیل دارند. برای نمونه فرمول ساختاری گلوکز به صورت زیر است:



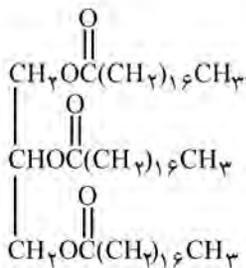
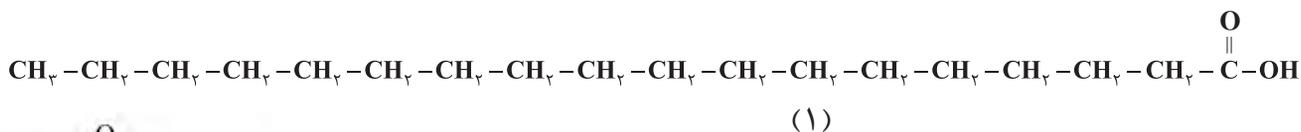
با این توصیف عسل حاوی قندهایی با مولکول های بسیار قطبی است و لکه های باقی مانده از آنها روی لباس در حلال های قطبی مانند آب حل شده و شسته می شود.

● اسیدهای چرب، کربوکسیلیک اسیدهایی با زنجیر بلند کربنی هستند.

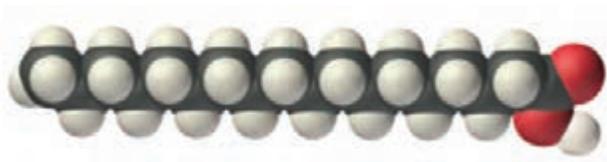
از شیمی ۱ به یاد دارید که مواد قطبی در حلال های قطبی و مواد ناقطبی در حلال های ناقطبی حل می شوند. در واقع در فرایند انحلال، اگر ذره های سازنده حل شونده با مولکول های حلال جاذبه های مناسب برقرار کنند، حل شونده در حلال حل می شود در غیر این صورت ذره های حل شونده کنار هم باقی می ماند و در حلال پخش نمی شوند. برای نمونه دلیل اینکه لکه عسل به راحتی با آب شسته و در آن پخش می شود این است که عسل حاوی مولکول های قطبی است که در ساختار خود شمار قابل توجهی گروه هیدروکسیل (-OH) دارند. هنگامی که عسل وارد آب می شود، مولکول های سازنده آن با مولکول های آب پیوند هیدروژنی برقرار می کنند و در سرتاسر آن پخش می شوند. به این ترتیب، آب پاک کننده مناسبی برای لکه های شیرینی مانند آب قند، شربت آبلیمو و چای شیرین است. اما اگر دست ها به چربی یا گریس آغشته شود یا روی لباس، لکه چربی بر جای بماند، چگونه باید آنها را تمیز کرد؟ در زندگی روزانه دیده ایم که با استفاده از صابون و شوینده ها می توان لکه های چربی را شست و پوست یا لباس آغشته به آنها را تمیز کرد. چگونه مولکول های صابون سبب پاکیزگی و زدودن لکه های چربی می شوند؟

با هم بیندیشیم

۱- چربی ها را می توان مخلوطی از استرهای بلند زنجیر و **اسیدهای چرب**^۱ (با جرم مولی زیاد) دانست، با توجه به شکل های زیر به پرسش ها پاسخ دهید.

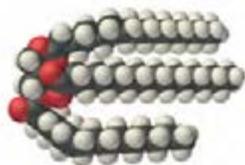


(۲)



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

ب) بخش های قطبی و ناقطبی هر مولکول را مشخص کنید.





شکل ۱- کلئوئید پایدار شده آب و روغن با استفاده از صابون (البته برای نمایش بهتر به آب دو قطره رنگ افزوده شده است).

خواص متفاوتی دارند. برای نمونه محلول مس (II) سولفات در آب، مخلوطی همگن است که نور را عبور می‌دهد. در حالی که شربت معده یک سوسپانسیون است. مخلوطی ناهمگن که ته‌نشین می‌شود و باید پیش از مصرف آن را تکان داد.

مخلوط آب و روغن نیز ناپایدار است زیرا به محض اینکه هم زدن را متوقف کنید، آب و روغن از هم جدا شده و دولایه مجزا تشکیل می‌دهند. اما اگر مقداری صابون به این مخلوط اضافه کنید و آن را به هم بزینید یک مخلوط پایدار ایجاد می‌شود که به ظاهر همگن است. شکل ۱، رفتار این مخلوط را نشان می‌دهد که همگن نبوده و حاوی توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوت است. این نوع مخلوط‌ها، **کلئوئید**^۱ نامیده می‌شوند. نور در محلول و کلئوئید رفتار متفاوتی دارد (شکل ۲). شیر، ژله، سس مایونز و رنگ نمونه‌هایی از کلئوئیدها هستند.



● رنگ پوششی، نمونه‌ای از یک کلئوئید است.



شکل ۲- مقایسه رفتار نور در یک محلول و کلئوئید. ذره‌های موجود در کلئوئید درشت‌تر از محلول اند و به همین دلیل نور را پخش می‌کنند.

آیا می‌دانید

نمونه‌ای از کلئوئید طلا: در این نمونه اتم‌های طلا به صورت توده‌های کوچک و بزرگ در آب پخش شده‌اند اما ته‌نشین نمی‌شوند. کلئوئیدی که نخستین بار توسط مایکل فارادی تهیه شد.



خود را بیازمایید

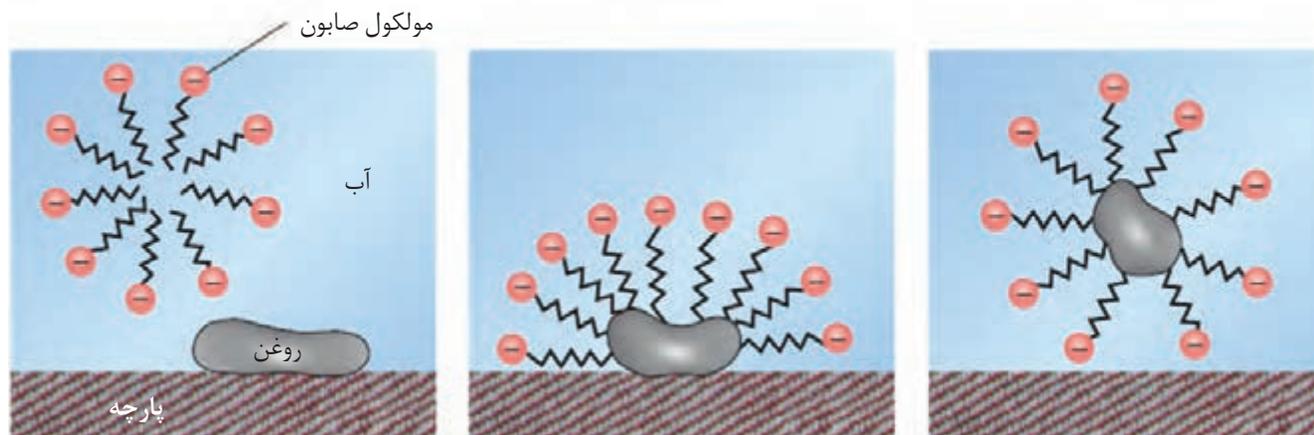
۱- در جدول زیر برخی ویژگی‌های کلئوئید با مخلوط‌های دیگر مقایسه شده است. آن را کامل کنید.

محلول	کلئوئید	سوسپانسیون	نوع مخلوط ویژگی
.....	.....	نور را پخش می‌کنند	رفتار در برابر نور
همگن	.....	ناهمگن	همگن بودن
.....	پایدار است/ته‌نشین نمی‌شود	.....	پایداری
.....	.....	ذره‌های ریز ماده	ذره‌های سازنده

۲- درباره جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«رفتار کلئوئیدها را می‌توان رفتاری بین سوسپانسیون و محلول‌ها در نظر گرفت.»

دریافتید که مولکول‌های صابون دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. بخش قطبی صابون، آب دوست است در حالی که بخش ناقطبی آن چربی دوست بوده و آب گریز است. با این توصیف هنگام شست و شوی یک لکه چربی با آب و صابون، مولکول‌های صابون، لکه چربی را زدوده و پاک می‌کند. در واقع مولکول‌های صابون، پاک‌کننده مناسبی برای چربی‌ها به شمار می‌رود. اکنون باید دید که صابون چگونه سبب پراکنده شدن چربی در آب می‌شود؟ شکل ۳، مراحل پاک شدن یک لکه چربی از روی پارچه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- مراحل پاک شدن یک لکه چربی یا روغن با صابون - برای پاک کردن لکه‌های چربی از چه مواد یا روش‌های دیگری می‌توان استفاده کرد؟

هنگامی که صابون وارد آب می‌شود، به کمک سر آب دوست خود در آن حل می‌شود. از سوی دیگر، ذره‌های صابون با بخش چربی دوست خود با مولکول‌های چربی جاذبه برقرار می‌کنند، گویی مولکول‌های صابون مانند پلی بین مولکول‌های آب و چربی قرار می‌گیرند. به این ترتیب، ذره‌های چربی کم‌کم از سطح پارچه جدا و در آب پخش می‌شوند. با ادامه این فرایند، همه لکه‌های چربی از روی لباس پاک می‌شود. باید توجه داشت که قدرت پاک‌کنندگی صابون به عوامل گوناگونی بستگی دارد. هر اندازه صابون بتواند مقدار بیشتری از آلاینده و چربی را بزداید، قدرت پاک‌کنندگی بیشتری دارد. در واقع صابون همه لکه‌ها را به یک اندازه از بین نمی‌برد زیرا نوع پارچه، دما، نوع آب و نیز نوع و مقدار صابون نیز بر روی قدرت پاک‌کنندگی آن تأثیر دارد.

کاوش کنید ۱

درباره «پاک‌کنندگی صابون در آب‌های گوناگون» کاوش کنید.

وسایل و مواد مورد نیاز: منیزیم کلرید، کلسیم کلرید، آب مقطر، بشر، قاشقک.

۱- سه بشر ۱۰۰ mL بردارید و آنها را از ۱ تا ۳ شماره گذاری کنید.

۲- درون هر بشر ۵۰ mL آب مقطر و یک قاشق چای‌خوری صابون رنده شده بریزید.

۳- به محتویات بشر شماره ۲، نصف قاشق چای‌خوری منیزیم کلرید و به محتویات بشر

شماره ۳، نصف قاشق چای خوری کلسیم کلرید بیفزایید.

۴- محتویات هر بشر را به مدت ۳۰ ثانیه و با سرعتی برابر به هم بزنید. ارتفاع کف ایجاد شده را اندازه‌گیری و در جدول زیر یادداشت کنید. سپس به پرسش‌ها پاسخ دهید.

شماره بشر	۱	۲	۳
ارتفاع کف ایجاد شده (cm)			

آ) از این داده‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ب) با توجه به معادله‌های شیمیایی زیر، توضیح دهید چرا ارتفاع کف در ظرف شماره ۲ و ۳ کمتر از ظرف شماره ۱ است؟



پ) آیا قدرت پاک‌کنندگی صابون در آب دریا و آب چشمه یکسان است؟ چرا؟

آیا می‌دانید

نبود صابون، کمبود آن یا مصرف نادرست آن سبب ایجاد بیماری و افزایش مرگ‌ومیر در جهان می‌شود. براساس آمار سازمان بهداشت جهانی برآورد می‌شود که سالانه ۱/۵ میلیون کودک در سراسر دنیا به دلیل کمبود بهداشت می‌میرند. به همین دلیل ۱۵ اکتبر (۲۳ مهرماه) را **روز جهانی شستن دست‌ها** نامیده‌اند تا مردم فراموش نکنند همیشه در شرایط بحرانی و حوادث غیرمترقبه مانند زلزله، سیل و... باید از صابون و شوینده‌ها برای شستن دست‌ها استفاده کنند.

آب دریا و آب‌های مناطق کویری که شور هستند، مقادیر چشمگیری از یون‌های کلسیم و منیزیم دارند. چنین آب‌هایی به **آب سخت**^۱ معروف‌اند. 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 برجای می‌ماند، نشانه‌ای از تشکیل چنین رسوب‌هایی است.

خود را بیازمایید

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

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

آ) دما چه اثری بر قدرت پاک‌کنندگی صابون دارد؟

ب) قدرت پاک‌کنندگی صابون با افزودن آنزیم چه تغییری می‌کند؟

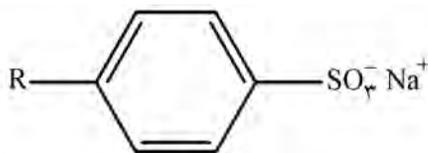
پ) آیا میزان چسبندگی لکه‌های چربی روی پارچه‌های گوناگون یکسان است؟ از کدام

داده جدول چنین نتیجه‌ای به دست می‌آید؟

نقش پاک‌کنندگی صابون سبب شد تا کاربرد آن از پاکیزگی و تأمین بهداشت فردی و محیط خانه به مراکز صنعتی، بیمارستانی و اداری نیز گسترش یابد. این روند سبب رشد چشمگیر صابون‌سازی شد تا جایی که امروزه به یک صنعت بزرگ در جهان تبدیل شده است. صنعتی که نقش چشمگیری در کاهش بیماری‌های گوناگون داشته و سطح بهداشت را در جهان افزایش داده است. از سوی دیگر با افزایش جمعیت جهان، مصرف صابون نیز افزایش یافت. بدیهی است که برای تولید صابون در مقیاس انبوه به مقدار بسیار زیادی چربی نیاز بود و این خود چالشی بزرگ بود! از این رو تأمین صابون مورد نیاز جهان به روش‌های سنتی تقریباً ناممکن شد. همچنین صابون در همه شرایط به خوبی عمل نمی‌کرد زیرا استفاده از آن در محیط‌های گوناگون مانند سفرهای دریایی و صنایع وابسته به آب شور، پاسخگوی نیاز انسان نبود. نگرانی‌هایی از این دست، شیمی‌دان‌ها را برای شناسایی و تولید دیگر پاک‌کننده‌ها ترغیب کرد.

در جست‌وجوی پاک‌کننده‌های جدید

افزایش تقاضای جهانی برای صابون و کاربردهای آن از یک سو و کاهش عرضه این فرآورده از سوی دیگر سبب شد تا شیمی‌دان‌ها وارد عمل شوند. آنها در جست‌وجوی موادی بودند که قدرت پاک‌کنندگی زیادی داشته باشند و بتوان آنها را به میزان انبوه و با قیمت مناسب تولید کرد. با توجه به رابطه بین ساختار و رفتار یک ماده، شیمی‌دان‌ها به دنبال تولید موادی بودند که ساختار آنها شبیه صابون باشد. آنها توانستند از بنزن و دیگر مواد اولیه در صنایع پتروشیمی، مواد پاک‌کننده‌ای با فرمول همگانی زیر تولید کنند. موادی که به پاک‌کننده‌های غیرصابونی^۱ مشهورند.



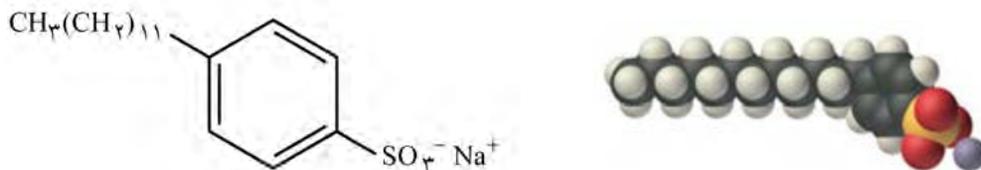
● حفظ کردن نام و ساختار شوینده‌ها و پاک‌کننده‌ها جزو هدف‌های آموزشی این کتاب نیست. بنابراین طرح هرگونه پرسش از این موارد در آزمون‌های نهایی و کنکور ممنوع است.

خود را بیازمایید

آیا می دانید

دانه برخی درختچه‌ها و درختان کوچک جنگلی به دانه‌های صابونی معروف‌اند. این دانه‌ها را می‌چینند و بعد از درآوردن هسته، در برابر آفتاب خشک می‌کنند. این میوه‌های خشک، صابون طبیعی به نام ساپونین دارند که بر اثر مخلوط شدن با آب کف ایجاد می‌کند و پاک‌کننده چربی‌ها و آلودگی‌ها هستند.

شکل زیر فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن را برای نوعی پاک‌کننده غیرصابونی نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) بخش‌های آب دوست و آب‌گریز آن را مشخص کنید.

ب) شباهت‌ها و تفاوت‌های این ماده را با صابون بنویسید.

پ) توضیح دهید که چگونه این ماده لکه‌های چربی را هنگام شست‌وشو با آب از بین می‌برد.

اینک می‌پذیرید که RCOONa همانند $\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_3^-\text{Na}^+$ یک پاک‌کننده است با این تفاوت که از مواد پتروشیمیایی طی واکنش‌های پیچیده در صنعت تولید می‌شود. این مواد قدرت پاک‌کنندگی بیشتری نسبت به صابون دارند و در آب‌های سخت نیز خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند زیرا با یون‌های موجود در این آب‌ها رسوب نمی‌دهند.

پیوند با صنعت

در جنوب ایران نیز گیاهی به نام اشنان (اشلونگ) می‌روید که در گذشته نه چندان دور، مغز ریشه آن را خشک کرده و به‌عنوان شوینده استفاده می‌کردند.

صابون طبیعی معروف به صابون مراغه با بیش از ۱۵۰ سال قدمت، معروف‌ترین صابون سنتی ایران است. برای تهیه این صابون، پیه گوسفند و سود سوزآور را در دیگ‌های بزرگ با آب برای چندین ساعت می‌جوشانند و پس از قالب‌گیری آنها را در آفتاب خشک می‌کنند (شکل ۴).



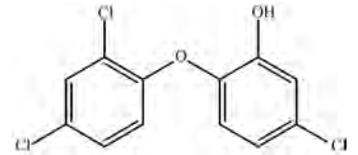
شکل ۴- سالانه حدود ۲۰۰ تن صابون در شهر مراغه تولید می‌شود و به‌دست مشتریان می‌رسد. البته توجه داشته باشید صابون‌های سنتی در شهرهای دیگری مانند آشتیان، رودبار و ... نیز تولید می‌شوند.

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

این صابون افزودنی شیمیایی ندارد و به دلیل خاصیت بازی مناسب برای موهای چرب استفاده می‌شود. امروزه صابون‌ها و شوینده‌های دیگری تولید می‌شوند که افزون بر خاصیت پاک‌کنندگی، خواص ویژه‌ای نیز دارند. برای نمونه صابون گوگردار، برای از بین بردن جوش

آیا می دانید

ترکیب‌های آروماتیک کلردار مانند تریکلوسان خاصیت گندزدایی و میکروب‌کشی دارند. لازم به یادآوری است که این ماده شیمیایی به تازگی به دلیل عوارض جانبی برای انسان از شوینده‌ها حذف شده است.



آیا می دانید

ورود نمک‌های فسفات ناشی از مصرف شوینده‌ها سبب شدت تافاجعه مرگبار دریاچه اری (Erie lake) در دهه ۱۹۶۰ میلادی رخ دهد و تعداد زیادی از آبزیان این دریاچه از بین بروند.

آیا می دانید

هیچ‌گاه محلول سفیدکننده‌ها را با محلول جوهر نمک مخلوط نکرده و هم‌زمان از آن دو برای شستن و تمیز کردن سطوح استفاده نکنید، زیرا این دو ماده شیمیایی با هم واکنش می‌دهند و گاز سمی و خطرناک کلر را تولید می‌کنند. تنفس این گاز ممکن است منجر به مرگ افراد شود. متأسفانه هر سال تعدادی از هموطنان جان خود را در اثر استفاده نادرست از این مواد، از دست می‌دهند.



صورت و همچنین قارچ‌های پوستی استفاده می‌شود. همچنین به منظور افزایش خاصیت ضد عفونی‌کنندگی و میکروب‌کشی صابون‌ها به آنها ماده شیمیایی کلردار اضافه می‌کنند. از سوی دیگر برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده، به آنها نمک‌های فسفات می‌افزایند، زیرا این نمک‌ها با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب‌های سخت واکنش می‌دهند و از تشکیل رسوب و ایجاد لکه جلوگیری می‌کنند. باید توجه داشت که هر چه شوینده‌ای مواد شیمیایی بیشتری داشته باشد، احتمال ایجاد عوارض جانبی آن بیشتر خواهد بود. به همین دلیل مصرف زیاد شوینده‌ها و تنفس بخار آنها، عوارض پوستی و بیماری‌های تنفسی ایجاد می‌کند. بنابراین برای حفظ سلامت بدن و محیط زیست، استفاده از شوینده‌های ملایم، طبیعی و مناسب توصیه می‌شود.

پاک‌کننده‌های خورنده

تاکنون با پاک‌کننده‌هایی آشنا شدید که بر اساس برهم‌کنش میان ذره‌ها عمل می‌کنند. اما پاک‌کننده‌های دیگری هم وجود دارند که افزون بر این برهم‌کنش‌ها، با آلاینده‌ها واکنش می‌دهند. برای نمونه رسوب تشکیل شده بر روی دیواره کتری، لوله‌ها، آب‌راه‌ها و دیگ‌های بخار آن چنان به این سطح‌ها می‌چسبند که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زدوده نمی‌شوند. برای زدودن این رسوب‌ها به پاک‌کننده‌هایی نیاز است که بتوانند با آنها واکنش شیمیایی بدهند و آنها را به فرآورده‌هایی تبدیل کنند که با آب شسته شوند. موادی مانند هیدروکلریک اسید (جوهر نمک)، سدیم هیدروکسید (سود سوزآور) و سفیدکننده‌ها از جمله این پاک‌کننده‌ها هستند. پاک‌کننده‌هایی که از نظر شیمیایی فعال‌اند و خاصیت خوردندگی دارند. به همین دلیل نباید با پوست تماس داشته باشند.

با هم بیندیشیم

۱- با توجه به تغییر رنگ کاغذ pH، در هر یک از شکل‌های زیر مشخص کنید که هر پاک‌کننده چه خاصیتی دارد؟



سرکه سفید



صابون



محلول سود



محلول جوهر نمک

۲- نوعی پاک کننده که به شکل پودر عرضه می شود شامل مخلوط سدیم هیدروکسید و پودر آلومینیم است. این پاک کننده برای باز کردن مجاری مسدود شده در برخی وسایل و دستگاه های صنعتی استفاده می شود. با توجه به الگوی زیر به پرسش ها پاسخ دهید.

مخلوط آلومینیم و سدیم هیدروکسید

آب



گاز هیدروژن

فرآورده های دیگر

(آ) توضیح دهید چرا از این پودر برای باز کردن لوله ها و مسیرهایی استفاده می شود که بر اثر ایجاد رسوب و تجمع چربی ها بسته شده اند؟
(ب) از آنجا که واکنش این مخلوط با آب گرماده است، توضیح دهید این ویژگی چه اثری بر قدرت پاک کنندگی آن دارد؟
(پ) تولید گاز چگونه قدرت پاک کنندگی این مخلوط را افزایش می دهد؟ توضیح دهید.

تا اینجا با برخی ویژگی ها و رفتارهای مواد شوینده و ساختار برخی از آنها آشنا شدید. اکنون می پرسید که از نظر شیمیایی پاک کننده ها به کدام دسته از مواد تعلق دارند؟ چه واکنش هایی انجام می دهند؟ آیا خاصیت اسیدی و بازی همه آنها یکسان است؟ چرا این مواد سبب تغییر pH محیط می شوند؟ pH یک سامانه نشان دهنده چیست؟ این کمیت چگونه اندازه گیری و محاسبه می شود؟ pH شوینده ها چه اثری روی بدن و محیط زیست دارد؟ برای یافتن پاسخ پرسش هایی از این دست، آشنایی و درک مفاهیمی مانند اسید، باز و قدرت اسیدی و بازی ضروری است.

اسیدها و بازها

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

اسیدها با اغلب فلزها واکنش می دهند و در تماس با پوست سوزش ایجاد می کنند. برای نمونه دلیل سوزش معده که درد شدیدی در ناحیه سینه ایجاد می کند، برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لوله مری است. در حالی که بازها در سطح پوست همانند صابون، احساس لیزی ایجاد می کنند اما به آن نیز آسیب می رسانند (شکل ۵).



● یاخته های دیواره معده با ورود مواد غذایی به آن هیدروکلریک اسید ترشح می کنند. این اسید افزون بر فعال کردن آنزیم ها برای تجزیه مواد غذایی، جانداران ذره بینی موجود در غذا را نیز از بین می برد.

آیا می دانید

آرنیوس معتقد بود که اسیدها و بازها هنگام حل شدن در آب، به طور جزئی یا کامل شکسته می‌شوند و ذره‌هایی برآردار به نام یون پدید می‌آورند. این ایده آرنیوس، در زمان خود یک ایده انقلابی بود. در آن زمان اغلب شیمی‌دان‌ها بر این باور بودند که مولکول‌ها نمی‌توانند به یون‌های مثبت و منفی شکسته شوند. به همین دلیل با دادن کرسی استادی به وی مخالفت کردند. اما شیمی‌دان‌های جوان در پژوهش‌های خود به نتایجی دست یافتند که با نظریه آرنیوس هم‌خوانی داشت. این روند ادامه یافت تا اینکه در سال ۱۹۰۳ میلادی، جایزه نوبل شیمی به وی اهدا شد.



سوانت آرنیوس ۱۸۵۹-۱۹۲۷ شیمی‌دان سوئدی، برنده جایزه نوبل شیمی در سال ۱۹۰۳.



پ (تنظیم میزان اسیدی بودن شونده‌ها ضروری است.



ب) اغلب داروها ترکیب‌هایی با خاصیت اسیدی یا بازی هستند.



آ) برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک می‌افزایند.



ج) ورود فاضلاب‌های صنعتی به محیط زیست سبب تغییر pH می‌شود.



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



ت) زندگی بسیاری از آبزیان به pH آب وابسته است.

شکل ۵- نمونه‌هایی از مواد اسیدی و بازی در زندگی

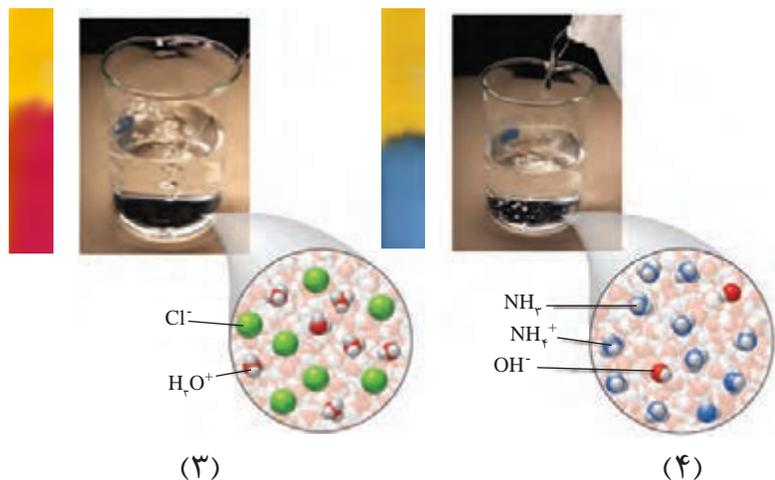
شواهد بسیاری در تاریخ علم وجود دارد که نشان می‌دهند پیش از آنکه ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون بر ویژگی‌های اسیدها و بازها با برخی واکنش‌های آنها نیز آشنا بودند. اما توجیه رفتار اسیدها و بازها به یک مبنای علمی نیاز داشت. سوانت آرنیوس نخستین کسی بود که اسیدها و بازها را بر یک مبنای علمی توصیف کرد. او بر روی رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی کار می‌کرد. یافته‌های تجربی او نشان داد که محلول اسیدها و بازها رسانای برق هستند، هر چند میزان رسانایی آنها با یکدیگر یکسان نیست.

با هم بیندیشیم

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

(۱)

(۲)



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

آ) کدام محلول‌ها خاصیت اسیدی و کدام‌ها خاصیت بازی دارند؟

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

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

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

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

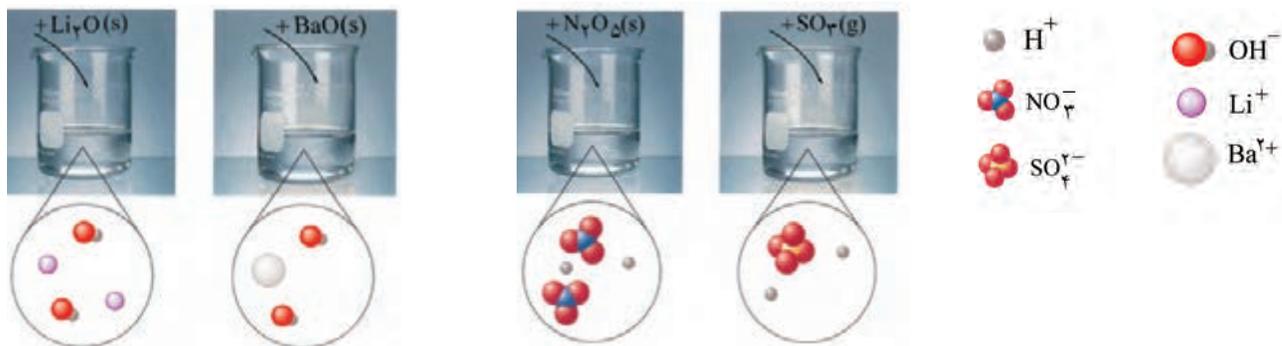
آ) گاز هیدروژن کلرید یک $\frac{\text{اسید}}{\text{باز}}$ آرنیوس به شمار می‌رود، زیرا در آب سبب افزایش غلظت یون $\frac{\text{هیدرونیوم}}{\text{هیدروکسید}}$ می‌شود.

ب) سدیم هیدروکسید جامد یک $\frac{\text{اسید}}{\text{باز}}$ آرنیوس به شمار می‌رود، زیرا در آب سبب افزایش غلظت یون $\frac{\text{هیدرونیوم}}{\text{هیدروکسید}}$ می‌شود.

مواد و ترکیب‌هایی که با حل شدن در آب، غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را افزایش می‌دهند به ترتیب اسید و باز آرنیوس هستند. در واقع رفتار اسید و باز آرنیوس را می‌توان بر اساس غلظت یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ توصیف کرد. بدیهی است هرچه $[H^+]$ در محلولی بیشتر باشد، آن محلول اسیدی‌تر و هر چه $[OH^-]$ در محلولی بیشتر باشد، آن محلول بازی‌تر است. با این توصیف اگر در یک سامانه غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با هم برابر باشد، آن سامانه حالت خنثی دارد.

خود را بیازمایید

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



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

پ) جدول زیر را کامل کنید.

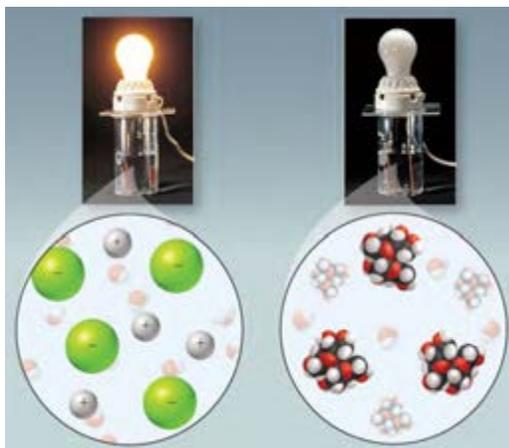
رنگ کاغذ pH در محلول	نوع اکسید		فرمول شیمیایی	نام ترکیب شیمیایی
	بازی	اسیدی		
				گوگرد تری اکسید
			CO ₂	کلسیم اکسید
			Na ₂ O	

اکنون با اینکه می توان اسید و باز را براساس مدل آرنیوس تشخیص داد اما نمی توان درباره میزان اسیدی یا بازی بودن یک محلول اظهار نظر کرد. برای نمونه آیا می دانید در دمای اتاق از بین دو محلول یک مولار استیک اسید و هیدروکلریک اسید، کدام یک اسیدی تر است؟ برای یافتن پاسخ این پرسش باید مشخص کرد که غلظت یون هیدرونیوم در کدام محلول بیشتر است.

رسانایی الکتریکی محلول ها و قدرت اسیدی

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

غلظت یون هیدرونیوم می‌توان به کار برد، سنجش رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی است. می‌دانید که فلزها و گرافیت (مغز مداد) رسانای جریان برق هستند. از آنجا که رسانایی آنها به وسیلهٔ الکترون‌ها انجام می‌شود، به آنها **رسانای الکترونی**^۱ می‌گویند. نوع دیگری از رسانایی نیز وجود دارد که به وسیلهٔ یون‌ها انجام می‌شود و به آن **رسانای یونی**^۲ می‌گویند. این رسانایی هنگامی انجام می‌شود که یون‌ها بتوانند از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر جابه‌جا شوند، زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه‌جا خواهند شد.



شکل ۶- مقایسه رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی سدیم کلرید و شکر

برای نمونه، محلول آبی سدیم کلرید را در نظر بگیرید. این محلول حاوی یون‌های $\text{Na}^+(\text{aq})$ و $\text{Cl}^-(\text{aq})$ است که با جنبش‌های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر آن پراکنده‌اند. هرگاه این محلول در مدار الکتریکی قرار گیرد، جریان برق در مدار برقرار می‌شود، زیرا یون‌ها به سوی قطب‌های ناهمنام حرکت می‌کنند. یون‌های $\text{Na}^+(\text{aq})$ به سوی قطب منفی و یون‌های $\text{Cl}^-(\text{aq})$ به سوی قطب مثبت پیش می‌روند. جابه‌جایی

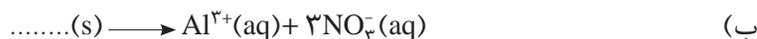
● به موادی مانند اتانول و شکر که انحلال آنها در آب به شکل مولکولی است، غیرالکترولیت و به محلول آنها، محلول غیرالکترولیت می‌گویند.

یون‌ها نشان‌دهندهٔ جابه‌جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه، رسانایی الکتریکی محلول سدیم کلرید است. به موادی مانند $\text{NaCl}(\text{s})$ ، **الکترولیت**^۳ و به $\text{NaCl}(\text{aq})$ ، **محلول الکترولیت**^۴ می‌گویند نکته جالب این است که همهٔ محلول‌های یونی رسانایی یکسانی ندارند (شکل ۶).

خود را بیازمایید

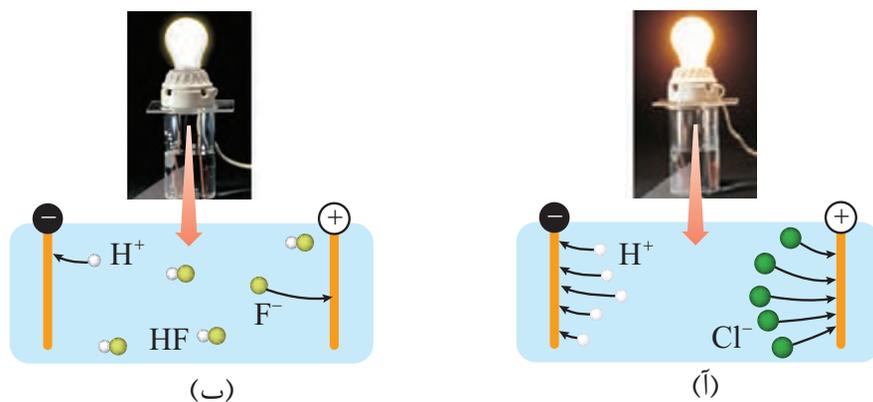
۱- با توجه به شکل بالا معادله انحلال یونی سدیم کلرید را بنویسید.

۲- در معادلهٔ انحلال هر یک از ترکیب‌های یونی زیر، جاهای خالی را پر کنید.



اگر محلول الکترولیت‌های گوناگون در چنین مداری قرار گیرند، روشنایی یکسانی در لامپ ایجاد نمی‌کنند. برای نمونه شکل ۷، رسانایی الکتریکی محلول ۱٪ مولار هیدروکلریک اسید را در مقایسه با محلول ۱٪ مولار هیدروفلوئوریک اسید در دمای اتاق نشان می‌دهد.

۱- Electronic Conductor
 ۲- Ionic Conductor
 ۳- Electrolyte
 ۴- Electrolyte Solution



شکل ۷- رسانایی الکتریکی دو محلول الکترولیت (آ) HCl(aq) (ب) HF(aq)

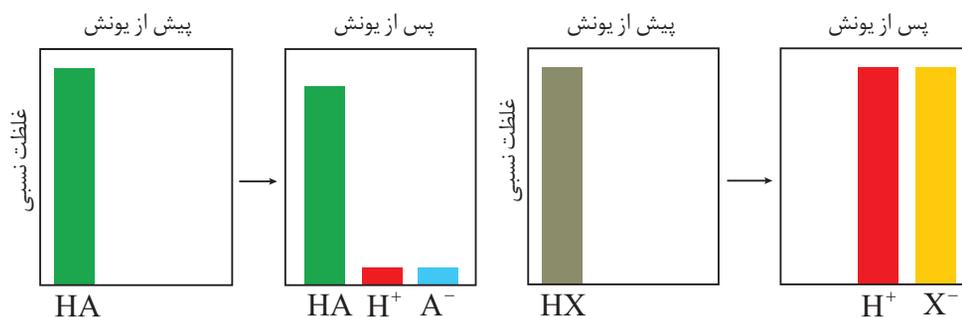
کمتر بودن رسانایی الکتریکی هیدروفلوئوریک اسید نشان می‌دهد که در شرایط یکسان شمار یون‌های موجود در این محلول کمتر از محلول هیدروکلریک اسید است. به دیگر سخن غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها (یون‌های هیدرونیوم) در HCl(aq) بیشتر است. با این توصیف شیمی‌دان‌ها به کمک مدل آرنیوس، هیدروکلریک اسید را یک **اسید قوی**^۱ و هیدروفلوئوریک اسید را یک **اسید ضعیف**^۲ می‌نامند.

با هم ببیندیشیم

به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می‌تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، **اسید تک پروتون‌دار**^۳ می‌گویند. با این توصیف:

- ۱- معادله یونش را برای اسیدهای تک پروتون‌دار HCl(aq) و HF(aq) در آب بنویسید.
- ۲- نمودارهای زیر غلظت نسبی گونه‌های موجود در محلول این دو اسید را پیش و پس از یونش نشان می‌دهند.

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



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

۱- Strong Acid
۲- Weak Acid
۳- Monoprotic Acid

● در رابطه درجه یونش به جای شمار مولکول‌ها، می‌توان شمار مول‌ها یا غلظت مولی گونه‌ها را قرار داد.

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

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

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

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

آ) پیش‌بینی کنید درجه یونش برای HCl در محلول هیدروکلریک اسید چند است؟ چرا؟
 ب) اگر در محلول هیدروفلوئوریک اسید از هزار مولکول حل شده در دمای اتاق تنها ۲۴ مولکول یونیده شود، درجه و درصد یونش آن را حساب کنید.

اینک می‌توان اسیدها را بر مبنای میزان یونشی که در آب دارند در دو دسته قوی و ضعیف جای داد. اسیدهایی قوی هستند که می‌توان یونش آنها را در آب کامل در نظر گرفت ($\alpha \approx 1$). اسیدهای ضعیف در آب به میزان جزئی یونیده می‌شوند و شمار یون‌ها در محلول آنها کم است ($\alpha < 1$).

خود را بیازمایید

۱- نیتریک اسید، یک اسید قوی است. در محلول ۰/۲ مولار این اسید، غلظت یون‌های هیدرونیوم و نترات را با دلیل پیش‌بینی کنید.

● کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل آنها می‌تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود.

۲- اگر در محلول ۰/۱ مولار استیک اسید (CH_3COOH)، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $10^{-3} \times 1/35 \text{ mol L}^{-1}$ باشد:
 آ) معادله یونش استیک اسید را بنویسید.
 ب) درصد یونش آن را حساب کنید.



● اسیدهای موجود در سیب، انگور، ریواس و مرکبات مانند پرتقال و لیمو و نیز انواع سرکه از جمله اسیدهای خوراکی و ضعیف هستند.

در زندگی روزانه با انواع اسیدها سر و کار داریم که برخی قوی و اغلب آنها ضعیف هستند. اسیدهای قوی را می‌توان محلولی شامل یون‌های آب پوشیده دانست، به طوری که در آنها تقریباً مولکول‌های یونیده نشده یافت نمی‌شود. این در حالی است که در محلول اسیدهای ضعیف افزون بر اندک یون‌های آب پوشیده، مولکول‌های اسید نیز یافت می‌شوند. برای نمونه، در محلول سرکه شمار ناچیزی از یون‌های آب پوشیده هم‌زمان با شمار زیادی از مولکول‌های استیک اسید یونیده نشده حضور دارند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که در شرایط معین، غلظت همه گونه‌های موجود در محلول این اسید، همانند دیگر اسیدهای ضعیف ثابت است.

آیا می‌دانید حضور هم‌زمان یون‌ها و مولکول‌های یونیده نشده با غلظت ثابت در محلول چنین اسیدهایی بیانگر چیست؟

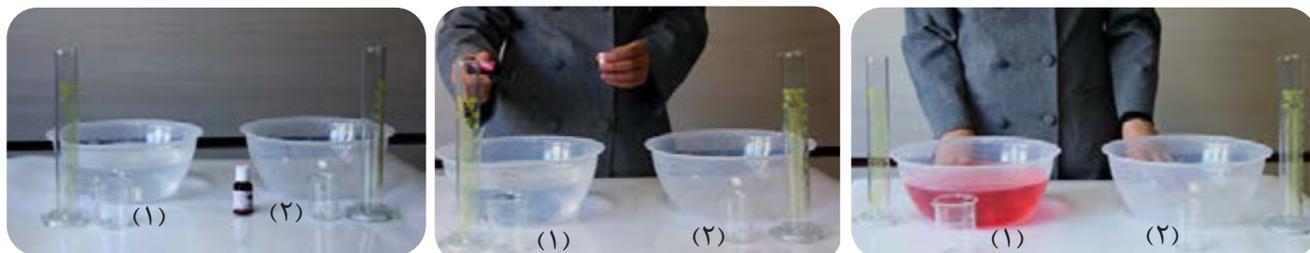
ثابت تعادل و قدرت اسیدی

در شیمی ۱ آموختید که حضور هم‌زمان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در مخلوط واکنش را می‌توان نشانه‌ای از برگشت‌پذیر بودن واکنش‌ها دانست. واکنش‌هایی که در آنها همه واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل نمی‌شوند، بلکه در شرایط معین مقدار آنها در سامانه ثابت خواهد ماند. گویی این واکنش‌ها تا حدی پیش می‌روند و پس از آن، مقدار مواد شرکت‌کننده دیگر تغییر نخواهد کرد.

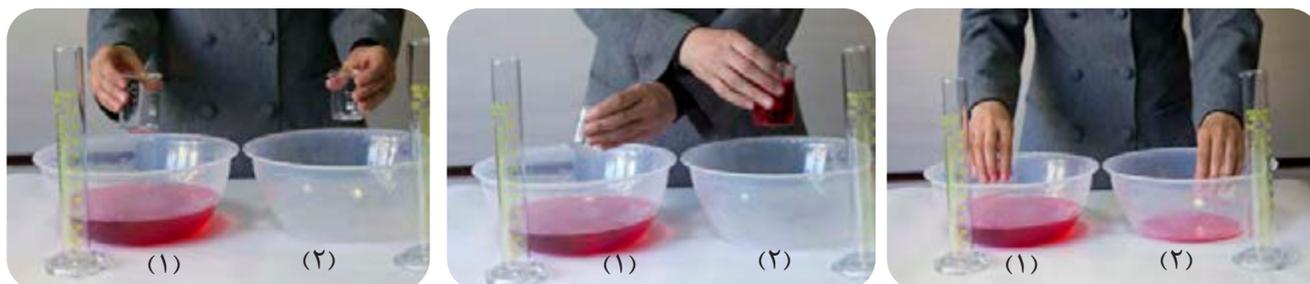
کاوش کنید

درباره «فرایند برگشت‌پذیر تبدیل A به B تا رسیدن به تعادل» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز: دو ظرف پلاستیکی با حجم حدود ۲ لیتر، دو بشر ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌لیتری، دو استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری و حدود یک لیتر آب حاوی رنگ خوراکی. ۱- دو ظرف پلاستیکی دو لیتری را شماره‌گذاری کنید و درون یکی حدود یک لیتر آب بریزید. ۲- به ظرف محتوی آب چند قطره رنگ خوراکی بیفزایید.



۳- با بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری، از محتویات ظرف (۱) بردارید و به ظرف (۲) بریزید، هم‌زمان با بشر ۵۰ میلی‌لیتری از محتویات ظرف (۲) بردارید (ظرف خالی) و به ظرف (۱) بریزید. محتویات کدام ظرف را می‌توان به عنوان فراورده در نظر گرفت؟ چرا؟



۴- جابه‌جایی محتویات دو ظرف را با همین روند ادامه دهید اما پیش از اینکه هر بار به ظرف دیگر منتقل کنید نخست آنها را در دو استوانه مدرج بریزید و پس از مقایسه حجم آنها، محلول‌ها را با استوانه مدرج جابه‌جا کنید (دلیل این عمل را توضیح دهید).



۵- سرانجام به مرحله‌ای خواهید رسید که حجم محلول‌های جابه‌جا شده میان دو ظرف برابر و مقدار محتویات هر ظرف ثابت خواهد ماند اما مقدار این محتویات با هم برابر نیست.



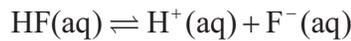
۶- درباره درستی نتیجه زیر گفت‌وگو کنید.

«در یک واکنش برگشت‌پذیر که هم‌زمان واکنش‌های رفت و برگشت به‌طور پیوسته انجام می‌شوند، سرانجام مقدار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند.»

واکنش‌های برگشت‌پذیر، آنهایی هستند که می‌توانند در هر دو جهت انجام شوند. این نوع واکنش‌ها در شرایط مناسب هم‌زمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند تا اینکه سرانجام لحظه‌ای فرا می‌رسد که غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند. این ویژگی تنها هنگامی رخ می‌دهد که سرعت واکنش رفت با برگشت برابر شود زیرا در این شرایط، هر مقداری از فراورده‌ها که در واحد زمان تولید می‌شود، هم‌زمان به همان مقدار از آنها مصرف می‌شود. برای واکنش‌دهنده‌ها نیز چنین است. در شیمی به چنین سامانه‌هایی، **سامانه تعادلی** می‌گویند. واکنش‌های رفت و برگشت در سامانه‌های تعادلی به‌طور پیوسته و با سرعت برابر انجام می‌شوند و به همین دلیل مقدار مواد شرکت‌کننده در سامانه ثابت می‌ماند.

● نماد \rightleftharpoons ، در واکنش‌های تعادلی به کار می‌رود.

نمونه‌ای از سامانه‌های تعادلی، محلول اسیدهای ضعیف در آب است. در این محلول‌ها به دلیل یونش ناچیز اسیدهای ضعیف، میان اندک یون‌های حاصل از یونش و مولکول‌های یونیده نشده، تعادل برقرار می‌شود. برای نمونه در محلول هیدروفلوئوریک اسید تعادل زیر برقرار است.



برای این سامانه نیز در دمای ثابت همانند دیگر سامانه‌های تعادلی، واکنش‌های رفت و برگشت پیوسته در حال انجام هستند به طوری که در هر گستره زمانی معین، شمار مولکول‌های HF که یونیده می‌شوند با شمار مولکول‌های HF که از پیوستن یون‌های H^+ و F^- به یکدیگر پدید می‌آیند، برابر است. این رفتار سامانه تعادلی نشان می‌دهد که سرعت تولید هر گونه با سرعت مصرف آن برابر است، رفتاری که سبب می‌شود غلظت تعادلی همه گونه‌های موجود در سامانه ثابت بماند. افزون بر این توصیف کیفی، سامانه‌های تعادلی را از دیدگاه کمی نیز می‌توان بررسی کرد به طوری که این سامانه‌ها با کمیتی به نام **ثابت تعادل**^۱ توصیف می‌شوند و در آن تنها غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده در واکنش آورده می‌شود. مقدار این کمیت در دمای ثابت برای هر تعادل ثابت است.

● درباره دیگر تعادل‌های شیمیایی، عبارت ثابت تعادل و عوامل مؤثر بر جابه‌جایی تعادل‌ها در فصل ۴ بیشتر خواهید آموخت.

با هم بیندیشیم

۱- جدول زیر غلظت تعادلی گونه‌های موجود در سه محلول از هیدروفلوئوریک اسید با غلظت‌های آغازی گوناگون را در دمای 25°C نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$K = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$	غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده (مول بر لیتر)			شماره محلول
	$[\text{H}^+]$	$[\text{F}^-]$	$[\text{HF}]$	
.....	$1/75 \times 10^{-2}$	$1/75 \times 10^{-2}$	0/52	۱
.....	$1/31 \times 10^{-2}$	$1/31 \times 10^{-2}$	0/29	۲
.....	$2/43 \times 10^{-2}$	$2/43 \times 10^{-2}$	1/0	۳

آ) توضیح دهید چرا در هر سه محلول $[\text{H}^+] = [\text{F}^-]$ است؟

ب) کسر داده شده در ستون آخر را عبارت **ثابت تعادل** می‌نامند و با K نمایش می‌دهند. مقدار K را حساب کرده و جاهای خالی را پر کنید.

پ) توضیح دهید آیا نتیجه‌گیری زیر درست است؟

«K برای یک واکنش تعادلی در دمای معین، مقداری ثابت است.»

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

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

(آ) غلظت تعادلی یون استات (CH_3COO^-) را تعیین کنید.

(ب) اگر غلظت تعادلی استیک اسید در این محلول برابر با $2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ باشد، ثابت تعادل را در این دما حساب کنید.

آموختید که برای هر واکنش تعادلی، یک ثابت تعادل وجود دارد که ویژه همان واکنش بوده و فقط تابع دما است. ثابت تعادل برای اسیدها به **ثابت یونش اسید**^۱ معروف است. کمیتی که با K_a نشان داده می‌شود. ثابت یونش یک اسید، نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی یون‌های موجود در محلول را به غلظت تعادلی آن اسید نشان می‌دهد. به دیگر سخن ثابت یونش، بیانی از میزان پیشرفت فرایند یونش تا رسیدن به تعادل است، به طوری که هر چه ثابت یونش اسیدی در دمای معین بزرگ‌تر باشد، آن اسید بیشتر یونیده شده و غلظت یون‌های موجود در محلول آن بیشتر است. در واقع در دمای معین هر چه ثابت یونش اسیدی بزرگ‌تر باشد، آن اسید قوی‌تر است. جدول زیر ثابت یونش برخی اسیدها را در دمای اتاق نشان می‌دهد.

جدول ۱- ثابت یونش برخی اسیدها در دمای اتاق

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

خود را بیازمایید

۱- این شکل‌ها واکنش دو قطعه نوار منیزیم یکسان را با محلول دو اسید متفاوت در دما و غلظت یکسان نشان می‌دهند.

آ) سرعت کدام واکنش بیشتر است؟ چرا؟

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

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

۲- باران اسیدی حاوی نیتریک اسید و سولفوریک اسید است در حالی که باران معمولی حاوی کربنیک اسید است. با مراجعه به جدول توضیح دهید در کدام باران غلظت یون هیدرونیوم بیشتر است؟ چرا؟ ثابت یونش کربنیک اسید را 4.5×10^{-7} در نظر بگیرید.



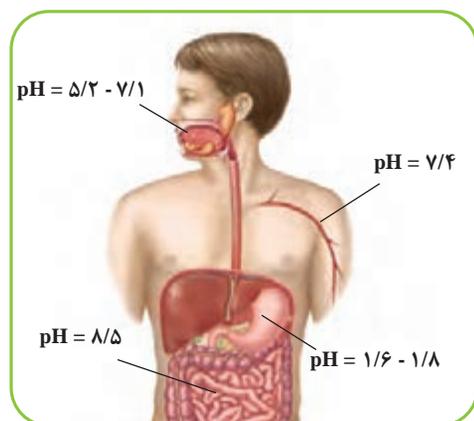
(آ)



(ب)

pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن

با کاغذ pH و تغییر رنگ آن در محلول‌های اسیدی و بازی آشنا هستید. این تغییر رنگ معیاری برای تشخیص اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها است. افزون بر این، رنگی که این کاغذ درون یک محلول به خود می‌گیرد، نشان‌دهنده pH تقریبی آن محلول است. pH برخی سامانه‌ها در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸. pH محلول موجود در چند سامانه، محلول کدام سامانه اسیدی و کدام سامانه بازی است؟

آیا می‌دانید چه رابطه‌ای بین pH و غلظت یون هیدرونیوم موجود در محلول برقرار است؟ برای نمونه برای محلولی با $pH = 3.7$ غلظت یون هیدرونیوم چقدر است؟ چگونه باید آن را حساب کرد؟

پیوند با ریاضی

در درس ریاضی با لگاریتم آشنا شدید. تابعی که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\log_{10}^x = \log x$$

آیا می دانید

روش بسیار دقیقی برای اندازه گیری غلظت یون هیدرونیوم موجود در یک محلول وجود دارد که به کمک pH سنج های دیجیتال انجام می گیرد. این pH سنج ها با تقویت ولتاژ کوچکی که با وارد کردن الکتروود دستگاه درون محلول ایجاد می شود و نمایش نتیجه روی صفحه نمایشگر، مقدار pH آن محلول را مشخص می کند.



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

$$\log ab = \log a + \log b, \quad \log \frac{a}{b} = \log a - \log b, \quad \log a^n = n \log a$$

۱- (آ) با توجه به رابطه بالا، جاهای خالی زیر را پر کنید.

$$\log 2 = 0.30 \rightarrow 2 = 10^{0.30}$$

$$\log \dots = 0.48 \rightarrow \dots = 10^{0.48}$$

$$\log 7 = \dots \rightarrow \dots = 10^{0.85}$$

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

$$\log 21 = ?$$

$$\log 0.8 = ?$$

$$\log ? = 1.85$$

۲- شیمی دان ها کمیت pH را با تابع لگاریتم به صورت زیر بیان می کنند.

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

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

$[\text{H}^+]$	pH	خاصیت محلول
3×10^{-9}	.....	.....
.....	4	.....
$1/8 \times 10^{-2}$	.....	.....

۳- دانش آموزی مطابق روند زیر غلظت یون هیدرونیوم را برای شیر ترش شده با $\text{pH} = 2/7$

به درستی حساب کرده است. در این روند هر یک از جاهای خالی را با عدد مناسب پر کنید.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\dots} \xrightarrow{\text{pH}=2/7} [\text{H}^+] = 10^{-\dots} = 10^{\dots} \times 10^{-3} = \dots$$

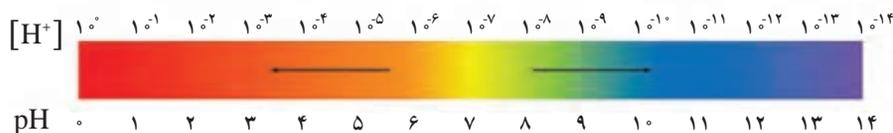
۴- جدول زیر را کامل کنید.

$[\text{H}^+]$	pH	خاصیت محلول
.....	2/15	.....
$3/6 \times 10^{-4}$	.....	.....
.....	11/4	بازی
.....	0	.....



● شیر ترش شده، خاصیت اسیدی داشته و $\text{pH} < 7$ دارد.

اینک می‌پذیرید که برای پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم می‌توان از کمیت pH استفاده کرد زیرا اعدادی به مراتب ساده‌تر و قابل فهم‌تر ارائه می‌دهد. این کمیت برای محلول‌های آبی در دمای اتاق با اعدادی در گستره ۰ تا ۱۴ بیان می‌شود (نمودار ۲).



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

به نظر شما چرا گستره تغییر pH در محلول‌های آبی و در دمای اتاق از ۰ تا ۱۴ است؟ یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که آب و همه محلول‌های آبی، محتوی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید هستند. اما کاغذ pH در برخی محلول‌ها و آب خالص تغییر رنگ نمی‌دهد، رفتاری که تأیید می‌کند که غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در این سامانه‌ها با یکدیگر برابر است ($[H^+] = [OH^-]$). به همین دلیل چنین سامانه‌هایی، خنثی هستند.

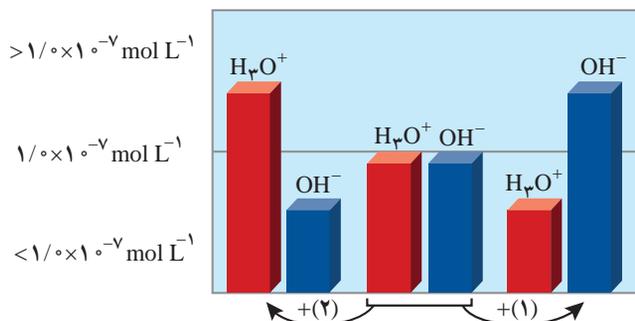
با هم بیندیشیم

۱- آزمایش‌های دقیق نشان می‌دهند که آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. این ویژگی بیانگر وجود مقدار بسیار کمی از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید است. در واقع در یک نمونه از آب خالص شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های H_2O به یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ یونیده می‌شوند. جالب این است که اندازه‌گیری‌ها و یافته‌های تجربی در دمای اتاق برای آب و محلول‌های آبی رابطه زیر را تأیید می‌کنند:

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

آ) غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در دمای اتاق برای آب خالص حساب کنید.
 ب) pH آب خالص و محلول‌های خنثی^۱ را در دمای ۲۵ °C حساب کنید.

۲- شکل زیر تغییر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را هنگام افزودن هر یک از مواد ۱ و ۲ به آب خالص نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آیا می‌دانید

حتی در خالص‌ترین نمونه آب، مقادیر ناچیزی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید وجود دارد. یون‌هایی که به دلیل جابه‌جایی یون هیدروژن از یک مولکول آب به دیگری تولید می‌شوند. این ویژگی سبب می‌شود که هر نمونه آب خالص در دمای ثابت (مانند ۲۵ °C) یک سامانه تعادلی به شمار آید.

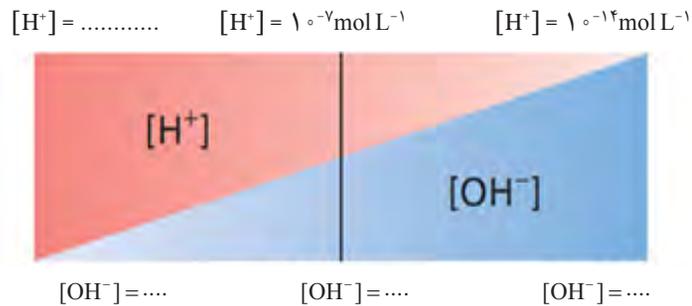


مقدار ثابت این تعادل در دمای اتاق برابر با 1×10^{-14} است.

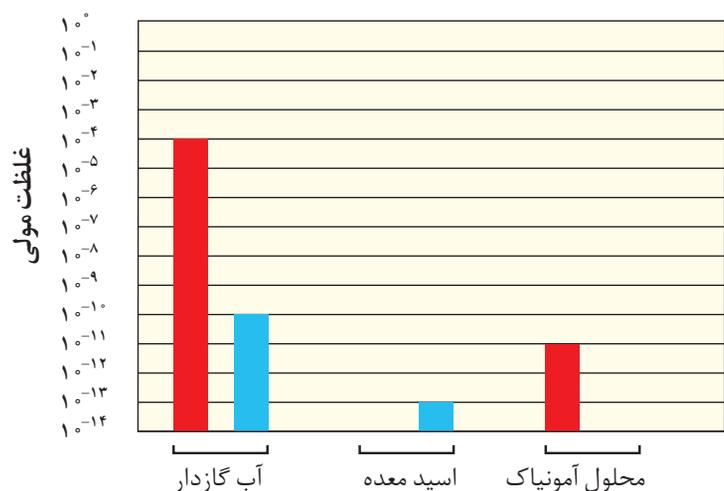
آ) کدام یک از مواد افزوده شده اسید آرنیوس است؟ چرا؟

ب) غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید را در محلول بازی با یکدیگر مقایسه کنید.
 پ) آیا می توان گفت در محلول های اسیدی، یون هیدروکسید وجود ندارد؟ توضیح دهید.

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



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

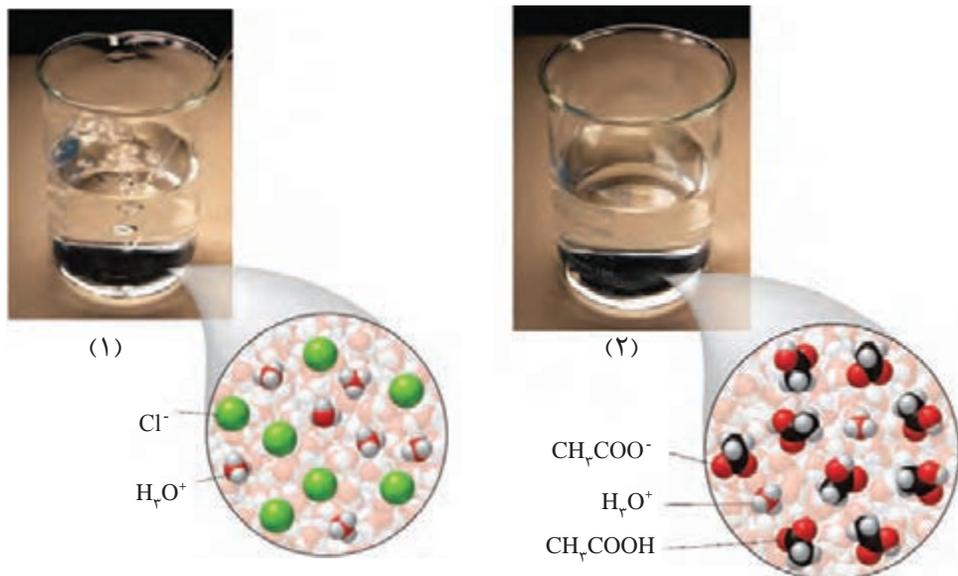


پی بردید که هر اندازه غلظت یکی از یون های هیدرونیوم یا هیدروکسید در محلولی بیشتر شود به همان نسبت از دیگری کاسته خواهد شد، تا حاصل ضرب غلظت این یون ها در دمای اتاق برابر با 10^{-14} شود. با این توصیف برای محلول $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{ HCl}$ می توان نوشت:

$$[\text{HCl}] = 0.1 \text{ mol L}^{-1} \rightarrow [\text{H}^+] = 0.1 \text{ mol L}^{-1} \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-13} \text{ mol L}^{-1}$$

خود را بیازمایید

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



۲- جدول زیر را کامل کنید.

درصد یونش	pH	[OH ⁻]	[H ⁺]	غلظت محلول	نام محلول
				۰/۰۰۴	هیدروکلریک اسید
۲/۵				۰/۰۰۴	هیدروفلوئوریک اسید
	۳/۷				نیتریک اسید
	۸/۵۲				نمونه‌ای از آب یک دریاچه

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

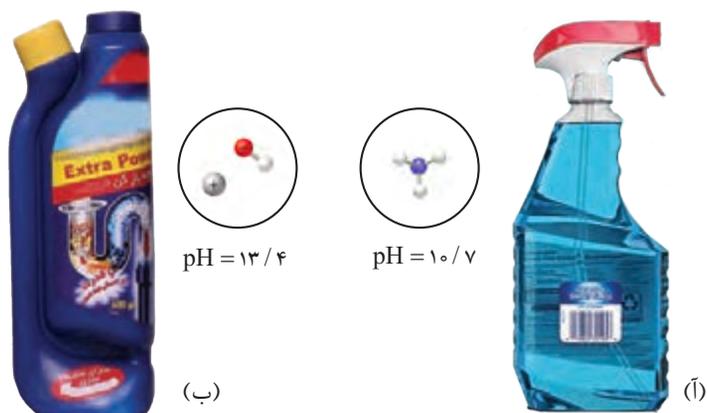
بازهای معروفی مانند سود سوزآور (NaOH) و پتاس سوزآور (KOH) بسیار قوی هستند به طوری که موادی خورنده به شمار می‌روند. در محلول آبی این مواد $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$ و pH محلول آنها در دمای اتاق در گستره ۷ تا ۱۴ خواهد بود. بدیهی است که هر چه غلظت یون هیدروکسید در محلول آنها بیشتر باشد، pH بزرگ‌تر و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

بازها کاربردهای گسترده‌ای در زندگی روزانه دارند که از جمله آنها می‌توان به شیشه پاک‌کن و لوله بازکن اشاره کرد (شکل ۹).

آیا می‌دانید

واژه قلیا به معنی خاکستر باقی‌مانده از سوختن گیاهان است که چربی‌ها را در خود حل می‌کند. قلیاها، بازهای محلول در آب هستند. فلزهای گروه ۱ در جدول دوره‌ای به فلزهای قلیایی معروف‌اند زیرا اغلب ترکیب‌های آنها در آب خاصیت بازی یا قلیایی دارد.

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

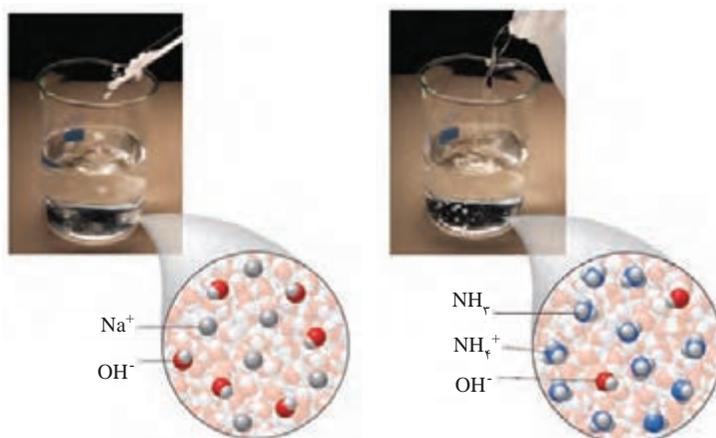


شکل ۹- pH دو نمونه محلول بازی در دما و غلظت یکسان، (آ) آمونیاک و (ب) سدیم هیدروکسید

آمونیاک از جمله بازهای ضعیف^۱ است. به طوری که در محلول آن افزون بر مقدار کمی از یون‌های آب پوشیده، شمار بسیاری از مولکول‌های آمونیاک نیز یافت می‌شود (شکل ۱۰).

آیا می‌دانید

آمونیاک به دلیل تشکیل پیوندهای هیدروژنی، در آب به خوبی حل می‌شود. انحلال این ماده به‌طور عمده مولکولی است و محلول آن حاوی شمار اندکی از یون‌های $NH_4^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ است. از این رو برای توجیه خاصیت بازی محلول آمونیاک، می‌توان آن را به صورت $NH_4OH(aq)$ در نظر گرفت. محلولی که یک سامانه تعادلی است.



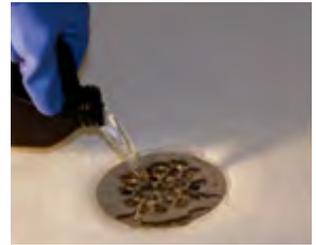
شکل ۱۰- نمای ذره‌ای از محلول‌های سدیم هیدروکسید و آمونیاک



خود را بیازمایید

۱- شکل‌های زیر رسانایی الکتریکی دو محلول بازی را در شرایط یکسان نشان می‌دهند. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.





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

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

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

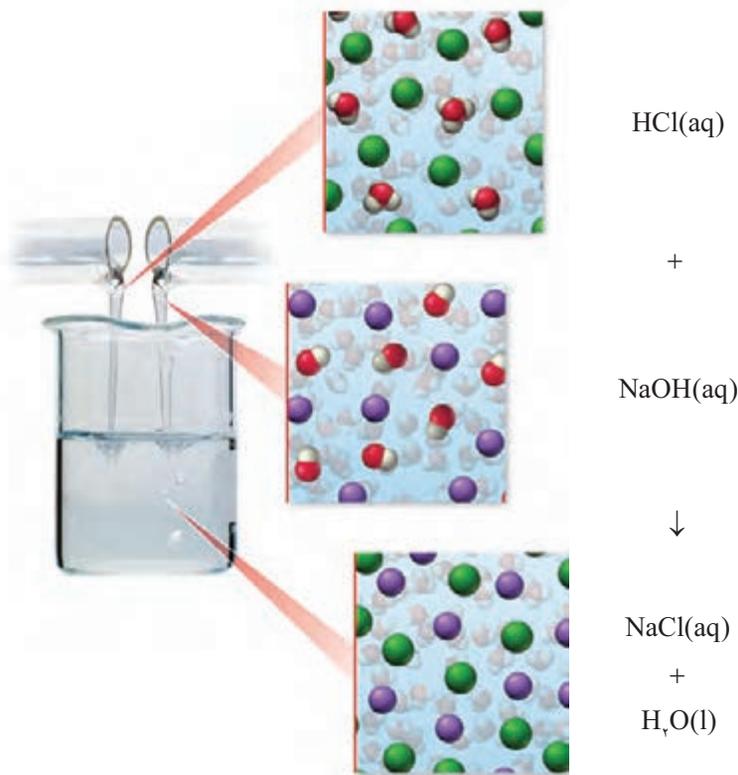
۲- اگر در ۱۰۰ میلی لیتر از یک محلول، ۰/۰۲ مول از پتاسیم هیدروکسید وجود داشته باشد:

آ) غلظت یون هیدروکسید را در این محلول حساب کنید.

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

شوینده های خورنده چگونه عمل می کنند؟

با برخی رفتارهای اسیدها و بازها آشنا شدید. یکی از رفتارهای جالب و پرکاربرد آنها واکنش های شیمیایی است که بین این دو دسته از مواد انجام می شود. برای نمونه به واکنش بین محلول هیدروکلریک اسید با سدیم هیدروکسید توجه کنید (شکل ۱۱).



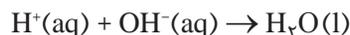
شکل ۱۱- نمای ذره ای از یک واکنش اسید - باز

آیا می دانید

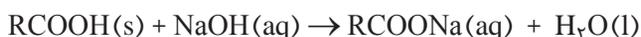
محلول استیک اسید یک پاک کننده بوده و خاصیت ضد عفونی کننده نیز دارد. استفاده از این اسید و محلول های اسیدی دیگر برای پاک کردن سنگ مرمر مناسب نیست زیرا سبب می شود لایه ای از سنگ مرمر با این اسیدها واکنش داده و سطح سنگ خورده شود.

اگر با دقت این معادله شیمیایی را بررسی کنید در می یابید که یون های هیدرونیوم در واکنش با یون های هیدروکسید به مولکول های آب تبدیل می شوند در حالی که یون های $\text{Na}^+(\text{aq})$ و $\text{Cl}^-(\text{aq})$ دست نخورده باقی می مانند. به همین دلیل می توان معادله واکنش میان اسید و بازهایی از این

دست را به صورت زیر نمایش داد. معادله‌ای که نشان‌دهنده واکنش خنثی شدن^۱ اسید و باز است.



این واکنش مبنایی برای کاربرد شوینده‌ها و پاک‌کننده‌هاست. برای نمونه فرض کنید که مسیر لوله‌ای با مخلوطی از اسیدهای چرب مسدود شده است، برای باز کردن این لوله باید از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید استفاده کرد. معادله واکنش‌هایی که انجام می‌شود را می‌توان به شکل کلی زیر نمایش داد.



فراورده چنین واکنش‌هایی، خود نوعی پاک‌کننده است که در آب حل می‌شود و می‌تواند چربی‌های اضافی را بزداید. اما چرا برای باز کردن برخی لوله‌ها و مجاری از محلول غلیظ هیدروکلریک اسید استفاده می‌شود؟ بدیهی است موادی که سبب گرفتگی این لوله‌ها و مجاری می‌شوند، خاصیت بازی دارند، به طوری که روی دیواره لوله‌ها و مجاری به شکل رسوب به جای مانده‌اند. در این حالت، لوله بازکن در واکنش با این رسوب‌ها، فراورده‌های محلول در آب یا گازی تولید می‌کند و از این راه سبب جرم‌گیری در آنها می‌شوند.

پیوند با زندگی

آیا می‌دانید

برگشت شیره معده به مری، ریفلکس معده نام دارد که سبب ایجاد مزه ترش در گلو و دهان می‌شود. ساده‌ترین روش درمان آن افزایش وعده‌های غذایی و کاهش حجم هر وعده غذایی است.

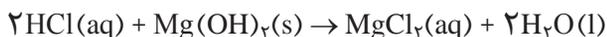


pH شیره معده به اندازه‌ای است که سبب می‌شود در هر دقیقه حدود نیم میلیون یاخته از بافت دیواره آن از بین برود.

شاید در نزدیکان شما نیز کسانی باشند که از سوزش سینه یا ترش شدن دهان و گلو رنج می‌برند. آیا می‌دانید این درد و مزه ترش، ناشی از چیست؟ چگونه می‌توان آن را کاهش داد یا درمان کرد؟ معده برای گوارش غذا به اسید نیاز دارد. خوردن غذا سبب می‌شود که غده‌های موجود در دیواره معده، هیدروکلریک اسید ترشح کنند.

در بدن انسان بالغ روزانه بین دو تا سه لیتر شیره معده تولید می‌شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود 0.3 mol L^{-1} است. در واقع درون معده یک محیط بسیار اسیدی است و حتی می‌تواند فلز روی را در خود حل کند! دیواره داخلی معده به طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند. این جذب سبب نابودی سلول‌های سازنده دیواره معده می‌شود. حال اگر مقدار اسید معده به هر دلیل بیش از اندازه باشد، شمار یون‌های جذب شده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می‌شود. بدیهی است که مصرف غذاها و داروهای اسیدی سبب تشدید بیماری‌های معده خواهد شد. از این رو کسانی که به این بیماری‌ها مبتلا هستند افزون بر کاهش مصرف این مواد باید از داروهای دیگری استفاده کنند.

ضداسیدها^۱ داروهایی هستند که برای این منظور توسط پزشکان تجویز می‌شود. شیر منیزی یکی از رایج‌ترین آنهاست که شامل منیزیم هیدروکسید است. این دارو که به شکل سوسپانسیون مصرف می‌شود، اسید معده را مطابق معادله زیر خنثی می‌کند و سبب کاهش مقدار اسید معده می‌شود.



جدول زیر مواد مؤثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می‌دهد.

شماره ضداسید	۱	۲	۳
ماده مؤثر	$\text{Al}(\text{OH})_3, \text{NaHCO}_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3, \text{Mg}(\text{OH})_2$	NaHCO_3

خود را بیازمایید

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

۲- در زمان استراحت، pH معده برابر با $3/7$ است. غلظت یون هیدرونیوم را در این حالت حساب کنید.

۳- با توجه به ویژگی و کاربرد سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین) مطابق جدول بالا:
 (آ) پیش‌بینی کنید که محلول سدیم هیدروژن کربنات در آب چه خاصیتی دارد؟ چرا؟
 (ب) توضیح دهید چرا برای افزایش قدرت پاک کردن چربی‌ها، به شوینده‌ها جوش شیرین می‌افزایند؟

در این فصل آموختید که مصرف مناسب مواد شوینده و پاک‌کننده در پیشگیری از بیماری‌ها مؤثر است. همچنین مصرف درست و به موقع داروها سبب درمان بیماری‌ها می‌شود. این توصیف نشان می‌دهد که نوع و میزان ارائه خدمات بهداشتی، دارویی و درمانی نقش تعیین‌کننده‌ای در سطح سلامت جامعه دارد. به دیگر سخن بهره‌گیری از دانش شیمی در پیشگیری و درمان بیماری‌ها راهگشاست. از این رو می‌تواند بر شاخص امید به زندگی اثر داشته باشد.

تمرین‌های دوره‌ای

۱- برای هر یک از موارد زیر دلیلی بیاورید.

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

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

(پ) در محلول ۰/۱ مولار نیتریک اسید در دمای اتاق، $[NO_3^-] = 0.1 \text{ mol L}^{-1}$ است.

(ت) در محلول ۰/۱ مولار فورمیک اسید، $[HCOOH] > [H^+]$ است.

۲- کاغذ pH بر اثر آغشته شدن به نمونه‌ای از یک محلول، به رنگ سرخ در می‌آید. همچنین رسانایی الکتریکی

این محلول در شرایط یکسان به طور آشکاری از محلول آبی سدیم کلرید کمتر است. این محلول محتوی کدام

ماده حل‌شونده می‌تواند باشد؟ توضیح دهید.



۳- در دما و غلظت یکسان، هر یک از شکل‌های زیر به کدام یک از محلول‌ها تعلق دارد؟ چرا؟

(آ) محلول استیک اسید ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$).

(ب) محلول هیدروبرمیک اسید (K_a بسیار بزرگ).

(پ) محلول هیدروسبانیک اسید ($K_a = 4.9 \times 10^{-10}$).



(۱)



(۲)

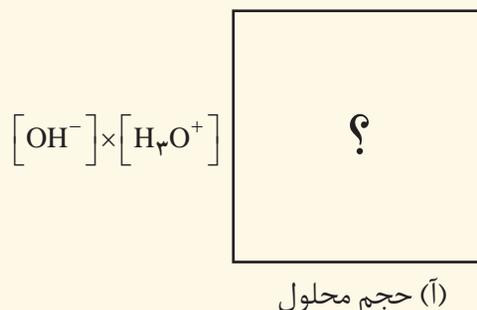


(۳)

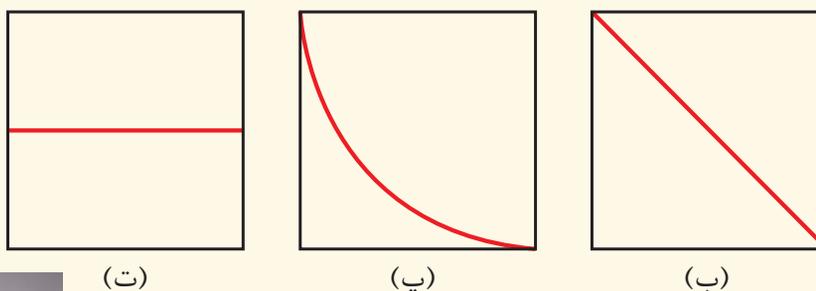
۴- رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی که غلظت یون هیدرونیوم آن $4 \times 10^{-9} \text{ molL}^{-1}$ است به رنگ سرخ شکوفا می‌شود. pH این دو نوع خاک را حساب کنید.



۵- به شکل (آ) توجه کنید:



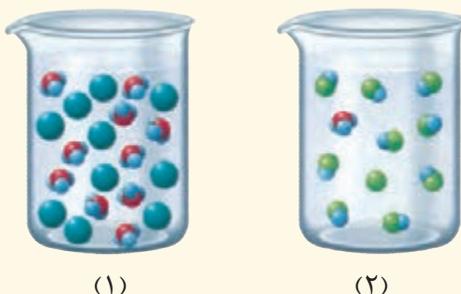
دانش‌آموزی برای نشان دادن ارتباط بین حاصل ضرب غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با حجم محلول، شکل‌های ب تا ت را پیشنهاد داده است. کدامیک از این شکل‌ها ارتباط بین کمیت‌های داده شده را به درستی نشان می‌دهد؟



۶- در نمونه‌ای از عصاره گوجه فرنگی، غلظت یون هیدرونیوم 4×10^{-6} برابر غلظت یون هیدروکسید است. pH آن را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.

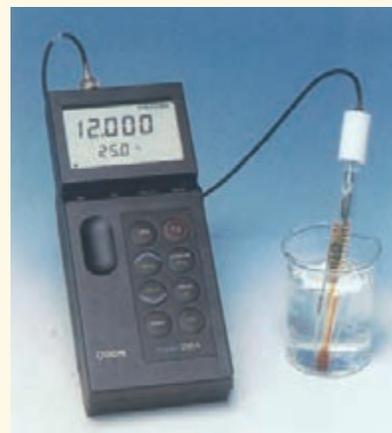
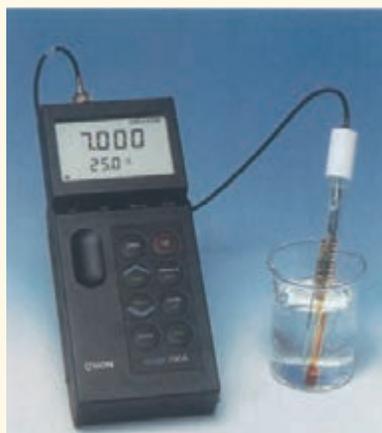
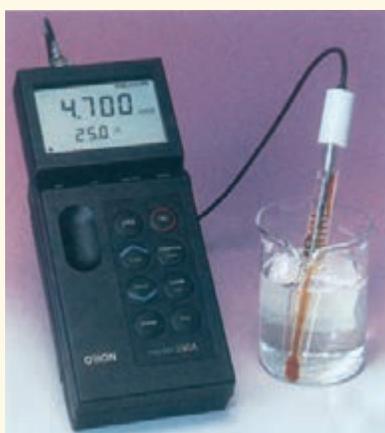
۷- pH یک نمونه از آب سیب برابر با $4/7$ است. نسبت غلظت یون‌های هیدرونیوم به یون‌های هیدروکسید را در این نمونه حساب کنید.

۸- شکل‌های زیر 50° میلی لیتر از محلول آبی دو حل شونده متفاوت را نشان می‌دهد.



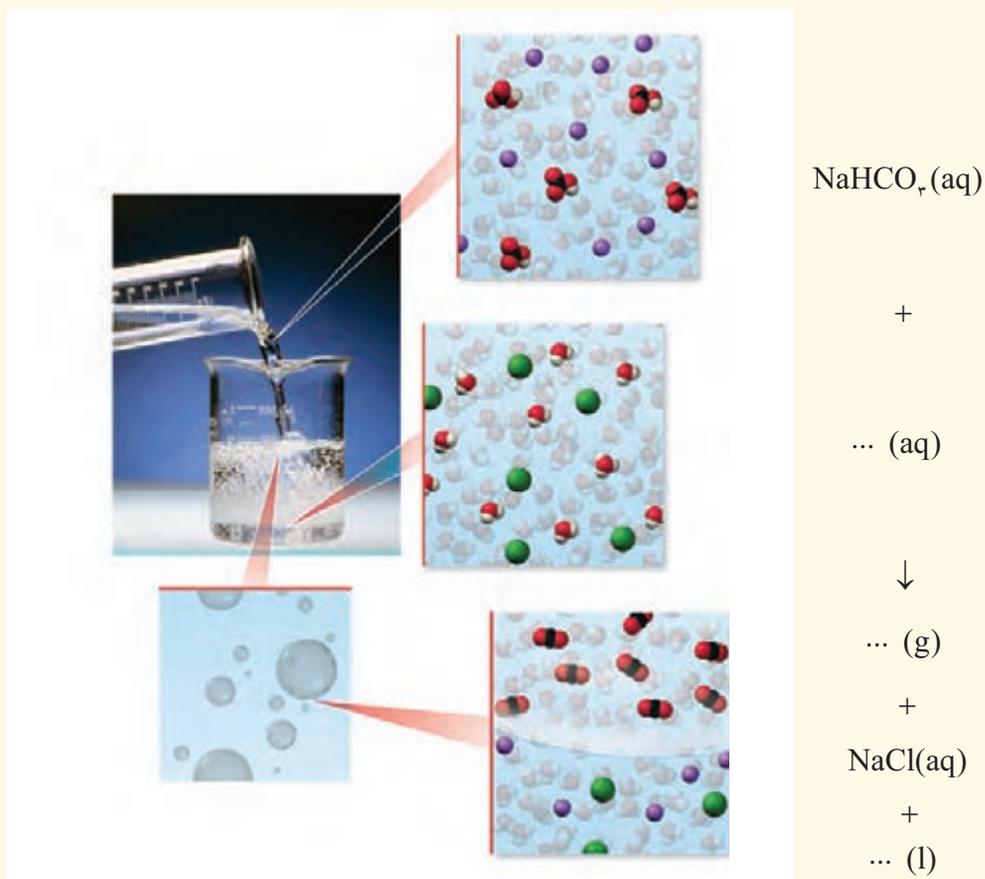
(آ) این نوع حل شونده‌ها اسید آرنیوس هستند یا باز آرنیوس؟ چرا؟
 (ب) درجه یونش و pH را برای هر یک از آنها حساب کنید (هر ذره را 100% مول از آن گونه در نظر بگیرید).
 ۹- HX و HY دو اسید ضعیف هستند. اگر 12 گرم از HX و 8 گرم از HY جداگانه در یک لیتر آب حل شوند، pH این دو محلول برابر خواهد شد. با مقایسه درجه یونش آنها مشخص کنید کدام اسید قوی‌تری است؟ چرا؟
 ($1 \text{ mol } HX = 150 \text{ g}$, $1 \text{ mol } HY = 50 \text{ g}$)

۱۰- یک کارشناس شیمی، pH نمونه‌هایی از 200 لیتر محلول تهیه شده (۱ و ۲) را اندازه‌گیری کرده است. حساب کنید، چه جرمی از هر ماده حل شونده به 200 لیتر آب افزوده شده است؟ از تغییر حجم چشم‌پوشی کنید.



(۱) $\xleftarrow{?gHNO_3}$ آب خالص $\xrightarrow{?gKOH}$ (۲)

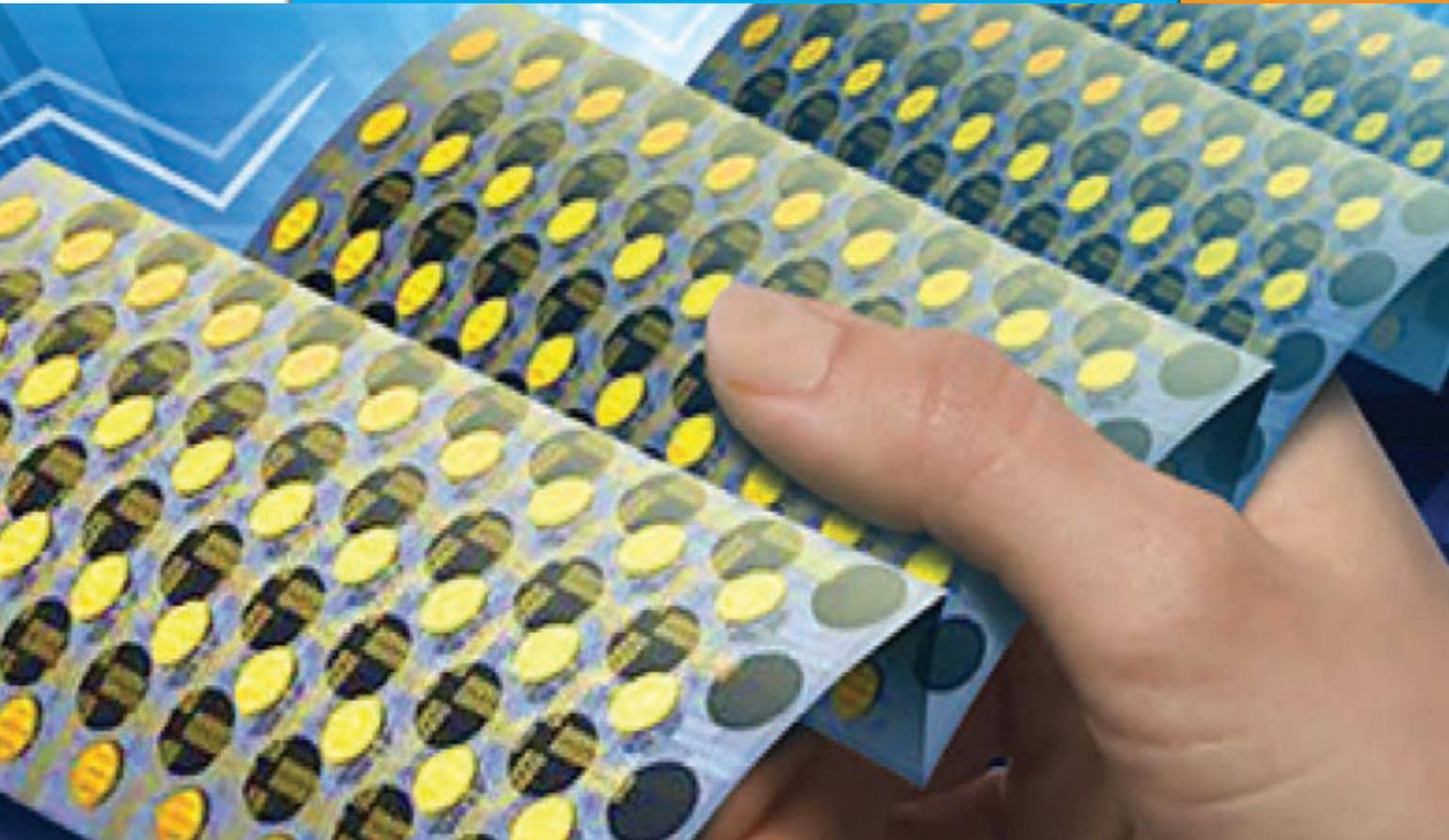
۱۱- با توجه به شکل زیر که نمای ذره‌ای از یک واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) هر یک از جاهای خالی را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.
 ب) از واکنش 100 میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید 2% مول بر لیتر با مقدار کافی از سدیم هیدروژن کربنات، چند میلی لیتر گاز کربن دی اکسید در STP تولید می‌شود؟

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

آ) کدام یک باز قوی‌تری است؟ چرا؟
 ب) pH کدام محلول کمتر است؟ چرا؟



هُوَ الَّذِي يُرِيكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا... (سوره رعد، آیه ۱۲)

اوست که برق را به شما نشان می‌دهد که هم مایه ترس و هم مایه امید است.

پدیده‌های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می‌دهند که انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود. پدیده‌هایی از این دست که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشمه می‌گیرند سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش‌های شامل داد و ستد الکترون به شکل هدفمند دنبال شود. واکنش‌هایی که مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. تولید انرژی الکتریکی پاک و ارزان دستاوردی از دانش الکتروشیمی است که در سایه فناوری‌های پیشرفته، افزایش سطح رفاه و آسایش را در جهان به دنبال داشته است. الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.



رشد دانش و پیشرفت فناوری، انجام فعالیت‌های فردی، اقتصادی، صنعتی و... را آسان‌تر کرده و افزایش سطح رفاه و آسایش را به دنبال داشته است. تأمین روشنایی، گرمایش و سرمایش آسان‌تر، حمل و نقل سریع‌تر و ایمن‌تر، درمان و کاهش اثر نقص عضو و انتقال ایمن آب آشامیدنی نیم‌رخ‌ی از افزایش سطح رفاه و آسایش را نشان می‌دهند (شکل ۱).



پ) قطار برقی

ب) سمعک

آ) اتاق باتری

شکل ۱- نمونه‌هایی از فناوری که نقش الکتروشیمی را در آسایش و رفاه نشان می‌دهند.

دو رکن اساسی تحقق این فناوری‌ها، دستیابی به مواد مناسب و تأمین انرژی است. می‌دانید که پرکاربردترین شکل انرژی در به‌کارگیری این فناوری‌ها انرژی الکتریکی است. **الکتروشیمی**^۱ شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد (شکل ۲).

الکتروشیمی



پ) اندازه‌گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فرآورده)



ب) تولید مواد (مانند برق‌کافت و آبکاری)



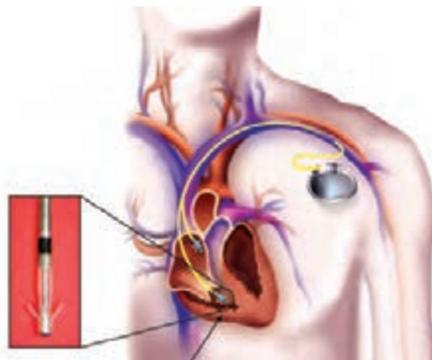
آ) تأمین انرژی (باتری‌ها، سلول سوختی و سوخت آنها)

شکل ۲- برخی قلمروهای الکتروشیمی

باتری یکی از فرآورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتریسیته تولید می‌کند. برای نمونه تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم‌کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است (شکل ۳).

آیا می دانید

فاصله میان اندام‌های مصنوعی و واقعی هر روز کمتر و کمتر می‌شود و به لطف پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه ساخت باتری، ربات‌های کنترل‌شونده با مغز و هوش مصنوعی، اندام‌های مکانیکی به عضوی از بدن تبدیل می‌شوند.



شکل ۳- برخی کاربردهای باتری

از سوی دیگر ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی‌های محتوی مواد غذایی، لوازم آشپزی که در برابر خوردگی مقاوم هستند و مانع از آلوده شدن آب و مواد غذایی می‌شوند، همچنین کسب اطمینان از کیفیت تولید فرآورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و... چهره‌ای دیگر از افزایش سطح رفاه و آسایش هستند. دستیابی به این موفقیت‌ها در گرو بهره‌گیری از دانش الکتروشیمی است. دانشی که می‌تواند دستاوردهای گوناگونی را برای رفاه بشر به ارمغان آورد و در ایجاد آسایش بیشتر برای مردم همچنین پیشرفت کشورمان نقش ایفا کند. برای دستیابی به این مهم نخست باید بدانید در چه واکنش‌هایی الکترون داد و ستد می‌شود؟ چگونه می‌توان از این واکنش‌ها در تأمین الکتروسیته بهره جست؟ الکتروشیمی چه نقشی در تأمین انرژی سبز و پاک دارد؟ چگونه می‌توان خواص مواد را بهبود بخشید؟

انجام واکنش با سفر الکترون

از درس علوم به یاد دارید که یکی از راه‌های بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده در فلزها، اتصال آنها در شرایط مناسب به یکدیگر است. برای نمونه با یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ LED را روشن کرد (شکل ۴).

موتورسیکلت برقی و تلفن همراه نمونه‌هایی از وسایلی هستند که با انرژی ذخیره شده در باتری کار می‌کنند. در واقع باتری، مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی با سفر الکترون رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود و موتور را به حرکت درآورد. با این توصیف شناخت نوع و شیوه انجام واکنش‌های درون باتری‌ها کمک خواهد کرد تا بتوان از واکنش‌های شیمیایی برای رفع نیازها به درستی بهره برد.



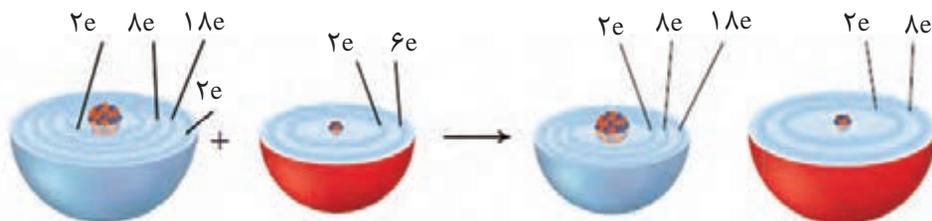
● چراغ خورشیدی یک ابزار روشنایی است که از لامپ LED، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ تشکیل شده است.



شکل ۴- باتری لیمویی

با هم ببیندیشیم

اکسیژن نافلزی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می‌دهد و آنها را به اکسید فلز تبدیل می‌کند، درحالی‌که با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی‌دهد. شکل زیر الگوی ساده‌ای از واکنش بین اتم‌های روی و اکسیژن را با ساختار لایه‌ای اتم نشان می‌دهد.



آ) کدام ساختار، اتم روی و کدام یک، اتم اکسیژن را نشان می‌دهد؟

ب) کدام اتم الکترون از دست داده و کدام الکترون گرفته است؟

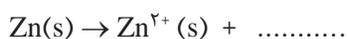
پ) اگر گرفتن الکترون را **کاهش**^۱ و از دست دادن الکترون را **اکسایش**^۲ بنامیم، کدام گونه

کاهش و کدام اکسایش یافته است؟

ت) شیمی‌دان‌ها هریک از فرایندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک **نیم‌واکنش**^۳

نمایش می‌دهند که هر نیم‌واکنش باید از لحاظ جرم (اتم‌ها) و بار الکتریکی موازنه باشد.

اینک با قرار دادن شمار معینی الکترون، هریک از نیم‌واکنش‌های زیر را موازنه کنید.



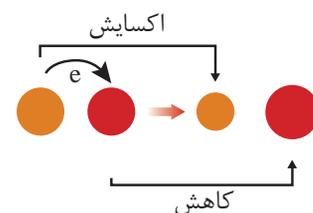
ث) کدام یک از نیم‌واکنش‌های بالا، نیم‌واکنش اکسایش و کدام یک نیم‌واکنش کاهش را

نشان می‌دهد؟ چرا؟

ج) ماده‌ای که با گرفتن الکترون سبب اکسایش گونه دیگر می‌شود، **اکسنده**^۴ و ماده‌ای

که با دادن الکترون سبب کاهش گونه دیگر می‌شود، **کاهنده**^۵ نام دارد. در واکنش روی با

اکسیژن، گونه اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



- اکسایش: از دست دادن الکترون
- کاهش: به دست آوردن الکترون

● اغلب فلزها در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون خود را به نافلزها داده و ضمن اکسایش به کاتیون تبدیل شوند. نافلزها نیز با گرفتن یک یا چند الکترون کاهش یافته و به آنیون تبدیل می‌شوند. از این رو فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

دریافتید که در واکنش‌های اکسایش-کاهش، گونه‌های شیمیایی الکترون داد و ستد

می‌کنند به طوری که برخی گونه‌ها با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابند و در مقابل،

برخی گونه‌ها با گرفتن الکترون کاهش می‌یابند.

۱- Reduction

۲- Oxidation

۳- Half-Reaction

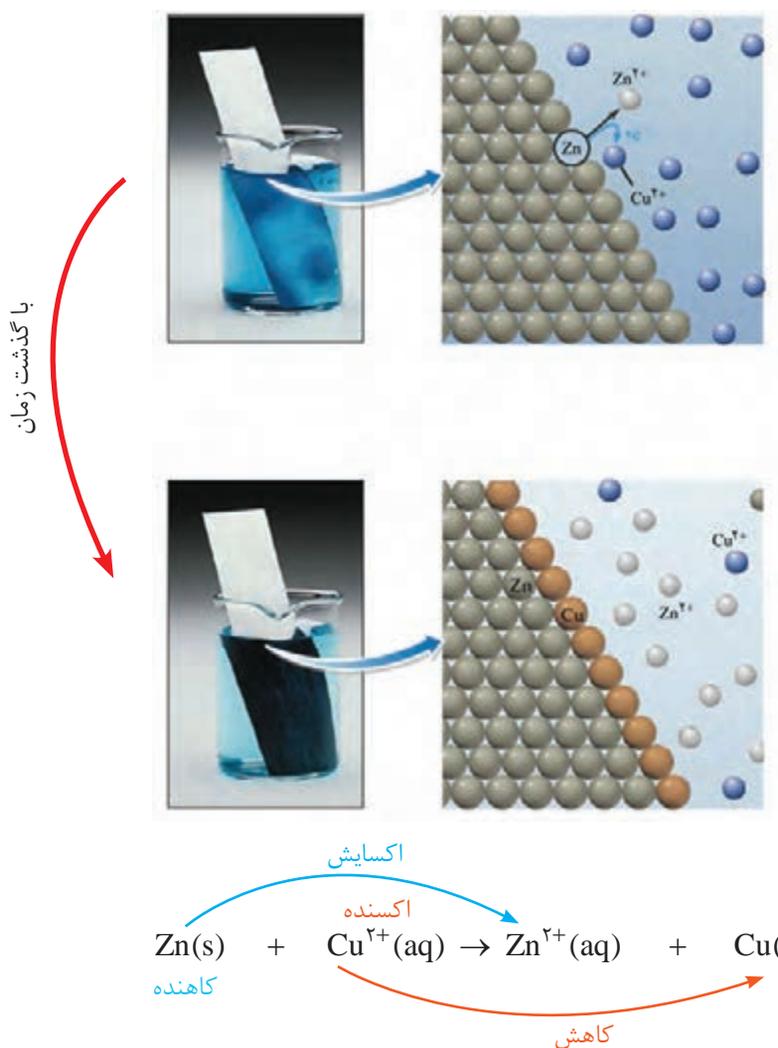
۴- Oxidant

۵- Reductant

برای نمونه هرگاه تیغه‌ای از جنس روی درون محلول مس (II) سولفات آبی رنگ قرار گیرد، به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. این تغییر رنگ نشان دهنده انجام واکنش شیمیایی زیر است:



در این واکنش اتم‌های روی (Zn) هر یک با از دست دادن دو الکترون به یون‌های روی (Zn^{2+}) اکسایش یافته و هم‌زمان با آن، هر یون مس (Cu^{2+}) با دریافت همان دو الکترون به اتم مس (Cu) کاهش می‌یابد. در واکنش‌هایی از این دست، فرآورده‌ها پایدارتر از واکنش دهنده‌ها هستند (شکل ۵).



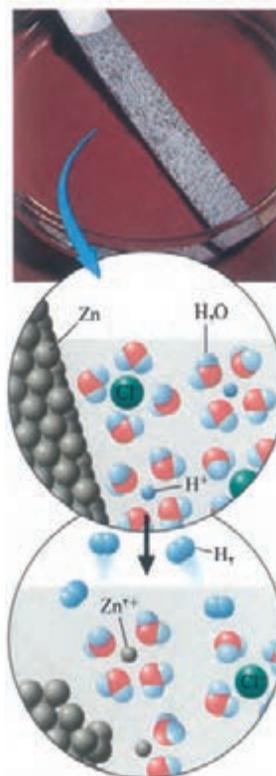
شکل ۵- واکنش فلز روی با یون‌های مس (II)

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در هر واکنش شیمیایی هنگامی که بار الکتریکی یک گونه (اتم، مولکول یا یون) مثبت‌تر می‌شود، آن گونه اکسایش یافته و گونه‌ای که بار الکتریکی آن منفی‌تر می‌شود، کاهش می‌یابد.

خود را بیازمایید

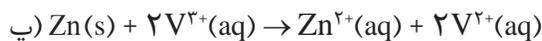
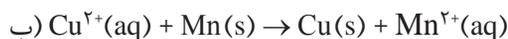
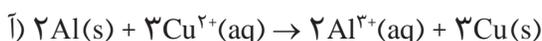
- ۱- اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. با توجه به این شکل که نمایی از این واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.
- (آ) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ چرا؟
- (ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و موازنه کنید.
- (پ) نیم‌واکنش‌ها را با هم جمع کنید تا با حذف الکترون‌ها، معادله واکنش به دست آید.
- (ت) با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت داده شده را کامل کنید.

در این واکنش، اتم‌های روی الکترون از دست می‌دهند و کاهش اکسایش می‌یابند و سبب کاهش یون‌های هیدروژن می‌شوند، از این رو اتم‌های روی نقش اکسنده اکسایش کاهنده اکسایش می‌یابند و سبب کاهش اتم‌های روی می‌شوند، از این رو یون‌های هیدروژن نقش اکسنده اکسایش کاهنده اکسایش دارند.



● واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید.

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



در میان تارنماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر در مورد سیر تحول تولید نور در فلاش عکاسی، از سوختن منیزیم تا لامپ‌های امروزی اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس گزارش کنید. در بحث خود به نقش جریان الکتریکی در نوآوری‌های مرتبط با فلاش عکاسی اشاره نمایید.

جاری شدن انرژی با سفر الکترون

در برخی واکنش‌های اکسایش - کاهش افزون بر داد و ستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود. در شیمی ۱ دیدید که فلزهایی مانند منیزیم و سدیم در اکسیژن می‌سوزند، نور و گرما تولید می‌کنند.

● در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد. در این واکنش $Mg(s)$ با نور خیره‌کننده‌ای در $O_2(g)$ می‌سوزد و به $MgO(s)$ تبدیل می‌شود. در این واکنش گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



● واکنش الیاف آهن با محلول مس (II) سولفات.

همچنین از واکنش میان فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیم با محلول مس (II) سولفات گرما آزاد می‌شود. شکل ۶، واکنش بین فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات را همراه با معادله شیمیایی آن نشان می‌دهد.



شکل ۶- هنگامی که $\text{Al}(s)$ درون $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ قرار گیرد، بر اثر واکنش اکسایش-کاهش، دمای محلول افزایش می‌یابد. در واکنش بالا هر اتم آلومینیم سه الکترون از دست می‌دهد و اکسایش می‌یابد در حالی که هر یون مس دو الکترون می‌گیرد و کاهش می‌یابد. با این توصیف بر اساس معادله موازنه شده واکنش، چند الکترون میان اتم‌های آلومینیم و یون‌های مس داد و ستد می‌شود؟

خود را بیازمایید

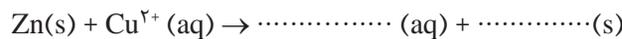
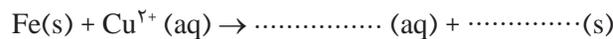
جدول زیر داده‌هایی را از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول مس (II) سولفات در دمای 20°C نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

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



(آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان دهنده چیست؟

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



(پ) با توجه به تغییر دمای هر سامانه، کدام فلز تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون دارد؟ چرا؟

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

(ث) پیش‌بینی کنید هرگاه تیغه مس درون محلول روی سولفات قرار گیرد، آیا واکنشی

انجام می‌شود؟ چرا؟

● تیغه مس در محلول روی سولفات پس از مدت طولانی تغییری نمی‌کند.

آیا می دانید

آلساندرو ولتا، سلول ولتا را ابداع کرد. سلولی که از صفحه‌های دایره‌ای شکل از جنس مس و روی تشکیل شده و به صورت یک در میان روی هم قرار گرفته‌اند و بین آنها کاغذی آغشته به محلول نمک خوراکی وجود دارد.



آیا می دانید

شواهد تاریخی نشان می‌دهد که ایرانیان باستان با ظرف‌های سفالی، قطعه‌هایی از فلزهای آهن و مس همراه با محلول نمک خوراکی یا سرکه، دستگاهی برای تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی ساخته بودند.



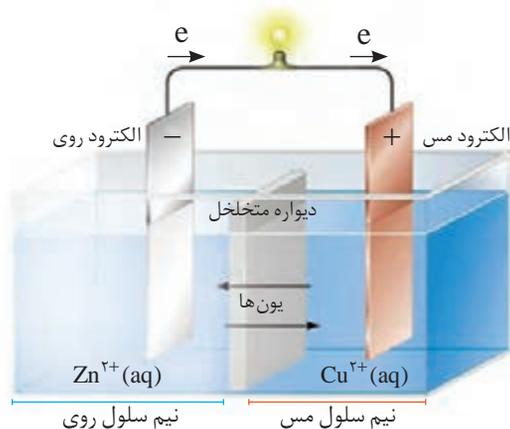
آموختید که تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون در محلول‌های آبی یکسان نیست. به دیگر سخن فلزها قدرت کاهندگی متفاوتی دارند. برای نمونه فلز روی کاهنده‌تر از مس است. با این توصیف در یک واکنش اکسایش - کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می‌تواند با برخی کاتیون‌های فلزی واکنش دهد و آنها را به اتم‌های فلزی بکاهد.

در واکنش‌هایی از این دست، مخلوط واکنش گرم‌تر می‌شود زیرا سامانه واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می‌دهد. به نظر شما آیا می‌توان این واکنش‌ها را به گونه‌ای انجام داد تا همراه با تولید گرما، از الکترون‌های داد و ستد شده برای ایجاد جریان الکتریکی استفاده کرد؟

واکنش‌های شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون‌ها

برای ایجاد جریان الکتریکی باید الکترون‌ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا نمود. اگر به جای داد و ستد مستقیم الکترون بین گونه‌های اکسیده و کاهنده در یک واکنش، بتوان الکترون‌ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه‌جا کرد آنگاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش - کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود. آیا می‌دانید برای دستیابی به این هدف چه تغییری باید در شرایط و چگونگی انجام یک واکنش اکسایش - کاهش صورت گیرد؟

شیمی دان‌ها در پژوهش‌ها دریافتند که هرگاه تیغه روی درون محلولی از روی سولفات (نیم سلول روی) و تیغه مس درون محلولی از مس (II) سولفات (نیم سلول مس) قرار گیرد و نیم سلول‌ها همانند شکل زیر به یکدیگر وصل شوند، الکترون‌ها در مدار بیرونی جابه‌جا شده و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. جریانی که سبب روشن شدن لامپ خواهد شد. نتایج حاصل از چنین پژوهش‌هایی منجر به ساخت سلول گالوانی^۱ شد (شکل ۷).



شکل ۷- نمایی از سلول گالوانی Zn-Cu

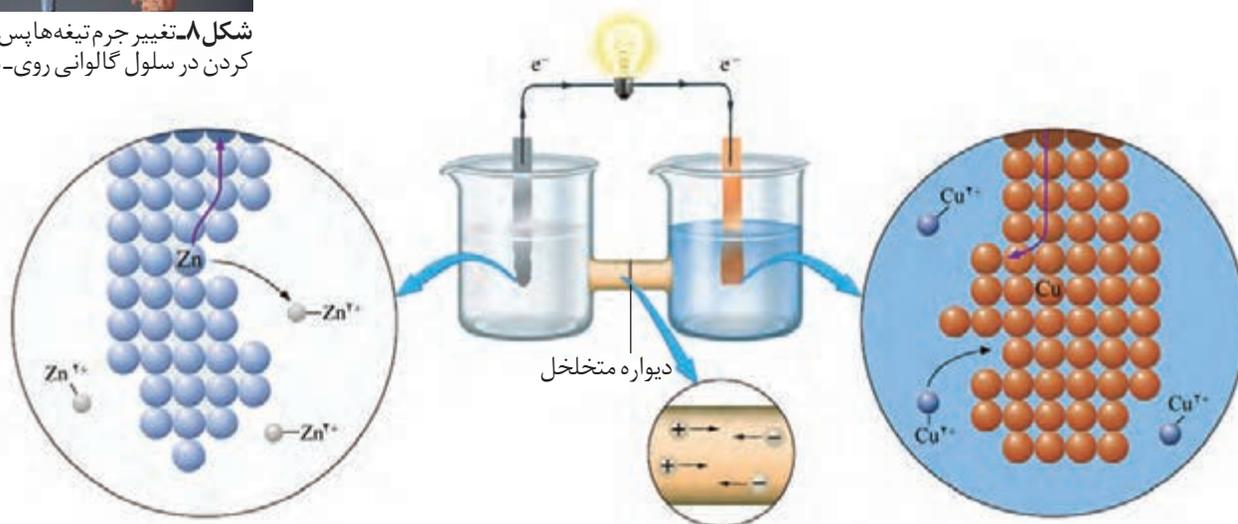


شکل ۸- تغییر جرم تیغه‌ها پس از کار کردن در سلول گالوانی روی-مس.

اگر پس از انجام واکنش، تیغه‌های روی و مس را از سلول گالوانی جدا کنید، خواهید دید که از جرم تیغه روی کاسته شده و بر جرم تیغه مس افزوده شده است (شکل ۸).

با هم ببیندیشیم

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



آیا می‌دانید

دیواره متخلخل از جنس سفال، خاک چینی (کائولن)، آزنست یا گرد فشرده شیشه است که از مخلوط شدن مستقیم و سریع دو الکترولیت جلوگیری می‌کند اما برخی یون‌های موجود در دو محلول می‌توانند از آن عبور کنند.

● نیم‌واکنش اکسایش رانیم‌واکنش آندی و نیم‌واکنش کاهش را نیم‌واکنش کاتدی می‌نامند.

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

ب) آند^۱ الکترودی است که در آن نیم‌واکنش اکسایش و کاتد^۲ الکترودی است که در آن نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد. با این توصیف، کدام الکترود نقش آند و کدام نقش کاتد را دارد؟

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

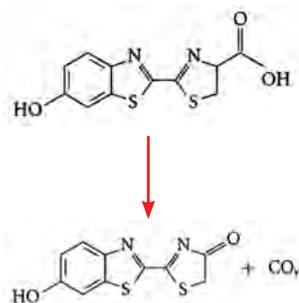
ت) توضیح دهید چرا پس از مدتی جرم تیغه روی کم و جرم تیغه مس زیاد شده است؟

آموختید که سلول گالوانی، دستگاهی است که می‌تواند بر اساس قدرت کاهندگی فلزها انرژی الکتریکی تولید کند. برای نمونه در سلول گالوانی روی-مس، نیم‌واکنش اکسایش در آند (الکترود روی) انجام می‌شود و هر اتم روی دو الکترون از دست می‌دهد و به شکل یون روی وارد محلول می‌شود. به دلیل تولید الکترون در این الکترود آن را با علامت منفی نشان می‌دهند. الکترون‌های تولید شده در سطح الکترود روی از طریق مدار بیرونی (سیم رابط) به سوی کاتد (الکترود مس) روانه می‌شوند. هر یون مس موجود در محلول، این دو الکترون را می‌گیرد و به شکل اتم مس بر سطح تیغه می‌نشیند. انتظار می‌رود با ادامه این روند به تدریج در محلول

۱- Anode
۲- Cathode

آیا می دانید

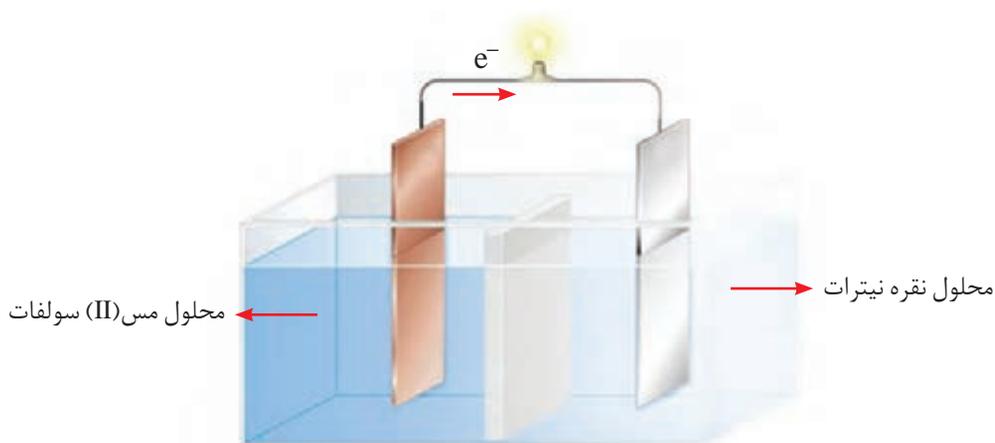
نور تولید شده توسط کرم شب تاب، نتیجه انجام واکنش شیمیایی زیر است که یک واکنش شیمیایی منحصر به فرد از نوع اکسایش و کاهش است. این واکنش ها به بیولوگمینیسانس معروف اند که از طریق آنها این جانور و برخی جانوران دیگر به جفت خود پیام می دهند. واکنش دهنده در این واکنش شیمیایی، لوسیفیرین کرم شب تاب و آنزیمی که این واکنش را کاتالیز می کند، لوسیفراز نام دارد.



پیرامون الکتروود آند، غلظت کاتیون روی از آنیون ها بیشتر شده اما در محلول پیرامون الکتروود کاتد، غلظت آنیون ها از کاتیون مس بیشتر شود. جالب اینکه در عمل هیچ گاه چنین پدیده ای رخ نمی دهد زیرا برای ادامه واکنش اکسایش - کاهش، محلول های موجود در هر دو ظرف باید از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. این مهم هنگامی امکان پذیر است که کاتیون ها از نیم سلول آند به کاتد و آنیون ها از نیم سلول کاتد به آند با گذر از دیواره متخلخل مهاجرت کنند.

خود را بیازمایید

شکل زیر سلول گالوانی مس - نقره (Cu - Ag) را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.

ب) نیم واکنش های انجام شده در آند و کاتد را بنویسید.

پ) با انجام واکنش، جرم الکترودها چه تغییری می کند؟ توضیح دهید.

ت) جهت حرکت یون ها را از دیواره متخلخل مشخص کنید.

با ساختار و شیوه کار سلول گالوانی آشنا شدید. سلولی که به دلیل تولید انرژی الکتریکی، ویژگی های یک باتری را دارد. با اینکه هر سلول گالوانی ولتاژ معینی دارد اما در آنها با تغییر هر یک از اجزای سلول، ولتاژ تغییر می کند. آیا می دانید این ولتاژ ناشی از چیست؟ چگونه می توان آن را اندازه گیری کرد؟

اگر در سلول گالوانی به جای لامپ، ولتسنج قرار گیرد، ولتاژی که ولتسنج نشان می دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول است. کمیتی که به نیروی الکتروموتوری معروف است و با emf نمایش داده می شود. اینک می پرسید برای تعیین سهم هر یک از نیم سلول ها در ولتاژ سلول چه باید کرد؟

آیا می دانید

SHE شامل یک الکتروود پلاتینی است که در محلولی با $\text{pH}=0$ و دمای 25°C قرار دارد و گاز هیدروژن با فشار 1 atm از روی آن عبور داده می شود.



رتبه بندی فلزها بر اساس E° آنها در یک جدول، سری الکتروشیمیایی نامیده می شود.

اندازه گیری پتانسیل یک نیم سلول به طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به طور نسبی اندازه گیری شود. شیمی دان ها برای دستیابی به این هدف، نیم سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به عنوان مبنا انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند. در ادامه با تشکیل سلول گالوانی از هر نیم سلول با SHE توانستند پتانسیل بسیاری از نیم سلول ها را اندازه گیری کرده و در جدولی ثبت کنند (جدول ۱). این اندازه گیری ها در دمای 25°C ، فشار 1 atm و غلظت یک مولار برای محلول الکتروولیت ها انجام شده است. در این شرایط پتانسیل اندازه گیری شده را **پتانسیل استاندارد** نیم سلول می نامند و با E° نمایش می دهند.

جدول ۱- پتانسیل کاهش استاندارد برای برخی نیم سلول ها

نیم واکنش کاهش	E° (V)
$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}(\text{s})$	$+1/50$
$\text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}(\text{s})$	$+1/20$
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	$+0/80$
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	$+0/34$
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	$0/00$
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	$-0/14$
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	$-0/44$
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	$-0/76$
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{s})$	$-1/18$
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	$-1/66$
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	$-2/37$

اکسندۀ قوی تر (نشان داده شده با فلش قرمز رو به بالا)

کاهندۀ قوی تر (نشان داده شده با فلش آبی رو به پایین)

آیا می دانید

هر یک از نیم واکنش های جدول E° می تواند بسته به شرایط انجام واکنش کلی، در جهت رفت یا برگشت پیش بروند.

همان گونه که مشاهده می کنید در این جدول، نیم واکنش ها به شکل کاهش نوشته شده اند و این پیشنهاد آیوپاک برای هماهنگی در همه منابع علمی معتبر به کار می رود. در هر نیم واکنش، گونه کاهنده در سمت راست و گونه اکسندۀ در سمت چپ نوشته می شود. در این جدول 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.

خود را بیازمایید

با استفاده از جدول ۱ مشخص کنید در سلول گالوانی ساخته شده از نقره و منیزیم:
 (آ) کدام الکتروود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟
 (ب) نیم‌واکنش‌های انجام شده را بنویسید و واکنش کلی سلول را به دست آورید.

پیوند با ریاضی

۱- با مراجعه به جدول ۱، هریک از جاهای خالی را پر کنید.

$$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\dots) = + \dots \text{ V} \qquad E^\circ(\dots/\text{Zn}) = - \dots \text{ V}$$

۲- در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم‌سلول بالا مشخص کنید کدام یک نقش آند و کدام یک نقش کاتد را دارد؟

۳- شکل زیر سلول گالوانی استاندارد روی - مس را نشان می‌دهد. با توجه به آن به

پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



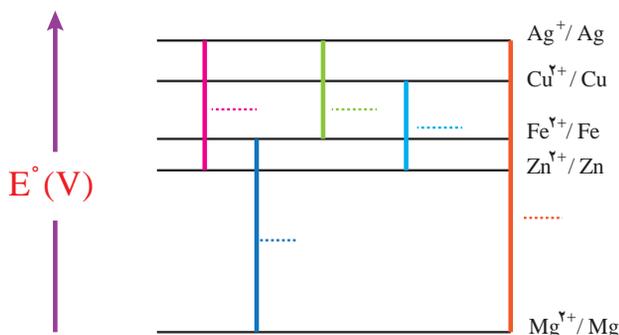
(آ) emf این سلول را از روی شکل مشخص کنید.

(ب) کدام رابطه زیر برای محاسبه این کمیت به کار رفته است؟ توضیح دهید.

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

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

۴- در نمودار زیر هر خط رنگی نشان‌دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می‌دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



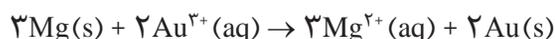
آیا می‌دانید

emf کمیتی از جنس انرژی است که آن را در فیزیک با نام نیروی محرکه الکتریکی شناختید. شیمی دان‌ها در منابع علمی معتبر آن را با $E_{\text{سلول}}$ نیز نشان می‌دهند.

آ) نخست برای هر سلول گالوانی، آند و کاتد را مشخص کرده سپس emf را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.

ب) اگر چند نیم سلول در اختیار داشته باشید و بخواهید از آنها یک سلول گالوانی با بیشترین ولتاژ بسازید، از کدام نیم سلول ها استفاده می کنید؟ چرا؟

۵ - با استفاده از جدول ۱، emf سلولی را حساب کنید که واکنش اکسایش - کاهش زیر در آن رخ می دهد.



آیا می دانید

در هر تن از نمک دریاچه قم، بیش از ۲۰۰ گرم لیتیم وجود دارد.

آیا می دانید

مقدار فلزهای موجود در ۵۰۰ میلیون تلفن همراه به شرح زیر است.

نام فلز	مقدار (تن)
مس	۷۹۰۰
نقره	۱۷۸
طلا	۱۷
پالادیم	۷/۴
پلاتین	۰/۱۸

آیا می دانید

با بازیافت باتری ها می توان حجم انبوهی از فلزهای گوناگون را به چرخه مصرف برگرداند. جدول زیر مصرف سالانه فلزها برای تولید باتری در جهان را نشان می دهد.

نام فلز	مقدار (کیلو تن)
کبالت	۱۳
لیتیم	۳۰
نیکل	۱۵۰
منگنز	۵۲۰۰
پلاتین	۰/۱۸



پیوند با زندگی

لیتیم، فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی

اگر به پیرامون خود توجه کنید وسایلی را می یابید که با باتری کار می کنند. ساعت مچی و تلفن همراه از جمله وسایلی هستند که انرژی الکتریکی آنها با استفاده از باتری تأمین می شود. باتری هایی که در شکل، اندازه و کارایی با یکدیگر تفاوت آشکاری دارند اما در همه آنها با انجام شدن نیم واکنش های آندی و کاتدی، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می شود.

با رشد و پیشرفت چشمگیر صنایع گوناگون هر روز نیاز و تقاضا پیوسته برای ساخت باتری ها با ویژگی های گوناگون و کاربرد معین افزایش یافته است. شیمی دان ها در پی پاسخ به این نیازها طی پژوهش های بسیاری توانستند به فناوری ساخت باتری های جدید دست یابند. در این فناوری، نقش فلز لیتیم پررنگ است زیرا لیتیم در میان فلزها، کمترین چگالی و E° را دارد. این ویژگی های لیتیم سبب شد راه برای ساخت باتری های سبک تر، کوچک تر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی هموار شود. باتری های لیتیومی از نوع دگمه ای در شکل ها و اندازه های گوناگون به کار می رود. دسته ای دیگر از باتری های لیتیومی آنها هستند که در تلفن و رایانه همراه به کار می روند و می توان آنها را بارها شارژ کرد (شکل ۹).



شکل ۹- نمونه‌هایی از باتری‌های لیتیومی

افزایش تقاضا برای باتری‌های لیتیومی، سبب شد این فلز جایگاه ممتازی در تأمین انرژی جهان پیدا کند به طوری که سالانه از میلیاردها باتری لیتیومی درون دستگاه‌های الکترونیک در سرتاسر جهان استفاده می‌شود و سرانجام این دستگاه‌ها به همراه باتری‌های درون خود به شکل پسماند دور ریخته می‌شوند. به این ترتیب حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی مانند تلفن و رایانه همراه، باتری‌های لیتیومی و... تولید می‌شود. این پسماندها به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند زیرا محیط زیست را آلوده می‌کنند. از سوی دیگر برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد فلزهای ارزشمند و گران قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

آیا می‌دانید

در سال ۱۸۳۹ ویلیام گرو فیزیک‌دان و روزنامه‌نگار انگلیسی اصول کار سلول سوختی را کشف کرد. اما تولید سلول سوختی به سال ۱۸۸۹ توسط لودویگ مندوچارلز لنجر برمی‌گردد. از سال ۱۹۶۰ ناسا از سلول‌های سوختی در سفینه‌های جیمینی و آپولو برای تهیه الکتریسیته و آب مورد نیاز فضانوردان استفاده کرد. در دهه هفتاد میلادی فناوری سلول سوختی در وسایل خانگی و خودروها به کار گرفته شد. از دهه هشتاد به بعد شرکت بالارد کانادا زیردریایی مجهز به سلول سوختی را ساخت. پهباد سلول سوختی در سال ۲۰۰۰ با نیروی محرکه دوگانه (باتری خورشیدی و سلول سوختی) با توان شش ماه پرواز به بهره برداری رسید.

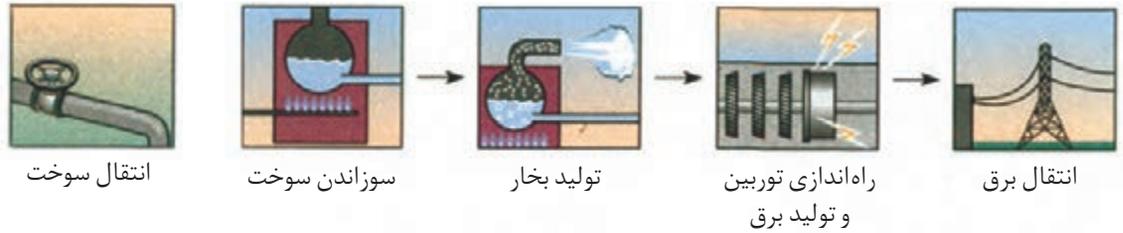
سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

سوخت‌های فسیلی رایج‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها به شمار می‌روند. از این رو استخراج و مصرف بی‌رویه این سوخت‌ها سبب شده تا از ذخایر آنها به سرعت کاسته شود. از سوی دیگر گسترش روزافزون آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، جهان را با چالشی نگران‌کننده روبه‌رو کرده است. با این توصیف، یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی به ویژه در خودروها ضروری است. **سلول سوختی**^۱ نوعی سلول گالوانی است که شیمی‌دان‌ها برای گذر از این تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می‌دهند. این سلول‌ها افزون بر کارایی بیشتر می‌توانند ردپای کربن‌دی‌اکسید را کاهش دهند به طوری که دوستدار محیط زیست بوده و منبع انرژی سبز به شمار می‌روند.

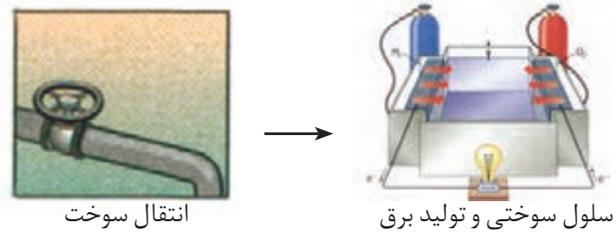
خود را بیازمایید

در هر یک از روش‌های زیر مراحل تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی نشان داده شده است. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

روش ۱



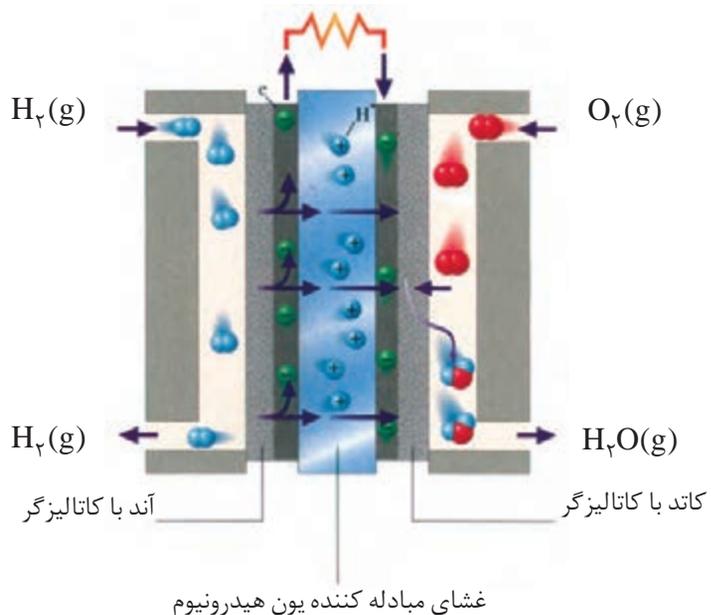
روش ۲



آ) در کدام روش اتلاف انرژی به شکل گرما بیشتر است؟ چرا؟
ب) کدام روش کارایی بالاتری دارد؟ توضیح دهید.

● سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون‌سوز، بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می‌دهد.

رایج‌ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن - اکسیژن است. دستگاهی که در آن گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به صورت کنترل شده واکنش می‌دهد و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱ - نوعی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن

آیا می‌دانید

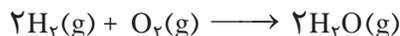
● در برخی از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور، پژوهش‌های خوبی روی سلول‌های سوختی انجام شده و موفقیت‌هایی نیز به دست آمده است. تولید توده سلول سوختی در دانشگاه شهید رجایی نمونه‌ای از آنها است.

آیا می دانید

مهندسان و پژوهشگران کشور در چند دانشگاه نمونه‌هایی از خودروهای برقی را طراحی کرده و ساخته‌اند. این خودرو از طریق ترکیب هیدروژن و اکسیژن در سلول سوختی، انرژی خود را تأمین می‌کند. همچنین در این خودرو یک باتری شارژی وجود دارد.



همان‌گونه که شکل ۱۰ نشان می‌دهد هر سلول سوختی سه جزء اصلی دارد به طوری که شامل یک غشا، الکتروآند و الکتروکاتد است. در این سلول، آند و کاتد دارای کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش سرعت می‌بخشند. واکنش کلی در چنین سلولی به صورت زیر است:



از عملکرد این سلول پیداست که گاز هیدروژن به عنوان سوخت پیوسته وارد شده، اکسایش می‌یابد و هم‌زمان با آن گاز اکسیژن در واکنش با سوخت کاهش می‌یابد. روندی که در معادله واکنش دیده نمی‌شود زیرا همه گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش، مولکول‌های خنثی هستند و شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها در واکنش تغییر نمی‌کند. به راستی در واکنش‌هایی از این دست چگونه می‌توان گونه‌های اکسیده و کاهشنده را مشخص کرد؟ شیمی‌دان‌ها با معرفی عدد اکسایش^۱ راه حل مناسبی برای حل این مشکل ارائه کردند.

با هم ببیندیشیم

۱- با توجه به واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.
(آ) ساختار الکترون - نقطه‌ای گونه‌های شرکت‌کننده را رسم کنید.

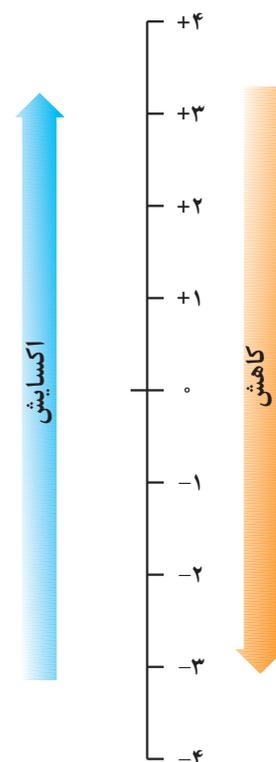
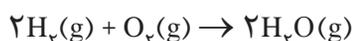


(ب) در هر ساختار:

- به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم یکسان، یک الکترون به هر اتم نسبت دهید.
- همه الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت دهید.
- به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم متفاوت، هر دو الکترون را به اتم با خصلت نافلزی بیشتر نسبت دهید.

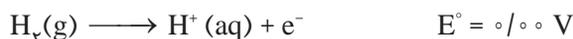
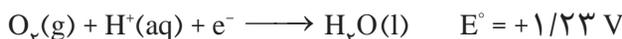
(پ) الکترون‌های نسبت داده شده به هر اتم را بشمارید و آن را از شمار الکترون‌های ظرفیت همان اتم کم کنید. عدد به دست آمده عدد اکسایش اتم مورد نظر را نشان می‌دهد.

۲- هرگاه بدانید که بیشتر شدن عدد اکسایش، نشان‌دهنده اکسایش یافتن و کمتر شدن آن نشان‌دهنده کاهش یافتن اتم‌هاست، در واکنش زیر گونه‌های اکسایش یافته، کاهش یافته، اکسیده و کاهشنده را مشخص کنید.



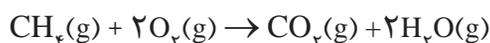
● افزایش عدد اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و فرایند اکسایش است درحالی‌که کاهش آن به معنای به دست آوردن الکترون و فرایند کاهش است. این نمودار گستره عدد اکسایش در گروه ۱۴ را نشان می‌دهد.

۳- دانش آموزی نیم واکنش های انجام شده در نوعی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن را به صورت زیر از منابع علمی معتبر استخراج کرده است.



آ) هر یک از نیم واکنش ها را موازنه کنید سپس واکنش کلی سلول را به دست آورید.
ب) emf این سلول را حساب کنید.

۴- با پیشرفت علم و فناوری، سلول های سوختی تازه ای طراحی شده اند که در آنها به جای گاز خطرناک هیدروژن، گاز متان مصرف می شود. با توجه به معادله واکنش کلی زیر به پرسش ها پاسخ دهید:



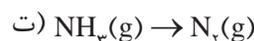
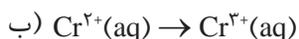
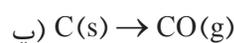
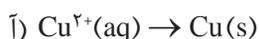
آ) با تعیین عدد اکسایش اتم ها، گونه های اکسند و کاهنده را مشخص کنید.
ب) از دید محیط زیست گاز هیدروژن چه مزیتی نسبت به گاز متان دارد؟

● اغلب نافلزها و فلزهای واسطه عدد اکسایش گوناگونی در ترکیب های خود دارند. برای نمونه عدد اکسایش آهن در FeCl_2 و FeCl_3 به ترتیب +۲ و +۳ است. به همین دلیل این ترکیب ها را آهن (II) کلرید و آهن (III) کلرید می نامند. همچنین عدد اکسایش اتم گوگرد در SO_2 و SO_3 به ترتیب +۴ و +۶ است. (چرا؟)

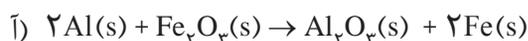
با تعیین عدد اکسایش اتم ها در یک گونه شیمیایی آشنا شدید. برای نمونه عدد اکسایش هیدروژن و اکسیژن به حالت آزاد برابر با صفر است. از این رو عدد اکسایش دیگر عناصر نیز به حالت آزاد مانند Fe، Mg و Cl_2 برابر با صفر خواهد بود. در حالی که عدد اکسایش یون های تک اتمی برابر با بار الکتریکی آنهاست. برای نمونه عدد اکسایش یون اکسید و یون کلسیم در CaO به ترتیب برابر با -۲ و +۲ است. همچنین دریافتید که با تغییر عدد اکسایش اتم ها در یک واکنش می توان گونه های اکسند و کاهنده را تعیین کرد. روشی که به کمک آن می توان واکنش اکسایش - کاهش را از دیگر واکنش ها تشخیص داد.

خود را بیازمایید

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



۲- در هر یک از واکنش های زیر با محاسبه تغییر عدد اکسایش، گونه کاهنده و اکسند را تعیین کنید.



اینک می‌پذیرید که برای تأمین انرژی الکتریکی می‌توان از واکنش‌های اکسایش - کاهش در سلول‌های گالوانی مانند باتری‌ها و سلول‌های سوختی بهره برد. با اینکه سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند اما در آنها نیز پیوسته سوخت در شرایط کنترل شده، مصرف و جریان الکتریکی برقرار می‌شود. یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی هیدروژن - اکسیژن خودنمایی می‌کند، تأمین سوخت آنهاست. آیا با استفاده از دانش الکتروشیمی می‌توان راهی برای تولید گاز هیدروژن یافت؟

برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن

تاکنون با سلول‌هایی آشنا شدید که در آنها با انجام واکنش‌های اکسایش - کاهش انرژی تولید می‌شود. نوع دیگری از سلول‌های الکتروشیمیایی وجود دارند که با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش راند.

این سلول‌ها به **سلول‌های الکترولیتی**^۱ معروف هستند و **برقکافت**^۲ آب یک نمونه از واکنش‌هایی است که در آنها انجام می‌شود (شکل ۱۱).

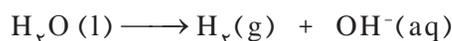


شکل ۱۱- تجزیه آب به گازهای هیدروژن و اکسیژن با مصرف انرژی الکتریکی

• آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد از این رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.

خود را بیازمایید

نیم واکنش‌های انجام شده در سلول الکترولیتی هنگام برقکافت آب به صورت زیر است:



آ) با وارد کردن نماد الکترون در هر نیم واکنش مشخص کنید کدام نیم واکنش، آندی و کدام کاتدی است؟

ب) هر یک از نیم واکنش‌ها را موازنه کنید و معادله کلی واکنش را به دست آورید.

پ) پیش‌بینی کنید کاغذ pH در محلول پیرامون آند و کاتد به چه رنگی درمی‌آید؟ چرا؟

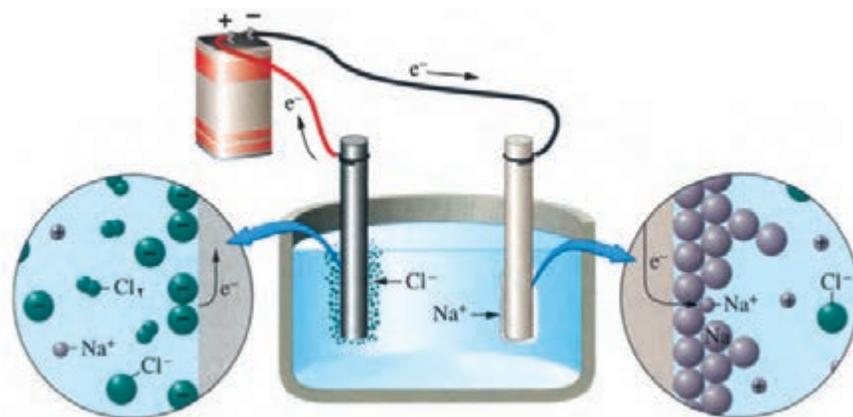
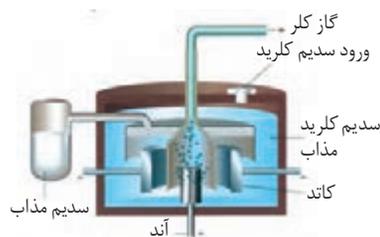
۱- Electrolytic Cells

۲- Electrolysis

دریافتید که در سلول الکترولیتی، دو الکتروود درون یک الکترولیت قرار دارند، الکترودهایی که اغلب گرافیتی هستند. در این سلول‌ها، کاتد الکتروودی است که به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل است و الکترولیت محتوی یون‌هایی است که آزادانه جابه‌جا می‌شوند. در واقع الکترولیت، یک محلول یونی یا یک ترکیب یونی مذاب است. هنگامی که به این سلول ولتاژ معینی اعمال شود، یون‌ها به سوی الکتروود با بار ناهمنام حرکت می‌کنند. به طوری که کاتیون‌ها به سوی کاتد و آنیون‌ها به سوی آند روانه می‌شوند تا به سطح الکتروودها برسند و در نیم واکنش اکسایش و کاهش شرکت کنند.

برقکافت (I) NaCl و تهیه فلز سدیم

فلز سدیم یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود، عنصری که در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند. به همین دلیل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. شکل ۱۲، تهیه این فلز را از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی نشان می‌دهد.

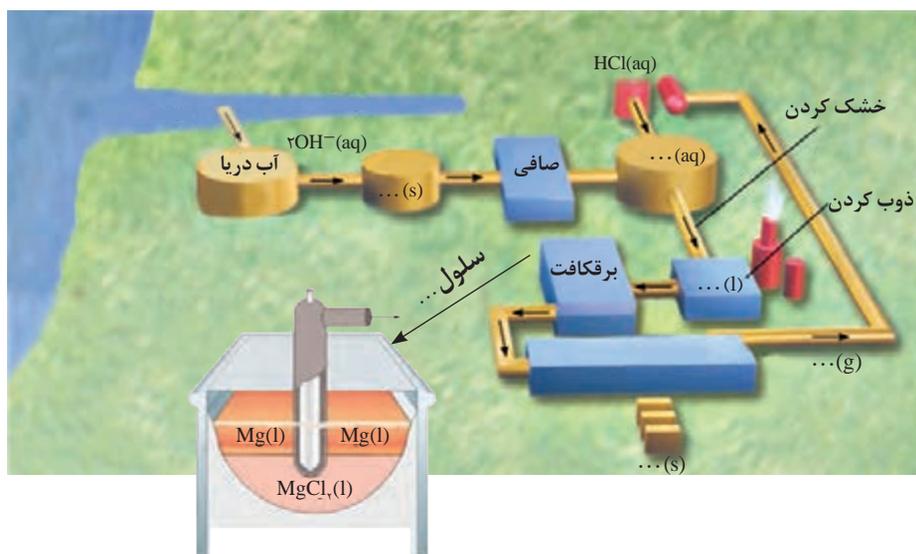


● سدیم کلرید خالص در 801°C ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود 587°C پایین می‌آورد. این کار از نظر اقتصادی چه مزیتی دارد؟

شکل ۱۲- برقکافت سدیم کلرید مذاب، با نوشتن نیم‌واکنش‌ها، معادله واکنش کلی را برای آن به دست آورید. از آنجا که دیگر فلزهای فعال نیز کاهنده‌های قوی هستند، باید آنها را همانند سدیم از برقکافت نمک مذاب آنها تهیه کرد. برای نمونه فلز منیزیم را در صنعت از برقکافت منیزیم کلرید مذاب تهیه می‌کنند.

خود را بیازمایید

شکل صفحه بعد مراحل تهیه فلز منیزیم را از آب دریا نشان می‌دهد. جاهای خالی را پر کرده و درباره این روش در کلاس گفت‌وگو کنید.



تاکنون با دو نوع سلول الکتروشیمیایی آشنا شدید. در سلول گالوانی، انجام یک واکنش اکسایش - کاهش منجر به تولید انرژی الکتریکی شده اما در سلول الکتrolیتی با اعمال ولتاژ بیرونی معین، یک واکنش اکسایش - کاهش دلخواه انجام می‌شود. واکنش‌های انجام شده در هر دو سلول، مطلوب و سودمند هستند، این در حالی است که پیرامون ما واکنش‌های اکسایش - کاهش زیادی مانند سیاه شدن وسایل نقره‌ای، فساد مواد خوراکی و... انجام می‌شوند که مطلوب ما نیستند و گاهی زیان‌هایی به دنبال دارند.

خوردگی، یک واکنش اکسایش - کاهش ناخواسته

سالانه صدها میلیون تن از فلزهای گوناگون به‌ویژه آهن برای ساختن اسکله نفتی، اسکلت ساختمان، پل، کشتی، لوکوموتیو و راه آهن، خودرو، هواپیما و... مصرف می‌شود. هنگامی که فلزها در هوا قرار می‌گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید در می‌آیند. در فلزهایی مانند آهن با ادامه اکسایش، لایه‌ای ترد و شکننده تشکیل می‌شود که به تدریج فرو می‌ریزد. در این حالت می‌گویند فلز خورده شده است.

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

پتانسیل کاهش‌ی اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهش‌ی اکسیژن مثبت است. با این توصیف اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آنها را اکسید کند. هنگامی که وسایل آهنی در هوای مرطوب قرار گیرند، یک واکنش اکسایش - کاهش انجام



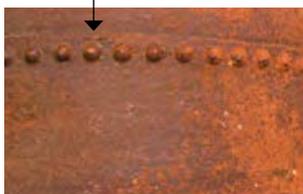
● ظرف نقره‌ای در اثر انجام واکنش اکسایش - کاهش کدر می‌شود.



● ظرف نقره‌ای که در اثر انجام واکنش اکسایش - کاهش، جلا می‌یابد.

● خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش - کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن و زنگار سبز بر سطح مس نمونه‌هایی از خوردگی هستند.

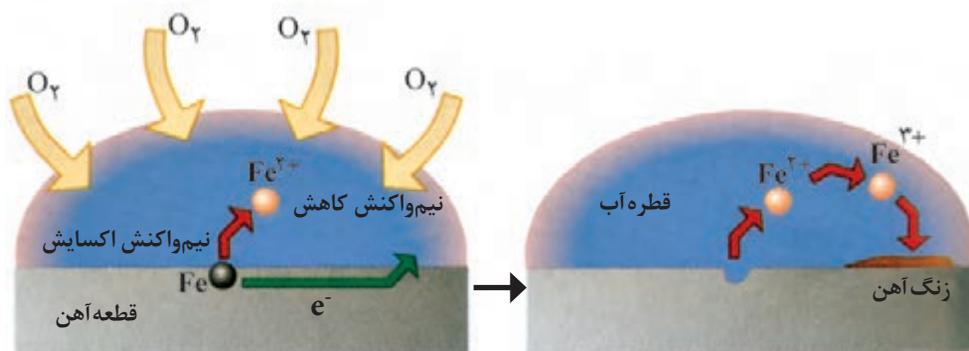
می‌شود. واکنشی که به‌طور طبیعی باعث اکسایش آهن می‌شود و از زیبایی و استحکام آن می‌کاهد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نمونه‌ای از زنگ زدن آهن، بدنه آهنی کشتی در مجاورت هوا و رطوبت قرار گرفته و بر سطح آن زنگ آهن تشکیل شده است. فرایندی که باعث خوردگی می‌شود.

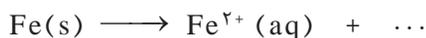
با هم ببیندیشیم

۱- با توجه به شکل‌های زیر، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



(آ) چگونگی تشکیل زنگ آهن را توصیف کنید.

(ب) هر یک از نیم‌واکنش‌های زیر را موازنه کنید.



(پ) با توجه به اینکه زنگ آهن حاوی یون آهن (III) است، نیم‌واکنش اکسایش یون آهن (II)

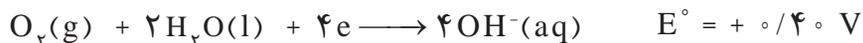
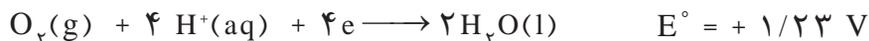
به یون آهن (III) را بنویسید.

(ت) فرآورده نهایی خوردگی، زنگ آهن است. اگر فرمول شیمیایی آن را $\text{Fe}(\text{OH})_3$ در نظر

بگیریم، معادله واکنش زیر را به روش وارسی موازنه کنید.



۲- با توجه به نیم‌واکنش‌های زیر توضیح دهید چرا :



(آ) خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد؟

(ب) با گذشت زمان فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان درخشان باقی

می‌ماند؟

آیا می‌دانید

فرمول شیمیایی $4\text{Fe}(\text{OH})_3$ را به‌شکل $(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O})_2$ نیز نشان می‌دهند و با نام آهن (III) اکسید آبپوشیده خوانده می‌شود.

پی بردید که فلزهای نجیبی مانند طلا و پلاتین حتی در محیط‌های اسیدی اکسایش نمی‌یابند اما وسایل آهنی در هوای مرطوب دچار خوردگی می‌شوند. واکنش ناخواسته‌ای که در شهرهای بندری و ساحلی بیشتر خودنمایی می‌کند. بدیهی است که ساده‌ترین راه برای جلوگیری از خوردگی آهن، ایجاد یک پوشش محافظ است تا از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری کند. پوششی که با روش‌هایی مانند رنگ زدن، قیراندود کردن و روکش دادن ایجاد می‌شود. باید توجه داشت که چنین روش‌هایی نمی‌توانند به‌طور کامل از خوردگی پیشگیری کنند زیرا به تدریج رطوبت و اکسیژن از روزه‌های این پوشش‌ها به درون نفوذ کرده و به سطح آهن می‌رسند و خوردگی دوباره آغاز می‌شود. با توجه به آنچه که آموخته‌اید چه روش دیگری پیشنهاد می‌کنید که تا حد امکان آسیب‌ها و زیان‌های خوردگی را کاهش دهد؟

پیوند با صنعت

فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز کاهنده‌تر در این رقابت برنده می‌شود. برای پیش بینی فلز برنده باید از پتانسیل کاهش استاندارد کمک گرفت. اینک به E° فلزهای زیر توجه کنید.

$$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2.37 \text{ V}$$

تصور کنید فلز روی یا منیزیم در هوای مرطوب با آهن تماس داشته باشد، با توجه به E° آنها بی‌شک روی یا منیزیم است که در رقابت برنده شده و اکسید می‌شود. اکسایشی که نشان از فداکاری آنها داشته و سبب پیشگیری از اکسایش آهن خواهد شد. این در حالی است که اگر فلز مس در تماس با آهن باشد در این رقابت، آهن دچار خوردگی می‌شود. اینک می‌پذیرید که مهندسی با تکیه بر دانش الکتروشیمی توانسته‌اند روش‌های عملی و مؤثرتری برای حفاظت از آهن در محیط‌های گوناگون به کار گیرند (شکل ۱۴).



● باید توجه داشت که با گذشت زمان منیزیم اکسایش یافته و مصرف می‌شود. از این رو باید به شکل دوره‌ای تکه‌های منیزیم را تعویض کرد.

منیزیم



(ب)



منیزیم

(آ)

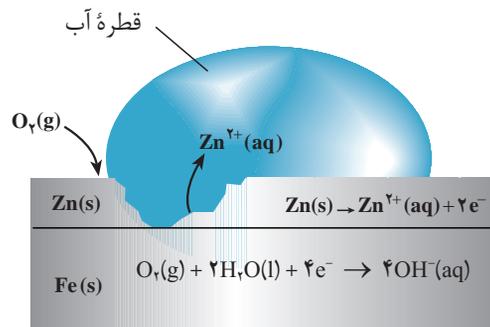
شکل ۱۴- حفاظت از آهن با منیزیم، (آ) بدنه کشتی (ب) لوله‌های نفتی



● تانکر آب ساخته شده از آهن سفید.

فداکاری فلز روی برای حفاظت از آهن سبب شد تا در صنعت ورقه‌های آهنی با پوششی از فلز روی تهیه شود. این نوع آهن به آهن گالوانیزه^۱ (آهن سفید) معروف است و در ساخت تانکر آب، کانال کولر و... به کار می‌رود.

هنگامی که خراشی در سطح آهن گالوانیزه پدید می‌آید، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند و برای اکسایش رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز روی، اکسید شده و آهن محافظت می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

آیا می‌دانید

هنگامی که خراشی در سطح آهن سفید ایجاد می‌شود، نیم‌واکنش کاتدی در سطح آهن انجام خواهد شد، گویی آهن نقش کاتد را دارد. به همین دلیل در منابع علمی فرایند حفاظت از آهن یا هر فلز دیگر با استفاده از فلزهای کاهنده‌تر را حفاظت کاتدی می‌نامند.



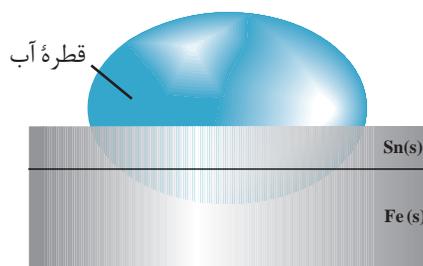
پس از مدتی



● قوطی‌هایی از جنس حلبی در اثر خراش زودتر و آسان‌تر دچار خوردگی می‌شوند.

خود را بیازمایید

شکل زیر بخشی از یک ورقه آهنی را نشان می‌دهد که با لایه نازکی از قلع پوشیده شده است. به این نوع آهن، حلبی می‌گویند. از ورقه‌های حلبی برای ساختن قوطی‌های روغن نباتی و کنسرو استفاده می‌شود. با مراجعه به جدول E° :



(آ) در اثر ایجاد خراش در سطح این نوع آهن، کدام فلز خورده می‌شود؟ کدام فلز در برابر خوردگی محافظت می‌شود؟

(ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید.

(پ) توضیح دهید چرا برخلاف حلبی از آهن گالوانیزه نمی‌توان برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد؟

پیوند با زندگی

در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره در و... استفاده می‌شود که فلز اصلی سازنده آنها آهن یا مس است. خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن زیبایی وسیله می‌شود و از سوی دیگر به سلامتی بدن آسیب می‌رساند. به همین دلیل، سطح اغلب این وسایل فلزی را با فلزهایی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می‌پوشانند (شکل ۱۶).

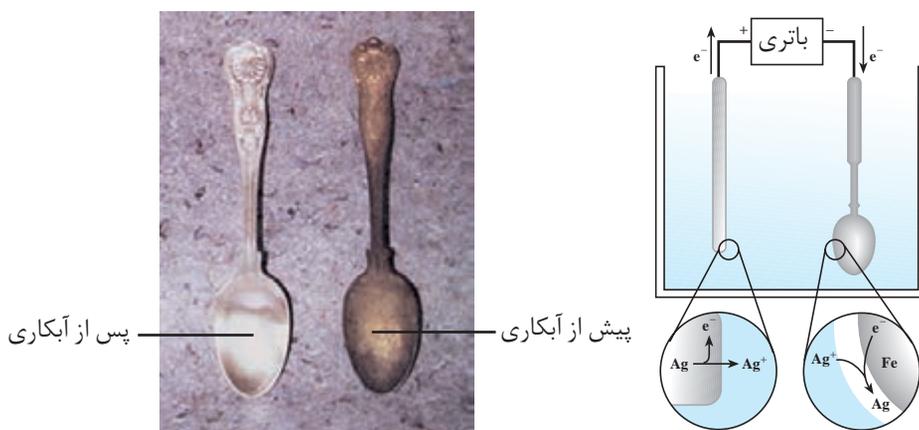


شکل ۱۶- نمونه‌هایی از برخی وسایل فلزی

پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری^۱ نام دارد. فرایندی که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود.

خود را بیازمایید

شکل زیر آبکاری یک قاشق فولادی را با فلز نقره نشان می‌دهد با توجه به آن:



آ) قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟

ب) نیم واکنش کاتدی را بنویسید.

پ) چرا الکترولیت را محلولی از نمک نقره انتخاب کرده اند؟

برخی فلزها با اینکه اکسایش می یابند اما خورده نمی شوند. از این فلزها می توان برای ساخت وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی تری استحکام خود را حفظ می کنند. آلومینیم یکی از این فلزهاست. فلزی فعال که به سرعت در هوا اکسید می شود ($E^\circ (Al^{3+}/Al) = -1/66V$). این فلز با تشکیل لایه چسبنده و متراکم Al_2O_3 از ادامه اکسایش جلوگیری می کند به طوری که لایه های زیرین برای مدت طولانی دست نخورده باقی می ماند و استحکام خود را حفظ می کند. این ویژگی آلومینیم سبب شده که از آن در ساخت لوازم خانگی، هواپیما، کشتی و ... استفاده کرد (شکل ۱۷).



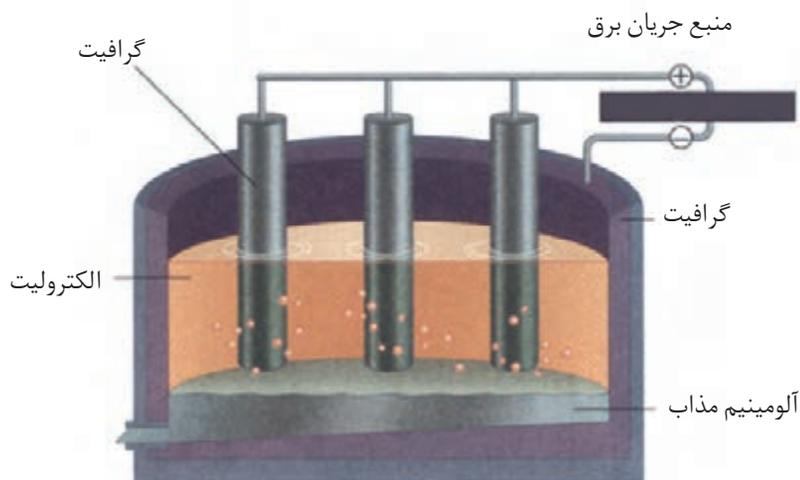
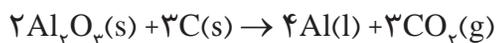
آ) چرخ گوشت



ب) قطعه ای از موتور خودرو

شکل ۱۷- برخی کاربردهای آلومینیم

با این توصیف فلز آلومینیم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است. آلومینیم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می شود از این رو این فلز هم از برقکافت نمک های مذاب آن به دست می آید. رایج ترین روشی که به فرایند هال^۱ معروف است (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- فرایند هال برای تولید آلومینیم از Al_2O_3



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



● آلومینیم مذاب تولید شده در فرایند هال

آیا می دانید

آلومینیم در صنایع به طور عمده به شکل آلیاژ استفاده می شود. از این فلز آلیاژهای گوناگونی تهیه می شود. نمونه ای از آنها مگنالیوم است که در ساخت بدنه کشتی به کار می رود. درصد فلزهای سازنده این آلیاژ مطابق جدول زیر است.

فلز	درصد جرمی
Al	۸۳
Mg	۱۵
Ca	۲

فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی هزینه بالایی دارد؛ از این رو با بازیافت فلز آلومینیم می توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم ترین منابع تجدید ناپذیر طبیعت، برخی از هزینه های تولید این فلز را کاهش داد. برای نمونه تولید قوطی های آلومینیمی از قوطی های کهنه فقط به ۷ درصد از انرژی لازم برای تهیه همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

خود را بیازمایید

لوحة آموزشی زیر، آبکاری یک قاشق مسی را با فلز نقره نشان می دهد. درباره آن در کلاس گفت و گو کنید.

آبکاری

پیش از برقراری جریان الکتریکی

تیغه ای از جنس نقره به قطب مثبت باتری متصل می شود.

مدتی پس از برقراری جریان الکتریکی

جسمی که آبکاری می شود به قطب منفی باتری اتصال دارد. در این قطب یون های نقره با گرفتن الکترون به نقره تبدیل می شوند و روی جسم می نشینند.

در این قطب فلز نقره با از دست دادن الکترون به یون نقره تبدیل می شود

در این قطب یون های نقره با گرفتن الکترون به نقره تبدیل می شوند و روی جسم می نشینند.

$$\text{Ag(s)} \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \quad \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)}$$

پوشاندن یک جسم با لایه ای نازک از یک فلز به کمک یک سلول الکترولیتی، آبکاری نامیده می شود. جسمی که به عنوان کاتد است باید رسانای جریان برق باشد و محلول الکترولیت برای آبکاری دارای یون های فلزی باشد که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد.

تمرین‌های دوره‌ای

۱- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

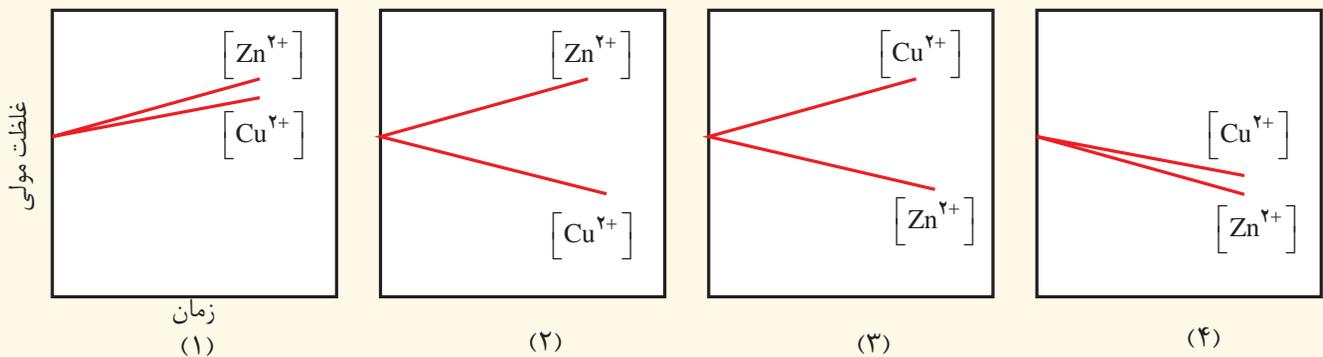
آ) فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.

ب) فلوتور، اکسندترین عنصر در جدول دوره‌ای است.

پ) عدد اکسایش اکسیژن در OF_4 برابر با ۲+ است.

۲- با مراجعه به جدول ۱، توضیح دهید کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی-مس در بخشی از زمان

نشان می‌دهد.

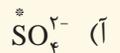
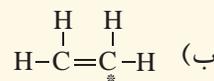
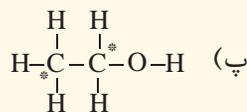


۳- emf سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با $1/98 V$ است. E° نیم سلول A را حساب کرده و با مراجعه به

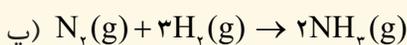
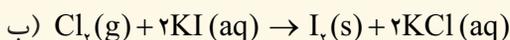
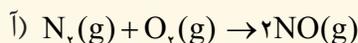
جدول ۱، مشخص کنید A کدام فلز است؟



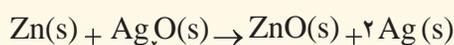
۴- عدد اکسایش اتم نشان داده شده با ستاره را مشخص کنید.



۵- در هر یک از واکنش‌های زیر گونه‌های اکسند و کاهند را مشخص کنید.



۶- باتری‌های روی - نقره از جمله باتری‌های دگمه‌ای هستند که در آنها واکنش زیر انجام می‌شود.



آ) گونه‌های اکسند و کاهند را در آن مشخص کنید.

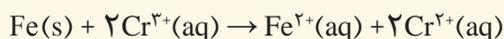
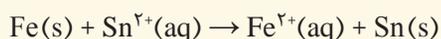
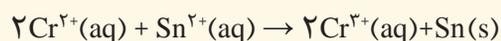
ب) آند و کاتد را در این باتری مشخص کنید.

۷- با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ(V)$
$A^+(aq) + e^- \rightarrow A(s)$	+۱/۳۳
$B^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow B(s)$	+۰/۸۷
$C^{3+}(aq) + e^- \rightarrow C^{2+}(aq)$	-۰/۱۲
$D^{2+}(aq) + 3e^- \rightarrow D(s)$	-۱/۵۹

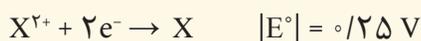
- آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسند است؟
 ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهشنده است؟
 پ) کدام گونه (ها) می‌توانند C^{2+} را اکسید کنند؟

۸- با توجه به واکنش‌های زیر که به‌طور طبیعی انجام می‌شوند، گونه‌های کاهشنده و گونه‌های اکسند را بر حسب کاهش قدرت مرتب کنید.

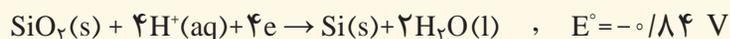


۹- با توجه به جدول پتانسیل‌های کاهش‌ی استاندارد توضیح دهید محلول هیدروکلریک اسید را در کدام ظرف (مسی یا آهنی) می‌توان نگه داشت؟

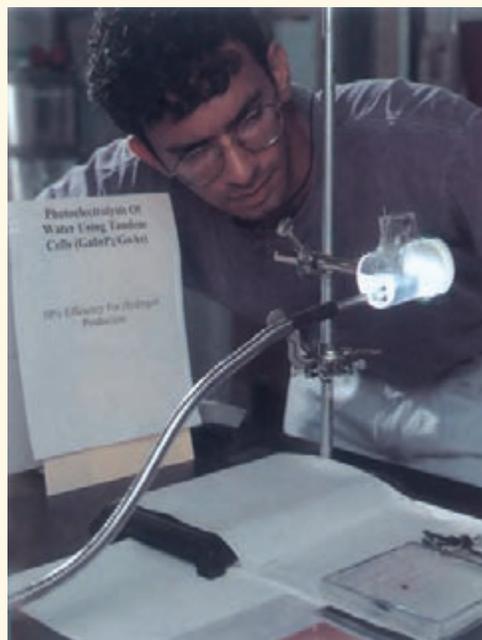
۱۰- قدر مطلق پتانسیل کاهش‌ی دو عنصر X و Y در زیر داده شده است. هنگامی که این دو نیم‌سلول را به هم وصل می‌کنیم، جریان الکتریکی از اتم X به اتم Y برقرار می‌شود و با اتصال نیم‌سلول X به نیم‌سلول هیدروژن، الکترون‌ها از اتم X به سمت نیم‌سلول هیدروژن جاری می‌شوند. نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی شامل این دو نیم‌سلول را حساب کنید.



۱۱- شیمی دان‌ها در برخی سلول‌های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش-کاهش از نور بهره می‌برند و آنها را سلول نور الکتروشیمیایی می‌نامند. در نمونه‌ای از آنها که برای تهیه گاز هیدروژن از آب به کار می‌رود، با توجه به نیم‌واکنش‌های زیر:



آ) نیم سلول آند و کاتد را مشخص و emf سلول را حساب کنید.
 ب) یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که افزون بر emf، بازده و سرعت انجام واکنش در این سلول پایین است، با این توصیف چرا برخی استفاده از آنها را برای تهیه گاز هیدروژن مناسب می‌دانند؟



۱۲- در یک آزمایش چهار فلز A، B، C و D رفتارهای زیر را نشان داده‌اند:
 ● فقط فلزهای A و C با محلول ۱ M / هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن تولید می‌کنند.

- با قرار دادن فلز C در محلول های حاوی یون های D^{2+} ، B^{2+} و A^{2+} به ترتیب فلزهای D، B و A رسوب می کنند.
 - یون B^{2+} اکسندۀ قوی تری از D^{2+} است.
- با توجه به این داده ها، ترتیب کاهندگی این چهار فلز را مشخص کنید.

۱۳- جدول زیر نیروی الکتروموتوری سه سلول گالوانی را نشان می دهد:

	B^{2+}/B	C^{2+}/C
A^{2+}/A	۰/۸۹ V	۰/۵۸ V
B^{2+}/B	-	۰/۳۱ V

- اگر $E^\circ C^{2+}/C = ۰/۰۰ V$ و فلز A با یون C^{2+} واکنش ندهد:
- آ) مقدار پتانسیل کاهشی استاندارد را برای دو عنصر A و B به دست آورید.
- ب) نماد اکسندۀ ترین و کاهندۀ ترین گونه را بنویسید.



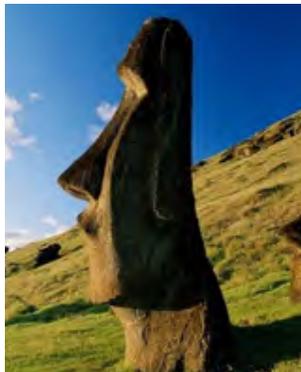
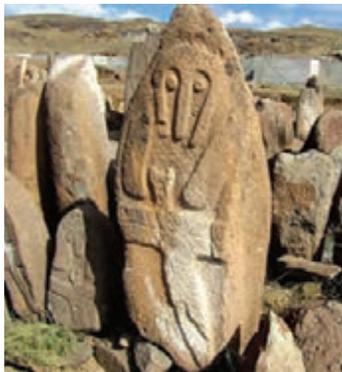
●●● إنا جعلنا ما على الأرض زينةً لها لنبلوهم أيهم أحسن عملاً... (سورة كهف، آیه ۷) ●●●

مسلماً ما آنچه را روی زمین است، زینت زمین قرار دادیم تا آنان را آزمایش کنیم که کدامشان در عمل نیکوترند.

● آفریدگار هستی به ما فرصتی به نام زندگی بخشیده است تا برای پر رنگ کردن نقش و تأثیر خود در این جهان پهناور پیوسته تلاش کنیم. تلاشی آگاهانه و هدفمند برای آفریدن اثری جاودانه، آن چنان که آینه‌ای باشد از شکرانه امروز و سرمایه‌ای ارزشمند برای آیندگان. پویندگان چنین راهی در این پهنه، پیوسته به کشف اسرار می‌پردازند از جمله آنکه چگونه شمار بسیاری ماده با رفتارهای گوناگون، تنها از شمار معینی اتم با آرایش و چیدمانی نظام‌مند پدید آمده‌اند. شیمی دانشی است که به ما کمک می‌کند تا هوشمندانه از مواد در خلق اثری هنرمندانه، زیبا و ماندگار بهره ببریم.



انسان از دیر باز مواد ضروری برای زندگی خود را از خوان نعمت‌های الهی گسترده شده در جای جای زمین تأمین کرده و برای رفع نیاز آنها را تغییر داده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در تغییر این مواد، افزون بر محیط و شیوه زندگی، آیین‌ها، آداب و رسوم و حتی ادبیات و افسانه‌ها نیز نقش داشته‌اند. با این توصیف، هر یک از آثار به‌جای مانده از گذشتگان در جهان را می‌توان نمادی از هنر زمان خویش دانست که افزون بر زیبایی، بازتابی از ماندگاری آن اثر نیز به‌شمار می‌رود (شکل ۱).



ت) مجسمه‌ای در شهر یثری مشگین شهر (پ) مجسمه موآی در جزیره ایستر (ب) سفالینه‌ای از ایران باستان (آ) تنگ آبخوری دوره ساسانی

شکل ۱- نمونه‌های فلزی، سفالی و سنگی به جای مانده از گذشتگان

بدیهی است که مواد اولیه برای ساخت چنین آثاری افزون بر فراوانی و در دسترس بودن، باید واکنش‌پذیری کم، استحکام زیاد و پایداری مناسبی داشته باشند. توجه کنید که عمر طولانی این آثار، تأییدی بر این ویژگی‌ها است و هر چه عمر یادگار به‌جا مانده بیشتر باشد، گفتنی‌های بیشتری با خود دارد، گفتنی‌هایی که اسرار هنر، زیبایی و ماندگاری را فاش می‌کند. با رشد و پیشرفت علوم به ویژه شیمی، پرده از این اسرار برداشته شد تا پایه‌ای برای ساخت سازه‌ها و بناهای امروزی و در خور ستایش فراهم گردد.

شیمی‌دان‌ها در گام نخست نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازنده آثار به‌جا مانده را بررسی کردند، سپس با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری دست یابند. موادی با خواص ویژه که کاربردهای معین داشتند. برخی بر این باورند که چنین موادی را می‌توان مبنای کار و کلید موفقیت طراحان، هنرمندان و مهندسان برای خلق سازه‌های زیبا و ماندگار امروزی دانست.

آیا می‌دانید

خاک‌رس از نخستین مواد در دسترس بشر به‌شمار می‌رود. این مخلوط به دلیل تفاوت در نوع و مقدار اجزای سازنده بسیار متنوع است، به طوری که فرآورده‌های آن گستره‌ای از آجر تا ظروف چینی را در بر می‌گیرد. سفال معروف به جادوی آب و خاک از کهن‌ترین دست‌سازه‌های انسان است که از خاک رس ساخته می‌شود.

خاک رس مخلوطی از مواد گوناگون است. جدول زیر درصد جرمی^۱ مواد سازنده نوعی خاک رس^۲ را نشان می‌دهد که از یک معدن طلا استخراج شده است.

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

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

۱- با توجه به داده‌های جدول به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

(آ) نام شیمیایی هر یک از مواد موجود در این نوع خاک را بنویسید.

(ب) سرخ فام بودن این نوع خاک رس را به وجود کدام ماده نسبت می‌دهید؟

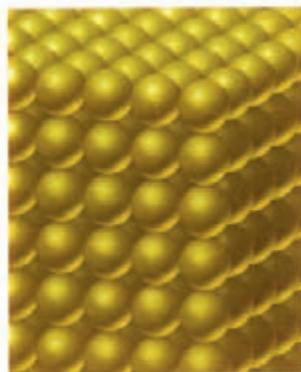
(پ) پیش‌بینی کنید هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از این نوع خاک رس، از جرم کدام

ماده به مقدار بیشتری کاسته می‌شود؟ چرا؟

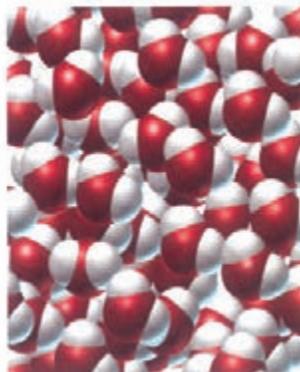
۲- اگر اجزای این مخلوط نخست جداسازی شده سپس خالص سازی شوند، پیش‌بینی

کنید ساختار ذره‌ای هریک از این اجزا در حالت خالص و جامد (به جز SiO_۲) با کدام الگوی

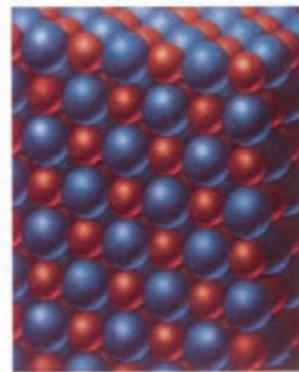
زیر همخوانی دارد؟ چرا؟



(پ)



(ب)



(آ)



● نمونه‌ای از نقشکند روی سنگ در گنجانمه‌همدان.

با مواد سازنده نوعی خاک رس آشنا شدید که مخلوطی از اکسیدها را دربرمی‌گیرد. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که SiO_۲ افزون برخاک‌های رس، یکی از سازنده‌های اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و نیز شن و ماسه است. وجود این ماده باعث استحکام و ماندگاری سازه‌های سنگی و نقشکندهای روی آنها شده است. آیا می‌دانید چه ساختاری باعث این رفتار ویژه می‌شود؟

۱- Mass Percent

۲- Clay

سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است به طوری که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند، از این رو سیلیس^۱ (SiO_2)، فراوان‌ترین اکسید در این لایه از سیاره ما به شمار می‌رود. **کوارتز^۲** از جمله نمونه‌های خالص و ماسه از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است.

از شیمی^۲ به یاد دارید که Si ، شبه فلزی از خانواده کربن است، از این رو شاید تصور کنید که ساختار سیلیسیم مانند کربن است و سیلیس ساختاری همانند کربن دی اکسید دارد! (شکل ۲). سیلیس خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.

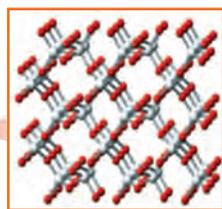
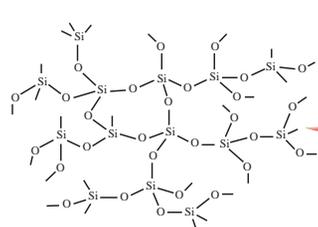


شکل ۲- نمونه‌ای از سیلیسیم، سیلیس و یخ خشک

برای آشکار شدن این موضوع باید ساختار هر یک از آنها را بررسی و با یکدیگر مقایسه کرد.

با هم بیندیشیم

۱- با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.



$\text{SiO}_2(\text{s})$

$\text{CO}_2(\text{s})$

$\text{CO}_2(\text{g})$

۱- Silica

۲- Quartz

● پختن نان سنگک بر روی دانه‌های درشت سنگ را می‌توان نشانه‌ای از مقاومت گرمایی سیلیس دانست.

آ) از شیمی ۱ به یاد دارید که مواد مولکولی در ساختار خود مولکول‌های مجزا دارند. کدام ماده جزو مواد مولکولی است؟

ب) ماده کووالانسی مجموعه‌ای از اتم‌های بسیاری است که با هم پیوندهای اشتراکی دارند. بر این اساس کدام ماده، کووالانسی است؟

۲- پیش‌بینی کنید کدام ماده:

آ) سخت‌تر است؟ چرا؟

ب) نقطه ذوب پایین‌تری دارد؟ چرا؟

آیا می‌دانید

سختی یک کانی، میزان مقاومت آن را در برابر خراشیده شدن نشان می‌دهد و با یکای موس (Mohs) سنجیده می‌شود. الماس و کوارتز از سخت‌ترین مواد موجود در طبیعت هستند که به ترتیب درجه سختی ۱۰ و ۷ دارند.

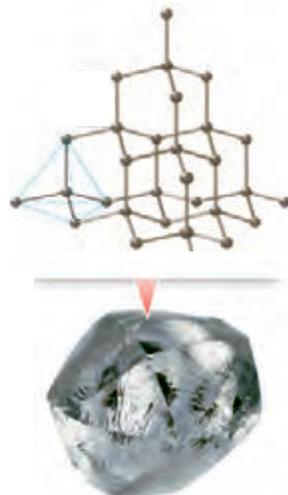
آیا می‌دانید

فرایند ذوب یک ماده خالص در دما و فشار معین رخ می‌دهد که در آن دما و فشار، ماده از حالت جامد به مایع تبدیل می‌شود. در این فرایند، میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده ماده در حالت جامد (اتم‌ها در جامد کووالانسی و مولکول‌ها در ماده مولکولی) به تدریج افزایش می‌یابد تا جایی که ذره‌ها می‌توانند با لغزیدن روی یکدیگر، از جایی به جای دیگر حرکت کنند. در این شرایط حالت مایع پدید می‌آید.

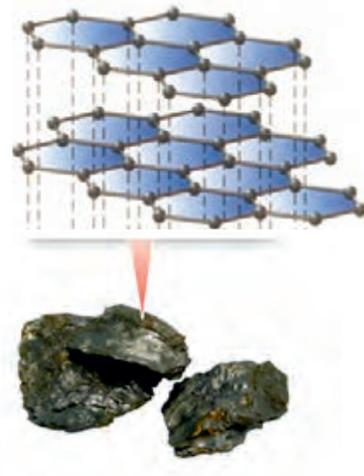
دریافتید که موادی مانند کربن دی‌اکسید و آب، مواد مولکولی به شمار می‌روند زیرا ذره‌های سازنده آنها مولکول‌های مجزا هستند، اما موادی مانند سیلیس، شامل شمار بسیار زیادی از اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن با پیوندهای اشتراکی Si-O-Si بوده و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول‌آسا است. ساختاری که دلیلی بر سختی بالا و دیرگداز بودن چنین موادی است. از آنجا که این مواد در دما و فشار اتاق به حالت جامد هستند، آنها را با نام جامد کووالانسی نیز می‌خوانند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که عنصرهای اصلی سازنده جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم هستند، دو عنصری که از آنها تاکنون یون تک اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است، زیرا اتم‌های C و Si با تشکیل پیوندهای اشتراکی به آرایش الکترونی هشت‌تایی می‌رسند.

خود را بیازمایید

۱- گرافیت و الماس از جمله دگرشکل‌های طبیعی کربن بوده که جزو جامدهای کووالانسی هستند. با توجه به ساختارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(۱)



(۲)



● نقش زیبایی مداد بر کاغذ.

آ) کدام ساختار، جامد کووالانسی با چینش دو بُعدی اتم‌ها و کدام یک، جامد کووالانسی با چینش سه بُعدی اتم‌ها را نشان می‌دهد؟

ب) با توجه به اینکه گرافیت موجود در مغز مداد بر روی کاغذ اثر به جا می‌گذارد، کدام ساختار با این ویژگی همخوانی دارد؟ توضیح دهید.

پ) چرا در ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه از الماس استفاده می‌شود؟

ت) کدام چگالی (۲/۲۷ یا ۳/۵۱ گرم بر سانتی متر مکعب) رابه گرافیت می‌توان نسبت داد؟ چرا؟

۲- باتوجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

Si-Si	C-C	پیوند
۲۲۶	۳۴۸	میانگین آنتالپی (kJmol ⁻¹)

آ) اگر سیلیسیم خالص ساختاری همانند الماس داشته باشد، پیش‌بینی کنید نقطه ذوب الماس بالاتر است یا سیلیسیم؟ چرا؟

ب) اگر آنتالپی پیوند Si-O بیشتر از پیوند Si-Si و ساختار Si(s) با SiO₂(s) مشابه باشد، توضیح دهید چرا سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به‌طور عمده به شکل سیلیس یافت می‌شود؟

گرافن، گونه‌ای به ضخامت یک اتم

گرافن، تک لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش‌گوشه تشکیل داده‌اند (شکل ۳). چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام ویژه‌ای دارد به طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است. از آنجا که ضخامت گرافن به اندازه یک اتم کربن است، می‌توان آن را یک گونه شیمیایی دو بُعدی دانست و انتظار می‌رود شفاف و انعطاف‌پذیر باشد. یافته‌های تجربی نیز این ویژگی‌های گرافن را تأیید می‌کنند. یک روش ساده برای تهیه گرافن استفاده از گرافیت و نوارچسب نازک برای جدا کردن لایه‌هایی از آن است (شکل ۴).



شکل ۳- مدل گلوله و میله برای نمایش گرافن.



شکل ۴- تهیه گرافن با استفاده از نوار چسب

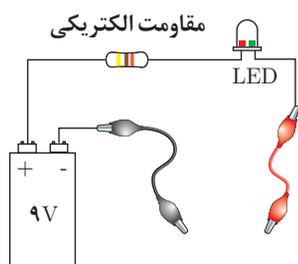
در این روش، نخست مقداری گرد گرافیت را بین دو تکه نوار چسب فشار می‌دهند. سپس یکی از نوارچسب‌ها را جدا می‌کنند. به این ترتیب لایه‌هایی از گرافیت روی سطح چسبنده نوارچسب قرار می‌گیرد. در ادامه، این نوارچسب را به سطح چسبنده نوارچسب سوم چسبانده، فشار می‌دهند و از هم جدا می‌کنند تا لایه نازک‌تری از گرافیت روی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

در میان تارنماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره کاربردهای گرافن اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

کاوش کنید ۱

درباره «رسانایی الکتریکی گرافن» کاوش کنید.



وسایل و مواد مورد نیاز: لامپ LED، باتری ۹ ولتی، سیم، سوکت، مقاومت ۳۳ اهمی، مداد و کاغذ.

۱- مداری مطابق شکل روبه‌رو بسازید.

۲- با یک مداد نرم، چهار گوشه‌ای ضخیم و تیره روی کاغذ بکشید، به طوری که حدود ۳ تا ۴ سانتی‌متر طول و حدود ۱/۵ سانتی‌متر عرض داشته باشد، سپس مستطیل را با مداد به طور کامل سیاه کنید.

۳- نوک فلزی دو سیم رابط را با مستطیل گرافیتی که ضخامتی در حدود چند نانومتر دارد تماس دهید سپس به لامپ نگاه کنید، چه رخ می‌دهد؟

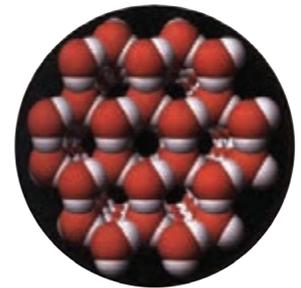
۴- دو نقطه اتصال را به هم نزدیک یا از هم دور کنید، چه تغییری در شدت روشنایی لامپ پدید می‌آید؟

سازه‌های یخی، زیبا با ظاهری سخت اما زودگذار

با ساختار و رفتار سیلیس به عنوان نماینده‌ای از جامدهای کووالانسی آشنا شدید. ماده‌ای که در حالت خالص و تراش خورده، شفاف، زیبا و سخت است. یخ نیز ظاهری شبیه به آن دارد به طوری که سازه‌های یخی شفاف بوده و هنر به کار رفته در آنها، خود جلوه‌گر زیبایی است (شکل ۵).



شکل ۵ - نمونه‌هایی از سازه‌های یخی



● دانه برف یک سازه یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های شش گوشه است.

● اغلب ترکیب‌های آلی جزو مواد مولکولی هستند.

می‌دانید مولکول‌های H_2O در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه بُعدی با تشکیل حلقه‌های شش گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. در این ساختار هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوندهای هیدروژنی متصل است. این در حالی است که در سیلیس همه اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند.

خود را بیازمایید

۱- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

در ساختار یک جامد کووالانسی، میان شمار معینی از اتم‌ها پیوندهای اشتراکی وجود

دارد به همین دلیل چنین ماده‌ی نقطه ذوب بالایی دارند و دیرگداز هستند. پایینی

۲- واژه‌های شیمیایی رایج مانند ماده مولکولی، فرمول مولکولی و نیروهای بین مولکولی را برای توصیف کدام مواد زیر می‌توان به کار برد؟ چرا؟



آیا می‌دانید

دریافتید که مولکول‌ها، واحدهای سازنده مواد مولکولی هستند، واحدهای مجزایی که شامل دو یا چند اتم با پیوندهای اشتراکی بوده و نقشی کلیدی در تعیین خواص و رفتار این دسته از مواد دارند. رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آنها بستگی دارد. برای نمونه آنتالپی تبخیر و نقطه جوش یک ترکیب مولکولی به حالت مایع

هر نمونه از گاز نجیب حاوی اتم‌هایی با برهم کنش‌های وان دروالس است، به همین دلیل گازهای نجیب، مواد مولکولی به‌شمار می‌روند. گویی هر نمونه از گاز نجیب از مولکول‌های تک‌اتمی تشکیل شده است.

به نیروهای بین مولکولی آن وابسته است، در حالی که رفتار شیمیایی آن به طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت الکترون‌های پیوندی) و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.

رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها

در شیمی ۱ آموختید که ساختار لوویس، الکترون‌های ظرفیت اتم‌های سازنده یک گونه شیمیایی را طوری نمایش می‌دهد که هر اتم بر اساس توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی از قاعده هشت‌تایی پیروی می‌کند به جز اتم هیدروژن که تنها یک جفت الکترون پیوندی یا یک پیوند اشتراکی پیرامون آن نمایش داده می‌شود. توزیع این جفت الکترون‌ها در هر مولکول نقش مهمی در تعیین رفتار آن به ویژه در میدان الکتریکی دارد.

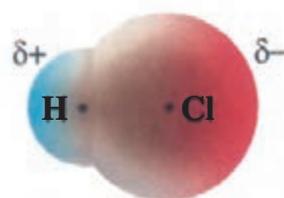
ساده‌ترین مولکول‌ها، دواتمی هستند. مولکول‌هایی مانند H_2 و Cl_2 که از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند، **مولکول دو اتمی جور هسته**^۱ نامیده می‌شوند. چنین مولکول‌هایی در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، به دیگر سخن، گشتاور دو قطبی آنها صفر بوده و مولکول‌های ناقطبی هستند. از سوی دیگر مولکول‌های دو اتمی مانند HCl ، **مولکول دواتمی ناجور هسته**^۲ بوده و قطبی هستند. شکل ۶، توزیع الکترون‌ها را بر اساس نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای این مولکول‌ها نشان می‌دهد.

آیا می‌دانید

نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی ابزاری مناسب برای بررسی تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازنده یک گونه شیمیایی است. این نقشه‌ها به شیمی‌دان‌ها کمک می‌کنند تا واکنش‌پذیری، قدرت اسیدی، قدرت بازی و... را برای گونه‌های شیمیایی پیش‌بینی و با یکدیگر مقایسه کنند.



مثبت



منفی

(ب) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است، گویی بیشتر وقت خود را آنجا می‌گذرانند، از این رو احتمال حضور آنها روی هسته‌ها، یکسان و متقارن است.

(آ) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی پیرامون هسته اتم کلر بیشتر بوده زیرا خاصیت نافلزی آن بیشتر است، از این رو احتمال حضور الکترون‌های پیوندی روی هسته‌ها، یکسان و متقارن نیست.

شکل ۶- نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون‌ها در مولکول‌های دواتمی (آ) ناجور هسته (ب) جور هسته. رنگ سرخ تراکم بیشتر و رنگ آبی تراکم کمتر بار الکتریکی را نشان می‌دهد.

۱- Homonuclear Diatomic Molecule

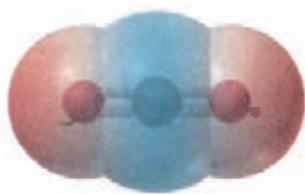
۲- Heteronuclear Molecule

آیا می دانید

شیمی دان‌ها در مباحث نظری برای توجیه بارهای الکتریکی جزئی در یک گونه شیمیایی از یک کمیت نسبی به نام الکترون‌گاتیوی بهره می‌گیرند. کمیتی که برای اتم‌های یک عنصر در گونه‌های شیمیایی مختلف، متفاوت است.

بر اساس شکل ۶، توزیع یکنواخت و متقارن الکترون‌ها در مولکول‌های دو اتمی جور هسته، نشانه ناقطبی بودن آن است در حالی که در مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته، توزیع الکترون‌ها یکنواخت نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازنده آن یکسان نیست، در این شرایط به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیشتر است، **بار جزئی^۱ منفی (δ^-)** و به دیگری **بار جزئی مثبت (δ^+)** نسبت می‌دهند. بدیهی است چنین مولکول‌هایی گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند.

آیا می‌دانید نقشه پتانسیل مولکول‌های سه اتمی چگونه است؟ شکل ۷، دو نمونه از این نقشه‌ها را نشان می‌دهد.



(ب)



(آ)

شکل ۷- نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی (آ، ب) کربن دی‌اکسید

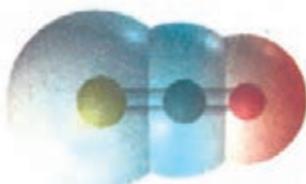
در مولکول خطی کربن دی‌اکسید، تراکم بار الکتریکی بر روی اتم‌های اکسیژن بیشتر از اتم کربن است، از این رو به اتم‌های اکسیژن **بار جزئی منفی (δ^-)** و به اتم کربن **بار جزئی مثبت (δ^+)** نسبت داده می‌شود، هر چند که به دلیل توزیع متقارن بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی، این مولکول در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند و گشتاور دوقطبی آن صفر است. اگر چه در مولکول خمیده آب تراکم بار الکتریکی روی هسته اتم اکسیژن بیشتر است اما این مولکول بر خلاف کربن دی‌اکسید در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند (چرا؟).

● در مولکول خطی سه اتمی، هسته هر سه اتم سازنده آن بر روی یک خط راست قرار دارند.

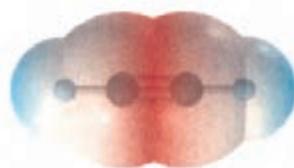
● یکی از عواملی که می‌تواند تقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را در مولکول‌های چند اتمی به هم بزند، وجود جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی است.

خود را بیازمایید

۱- شکل زیر نقشه پتانسیل مولکول‌های کربونیل سولفید (SCO) و اتین (C_2H_2) را نشان می‌دهد. با توجه به آنها گشتاور دو قطبی کدام مولکول برابر با صفر است؟ چرا؟



کربونیل سولفید

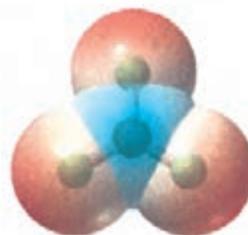


اتین

۲- با توجه به نقشه پتانسیل مولکول‌های آمونیاک و گوگرد تری اکسید به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آمونیاک



گوگرد تری اکسید

آ) با بیان دلیل، هر یک از اتم‌ها را در نقشه‌های بالا با $(\delta+)$ و $(\delta-)$ نشان‌دار کنید.

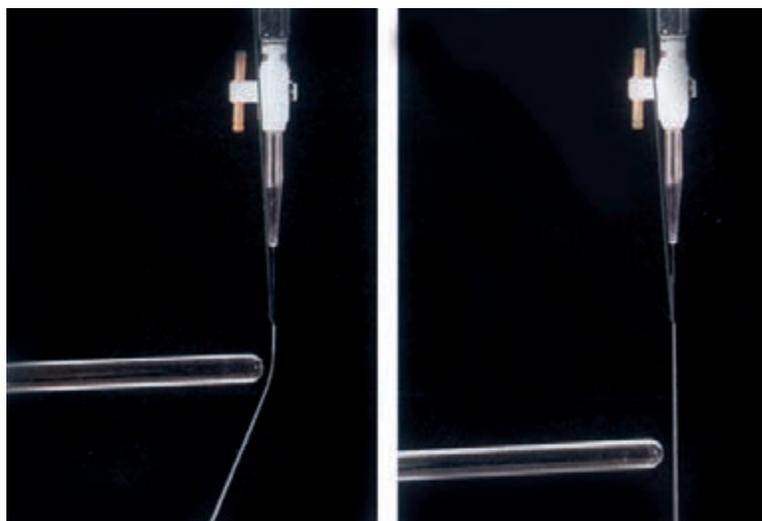
ب) کدام مولکول قطبی و کدام ناقطبی است؟ چرا؟

۳- با توجه به شکل‌های زیر با دلیل پیش‌بینی کنید کدام مایع، کلروفرم (CHCl_3) و کدام یک

کربن تتراکلرید (CCl_4) است؟

آیا می‌دانید

کلروفرم، مایعی بی‌رنگ بوده که بخار آن سمی و اعتیاد آور است. در گذشته از آن به عنوان ماده بی‌هوش‌کننده بیمار در اتاق عمل استفاده می‌شد.

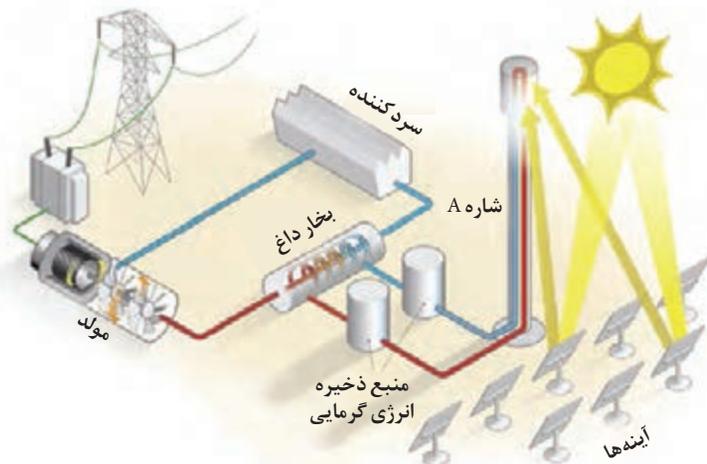


هنرنمایی شاره (سیال) های مولکولی و یونی برای تولید برق

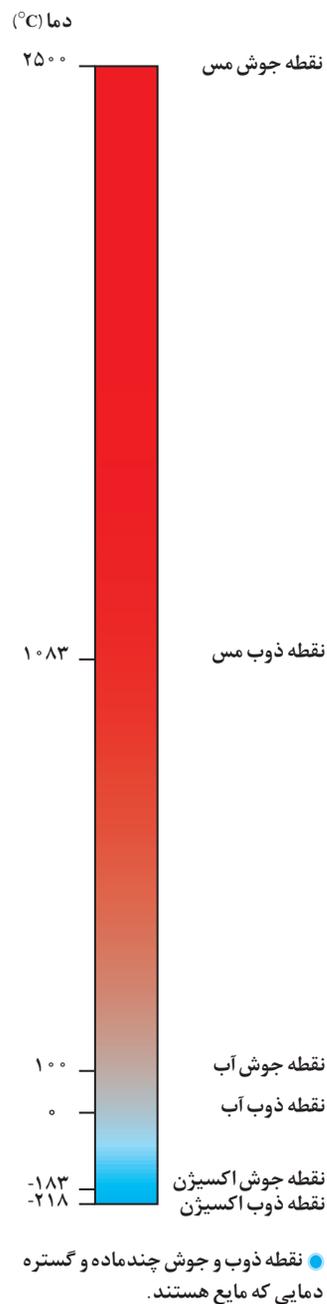
خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی برای زمین است. منبعی تجدیدپذیر که انرژی خود را با پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل می‌دارد. بدیهی است که بهره‌گیری بیشتر از این انرژی پاک، کاهش رد پای زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت. دانشمندان برای استفاده بهینه از انرژی خدادادی و رایگان خورشید به دنبال فناوری‌هایی هستند که بتوانند بخشی از آن را ذخیره نموده و به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخه مصرف نمایند (به ویژه شب‌هنگام که نیاز به آن بیشتر احساس می‌شود). گفتنی است که برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتریکی به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است، از این رو تنها در برخی کشورهای توسعه یافته انجام می‌شود.

با هم بیندیشیم

شکل زیر نمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



● نمایی از مجتمع فناوری تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی.



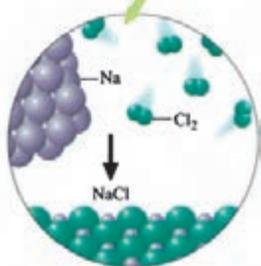
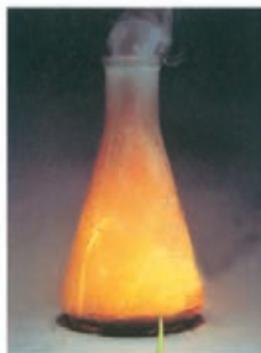
- ۱- مشخص کنید هر یک از جمله‌های زیر، توصیف کدام بخش از این فناوری است؟
 (آ) پرتوهای خورشیدی را روی برج گیرنده متمرکز می‌کنند.
 (ب) شاره‌ای بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود.
 (پ) شاره‌ای که توربین را به حرکت در می‌آورد.
- ۲- با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

نقطه جوش (°C)	نقطه ذوب (°C)	ماده
-۱۹۶	-۲۱۰	N _۲
۱۹	-۸۳	HF
۱۴۱۳	۸۰۱	NaCl

- ۳- (آ) کدام ماده در گستره دمایی کمتری به حالت مایع است؟ چرا؟
 (ب) کدام ماده را به جای شاره A پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟
- ۳- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، جمله زیر را کامل کنید.

مطابق یک قاعده کلی هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک ماده خالص $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ باشد،

آن ماده در گستره دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازنده مایع $\frac{\text{قوی‌تر}}{\text{ضعیف‌تر}}$ است.



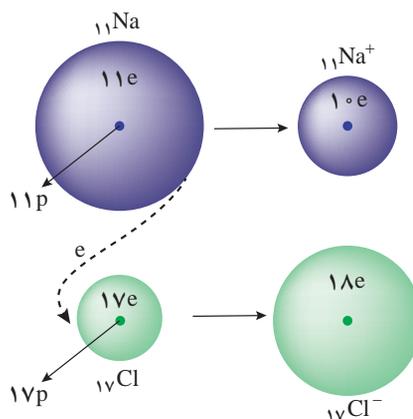
● از واکنش فلز سدیم با گاز کلر، جامد یونی سفید رنگی بر جای می ماند که همان نمک خوراکی است. نور و گرمای زیاد آزاد شده در این واکنش نشان می دهد که بسیار گرماده است.

دریافتید که با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرنده برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شاره یونی) افزایش می یابد و این شاره بسیار داغ به منبع ذخیره انرژی گرمایی سرازیر می شود تا حتی در روزهای ابری و شب هنگام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. بخار داغ، توربین را برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت در می آورد.

داده های تجربی نشان می دهند که گستره دمای سدیم کلرید مذاب در این فناوری در حدود $135^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}$ است، گستره دمای که برای مواد مولکولی نمی توان انتظار داشت! آیا می دانید این ویژگی نشان دهنده چه نوع نیروی جاذبه میان ذره ها است؟ و چه ساختاری برای سدیم کلرید تصویر می کند؟

چینش زیبا، منظم و سه بعدی یون ها در جامد یونی

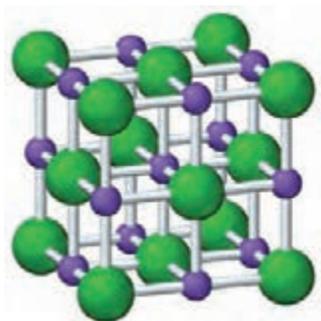
می دانید که هر ترکیب یونی دوتایی را می توان فرآورده واکنش یک فلز با یک نافلز دانست، واکنشی که در آن اتم ها با یکدیگر الکترون دادوستد می کنند. در واکنش هایی از این دست، اتم فلز با از دست دادن الکترون و اتم نافلز با به دست آوردن الکترون، به ترتیب به کاتیون و آنیون تبدیل می شوند. شکل ۸، دادوستد الکترون میان اتم های سدیم و کلر را هنگام تشکیل سدیم کلرید نشان می دهد.



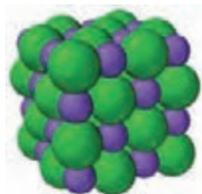
شکل ۸- دادوستد الکترون میان اتم ها. چرا شعاع اتم ها هنگام تبدیل به یون تغییر می کند؟

پس از دادوستد الکترون و تشکیل یون ها، میان یون های ناهمنام، نیروی جاذبه و میان یون های همنام، نیروی دافعه پدید می آید. اگر هر یک از یون ها همانند کره ای باردار باشد، انتظار می رود نیروهای جاذبه و دافعه از همه جهت ها به آن وارد شود، به دیگر سخن این نیروها به شمار معینی از یون ها محدود نشده بلکه میان همه آنها و در فاصله های گوناگون وارد می شود. وجود سدیم کلرید و دیگر جامدهای یونی در طبیعت نشان می دهد که نیروهای جاذبه میان یون های ناهمنام بر نیروهای دافعه میان یون های همنام غالب است، آن چنان که شمار بسیار زیادی از یون ها به سوی یکدیگر کشیده می شوند. چنین روندی، دلیل پدید آمدن

آرایش منظمی از یون‌ها در سه بعد و تشکیل شبکه بلوری جامد یونی است (شکل ۹).



(ب)



(آ)

شکل ۹- آرایش یون‌ها در شبکه بلوری سدیم کلرید (آ) فضا پرکن (ب) گلوله و میله

با کمی دقت در شکل ۹، در می‌بایید که آرایش یون‌ها در سرتاسر شبکه بلوری سدیم کلرید به‌عنوان نماینده جامدهای یونی 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. به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهمنام موجود پیرامون هر یون در شبکه بلور، عدد کوئوردیناسیون^۱ می‌گویند، بنابراین عدد کوئوردیناسیون هر یک از یون‌های Na^+ و Cl^- در بلور سدیم کلرید با هم مساوی و برابر با ۶ است (چرا؟).

با هم ببیندیشیم

۱- توضیح دهید چرا برای توصیف ترکیب‌های یونی در منابع علمی معتبر هیچ‌گاه واژه‌هایی مانند مولکول و فرمول مولکولی به کار نمی‌رود؟

۲- جدول زیر اندازه شعاع برخی یون‌های متداول را در مقایسه با اندازه اتم سازنده آنها نشان می‌دهد. در مورد این جدول با یکدیگر گفت‌وگو کنید و روندهای موجود در آن را توضیح دهید.

۱	۲	۱۶	۱۷	گروه دوره
Li ۱ ⁺ ۱۵۲، ۷۶		O ۲ ⁻ ۷۳، ۱۴۰	F ۱ ⁻ ۷۱، ۱۳۳	دوم
Na ۱ ⁺ ۱۸۶، ۱۰۲	Mg ۲ ⁺ ۱۶۰، ۷۲	S ۲ ⁻ ۱۰۲، ۱۸۴	Cl ۱ ⁻ ۹۹، ۱۸۱	سوم

● واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به کار می‌رود.

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

آیا می‌دانید

در بسیاری از ترکیب‌های یونی عدد کوئوردیناسیون کاتیون و آنیون یکسان نیست. کلسیم فلوئورید از جمله آنها است. در این ترکیب یونی عدد کوئوردیناسیون کاتیون، ۸ و عدد کوئوردیناسیون آنیون، ۴ است.

۳- اگر هریون را کره‌ای باردار در نظر بگیرید، چگالی بار هم‌ارز با نسبت بار به حجم آن است. کمیتی که می‌تواند برای مقایسهٔ میزان برهم‌کنش میان یون‌ها به کار رود. نسبت ساده‌تری که می‌توان به کاربرد، نسبت مقدار بار یون به شعاع آن است. با این توصیف جدول زیر را کامل کنید و به پرسش‌ها پاسخ دهید.

کاتیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع	آنیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع
Na ⁺	۱۰۲	$9/80 \times 10^{-3}$	F ⁻	۱۳۳	...
K ⁺	...	$7/24 \times 10^{-3}$	Cl ⁻	۱۸۱	...
Mg ²⁺	...	$2/77 \times 10^{-2}$	O ²⁻	۱۴۰	...
Ca ²⁺	۹۹	...	S ²⁻	۱۸۴	$1/09 \times 10^{-2}$

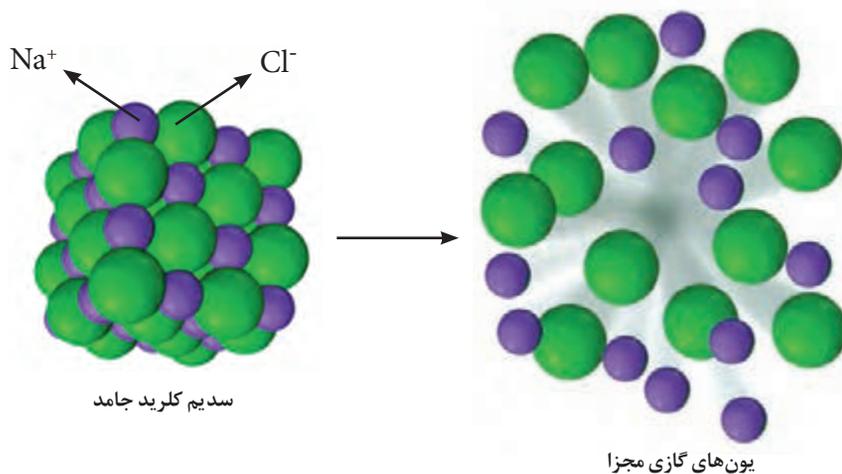
آ) چگالی بار کدام کاتیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

ب) چگالی بار کدام آنیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

پ) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه قوی‌تر است؟ چرا؟

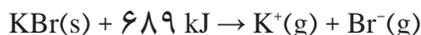
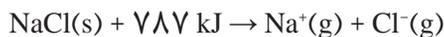
ت) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه ضعیف‌تر است؟ چرا؟

اینک می‌پذیرید که نوع و بار یون‌ها و در نتیجه قدرت نیروی جاذبه میان آنها در شبکه بلوری، کلیدی برای درک رفتار آنهاست. هر چه نیروی جاذبه میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکه یونی بیشتر بوده و برای فروپاشی آن یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر به انرژی بیشتری نیاز است. شکل ۱۰، فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید و تبدیل آن به یون‌های گازی مجزا

انرژی لازم برای فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید برابر با 787 kJ mol^{-1} بوده و بیشتر از پتاسیم برمید (689 kJ mol^{-1}) است، زیرا چگالی بار یون‌های سازنده شبکه در سدیم کلرید به ترتیب بیشتر از یون‌های سازنده در پتاسیم برمید است. در شیمی می‌توان چنین مقایسه‌ای را با دو معادله واکنش به صورت زیر نمایش داد:



گرمای مصرف شده در فشار ثابت برای واکنش‌هایی از این دست را آنتالپی فروپاشی شبکه می‌نامند و با $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$ نمایش می‌دهند. بنابراین:

$$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(\text{NaCl,s}) = +787 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(\text{KBr,s}) = +689 \text{ kJ mol}^{-1}$$

خود را بیازمایید

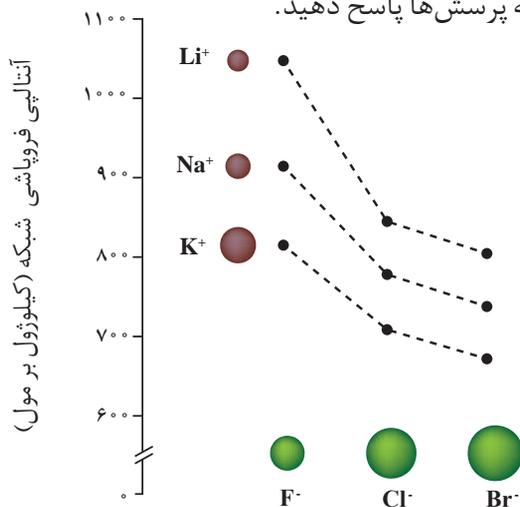
۱- در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، هر یک از عبارات‌های زیر را کامل کنید:

آ) آنتالپی فروپاشی، گرمای $\frac{\text{آزاد}}{\text{مصرف}}$ شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک $\frac{\text{مول}}{\text{گرم}}$ از شبکه یونی و تبدیل آن به $\frac{\text{اتم‌های}}{\text{یون‌های}}$ گازی سازنده است.

ب) هر چه $\frac{\text{بار}}{\text{چگالی بار}}$ یون‌های سازنده یک جامد یونی کمتر باشد، شبکه آن $\frac{\text{آسان‌تر}}{\text{دشواری‌تر}}$ فروپاشیده می‌شود.

۲- با توجه به داده‌های متن درس پیش‌بینی کنید کدام آنتالپی فروپاشی شبکه را می‌توان به KCl(s) نسبت داد؟ چرا؟ 717 kJ mol^{-1} ، 649 یا 1037

۳- با توجه به نمودار زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

ب) با افزایش شعاع آنیون هالید، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

۴- با توجه به جدول زیر که آنتالپی فروپاشی شبکه را برای برخی ترکیب‌های یونی نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

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

آ) درباره درستی جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«آنتالپی فروپاشی شبکه هم با بار الکتریکی کاتیون و هم با بار الکتریکی آنیون، رابطه مستقیم دارد.»

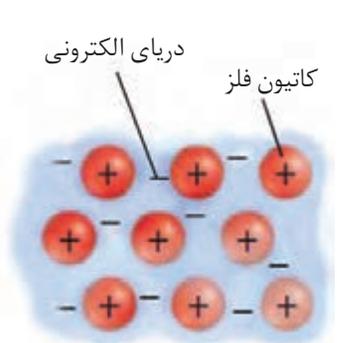
ب) آیا می‌توان میان آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطه ذوب جامدهای یونی رابطه‌ای در نظر گرفت؟ توضیح دهید.

فلزها، عنصرهایی شکل‌پذیر با جلایی زیبا

مواد از جمله فلزها همواره برای زندگی انسان و ادامه آن ضروری و ارزشمند بوده‌اند به طوری که تمدن‌های آغازی نیز بر اساس گستره کاربری آنها نام‌گذاری شده‌اند.

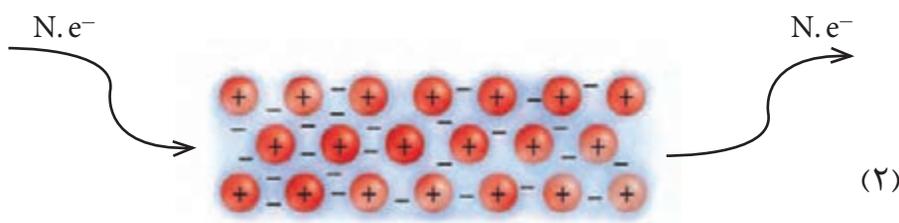
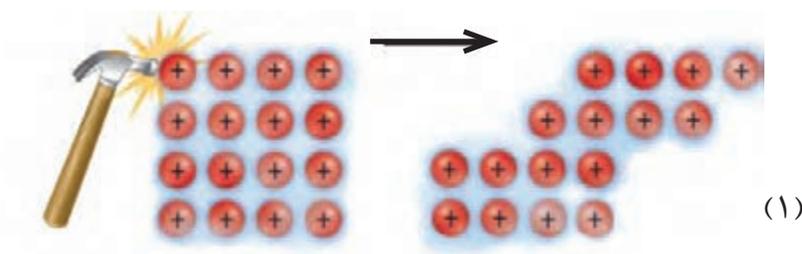
پس از دوره سنگی، در دوره برنز و سپس آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشمگیری شدند و این خود نشان از جایگاه برجسته فلزها در تمدن بشری دارد. این عنصرها هنوز هم کلید رشد، گسترش و ارتقای کیفیت زندگی به شمار می‌روند، آن‌چنان که بسیاری باور دارند پایداری جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است. می‌دانید که فلزها بخش عمده عنصرهای جدول دوره‌ای را تشکیل می‌دهند، عنصرهایی که در هر چهار دسته s، p، d و f جای داشته اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند. داشتن جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری از جمله رفتارهای فیزیکی فلزها بوده در حالی که واکنش‌پذیری و تنوع اعداد اکسایش از جمله رفتارهای شیمیایی آنهاست. به نظر شما این رفتارها از چه ساختاری سرچشمه می‌گیرند؟ شبکه بلوری فلزها با ساختار مواد کووالانسی، مولکولی و یونی چه تفاوت‌هایی دارد؟

با هم ببیندیشیم



۱- این شکل یک الگوی ساده از شبکه بلوری فلزها را نشان می‌دهد که برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی آنها ارائه شده و به مدل دریای الکترونی^۱ معروف است. براساس این مدل، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است که در فضای میان آنها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم، دریایی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند. با این توصیف به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

- آ) پیش‌بینی کنید کدام الکترون‌ها (درونی - ظرفیت)، دریای الکترونی را می‌سازند؟ چرا؟
 ب) کدام ویژگی دریای الکترونی سبب می‌شود که هر الکترون موجود در آن را نتوان تنها متعلق به یک اتم معین دانست؟
 پ) درباره‌ی درستی جمله زیر با یکدیگر گفت‌وگو کنید.
 «دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند.»
- ۲- با توجه به شکل‌های داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) هر یک از شکل‌ها نشان‌دهنده‌ی کدام رفتار فیزیکی فلز است؟

ب) رفتار فلز را در هر یک از این دو شکل با توجه به الگوی دریای الکترونی توجیه کنید.

آیا می‌دانید

یکی از رفتارهای فیزیکی آشکار فلزها، جلای آنها بوده که به بازتاب نور از سطح آنها وابسته است. سطح فلزها نور را همانند یک آینه به‌طور مستقیم بازتاب می‌کند از این رو جلای ویژه‌ای دارند اما موادی که مات دیده می‌شوند نور بازتاب شده از سطح آنها در همه جهت‌ها پخش می‌شود.

آیا می دانید

هرگاه نور سفید را به محلولی حاوی یون نیکل (Ni^{2+}) بتابانیم، نوری که از آن عبور می کند به رنگ سبز است.



یون نیکل برخی از پرتوهای ناحیه مرئی را جذب می کند و ترکیب پرتوهای عبور کرده با همدیگر نور سبز را می سازد.

«رنگ، نماد زیبایی»

طبیعت زیستگاهی برای ما و آزمایشگاهی بزرگ برای علوم تجربی است که در آن رنگ و رنگ آمیزی یکی از خوشایندترین جلوه ها است و به انسان لذتی همراه با آرامش می بخشد. آیا می دانید چرا پوشش بهاری به رنگ سبز، ابرها به رنگ سفید و گل رُز به رنگ سرخ دیده می شود؟ آیا می دانید چرا محلول ترکیب های برخی فلزهای واسطه به رنگ های گوناگون دیده می شوند؟ به طور کلی احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می رسد، در واقع این نورها همان پرتوهای الکترومغناطیسی بوده که طول موج آنها در گستره 400 nm تا 700 nm است و چشم ما آنها را می بیند.

از این رو اگر در محیطی نور مرئی نباشد، انسان نمی تواند پیرامون خود را ببیند. شکل ۱۱، نشان می دهد که مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی مانده آن را عبور می دهند یا بازتاب می کنند.



شکل ۱۱- تابیدن نور و دیدن مواد رنگی

آیا می دانید

سبز، آبی و قرمز سه نور اصلی هستند. هنگامی که دو تا از آنها مخلوط شوند نورهای فرعی زرد، فیروزه ای و ارغوانی پدید می آید. از مخلوط هر سه، تنها نور سفید پدید می آید.



بر اساس شکل ۱۱، اگر یک نمونه ماده همه طول موج های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همه آنها را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می شود، همچنین چشم ما مواد رنگی را با طول موج های عبوری یا بازتاب شده از آنها می بیند. اینک می پرسید که مواد رنگی چه ساختاری دارند؟ سازنده اصلی یک ماده رنگی که به آن رنگ می بخشد، رنگ دانه^۱ نام دارد، برای نمونه Fe_3O_4 ، TiO_2 و دوده از جمله رنگ دانه های معدنی هستند که به ترتیب رنگ های سفید، قرمز و سیاه ایجاد می کنند. در گذشته انسان، این مواد رنگی را از منابع طبیعی همچون گیاهان، جانوران و برخی کانی ها تهیه می کرد.

آیا می دانید

رنگدانه‌های آلی گستره وسیعی دارند به طوری که شمار آنها بسیار زیاد و متنوع است. از این مواد در غذا، نساجی و... استفاده می‌شود.

امروزه پیشرفت و گسترش تولید فراورده‌های صنعتی آن چنان سریع و چشمگیر است که این فراورده‌ها در رقابتی اقتصادی افزون بر جنبه‌های کمی و کیفی از دیدگاه زیباشناختی، باید رنگ و رنگ‌آمیزی مناسب و جذابی نیز داشته باشند. چنین اهمیتی باعث تولید رنگ‌های ساختگی گوناگونی شده است. رنگ‌هایی که در صنایع غذایی، نساجی، ساختمانی و... به کار می‌روند.

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

خود را بیازمایید

شکل زیر پیشرفت واکنش فلز روی با محلول نمکی از وانادیم (V) را نشان می‌دهد.



با توجه به شکل به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

آ) آرایش الکترونی اتم وانادیم (۲۳V) را بنویسید.

ب) آرایش الکترونی وانادیم را در حالت‌های اکسایش (II) و (III) بنویسید.

پ) توضیح دهید چرا در هر مرحله رنگ محلول متفاوت از دیگری است؟

ت) در این واکنش، وانادیم (V) کدام نقش را دارد (اکسنده یا کاهنده)؟ چرا؟

تیتانیوم، فلزی فراتر از انتظار

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

برای نمونه فلزهای دسته d همانند فلزهای دسته s و p، دارای ویژگی‌هایی مانند جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و نیز شکل‌پذیری هستند، اما در ویژگی‌هایی مانند سختی، نقطه ذوب و تنوع اعداد اکسایش با آنها تفاوت دارند.

در میان عنصرهای دسته d از دوره چهارم جدول دوره‌ای، تیتانیوم (Ti_{22}) با ویژگی‌های باورنکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری و استحکام مناسب از جمله این ویژگی‌هاست.

با هم ببیندیشیم

جدول زیر برخی ویژگی‌های تیتانیوم را در مقایسه با فولاد زنگ نزن نشان می‌دهد. با توجه به جدول به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

فولاد	تیتانیوم	ماده ویژگی
۱۵۳۵	۱۶۶۷	نقطه ذوب ($^{\circ}C$)
۷/۹۰	۴/۵۱	چگالی ($g mL^{-1}$)
متوسط	ناچیز	واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا
ضعیف	عالی	مقاومت در برابر خوردگی
عالی	عالی	مقاومت در برابر سایش

آ) هنگامی که موتور جت کار می‌کند همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارند. تیتانیوم بر اساس کدام ویژگی‌ها برای ساخت این موتور به کار رفته است؟ توضیح دهید.

ب) توضیح دهید چرا امروزه در ساخت پروانه کشتی اقیانوس‌پیما به جای فولاد از تیتانیوم استفاده می‌کنند؟

پ) ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار همانند موزه گوگنهایم با پوشش بیرونی تیتانیوم، از چه مزایایی برخوردار است؟ توضیح دهید.

آیا می‌دانید

تیتانیوم، نهمین عنصر فراوان در پوسته جامد زمین است. این عنصر در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود و از جمله کانی‌های آن TiO_2 و $FeTiO_3$ است.

از آنجا که تهیه فلز تیتانیوم خالص، گران و دشوار است، اغلب از TiO_2 در صنایع اولیه استفاده می‌شود. ترکیبی که پایدار، غیر سمی و منعکس‌کننده مناسبی برای پرتوهای فرابنفش خورشید است. از این رنگ سفید در کرم‌های ضدآفتاب و صنایع کاغذ استفاده می‌شود.



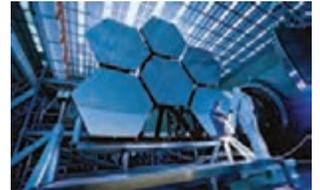
● نمایی از موتور جت



● موزه گوگنهایم در اسپانیا

آیا می دانید

بریلیم یکی از عنصرهای سبک جدول تناوبی است. به طوری که چگالی آن تقریباً $\frac{2}{3}$ برابر چگالی آلومینیم است. سختی بریلیم شش برابر فولاد است. این عنصر به دلیل چگالی بسیار کم و استحکام بسیار زیاد در ساخت سفینه‌ها و شاتل‌ها و تلسکوپ‌های فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تلسکوپ جیمز وب ۱۸ آینه دارد. این آینه‌ها با استفاده از عنصر بریلیم بر روی تلسکوپ نصب شده‌اند تا در شرایط فوق‌العاده دشوار فضای بین ستارگان بتوانند دوام بیاورند.



تیتانیوم افزون بر ویژگی‌های یادشده به شکل آلیاژهای گوناگون نیز کاربرد گسترده‌ای در صنعت یافته است. برای نمونه نیتینول^۱ آلیاژی از نیکل و تیتانیوم بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی به کار می‌رود (شکل ۱۲).



(پ)

پ) قاب عینک



(آ)



(ب)

آ) سازه فلزی در ارتودنسی ب) استنت برای رگ‌ها

شکل ۱۲- برخی کاربردهای تیتانیوم

تمرین‌های دوره‌ای

۱- با توجه به ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای عنصرها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

(آ) عنصرهای کدام گروه‌ها جزو مواد مولکولی هستند؟

(ب) عنصرهای کدام گروه جزو مواد کووالانسی هستند؟

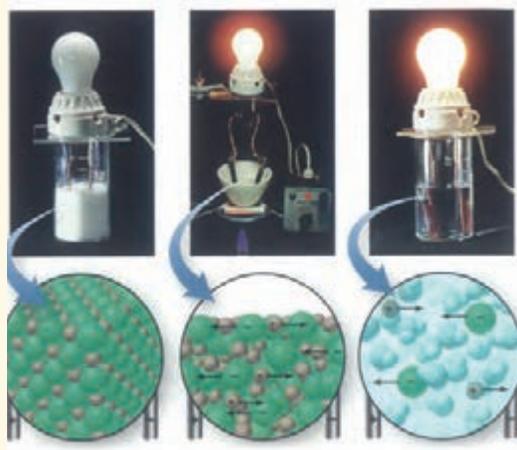
(پ) عنصرهای کدام دسته (s، p یا d) همگی فلزند؟

۲- سیلیسیم کربید (SiC) یک ساینده ارزان است که در تهیه سنباده به کار می‌رود.

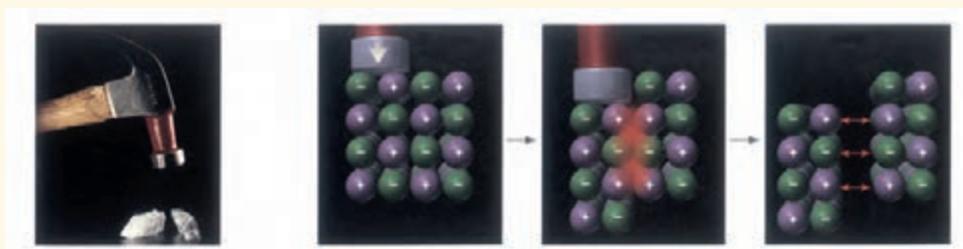
(آ) این ماده را در کدام دسته از مواد جای می‌دهید؟ چرا؟

(ب) سختی آن را در مقایسه با الماس و سیلیسیم پیش‌بینی کنید.

۳- هر یک از شکل‌های زیر رفتاری از مواد یونی را نشان می‌دهد. در هر مورد آن رفتار را با دلیل توصیف کنید.



(آ)



(ب)

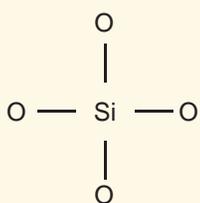
۴- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیل بنویسید.

(آ) تنوع و شمار مواد مولکولی بیشتر از مواد کووالانسی است.

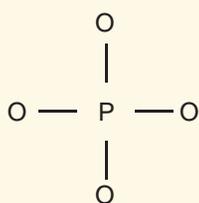
(ب) ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، جزو مواد مولکولی به شمار می‌روند.

(پ) ترتیب واکنش‌پذیری فلزهای پتاسیم، کلسیم و تیتانیم به صورت $\text{Ti} > \text{Ca} > \text{K}$ است.

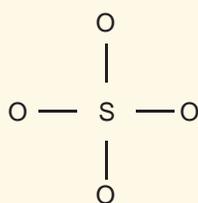
۵- سیلیسیم، فسفر و گوگرد از جمله عنصرهای اکسیژن دوست هستند به طوری که در طبیعت به شکل نمک‌های اکسیژن دار یافت می‌شوند. با توجه به ساختار لوویس آنیون‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



یون سیلیکات



یون فسفات



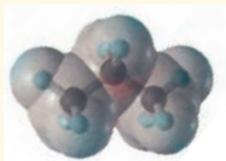
یون سولفات

آ) هریک از ساختارهای لوویس را با جفت نقطه‌ها کامل کرده سپس بار الکتریکی هر آنیون را مشخص کنید.

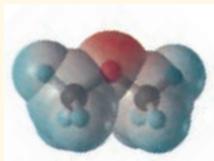
ب) فرمول شیمیایی نمک حاصل از این آنیون‌ها را با یون سدیم سپس یون کلسیم بنویسید.

۶- نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی پروپان و دی‌متیل اتر با جرم مولی نزدیک به هم به صورت زیر است. با توجه به آنها به پرسش‌ها پاسخ دهید.

پروپان



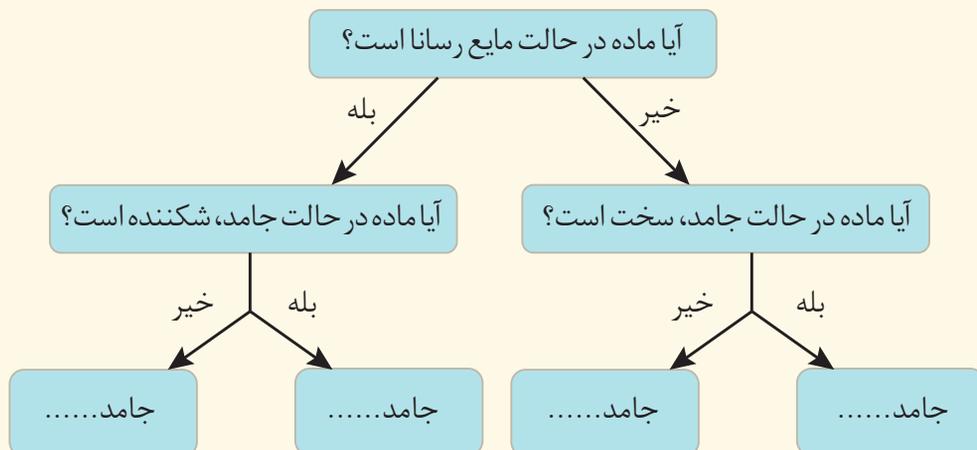
دی‌متیل اتر



آ) کدام یک در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند؟ چرا؟

ب) توضیح دهید کدام یک از این دو ماده گازی شکل، آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود؟

۷- گروهی از دانش‌آموزان همه مواد خالص را براساس رفتار آنها مطابق نمودار زیر دسته‌بندی کرده‌اند. با پر کردن جاهای خالی، نمونه‌ای برای هر جامد مثال بزنید.





●●● وَأَنْ لِّیْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى (سوره النجم، آیه ۳۹) ●●●

و اینکه برای انسان جز آنچه تلاش کرده (بهره‌ای) نیست.

رشد و پیشرفت هر جامعه تنها در سایه تلاش هدفمند و آگاهانه افراد خبره، کاردان و ورزشده دست‌یافتنی است. در واقع برای بالا رفتن از نردبان پیشرفت، افزون بر انگیزه باید نخست تکیه‌گاه مناسبی برای آن یافت. این تکیه‌گاه دانش، توانایی، مهارت و زیرساخت‌های لازم است. با تأمین این شرایط برای دستیابی به هدفی معین، تلاش و پشتکار شرط کافی خواهد بود. آنچنان که تداوم و خستگی‌ناپذیری در این راه پیامدهایی فراتر از انتظار توأم با کسب افتخار به دنبال خواهد داشت. از جمله پیامدهای رشد و پیشرفت جامعه می‌توان دسترسی آسان و ارزان‌تر به فناوری نور نام برد. بهره‌گیری از مبدل کاتالیستی در خودرو و کود شیمیایی سبز و همچنین تبدیل مواد شیمیایی خام به مواد ارزشمند از جمله فناوری‌هایی به شمار می‌رود که در آنها دانش شیمی همراه با انگیزه و تلاش راهی را به سوی آینده‌ای روشن‌تر رقم می‌زند.



آیا می دانید

پزشکان برای انجام عمل جراحی بیماران مختلف، نیاز دارند که با استفاده از داروهای بیهوشی آنها را به طور کامل بیهوش کنند یا بخشی از بدن آنها را به طور موضعی بی حس کنند. اولین داروی بیهوشی در اواسط دهه ۱۸۰۰ میلادی (۱۱۰۰ خورشیدی) کشف شد. پس از آن و در طول ۲۰۰ سال شیمی دانان داروهای بیهوشی بسیار زیادی از جمله کتامین طراحی کرده و ساخته اند. داروهایی که سبب شده است تا امروزه انواع جراحی ها به آسانی انجام شوند. برخی از داروهای بیهوشی، استنشاقی و برخی تزریقی هستند.



یکی از ویژگی های ذاتی انسان، کنجکاوی و پرسشگری اوست. از این رو، پیوسته در پی شناخت محیط پیرامون خود است. او همواره برای زندگی و ادامه آن با چالش ها و مشکلات گوناگونی روبه رو بوده است اما با بهره گیری از هوش، خرد و الهام از طبیعت توانسته برای هر پرسش در ذهن خود پاسخی بیابد. انسان همچنین برای حل مسئله در هر زمان و مکان، راهکاری عملی یافته است. هرچند که برخی پاسخ های ارائه شده و راهکارهای استفاده شده، ساده و برخی دیگر پیچیده اند، اما هر یک از آنها در جای خود نوآورانه و کارآمد بوده اند. مجموعه چنین تلاش هایی در گذر زمان منجر به تولید و انباشت دانش و فناوری شده است. یکی از آنها، دانش شیمی و فناوری های آن است که نقش پررنگی برای گذر از تنگناها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است. شکل ۱ برخی از دستاوردهای مهم شیمی را در این راستا نشان می دهد.



فناوری شناسایی و تولید مواد بی حس کننده و آنتی بیوتیک، راه را برای جراحی های گوناگون هموار کرد.

فناوری تولید پلاستیک، صنعت پوشاک و صنعت بسته بندی (غذا، دارو و...) را دگرگون ساخت.

فناوری تصفیه آب، مانع گسترش بیماری هایی از جمله وبا در جهان شده است.



گسترش فناوری صفحه های نمایشگر در وسایل الکترونیک، مدیون دانش شیمی است.

فناوری تولید بنزین به حمل و نقل سرعت بخشید و مبدل های کاتالستی آلودگی ناشی از مصرف آن را کاهش داد.

فناوری های شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب، نقش چشمگیری در تأمین غذای جمعیت جهان دارد.

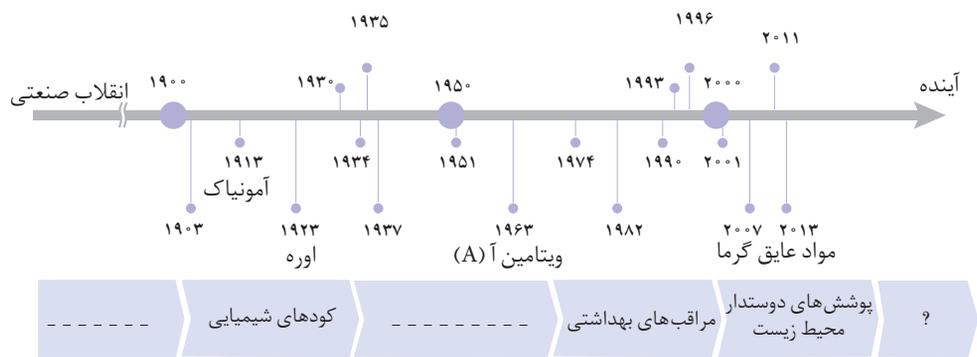
شکل ۱- برخی دستاوردهای شیمی در جهان

شواهد تاریخی در گذر زمان نشان می دهد که انسان به تدریج با مسائل پیچیده تری روبه رو شده است. از این رو پیش بینی می شود که در آینده چالش های تازه و حیاتی پیش رو داشته باشد. بدیهی است برطرف کردن و حل هر یک از آنها به دانش و فناوری های پیشرفته تری نیاز خواهد داشت (نمودار ۱).

آیا می دانید

شیمی دان ژاپنی برنده نوبل ۲۰۰۱، ریوجی نویوری (Ryoji Noyori) معتقد است:

شیمی آگاهی مورد نیاز برای دستیابی به توسعه پایدار و حل مسائلی که زندگی را روی زمین تهدید می کند، فراهم می نماید.



نمودار ۱- چند نمونه فرآورده حاصل از فناوری‌های شیمیایی در گذر زمان

باتوجه به کارآمدی علوم تجربی، بسیاری بر این باورند که این علوم و از جمله دانش شیمی و فناوری‌های آن می‌توانند آینده روشنی را برای جهان رقم بزنند. باید توجه داشت با اینکه استفاده بهینه و درست از دانش و فناوری، آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می‌کند، اما استفاده نادرست از آن، آثار مخرب‌تر و زیانبارتری به دنبال خواهد داشت. در واقع نوع استفاده از دانش و فناوری دو روی یک سکه هستند. برای نمونه تولید سلاح‌های شیمیایی استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهد.

در این فصل با سه نمونه از دستاوردهای شیمی برای کاهش آلودگی هوا، افزایش فرآورده‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری منابع شیمیایی آشنا خواهید شد.

به دنبال هوای پاک

تماشای آسمان آبی و تنفس در هوای پاک همیشه لذت‌بخش و شادی‌آفرین است آنچنان که سعدی، استاد سخن، می‌فرماید: «هر نفسی که فرو می‌رود مُمدِّ حیات است و چون بر می‌آید مُفَرِّحِ ذات، ...». افسوس که با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با رفتارهای نادرست، دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است. شاید شما هم لایه قهوه‌ای روشن که سطح شهرهای بزرگ جهان و کشورمان را به‌ویژه در زمستان می‌پوشاند، دیده باشید. هوایی که نه تنها شادی‌آفرین نیست بلکه نفس کشیدن را دشوار کرده و مشکلات تنفسی ایجاد می‌کند (شکل ۲).

آیا می دانید

هوای آلوده شامل ترکیبات آلی اکسیژن‌دار مانند اتانال است. این مواد از واکنش هیدروکربن‌ها با سایر گازهای موجود در هواکره تشکیل می‌شوند.

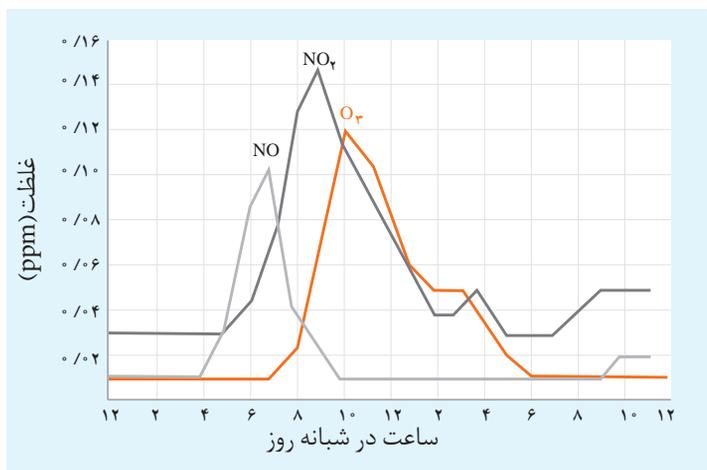


شکل ۲- یکی از چالش‌های مهم در جهان امروز داشتن هوای پاک است.

هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور یکنواخت در هوا کره پخش شده‌اند. در حالی که هوای آلوده افزون بر آنها حاوی گازهای گوناگونی مانند SO_2 ، O_3 ، NO_2 ، CO ، NO ، ذره‌های معلق و مواد آلی فرار است. به دلیل وجود این آلاینده‌ها، هوای آلوده بوی بدی دارد، چهره شهر را زشت می‌کند، فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد و سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود.

خود را بیازمایید

۱- نمودار زیر غلظت برخی از این آلاینده‌ها را در نمونه‌ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می‌دهد.

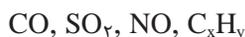


آ) مقدار این آلاینده‌ها بین چه ساعت‌هایی از شبانه‌روز به بیشترین حد خود می‌رسد؟

ب) چرا هوای آلوده به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود؟

پ) چرا با کاهش مقدار گاز NO_2 ، مقدار گاز O_3 ، رو به افزایش است؟

۲- در شیمی ۱، آموختید که آلاینده‌های زیر در خروجی اگزوز خودروها وجود دارند.



آ) دلیل وجود هیدروکربن‌ها در گازهای خروجی از اگزوز را توضیح دهید.

ب) پیدایش گازهای کربن مونوکسید، گوگرد دی‌اکسید و نیتروژن مونوکسید را با نوشتن

معادله شیمیایی موازنه شده توجیه کنید.

هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب بی‌رنگ هستند و نمی‌توان به آسانی وجود

آنها را تشخیص داد. همچنین نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آنها در شهرهای گوناگون

متفاوت است. آیا می‌دانید چگونه می‌توان نوع و مقدار آلاینده‌ها را در یک نمونه هوای آلوده

تعیین کرد؟ برای پاسخ به این پرسش، باید رفتار این مواد را بررسی کرد. یکی از این رفتارها،

فرمول شیمیایی آلاینده	مقدار آلاینده به ازای طی یک کیلومتر (گرم)
CO	۵/۹۹
C_xH_y	۱/۶۷
NO	۱/۰۴

● حساب کنید روزانه چند تن آلاینده وارد هوا کره می‌شود؟ فرض کنید روزانه صد میلیون خودرو در جهان به طور میانگین ۵۰ کیلومتر مسافت می‌پیمایند.

آیا می‌دانید

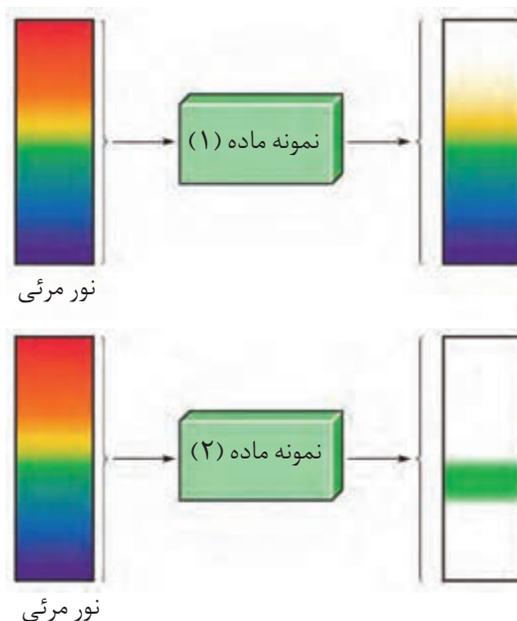
یکی از کاربردهای برجسته الکتروشیمی، اندازه‌گیری غلظت گونه‌های شیمیایی است. کاربردی که با دقت بالا برای گستره وسیعی از گونه‌ها در محیط‌های آزمایشگاهی، زیستی، صنعتی و... رایج شده‌اند. اساس اغلب اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی، وجود دو الکترود در ساختار یک سلول است. از این دو الکترود، یکی استاندارد و دیگری شناساگر است. پتانسیل الکترود استاندارد ثابت اما پتانسیل الکترود شناساگر به غلظت گونه‌ی آزمایشی بستگی دارد. از emf چنین سلول‌هایی می‌توان نخست پتانسیل الکترود شناساگر و سپس غلظت گونه‌ی آزمایشی را تعیین کرد.

pH سنج دیجیتال، گلوکومتر و دستگاه اندازه‌گیری آلاینده‌ها در مراکز معاینه فنی خودروها بر همین اساس کار می‌کنند.

برهم کنش مواد با پرتوهای الکترومغناطیسی است. پیش از این آموختید هرگاه یک نمونه ماده در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی قرار گیرد، ممکن است گستره معینی از آنها را جذب و پرتوهای باقی مانده را بازتاب کند یا عبور دهد.

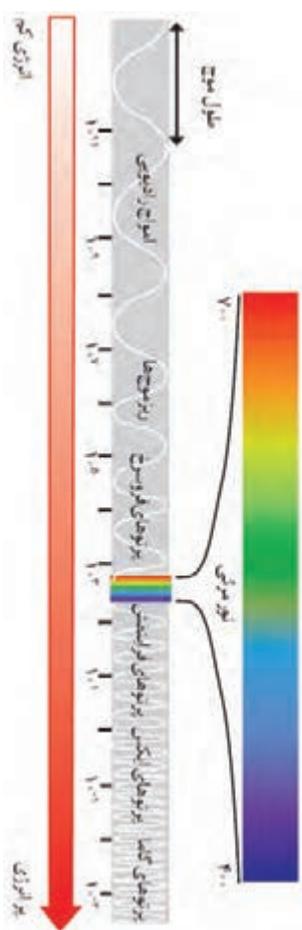
خود را بیازمایید

هر یک از شکل‌های زیر رفتار یک نمونه ماده را در برابر پرتوهای مرئی نشان می‌دهد، با توجه به آنها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



آ) کدام نمونه ماده طول موج‌های بیشتری از پرتوهای مرئی را جذب کرده است؟
 ب) آیا ساختار این دو ماده یکسان است؟ چرا؟

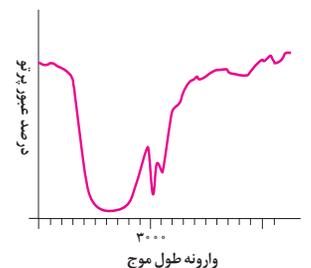
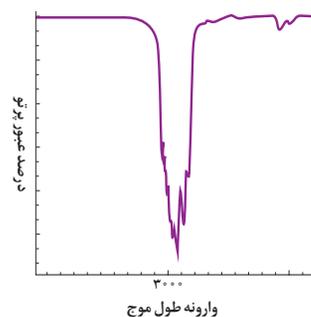
با توجه به اینکه پرتوهای مرئی، بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی را دربرمی‌گیرد، انتظار می‌رود دیگر پرتوها مانند فرورسرخ، فرابنفش و... نیز با ماده برهم کنش داشته باشند. شیمی‌دان‌ها با استفاده از چنین برهم کنش‌هایی میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی، روش‌های گوناگون طیف‌سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه‌گذاری کرده‌اند. یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به کار می‌رود، **طیف‌سنجی فرورسرخ**^۱ نام دارد. با توجه به اینکه شمار و نوع اتم‌های سازنده هر گروه عاملی متفاوت از دیگری است، هر یک از آنها تنها گستره معین و منحصر به فردی از پرتوهای فرورسرخ را جذب می‌کنند. همین تفاوت، اساس شناسایی گروه‌های عاملی از یکدیگر است.



● گستره پرتوهای الکترومغناطیسی

آیا می دانید

در شیمی ۱ آموختید که نور، کلید شناخت جهان است. شیمی دان‌ها برای شناسایی ساختار دقیق مواد از رفتار آنها در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی (نور) بهره بسیاری برده‌اند. هر بخش از گستره پرتوهای الکترومغناطیس برهم کنش ویژه‌ای با ماده دارد و برای شناسایی بخشی از آن ماده به کار می‌رود. برای نمونه طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی و تشخیص گروه‌های عاملی به کار می‌رود. شکل زیر بخشی از طیف فروسرخ دو ماده با فرمول مولکولی یکسان را (C_2H_6O) نشان می‌دهد.



● دمای موتور خودروها بیشتر از $1000^{\circ}C$ است.

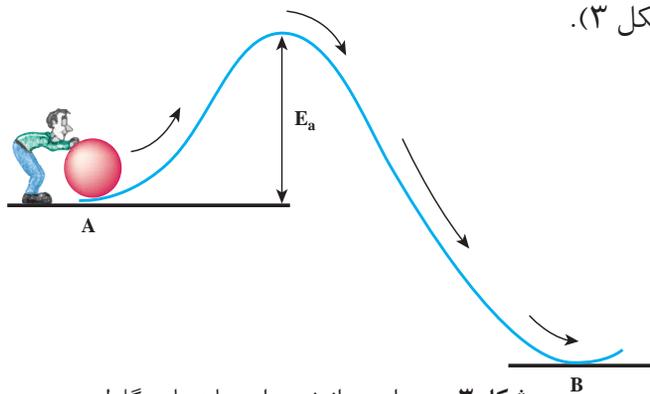
همچنین از طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد. افزون بر طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان از برهم کنش پرتوهای فرابنفش، نور مرئی، امواج رادیویی و... نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. ام. آر. آی (MRI) خود، نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

پس از شناسایی و تعیین میزان آلاینده‌ها اکنون این پرسش مطرح است که چگونه می‌توان مقدار این آلاینده‌ها را در هواکره کاهش داد یا آنها را حذف کرد؟ آشنایی با رفتار و واکنش‌های شیمیایی آلاینده‌ها، انرژی فعال‌سازی و نقش کاتالیزگر در چنین واکنش‌هایی می‌تواند ما را در حل این مسئله یاری کند.

انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های شیمیایی

در شیمی ۲ آموختید که واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های گوناگون انجام می‌شوند. برای نمونه واکنش زنگ زدن آهن کُند در حالی که واکنش سوختن متان، تند است. به‌راستی چرا سرعت واکنش‌های شیمیایی با هم تفاوت دارند؟ همچنین می‌دانید که افزایش دما سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود؛ برای نمونه گاز نیتروژن با گاز اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی‌دهد اما درون موتور خودرو اندکی از آنها به نیتروژن مونوکسید تبدیل می‌شود. آیا می‌دانید چرا این واکنش در دمای اتاق انجام نمی‌شود؟

هر واکنش برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی آغاز شود باید واکنش‌دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند. برای درک بهتر این موضوع، فرض کنید شخصی می‌خواهد گلوله‌ای را از نقطه A به نقطه B منتقل کند (شکل ۳).



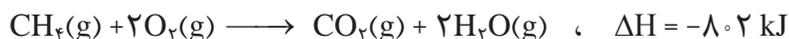
شکل ۳- عبور از سد انرژی برای جابه‌جایی گلوله

برای این منظور، او دست کم باید انرژی لازم برای رساندن گلوله به بالای قله را تأمین کند؛ زیرا از آن به بعد گلوله بر اثر نیروی گرانش روی سطح شیب‌دار به پایین سرازیر می‌شود. بدیهی است هرچه ارتفاع قله کمتر باشد، انتقال گلوله آسان‌تر و سریع‌تر انجام می‌شود (چرا؟).

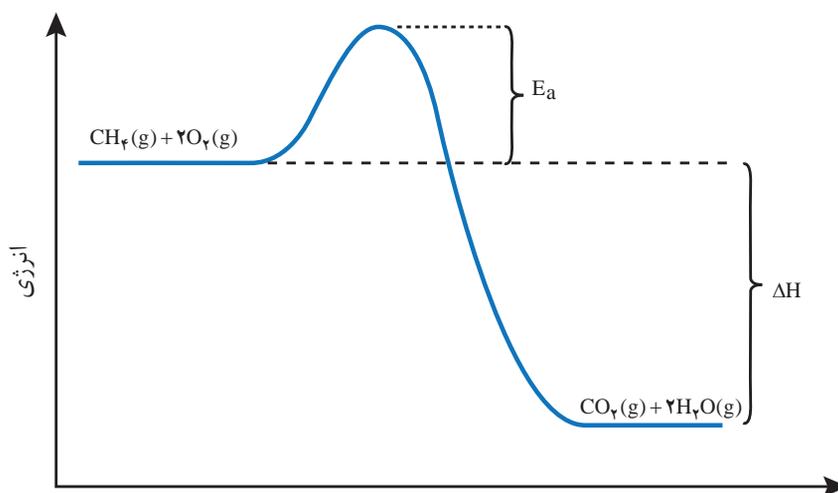


● هنگامی که نوک کبریت روی سطح زیر قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش شیمیایی انجام شده را تأمین می‌کند.

برای واکنش‌های شیمیایی نیز چنین است، به طوری که برای آغاز هر واکنش شیمیایی، مقدار معینی از انرژی لازم است که به آن انرژی فعال‌سازی^۱ واکنش می‌گویند. یکی از روش‌های تأمین این انرژی، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است. جالب اینکه واکنش‌های شیمیایی صرف‌نظر از اینکه گرماده یا گرماگیر باشند، برای آغاز شدن به انرژی نیاز دارند؛ برای نمونه به واکنش سوختن متان (گاز شهری) در اجاق گاز توجه کنید.



هر چند این واکنش گرماده است اما برای آغاز شدن به جرقه یا شعله نیاز دارد. در واقع جرقه یا شعله فندک و کبریت، انرژی فعال‌سازی واکنش را تأمین می‌کند (نمودار ۲).



نمودار ۲- نمودار انرژی- پیشرفت واکنش سوختن متان

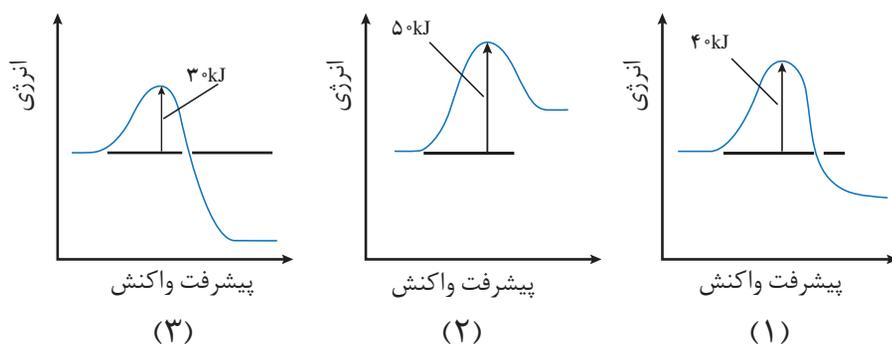
● انرژی فعال‌سازی واکنش را با E_a نمایش می‌دهند و با یکای کیلوژول گزارش می‌کنند.

این نمودار نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای آغاز واکنش باید حداقلی از انرژی را داشته باشند تا با عبور از سد انرژی به فرآورده‌ها تبدیل شوند. فرآورده‌هایی که در این واکنش پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. به دیگر سخن اگر انرژی فعال‌سازی این واکنش تأمین نشود، واکنش‌دهنده‌ها دست نخورده باقی می‌مانند.

بدیهی است که هرچه انرژی فعال‌سازی واکنشی بیشتر باشد، سرعت آن کمتر است. در نتیجه واکنش در شرایط دشوارتر و دمای بالاتری انجام می‌شود زیرا بزرگ بودن E_a نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای عبور از این سد به انرژی بیشتری نیاز دارند. از این رو با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر می‌شود. به طوری که شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند به فرآورده‌ها تبدیل شوند، افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد. این توصیف کمک می‌کند تا بتوان با مقایسه E_a واکنش‌ها، درباره سرعت و شرایط آغاز آنها اظهار نظر کرد.

خود را بیازمایید

با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

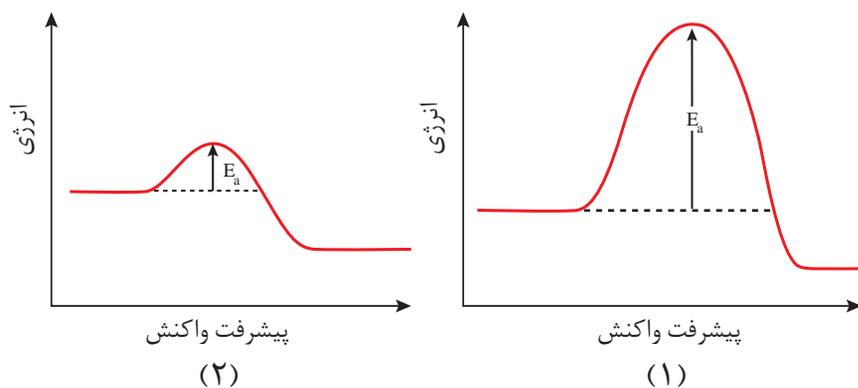


آ) گرماده یا گرماگیر بودن هر یک از واکنش‌ها را مشخص کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

ب) کدام واکنش در شرایط یکسان سریع‌تر انجام می‌شود؟ چرا؟

پ) فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. با توجه به این

واقعیت کدام نمودار به کدام واکنش مربوط است؟ چرا؟



برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده‌ها در آنها صرفه اقتصادی ندارد (چرا؟). از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایط بهینه (دما و فشار پایین‌تر) برای انجام چنین واکنش‌هایی هستند. به نظر شما چگونه می‌توان واکنش‌هایی از این دست که انرژی فعال‌سازی زیادی دارند را در دما و فشار پایین با سرعت مناسب انجام داد؟ بدون تردید پاسخ شما، یافتن راهی برای کاهش انرژی فعال‌سازی است که با استفاده از کاتالیزگر امکان‌پذیر است. ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد، درحالی که خودش در پایان واکنش باقی می‌ماند. اما چگونه چنین چیزی ممکن است؟

● کاتالیزورها در واکنش شرکت می‌کنند؛ اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. از این رو می‌توان آنها را بارها و بارها به کار برد. همچنین استفاده از کاتالیزورها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود.

در بدن انسان مجموعه‌ای از واکنش‌های پیچیده انجام می‌شود. همه این واکنش‌ها باید با سرعت‌های کنترل شده و دقیقی انجام شوند تا انسان را زنده نگه‌دارند. آنزیم‌ها برای کنترل این واکنش‌ها نقش حیاتی دارند. بیشتر آنزیم‌ها پروتئین‌هایی با مولکول‌های بزرگ هستند. هر واکنشی که در بدن انسان انجام می‌شود، آنزیم ویژه‌ای به آن سرعت می‌بخشد. نکته جالب این است که برخی آنزیم‌ها تنها تولید یک ماده خاص در یک واکنش ویژه را کنترل می‌کنند.

۱- جدول زیر برخی داده‌ها برای واکنش میان گازهای هیدروژن و اکسیژن را در شرایط گوناگون نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

شرایط آزمایش	دما (°C)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	-۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	-۵۷۲
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	-۵۷۲

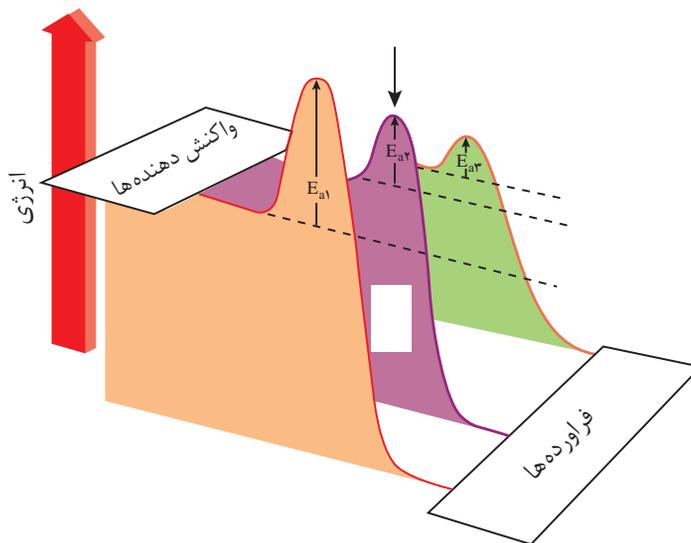
آ) توضیح دهید چرا این واکنش در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود؟

ب) نقش جرقه در انجام واکنش چیست؟

پ) نقش پودر روی و توری پلاتینی در این واکنش چیست؟

ت) کدام کمیت برای این واکنش در هر شرایطی ثابت می‌ماند؟

۲- هر یک از نمودارها را به کدام شرایط واکنش می‌توان نسبت داد؟ توضیح دهید.



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

کاتالیزگر در هر واکنش شیمیایی با $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ می‌دهد، اما آنتالپی واکنش $\frac{\text{ثابت می‌ماند}}{\text{افزایش می‌یابد}}$.



● کاتالیزگر را می‌توان به تونلی در یک جاده کوهستانی تشبیه کرد. تونل با کوتاه کردن مسیر حرکت سبب می‌شود که مسافران زودتر به مقصد برسند، کاتالیزگر نیز با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش دهنده‌ها سریع‌تر به فراورده‌ها تبدیل شوند.

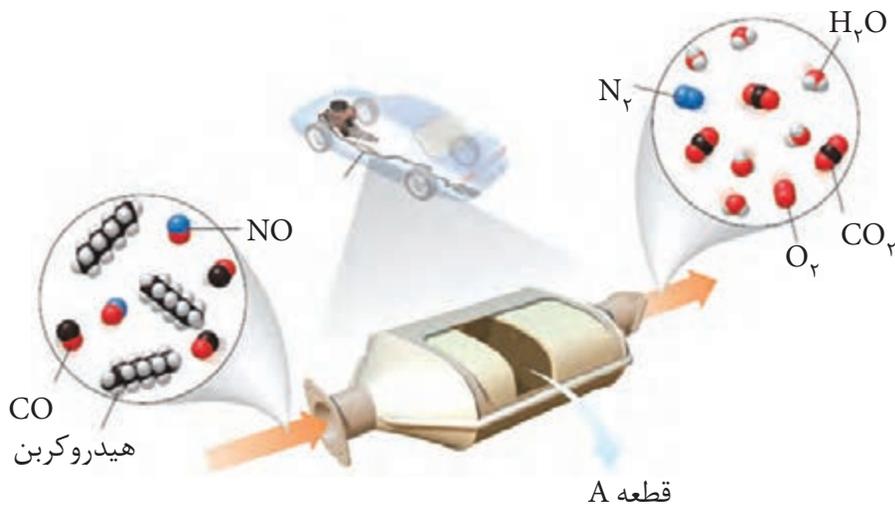
پی بردید که انرژی فعال سازی واکنش را می توان با استفاده از گرما تأمین کرد یا با استفاده از کاتالیزگر کاهش داده تا واکنش ها را با سرعت دلخواه انجام داد. اینک زمان آن رسیده است که در نقش یک شیمی دان یا مهندس شیمی با تکیه بر دانش شیمی خود، راهکارهایی برای کاهش یا حذف آلاینده های خروجی از اگزوز خودروها ارائه کنید. نکته شایان توجه این است که این آلاینده ها در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هوا کره می شوند. همچنین دمای آنها در این زمان بسیار کوتاه به سرعت کاهش می یابد.

آیا می دانید

گازهای خروجی از اگزوز تنها ۰/۴ ثانیه در تماس با کاتالیزگرهای مبدل کاتالیستی هستند.

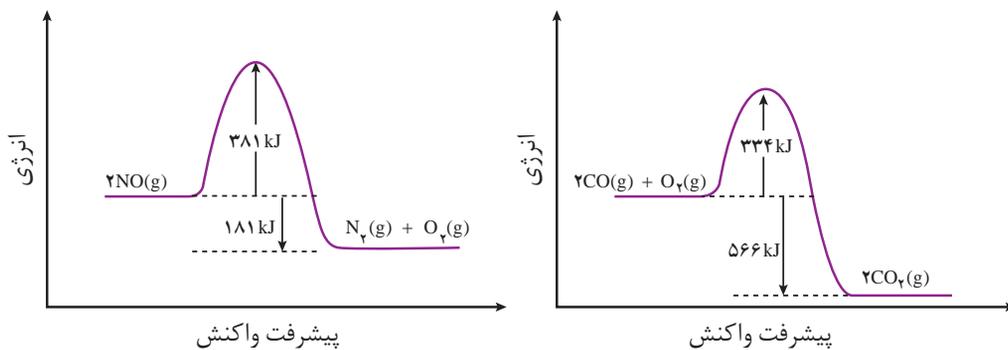
با هم بیندیشیم

۱- برای حذف آلاینده های موجود در اگزوز خودروها (CO و NO , C_xH_y) قطعه ای را در مسیر خروج گازها قرار می دهند. با توجه به شکل زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) هر آلاینده پس از عبور از قطعه A به چه فرآورده ای تبدیل می شود؟
 ب) معادله شیمیایی حذف هر یک از آلاینده ها را بنویسید و موازنه کنید.

۲- با توجه به نمودارهای زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) چرا این واکنش ها در دماهای پایین انجام نمی شوند یا بسیار کند هستند؟
 ب) انرژی فعال سازی و آنتالپی هر واکنش را تعیین کنید.

۳- جدول زیر مقدار این آلاینده‌ها را در حضور و غیاب قطعه A نشان می‌دهد.
 (آ) با توجه به آن پیش‌بینی کنید نقش این قطعه چیست؟

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

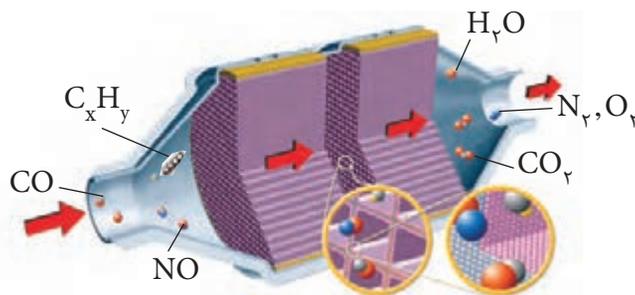
(ب) تجربه نشان می‌دهد که کارایی قطعه A به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن بستگی دارد. این قطعه محتوی سه نوع کاتالیزگر است. با این توصیف کدام عبارت زیر درست است؟ چرا؟

- هر کاتالیزگر می‌تواند به همه واکنش‌ها سرعت ببخشد.
- هر کاتالیزگر به شمار معدودی واکنش سرعت می‌بخشد.

آیا می‌دانید

برای صنعت خودرو سازی جهان در سال ۲۰۰۸ میلادی حدود $۱/۳ \times ۱۰^۵$ kg Pd، $۱/۲ \times ۱۰^۵$ kg Pt و $۲/۶ \times ۱۰^۴$ kg Rh مصرف شده است.

دریافتید که در مسیر گازهای خروجی از خودروها قطعه‌ای قرار می‌دهند که می‌تواند باعث حذف یا کاهش آلاینده‌ها شود. **مبدل کاتالیستی**^۱ نامی است که به آن نسبت می‌دهند. بر روی سطح این قطعه سرامیکی که به شکل توری به کار می‌رود، فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) نشانده شده است. برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل **مش** (دانه‌های ریز درمی‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند (چرا؟) (شکل ۴).



شکل ۴- در سطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند.

با اینکه مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند اما پس از مدت معینی کارایی آن کاهش می‌یابد و دیگر قابل استفاده نیست.

در میان تارنماها

با مراجعه به منابع معتبر اینترنتی درباره اینکه «سوخت مناسب برای خودروهای مجهز به مبدل کاتالیستی، بنزین بدون سرب است» اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

خود را بیازمایید

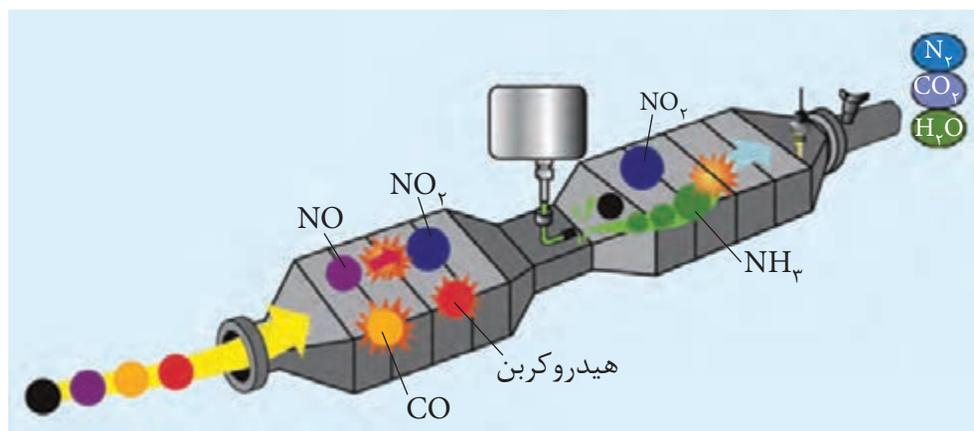
۱- با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از آگزوز خودروها به هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای NO ، CO و C_xH_y بیشتری مشاهده می‌شود. (آ) دلیل این پدیده را توضیح دهید.

(ب) چه راهکاری برای برطرف کردن این مشکل پیشنهاد می‌کنید؟

۲- درباره درستی جمله‌های زیر گفت‌وگو کنید.

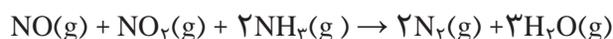
- کاتالیزگر اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می‌کند.
- در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود.
- کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.

پی بردید که با استفاده از مبدل کاتالیستی می‌توان از ورود آلاینده‌های تولید شده در خودروهای بنزینی به هوا کره جلوگیری کرد. اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از این نوع مبدل‌ها نمی‌توان گازهای NO و NO_2 خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. بنابراین ضروری است برای حل این مسئله، تبدلی نو طراحی کرد. پژوهشگران و مهندسان برای خودروهای دیزلی تبدلی به شکل ۵ طراحی کرده‌اند.



شکل ۵- مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی

در این مبدل با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای NO و NO_2 به گاز N_2 تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود گازهای NO و NO_2 به هوا کره جلوگیری می‌شود.



تفکر نقادانه

می‌دانید که افزایش کربن دی‌اکسید سبب ایجاد اثر گلخانه‌ای و بالا رفتن دمای کره زمین شده است. در نتیجه یخ‌های قطبی در حال آب شدن هستند. این مسئله سبب خواهد شد تا رفت و آمد کشتی‌ها و همچنین حفاری در اعماق اقیانوس قطب شمال و استخراج سوخت‌های فسیلی آن منطقه آسان‌تر شود. برای این اساس عده‌ای معتقدند که نیازی به کنترل کربن دی‌اکسید هوا کره نیست. این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی

آیا می‌دانید

برای تأمین غذا افزون بر کودهای شیمیایی مناسب، دانش و فناوری‌های دیگری از جمله شناسایی و تولید مواد شیمیایی برای کنترل آفت‌ها، به‌کارگیری دانش شیمی خاک، فراوری فراورده‌های کشاورزی و ... نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. برای نمونه تنظیم pH خاک در رشد گیاه مؤثر است.

می‌دانید که غذا به‌عنوان محور رشد و سلامتی، یکی از ضرورت‌های زندگی برای ادامه آن به‌شمار می‌رود. اما محدودیت منابع و روند رو به افزایش جمعیت سبب شده تا تأمین غذا به یکی دیگر از چالش‌های زندگی تبدیل شود. بهترین راه‌حل برای این مسئله، افزایش بهره‌وری در تولید فراورده‌های کشاورزی است. در این راستا شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک راهگشا خواهد بود.

گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به‌طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این‌رو باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود (شکل ۶).

نام گیاه	گستره pH مناسب برای رشد
گندم	۶/۸ - ۷/۵
جو	۵/۷ - ۷/۵
ذرت	۵/۷ - ۶/۸
پونجه	۶/۸ - ۷/۵



شکل ۶- در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به‌عنوان کود شیمیایی به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

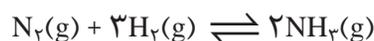
● گیاهان برای رشد افزون بر کربن دی‌اکسید و آب به عنصرهایی مانند S، N، P، K و ... نیاز دارند.

از شیمی ۱ به یاد دارید که در دمای اتاق، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه پیش نمی‌رود (چرا؟). از سوی دیگر این واکنش، برگشت‌پذیر است و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد. تعادلی که در دمای معین، مخلوطی از گازهای واکنش‌دهنده و فراورده با غلظت ثابت است.

خود را بیازمایید

با توجه به معادله واکنش تعادلی تولید گاز آمونیاک و عبارت ثابت تعادل آن به پرسش‌ها

پاسخ دهید.



$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

(آ) توضیح دهید چگونه می‌توان از روی معادله یک واکنش، عبارت ثابت تعادل را برای آن

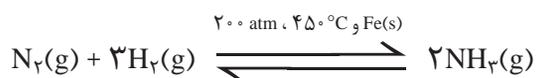
نوشت؟

(ب) جدول صفحه بعد غلظت تعادلی گونه‌ها را در دمای معینی برای این واکنش نشان

می‌دهد. با محاسبه K ، مشخص کنید میزان پیشرفت واکنش در این دما کم است یا زیاد؟ چرا؟

$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$	K
۰/۰۲	۰/۵	۰/۴	.....

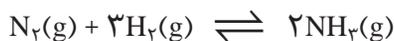
تولید فراورده بیشتر در شرایط معین، به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به دیگر سخن هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند. از این رو شیمی‌دان‌ها به دنبال یافتن شرایطی هستند که در آن، واکنش دهنده‌ها تا حد ممکن به فراورده‌ها تبدیل شده باشند. فریتس هابر برای یافتن چنین شرایطی، این واکنش را بارها و بارها در شرایط گوناگون انجام داد و سرانجام موفق شد شرایط بهینه واکنش را بیابد.



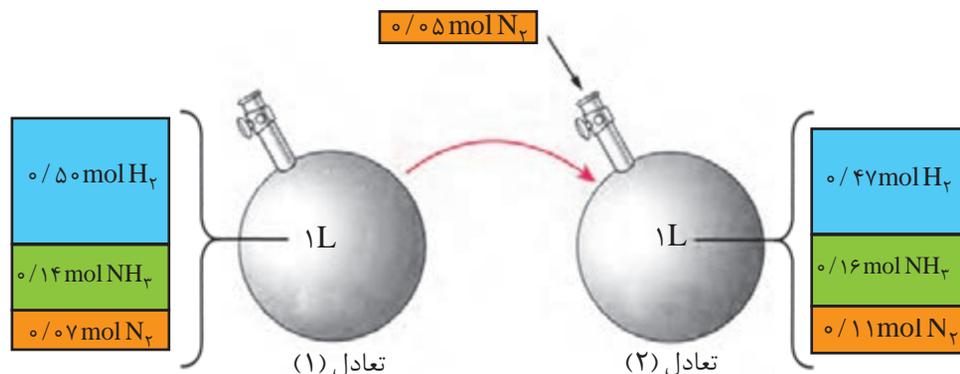
به‌راستی او بر چه اساسی واکنش را در این شرایط طراحی کرد؟ چگونه میزان پیشرفت واکنش تعادلی را با تغییر شرایط افزایش داد؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها باید درباره واکنش‌های تعادلی بیشتر بیاموزید.

با هم بیندیشیم

در محفظه‌ای به حجم یک لیتر، تعادل زیر در دمای $200^\circ C$ برقرار است.



شکل زیر افزودن مقداری نیتروژن را به این سامانه در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



۱- جدول زیر را کامل کنید.

K	[N ₂]	[H ₂]	[NH ₃]	کمیت
				تعداد
				۱
				۲

۲- غلظت کدام مواد در تعادل (۲) در مقایسه با تعادل (۱) افزایش یافته است؟

۳- با افزودن N₂(g) به تعادل (۱)، واکنش در چه جهتی پیش رفته است تا به تعادل جدید برسد؟ چرا؟

۴- K در این آزمایش چه تغییری کرده است؟ از این ویژگی چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۵- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

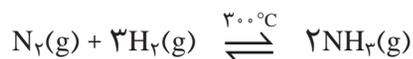
هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت کننده در سامانه تعادلی $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{تولید}}{\text{مصرف}}$ آن تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل $\frac{\text{آغازی}}{\text{جدید}}$ برسد.

پی بردید که واکنش تعادلی با افزایش غلظت یکی از مواد شرکت کننده در دمای ثابت، در جهتی پیش می‌رود که تا حد امکان مقداری از آن را مصرف کند و به تعادل جدید برسد اما در این جابه‌جایی، K ثابت می‌ماند.

بدیهی است که با کاهش غلظت هر ماده شرکت کننده، واکنش تا حد امکان در جهت تولید آن ماده پیش خواهد رفت. این ویژگی نشان می‌دهد که اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند. این توصیف، بیانی از اصل لوشاتلیه^۱ است.

خود را بیازمایید

واکنش تعادلی زیر در سامانه‌ای با حجم و دمای ثابت برقرار است. با هر یک از تغییرهای زیر تعادل در چه جهتی جابه‌جا می‌شود؟ چرا؟



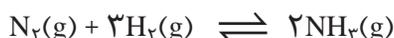
آ) خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه

ب) وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه

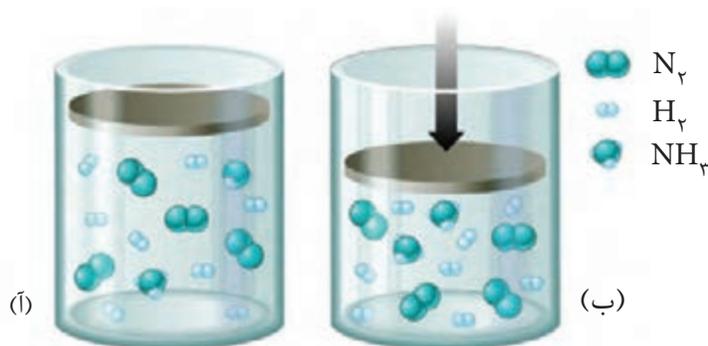
تغییر حجم سامانه در تعادل های گازی

با اثر تغییر غلظت یکی از مواد شرکت کننده بر تعادل گازی در دمای ثابت آشنا شدید. دریافتید که در دما و حجم ثابت با افزایش شمار مول های یکی از مواد شرکت کننده، غلظت آن افزایش می یابد و مطابق اصل لوشاتلیه واکنش تعادلی تا حد امکان در جهت مصرف آن جابه جا می شود.

برای تغییر غلظت مواد شرکت کننده می توان از روش دیگری نیز بهره برد. روشی که در آن حجم سامانه در دمای ثابت تغییر می کند. برای نمونه اگر تعادل:



در سیلندری مجهز به پیستون روان (شکل ۷-آ) برقرار باشد، با افزایش فشار بر روی پیستون می توان حجم چنین سامانه ای را در دمای ثابت کاهش داد (شکل ۷-ب).



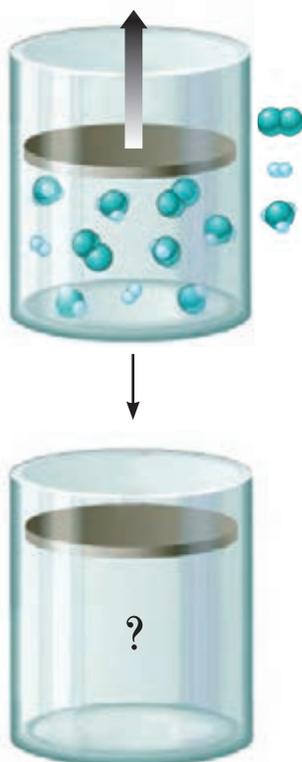
شکل ۷- کاهش حجم سامانه تعادلی در دمای ثابت

یافته های تجربی نشان می دهد که کاهش حجم این سامانه سبب می شود تعادل در جهت رفت جابه جا شود، به طوری که در تعادل جدید شمار مول های آمونیاک افزایش یافته و شمار مول های نیتروژن و هیدروژن کاهش می یابد اما ثابت تعادل تغییری نمی کند (شکل ۸).



شکل ۸- برقراری تعادل جدید برای کاهش اثر فشار

این جابه جایی نشان می دهد که کاهش حجم سامانه گازی در دمای ثابت، تعادل را در جهت مول های کمتر جابه جا می کند.



۱- اگر در سامانه‌ای به شکل روبه‌رو، پیستون بیرون کشیده شود تا در دمای ثابت، حجم آن افزایش یابد:

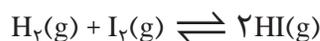
(آ) پیش‌بینی کنید تعادل در کدام جهت جابه‌جا می‌شود؟ چرا؟
 (ب) با این تغییر، شمار مول‌های آمونیاک چه تغییری می‌کند؟

۲- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد عبارت زیر را کامل کنید.

هنگامی که در دمای ثابت، فشار بر یک تعادل گازی $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ می‌یابد، واکنش در جهت

شمار مول‌های گازی $\frac{\text{کمتر}}{\text{بیشتر}}$ پیش می‌رود تا به تعادل $\frac{\text{جدید}}{\text{آغازی}}$ برسد.

۳- پیش‌بینی کنید در دمای ثابت با افزایش فشار بر سامانه تعادلی زیر:



(آ) شمار مول‌های هر یک از مواد شرکت‌کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

(ب) غلظت مولی هر یک از مواد شرکت‌کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

پی بردید که کاهش حجم یک سامانه محتوی تعادل گازی یا افزایش فشار بر این سامانه در دمای ثابت سبب می‌شود که تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جابه‌جا شود زیرا هرچه شمار مول‌های گاز موجود در یک سامانه کمتر باشد، شمار برخورد مولکول‌ها به دیواره‌ها کمتر و در نتیجه فشار گاز کمتر خواهد شد. بدیهی است که افزایش فشار بر یک واکنش تعادلی با شمار مول‌های گازی برابر در دو سوی معادله واکنش، تأثیری بر جابه‌جایی تعادل نخواهد داشت.

دما، عاملی برای جابه‌جایی تعادل و تغییر K

با رفتار تعادل گازی در برابر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده و تغییر فشار وارد بر سامانه در دمای ثابت آشنا شدید، رفتاری که با اصل لوشاتلیه توجیه می‌شود.

تنها عاملی که افزون بر جابه‌جا کردن تعادل، توانایی تغییر K را نیز دارد، دماست. در واقع هنگامی که دمای یک سامانه محتوی تعادل گازی تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید افزون بر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده، K نیز تغییر خواهد کرد.

جالب اینکه اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون، یکسان نیست و به گرماده یا گرماگیر بودن آنها بستگی دارد.

با هم ببیندیشیم

۱- جدول داده شده اثر دما را بر ثابت تعادل زیر نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها

پاسخ دهید.



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

(آ) عبارت ثابت تعادل را برای آن بنویسید.

(ب) میزان پیشرفت واکنش در کدام دما بیشتر است؟ چرا؟

(پ) با افزایش دما K چه تغییری کرده است؟ این تغییر، جابه‌جا شدن تعادل را در چه جهتی

نشان می‌دهد؟

(ت) اگر برای این واکنش $\Delta H > 0$ باشد، جا به جا شدن تعادل و افزایش K را به کمک اصل

لوشاتلیه توجیه کنید.

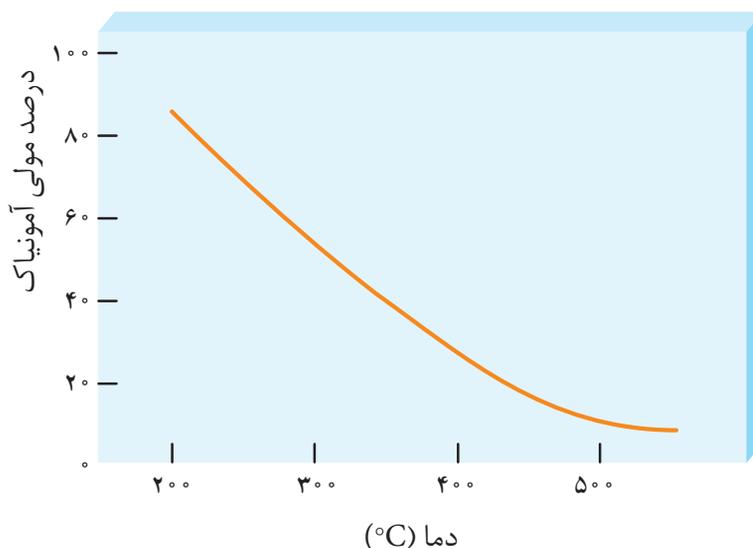
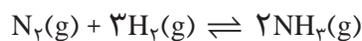
۲- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی افزایش می‌یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{مصرف}}{\text{تولید}}$ گرما پیش

می‌رود، اگر این واکنش گرماگیر باشد مقدار $\frac{\text{فراورده‌ها}}{\text{واکنش‌دهنده‌ها}}$ در سامانه کاهش می‌یابد.

۳- نمودار زیر درصد مولی آمونیاک را برای سامانه تعادلی زیر در فشار ثابت نشان می‌دهد.

باتوجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در سامانه چه تغییری می کند؟

ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

پ) مقدار ثابت تعادل آن در سه دمای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به صورت زیر است.

$$K_1 = 6/2 \times 10^{-4} \quad , \quad K_2 = 2/24 \quad , \quad K_3 = 6/0 \times 10^5$$

کدام یک، ثابت تعادل را در دمای اتاق نشان می دهد؟ توضیح دهید.

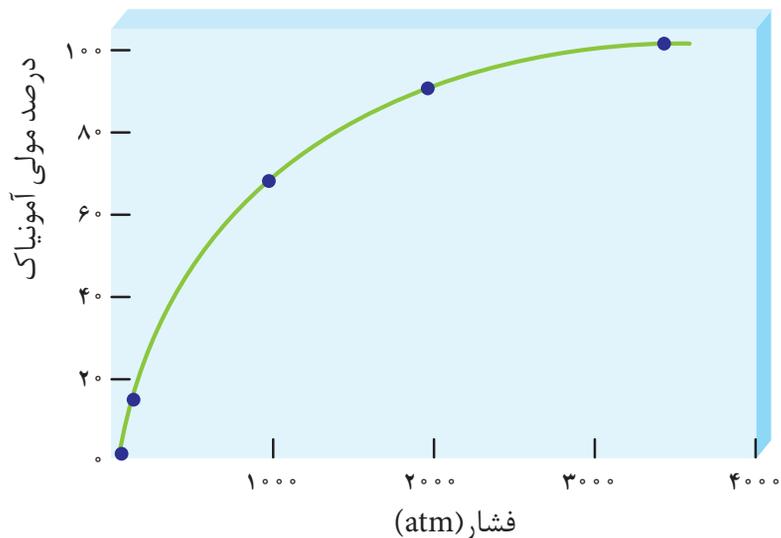
آیا می دانید

ساخت تجهیزات لازم برای تولید آمونیاک به روش هابر مدیون مهندسی کارل بوش است. او کسی بود که مهندسی تجهیزات تولید آمونیاک را گسترش داد. از این رو، گاهی از فرایند هابر به عنوان فرایند هابر-بوش نام برده می شود.



فریتس هابرشیمی دان مشهور آلمانی و همکارش کارل بوش برای تلاش در تهیه آمونیاک از واکنش گازهای نیتروژن و هیدروژن، جایزه نوبل دریافت کردند.

تاکنون آموختید که با تغییر غلظت، فشار و دما می توان سامانه های تعادلی را در جهت دلخواه جابه جا کرد. فریتس هابر نیز انتظار داشت که با تغییر این عوامل بتواند مقدار آمونیاک را در مخلوط تعادلی افزایش دهد. او می دانست که با افزایش دما و تأمین انرژی فعال سازی، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. از این رو واکنش را در دماهای بالاتر بررسی کرد. دماهایی که در آنها واکنش با سرعت چشمگیری انجام می شد، اما با پیشرفت کمی به تعادل می رسید به طوری که سامانه محتوی مخلوطی از هر سه گاز بود. جالب اینکه او هر چه دما را بالاتر می برد، درصد مولی آمونیاک در مخلوط کاهش می یافت (چرا؟). هابر دریافت که افزایش دما نمی تواند برای تولید آمونیاک بیشتر ثمربخش باشد. او با استفاده از کاتالیزگر توانست واکنش را در دماهای پایین تر با سرعت مناسب انجام دهد، هر چند که هنوز هم درصد مولی آمونیاک در مخلوط مطلوب نبود. او برای رفع این مشکل، از افزایش فشار بر سامانه بهره برد (نمودار ۳).



نمودار ۳- در دمای ثابت، با افزایش فشار درصد مولی آمونیاک در سامانه افزایش می یابد.

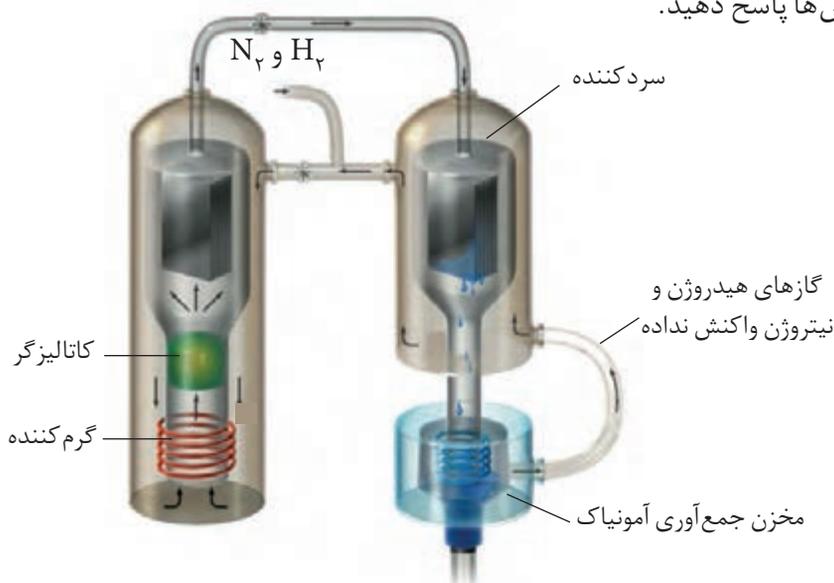
به این ترتیب هابر توانست شرایط بهینه برای تولید آمونیاک را بیابد. شرایطی که در آن، تنها ۲۸ درصد مولی مخلوط را آمونیاک تشکیل می دهد. در پایان برای جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش، از تفاوت آشکار در نقطه جوش آمونیاک با دو گاز دیگر استفاده کرد.

خود را بیازمایید

● فرایند هابر نمونه تاریخی جالبی از تأثیر پیچیده شیمی بر زندگی ماست. هرچند تولید آمونیاک باعث طولانی تر شدن جنگ جهانی اول گردید، اما به دنبال آن شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فرآورده های کشاورزی فراهم شد.

۱- با توجه به شکل زیر که نمایی از فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می دهد به

پرسش ها پاسخ دهید.



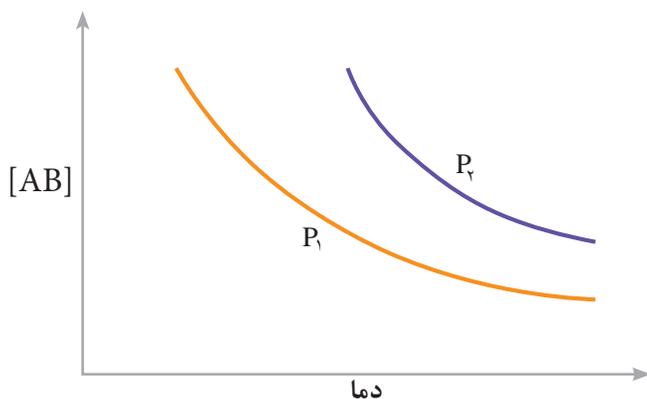
آ) در مورد روش کار هابر در این فناوری با یکدیگر گفت و گو کنید.

ب) اگر نقطه جوش آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن به ترتیب -۳۳°C ، -۱۹۶°C و -۲۵۳°C درجه

سلسیوس باشد، کدام دما (۴۰°C یا -۲۰۰°C) را برای سرد کننده مناسب می دانید؟ توضیح دهید.

۲- نمودار زیر تغییر غلظت فرآورده را برای واکنش تعادلی $A(g) + B(g) \rightleftharpoons AB(g)$

در دو شرایط متفاوت نشان می دهد.



آ) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

ب) فشار P_1 از P_2 بزرگ تر است یا کوچک تر؟ پاسخ خود را توضیح دهید.



با وجود کشف منابع شیمیایی گوناگون، نفت هنوز مؤثرترین و مهم‌ترین ماده برای اقتصاد جهان است. بر همین اساس دانشمندان کشورهای گوناگون در جست‌وجوی منابع جدید این ماده شگفت‌انگیز حتی در شمالگان و جنوبگان هستند.



نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به همین دلیل برخی کشورها، صادرکننده این منابع و برخی دیگر واردکننده آنها هستند. در واقع برخی کشورهای دنیا با کسب درآمد از فروش منابع خود زمینه آسایش، رشد و توسعه را فراهم می‌کنند. نکته مهمی که باید به آن توجه کرد این است که بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. فرایندی که به خام فروشی منابع معروف است. روش دیگر این است که به کمک فناوری‌های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فرآورده‌های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند. برای نمونه فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است و راه دیگر آن، پالایش نفت خام و تبدیل آن به فرآورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و... است. خام فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است. برای نمونه قیمت یک تن مس خالص در بازارهای جهانی به هزاران برابر قیمت یک تن سنگ معدن مس می‌رسد. این تفاوت چشمگیر نشان می‌دهد که دانش و فناوری استخراج و خالص‌سازی تا چه اندازه ارزشمند است (شکل ۹).



شکل ۹- مس، از سنگ معدن تا فلز (مس سرچشمه کرمان)

در شیمی ۲ با درصد خلوص مواد شیمیایی آشنا شدید، کمیتی که بر روی قیمت تمام‌شده آنها نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. هر چه درصد خلوص ماده شیمیایی بیشتر باشد، قیمت آن نیز بیشتر خواهد بود. برای نمونه قیمت فلز مس با خلوص ۹۹/۹ درصد نسبت به فلز مس با خلوص ۹۶ درصد به طور چشمگیری بیشتر است. به همین دلیل فناوری‌های جداسازی و خالص‌سازی مواد یکی از فناوری‌های پیشرفته، گران، پرکاربرد و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به شمار می‌رود.

پلیمر دینیمالما Dyneema از کولار مقاوم تر است. هنگامی که صحبت از پلیمرهای بسیار مقاوم در مقابل کشش می شود اکثراً یاد کولار می افتیم که مقاومت کششی آن حدود ۵ تا ۱۰ برابر مقاومت کششی فولاد هم جرم آن است. با این حال پلیمر تخصصی دینیمالما که جزو گریدهای پلی اتن سنگین با فشردگی بسیار بالا، UHMWPE یا Ultra High Molecular Weight Polyethene می باشد حتی مقاومت کششی بیشتری از کولار دارد. به دلیل مقاومت کششی بسیار بالای این پلیمر، از آن برای ساخت الیاف و طناب هایی بسیار مقاوم مانند طناب های کوهنوردی استفاده می شود. این پلیمر بسیار گران قیمت بوده و در حال حاضر هر تن از آن حدود ۲۵۰۰ دلار ارزش دارد. حال بیایید به بررسی ارزش فناوری در تولید این ماده بپردازیم.

شرکت پتروشیمی شازند اراک از اتن، نوعی پلی اتن سنگین با نشانه اختصاری B-۱۰۰ CRP تولید می کند که در ساخت انواع لوله های آب رسانی، کشاورزی و آشامیدنی به کار می رود. هر تن از این پلیمر حدود ۱۱۰۰ دلار ارزش دارد. اگر فرض کنیم قیمت هر تن اتن حدود ۸۰۰ دلار باشد این شرکت پتروشیمی با تولید هر تن پلیمر B-۱۰۰ CRP حدود ۳۰۰ دلار ارزش افزوده ایجاد می کند. با این توصیف اگر شرکت پتروشیمی شازند اراک، پلیمر دینیمالما را از اتن تولید کند به ازای هر تن فراورده، در حدود ۲۴۰۰ دلار ارزش افزوده ایجاد خواهد کرد، زیرا هر تن پلیمر دینیمالما ۲۵۰۰ دلار ارزش دارد.

با توجه به شکل های زیر که قیمت تقریبی نفت خام و چند فراورده نفتی را نشان می دهد به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) با جست و جو در منابع معتبر، جدول زیر را کامل کنید.

نام ماده	روغن موتور	متانول	اتیلن گلیکول	پلی اتن	اتانول
قیمت ۱۵۹ لیتر یا کیلوگرم (ریال)

ب) درباره جمله زیر گفت و گو کنید.

«به کارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فراوری شده، سبب رشد و بهره‌وری اقتصاد یک کشور می شود.»

فناوری را می توان به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری هایی هستند که بشر امروزی از آنها برای حل مسائل خود بهره می برد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. برای نمونه دانشمندان و مهندسان با استفاده از دانش مواد و دانش الکترونیسیته و مغناطیس، وسایلی

● 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.

مانند تلفن و رایانه همراه و بی‌سیم طراحی و تولید می‌کنند، وسایلی که مشکل برقراری ارتباط را برطرف می‌سازند. شیمی‌دان‌ها نیز با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر آنها ارائه می‌کنند. آنها همچنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند. هریک از این موارد بیانی از فناوری شیمیایی است (شکل ۱).



شکل ۱- روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی

در این درس به بررسی فناوری ساخت مواد شیمیایی جدید خواهیم پرداخت. اینکه شیمی‌دان‌ها چگونه و با چه روشی یک ماده شیمیایی را می‌سازند؟ بر چه اساسی مواد اولیه را انتخاب می‌کنند؟

گروه عاملی، کلید سنتز مولکول‌های آلی

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

یکی از لذت‌بخش‌ترین فناوری‌های شیمیایی، سنتز مواد نو از جمله رنگ‌دانه‌ها، خوشبوکننده‌ها، داروهای ضدسرطان، الیاف، سوخت‌های دوستدار محیط زیست و مواد هوشمند است. در واقع سنتز را می‌توان کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی دانست که منجر به طراحی و تولید مواد جدید می‌شود.

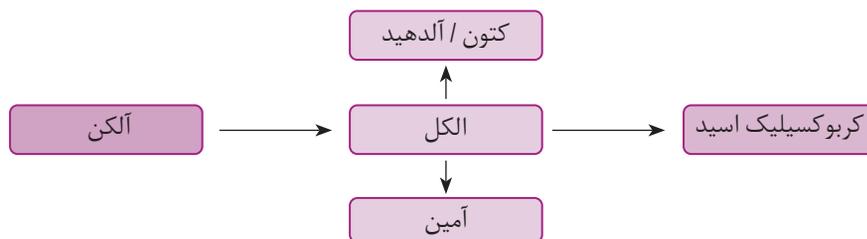
می‌دانید که اغلب مواد آلی شامل گروه‌های عاملی گوناگون هستند. گروه‌هایی که خواص و رفتار مواد آلی را تعیین می‌کنند. تولید یک ماده آلی جدید می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد. شیمی‌دان‌ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه‌های عاملی و دانستن شرایط و عوامل مؤثر بر انجام واکنش‌های شیمیایی از مواد خام یا اولیه در دسترس، ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند. در این فرایندها، شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک ماده آلی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگر تبدیل می‌کنند. برای نمونه در شیمی ۲ آموختید که برای سنتز یک استر می‌توان از واکنش یک اسید آلی با یک الکل در شرایط مناسب بهره برد.

خود را بیازمایید

در نمودار زیر جاهای خالی را با نوشتن نام یا فرمول ماده شیمیایی پر کنید.



اینک می پذیرید که می توان از گاز اتن مواد آلی گوناگون پر مصرف و اغلب ارزشمند تهیه کرد. این گاز یکی از مهم ترین خوراک ها در صنایع پتروشیمی است. به همین ترتیب با استفاده از مواد مناسب و واکنش های شیمیایی می توان مواد آلی گوناگون را به یکدیگر تبدیل کرد (نمودار ۴).



نمودار ۴- تبدیل برخی مواد آلی به یکدیگر

بدیهی است هر چه نوع و شمار گروه های عاملی در مولکول هدف بیشتر باشد، ساخت آن دشوارتر بوده و به دانش پیشرفته تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد. توجه داشته باشید که بازده واکنش، هزینه مواد و انرژی مصرف شده برای تولید ماده هدف به نوع واکنش و فناوری به کاررفته بستگی دارد. از این رو شیمی دان ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان و دوستدار محیط زیست، همچنین واکنش های شیمیایی آسان و پربازده هستند تا هزینه تمام شده تولید یا سنتز را کاهش دهند. در گام بعد دانش مهندسی برای تولید صنعتی آن ماده، فناوری لازم را طراحی و اجرا می کند.

آیا می دانید

سالانه در جهان حدود ۱۳۰ میلیارد لیتر اتانول تولید و مصرف می شود. اتانول را در صنعت از تخمیر مواد قندی موجود در گیاهانی مانند: نیشکر، ذرت و ... تهیه می کنند. دو کشور امریکا و برزیل بزرگ ترین تولیدکننده اتانول در جهان هستند. به طوری که در حدود ۸۵ درصد کل اتانول تولید شده در جهان، مربوط به این دو کشور است.

صنایع شیمیایی یکی از بزرگ‌ترین صنایع کشور ما ایران است. کارخانه‌ها و شرکت‌های بسیار زیادی در این صنعت فعال هستند. تولیدات صنایع شیمیایی یا به‌طور مستقیم در زندگی روزانه ما مصرف می‌شوند یا برای تولید مواد و کالاهای جدید در صنایع دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌همین دلیل صنایع شیمیایی بر صنایع دیگر تأثیر می‌گذارد، به‌طوری که هرچه صنایع شیمیایی پیشرفته‌تر باشند و مواد با کیفیت بالاتری تولید کنند، کالاهای و محصولات تولید شده در شرکت‌ها و کارخانه‌های دیگر نیز کیفیت بالاتری خواهند داشت. در شکل زیر اغلب صنایعی که از تولیدات صنایع شیمیایی استفاده می‌کنند، نشان داده شده است.



● یکی از حقوق مصرف‌کنندگان این است که کالاهای تولید شده در صنایع گوناگون، از خلوص و کیفیت مناسب و بالایی برخوردار باشند. در این راستا و برای اطمینان خاطر مصرف‌کنندگان همه کالاها باید برچسب مشخصات و انواع مواد سازنده را داشته باشند. همچنین باید محتویات این برچسب‌ها توسط متخصصان شاغل در هر کارخانه تأیید شده باشد. بر همین اساس، یکی از جنبه‌های مهم در همه صنایع شیمیایی، کنترل کیفیت فرآورده‌های تولید شده است. افراد شاغل در این پست باید دانش علوم تجربی و شیمی قوی داشته باشند. برای فهم بهتر، به این مثال توجه کنید: برچسب خوراکی‌ها، خواص تغذیه‌ای آنها را مشخص می‌کند. اگر بدن شما به یک ماده غذایی، افزودنی یا نگهدارنده حساسیت دارد، این حق شماست که بدانید خوراکی‌ای که خریداری می‌کنید، از چه موادی تشکیل شده است. بنابراین باید روی برچسب مواد غذایی اطلاعات دقیق آن نوشته شده باشد.

● بخش کنترل کیفی در هر کارخانه‌ای موظف است که با استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی دقیق و روزآمد و استفاده از ابزارها و دستگاه‌های اندازه‌گیری، محتویات و اجزای سازنده محصولات و مقدار آنها را تعیین و کنترل کند.

ساخت بطری آب

سالانه شمار بسیار زیادی بطری پلاستیکی برای نگهداری و بسته‌بندی آب آشامیدنی تولید می‌شود. بطری آب از پلیمری به نام پلی اتیلن ترفتالات^۱ (PET) ساخته می‌شود. برای ساخت این بطری، نخست پلیمر آن را تهیه می‌کنند. سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید.

آیا می‌دانید

سالانه حدود ۶۰۰ میلیارد بطری پلاستیکی در سرتاسر جهان برای تأمین، نگهداری و بسته‌بندی آب و نوشیدنی‌های گازدار تولید می‌شود.



۱ - Poly Ethylene Terphthalate

آیا می دانید

تریلن نام تجاری و قدیمی پلی اتیلن ترفتالات است. این نام از مونومرهای این پلیمر، ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول گرفته شده است. البته نام تجاری امروزی این پلیمر، پت است.



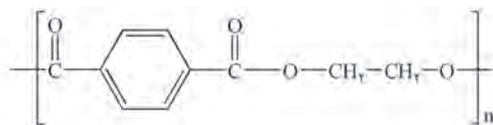
آیا می دانید

یکی از مراحل مهم در تهیه یک ماده، جداسازی و خالص سازی آن است. واکنش پارازایلن با پتاسیم پرمنگنات در محیط بازی را در نظر بگیرید. پس از انجام واکنش مخلوطی به دست می آید که شامل، پتاسیم پرمنگنات اضافی، منگنز (IV) اکسید، آب، پارازایلن واکنش نداده، ترفتالیک اسید و مواد دیگر است. اکنون باید با استفاده از دانش شیمی، ترفتالیک اسید (فرآورده مورد نظر) را از مخلوط واکنش جداسازی کرد. بدیهی است درصد خلوص ترفتالیک اسید به دانش و فناوری به کار رفته بستگی دارد.



خود را بیازمایید

فرمول ساختاری پلیمر سازنده بطری آب به شکل زیر است. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) این پلیمر از کدام دسته پلیمرهاست؟ چرا؟

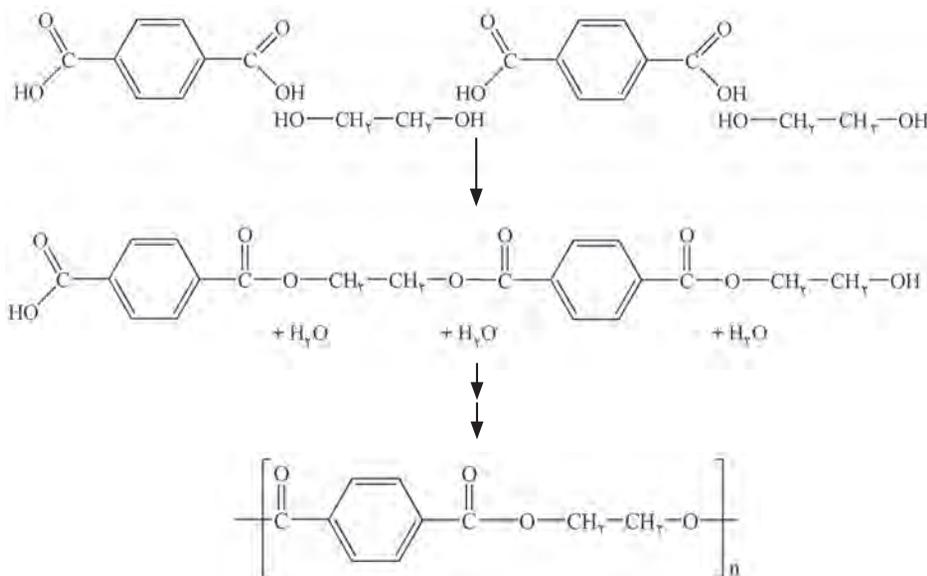
ب) ساختار مونومرهای سازنده این پلیمر را رسم کنید.

با توجه به آنچه که آموخته اید برای سنتز این پلیمر چه پیشنهادی دارید؟ پاسخ شما

درست است، از واکنش مونومرهای سازنده این پلیمر یعنی اتیلن گلیکول (الکل دو عاملی) با

ترفتالیک اسید (اسید دو عاملی) در شرایط مناسب می توان پلی اتیلن ترفتالات را سنتز کرد.

شکل ۱۱، الگوی تشکیل این ماده را نشان می دهد.



شکل ۱۱- الگوی تولید PET

اما مسئله این است که اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند. به دیگر سخن، به طور مستقیم نمی توان آنها را از نفت خام به دست آورد. پس چه باید کرد؟ در اینجا، با بهره گیری از دانش شیمی می توان این مواد را با استفاده از مواد خام و اولیه که از نفت خام جداسازی می شوند، سنتز کرد.

اکنون باید در نقش یک شیمی دان، مواد اولیه و در دسترس را بررسی و براساس آموخته های خود، مواد مناسب برای سنتز ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول را انتخاب کرد. سپس مواد اولیه انتخاب شده را در شرایط مناسب واکنش داده و به ماده مورد نظر تبدیل نمود.

در یک واکنش شیمیایی فرآورده‌هایی تولید می‌شوند که دلخواه ما نیستند و پسماند واکنش محسوب می‌شوند. این پسماندها، گاهی سمی و آلاینده بوده و برای محیط زیست زیان آورند. بر همین اساس شیمی‌دان‌های دوستدار محیط زیست رشته‌ای دانشگاهی زیر به نام شیمی سبز با راهکارهای زیر راه‌اندازی کرده‌اند.

پرزده از دیدگاه انمی

انجام واکنش در شرایط آسان

استفاده از مواد اولیه نوشدنی

به کار نبردن مواد شیمیایی سمی

طراحی واکنش تک مرحله‌ای

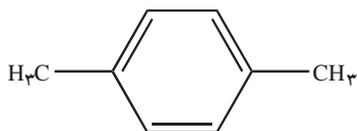
آسیب کم‌تر به محیط زیست پسماند

100 درصد

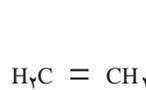
green synthesis

شیمی سبز با طراحی مواد و فرایندهای شیمیایی مناسب سبب حذف یا کاهش مواد زیان‌آور و سمی و حرکت در مسیر توسعه پایدار می‌شود. توسعه پایدار به معنی بهره‌برداری هوشمندانه و مناسب از منابع برای تأمین نیازهای امروز بدون تحمیل هزینه به آیندگان تعریف می‌شود.

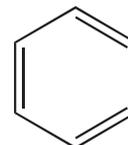
۱- بررسی‌ها نشان می‌دهند که می‌توان مواد زیر را طی فرایندهایی از نفت خام به دست آورد.



پارازایلن

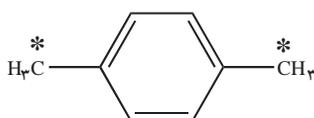


اتن

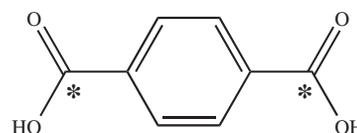


بنزن

با بررسی فرمول‌های ساختاری زیر به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.



پارازایلن



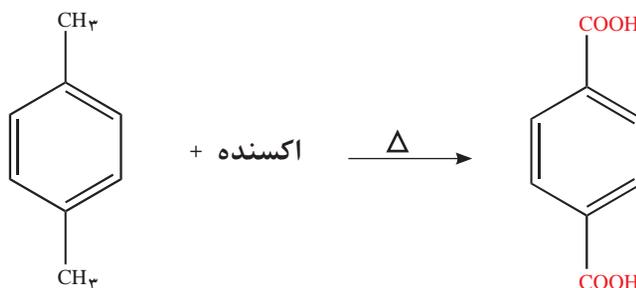
ترفتالیک اسید

آ) برای تهیه ترفتالیک اسید از پارازایلن، چه تغییری باید در ساختار پارازایلن ایجاد کرد؟
 ب) عدد اکسایش اتم‌های کربن ستاره دار را در این دو ترکیب تعیین کنید.

پ) با توجه به آموخته‌های خود درباره واکنش‌های اکسایش - کاهش، برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید کدام دسته از مواد زیر را مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

- اکسنده‌ها کاهشنده‌ها

۲- پتاسیم پرمنگنات اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب پارازایلن را با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند.



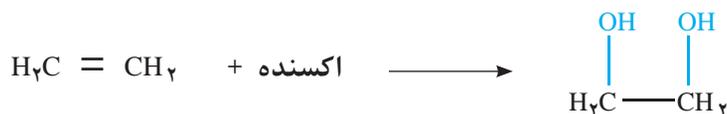
آ) در این واکنش یون پرمنگنات به منگنز (IV) اکسید تبدیل می‌شود. تغییر عدد اکسایش اتم منگنز در این واکنش چند است؟ (عدد اکسایش اتم منگنز در یون پرمنگنات برابر با +۷ است).
 ب) انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است یا کم؟ چرا؟

پی بردید که یون پرمنگنات گونه‌ای اکسنده است و سبب اکسایش گونه‌های دیگر می‌شود. با وجود غلظت بالای آن، باز هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود.

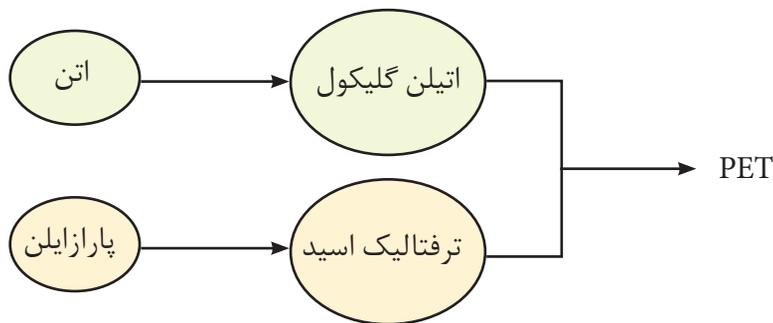
مگر آنکه دمای مخلوط واکنش افزایش یابد. با افزایش دما اگرچه شرایط انجام واکنش تأمین شده است اما بازده همچنان مطلوب نیست. همه اینها نشان می دهد که اکسایش پارازیلین به ترفتالیک اسید دشوار است. از این رو شیمی دان ها در پی یافتن شرایطی آسان تر برای انجام این واکنش با بازده بالا هستند. آنها با پژوهش های فراوان دریافتند که استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می تواند راهگشا باشد. البته پژوهش ها برای یافتن واکنشی پربازده و با صرفه اقتصادی همچنان ادامه دارد.

تاکنون تهیه یکی از واکنش دهنده های مورد نیاز برای سنتز پلیمر به کار رفته در بطری آب را فرا گرفتید. هرچند انجام این واکنش در مقیاس صنعتی بسیار پیچیده تر و دشوارتر از آن چیزی است که روی کاغذ نوشته می شود.

اینک دومین واکنش دهنده (اتیلن گلیکول) را باید تهیه کرد. برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد. بررسی ها نشان می دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می شود.



اکنون می توان با انجام واکنش اتیلن گلیکول با ترفتالیک اسید (مونومرهای سازنده پلیمر) پلی اتیلن ترفتالات را سنتز کرد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- فرایند کلی سنتز PET

این پلیمر همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می شود. به همین دلیل پسماند آنها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به شمار می آید. بنابراین ضروری است بازیافت پلاستیک ها را به طور دقیق بررسی کنیم تا با نقش فناوری شیمیایی در بازیافت آنها آشنا شویم .

آیا می دانید

سالانه ۸ تا ۱۰ میلیارد کیلوگرم پلاستیک وارد اقیانوس‌ها می‌شوند. این مواد افزون بر ماده پلیمری شامل مواد شیمیایی گوناگونی نیز مانند نرم‌کننده‌ها، رنگ‌دانه‌ها و پایدارکننده هستند که برای جانداران مضرند و سامانه عصبی آنها را مختل می‌کنند.



سالانه تعداد زیادی از جانوران دریایی در دام پلاستیک‌ها می‌افتند و می‌میرند.

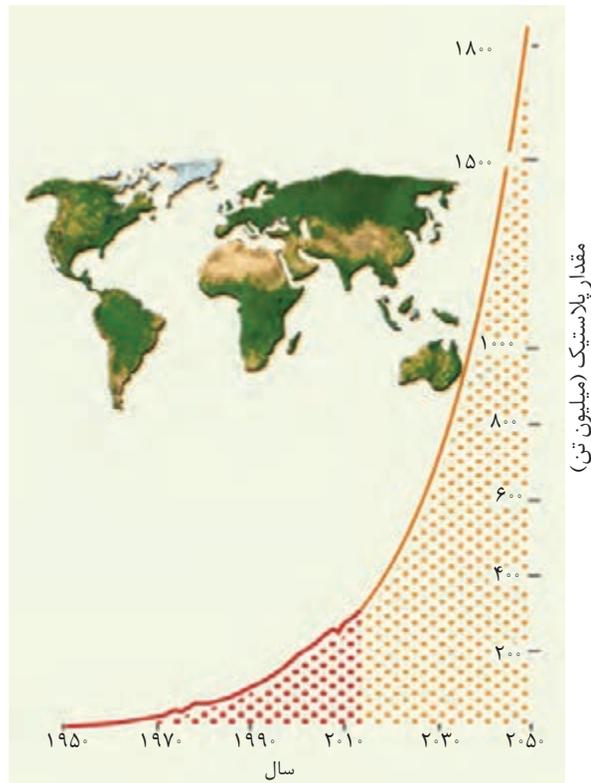


در میان تارنماها

در شیمی ۲ با پلیمرهای سبز که زیست تخریب پذیرند آشنا شدید. با مراجعه به منابع علمی معتبر، گزارشی از این پلیمرها در مقایسه با پلیمرهای حاصل از مواد نفتی از دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی تهیه و در کلاس ارائه کنید.

بازیافت PET

پلاستیک‌ها را می‌توان یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر دانست. این مواد به دلیل ویژگی‌هایی مانند چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی، کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده‌اند؛ به طوری که امروزه سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن از این مواد در جهان تولید می‌شود و این روند روبه افزایش است (نمودار ۵).



نمودار ۵- روند تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ میلادی

استفاده بی‌رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون به همراه زیست تخریب ناپذیری آنها سبب شده که در جای جای کره زمین یافت شوند. از این رو بازیافت آنها اجتناب ناپذیر است. یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی اتیلن ترفتالات است. برای این منظور، باید آنها را جداگانه جمع‌آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد.

آیا می دانید

فقط ۱۸ درصد پلاستیک‌های تولید شده در جهان بازیافت می‌شود!!!



● صنعت بازیافت به یکی از کلیدی‌ترین صنایع در قرن آینده تبدیل خواهد شد. بدیهی است هر کشوری که از دانش و فناوری پیشرفته‌تری برخوردار باشد سهم قابل توجهی از این بازار جهانی را به خود اختصاص خواهد داد.

آیا می دانید

سالانه حدود ۷۰ میلیون تن متانول در سرتاسر دنیا تولید می‌شود. از متانول برای تولید فرمالدهید، استیک اسید، سوخت و ... استفاده می‌شود. شرکت‌های پتروشیمی ایران نیز سالانه مقدار قابل توجهی متانول تولید می‌کنند، به طوری که کشور ایران به یکی از صادرکنندگان متانول تبدیل شده است.

یکی از راه‌های بازیافت این است که آنها را پس از شست‌وشو و تمیز کردن، ذوب کرده و دوباره از آنها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند.

البته پس از شست‌وشوی مواد پلاستیکی می‌توان آنها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. اما راه دیگری نیز وجود دارد که این پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند. باید توجه داشت که سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد، زیرا برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کاری بس دشوار است. از آنجا که سالانه حجم انبوهی از پسماندهای این پلیمر تولید می‌شود، بازیافت شیمیایی آن بسیار ضروری و ارزشمند است. در شیمی ۲ آموختید که پلی استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آنها را برای تولید پلیمرها به کار برد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است. اکنون این پرسش مطرح می‌شود که چگونه می‌توان در مقیاس صنعتی متانول تولید کرد؟

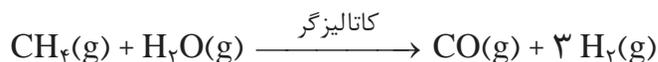
متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. از آنجا که این الکل کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد باید آن را در مقیاس صنعتی تولید کرد. در صنعت گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند. معادله شیمیایی این واکنش به صورت زیر است:



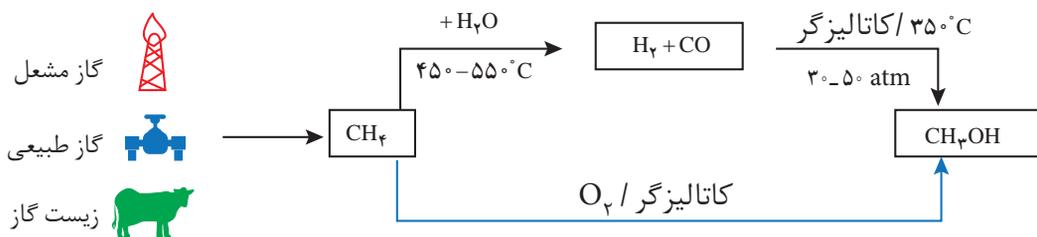
مواد واکنش‌دهنده برای این واکنش در دسترس نیستند از این رو نخست باید آنها را تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. برای تهیه گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن می‌توان از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر بهره برد.

آیا می دانید

سالانه ۱۴۰ میلیارد متر مکعب گاز متان در میدان های نفتی در سرتاسر دنیا سوزانده می شود.



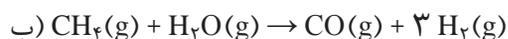
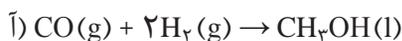
گاز متان سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان های نفتی به فراوانی یافت می شود. در این میدان ها برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از آن را می سوزانند. گاز متان واکنش پذیری بسیار کمی دارد (چرا؟) و تبدیل آن به متانول فرایندی دشوار است که انجام آن به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است. به دلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون از یک سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد (نمودار ۶).



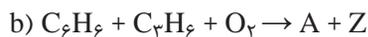
نمودار ۶- روش های تولید متانول. تولید مستقیم متانول از متان چه مزیتی دارد؟

خود را بیازمایید

۱- در هر یک از واکنش های زیر مشخص کنید کدام گونه اکسایش و کدام کاهش یافته است؟



۲- شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش هایی با کمترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. معادله های شیمیایی موازنه نشده زیر تهیه ماده A را به دو روش نشان می دهد.



در این واکنش ها X و Y پسماند هستند، اما Z یک حلال صنعتی است.

آ) در کدام واکنش، همه اتم های مواد واکنش دهنده، به مواد ارزشمند تبدیل شده اند؟

چرا؟

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

● یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه تر است که شمار بیشتری از اتم های واکنش دهنده به فرآورده های سودمند تبدیل شود.

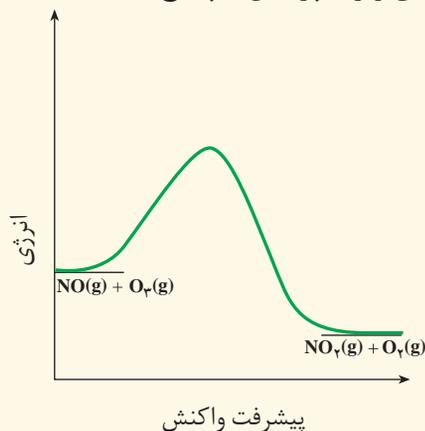
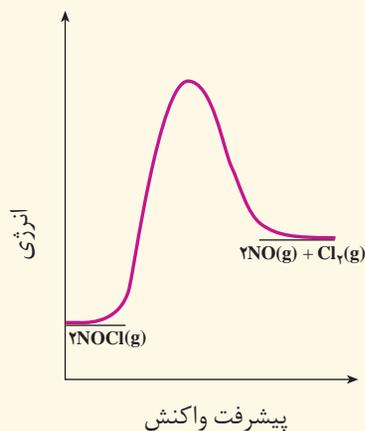
۱- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

(آ) استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

(ب) در تعادل‌های گازی گرماگیر با افزایش دما در فشار ثابت، K افزایش می‌یابد.

(پ) واکنشی که در آن از یک هیدروکربن، ترکیب آلی اکسیژن دار تولید می‌شود، یک واکنش اکسایش - کاهش است.

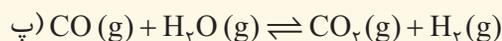
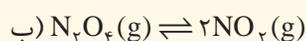
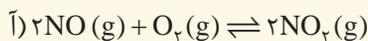
۲- با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(آ) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی هر واکنش را روی نمودار مشخص کنید.

(ب) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان کمتر است؟ چرا؟

۳- در کدام سامانه تعادلی زیر، کاهش حجم سامانه در دمای ثابت سبب افزایش مقدار فراورده‌ها می‌شود؟ توضیح دهید.



۴- با توجه به نمودار روبه‌رو، درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را مشخص کنید:

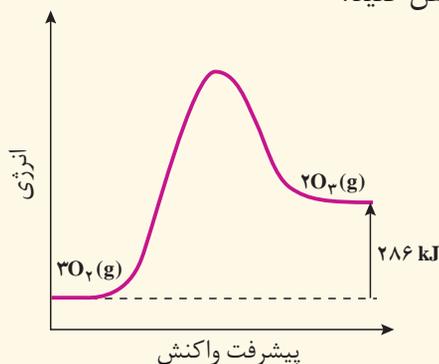
(آ) انرژی فعال‌سازی از آنتالپی واکنش بزرگ‌تر است.

(ب) آنتالپی (محتوای انرژی) فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها کمتر است.

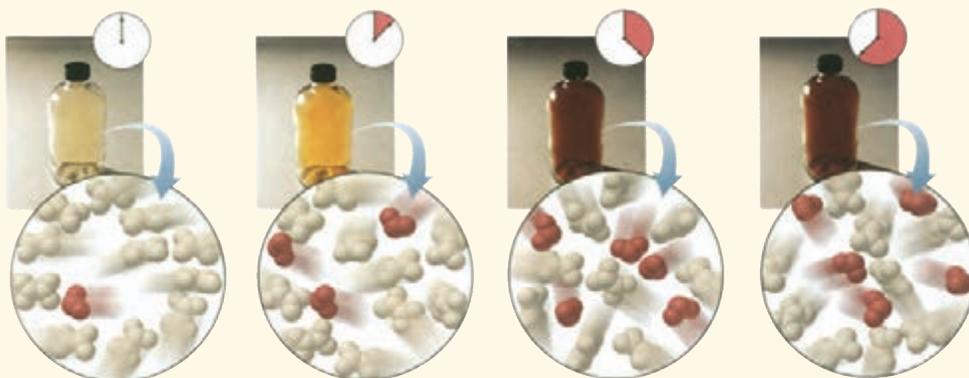
(پ) مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها بزرگ‌تر از فراورده‌ها است.

(ت) اگر این واکنش درون سیلندر با پیستون روان به تعادل برسد، با افزایش

فشار در دمای ثابت، شمار مول‌های اوزون کاهش می‌یابد.

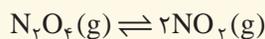


۵- شکل زیر پیشرفت واکنش تبدیل گاز بی‌رنگ N_2O_4 به گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 را با گذشت زمان در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

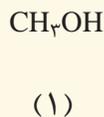
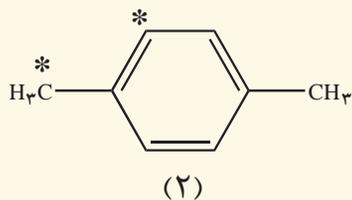


آ) آیا واکنش به تعادل رسیده است؟ توضیح دهید.

ب) اگر حجم سامانه ۲ لیتر و هر ذره هم ارز با ۱٪ مول از آن گونه باشد، ثابت تعادل واکنش زیر را در این دما حساب کنید.



۶- با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

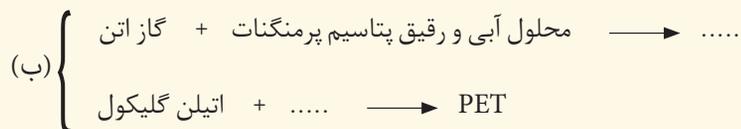
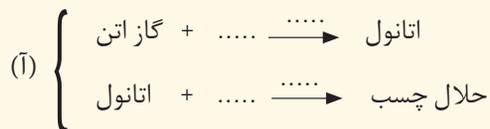


آ) عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن ستاره‌دار را تعیین کنید.

ب) در تبدیل ترکیب (۲) به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش کدام اتم ستاره‌دار تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

پ) روش تهیه یک دی‌استر از مواد (۱) و فراورده حاصل از اکسایش (۲) را با نوشتن معادله‌های شیمیایی موازنه شده نشان دهید.

۷- هر یک از موارد زیر سنتز یک فراورده هدف را نشان می‌دهد. هر نقطه‌چین را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.



واژه‌نامه

فرایند پوشاندن سطح یک جسم با لایه نازکی از یک فلز با سلول الکترولیتی است.	۶۰	Electroplating	آبکاری
الکترودی که در سطح آن اکسایش رخ می‌دهد.	۴۵	Anode	آند
ماده‌ای که مزه ترش دارد و در واکنش با بازها، نمک تولید کند.	۱۳	Acid	اسید
ماده‌ای که با حل شدن در آب، غلظت یون هیدرونیوم (H_3O^+) را افزایش می‌دهد.	۱۵	Arrhenius Acid	اسید آرنیوس
اسیدی که پس از حل شدن در آب هر مولکول آن حداکثر یک هیدرونیوم تولید کند.	۱۸	Monoprotic Acid	اسید تک پروتون دار
کربوکسیلیک اسید یا زنجیر دراز کربنی سیر شده یا سیر نشده بدون شاخه است.	۵	Fatty Acid	اسید چرب
اگر عملی حالت تعادلی یک سامانه را برهم بزند، سامانه برای رسیدن به تعادل جدید در جهتی جابه‌جا می‌شود که تأثیر عامل یاد شده را به کمترین میزان خود برساند.	۱۰۴	Le Chatelier's Principle	اصل لوشاتلیه
فرایندی که در آن اتم‌ها، یون‌ها یا مولکول‌ها الکترون از دست می‌دهند.	۴۰	Oxidation	اکسایش
گونه‌ای است که در یک واکنش اکسایش - کاهش گونه دیگر را اکسید می‌کند.	۴۰	Oxidant	اکسنده
رسانای الکترونی در یک نیم سلول الکتروشیمیایی است.	۴۴	Electrode	الکتروود
علم استفاده از انرژی الکتریکی برای انجام تغییر شیمیایی یا تولید انرژی الکتریکی از انجام واکنش اکسایش - کاهش است.	۳۸	Electrochemistry	الکتروشیمی
حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی است.	۹۵	Activation Energy	انرژی فعال سازی
ماده‌ای تلخ مزه که در واکنش با اسیدها، نمک تولید می‌کند.	۱۳	Base	باز
ماده‌ای که با حل شدن در آب، غلظت یون هیدروکسید (OH^-) را افزایش می‌دهد.	۱۵	Arrhenius Base	باز آرنیوس
واکنش شیمیایی که با عبور جریان برق از محلول یونی یا ترکیب یونی مذاب انجام می‌شود.	۵۴	Electrolysis	برقکافت
اختلاف پتانسیلی است که میان تیغه فلزی (الکتروود) و محلول آبی دارای یون فلزی (الکترولیت) با غلظت یک مولار در دمای $25^\circ C$ (شرایط استاندارد) وجود دارد و نسبت به نیم سلول استاندارد هیدروژن سنجیده می‌شود.	۴۷	Standard Electrode Potential	پتانسیل الکتروودی استاندارد
پتانسیل الکتروودی استاندارد که برای فرایند کاهش (گونه کاهنده) $+ ne \rightleftharpoons$ گونه اکسنده) گزارش می‌شود.	۴۷	Standard Reduction Potential	پتانسیل کاهش استاندارد
به نیروی جاذبه الکتروستاتیکی موجود میان یون‌های ناهم نام می‌گویند.	۷۷	Ionic Bond	پیوند یونی
ترکیبی است که از یون دو عنصر مختلف تشکیل شده است.	۷۸	Binary Ionic Compound	ترکیب یونی دوتایی
ترکیبی که ذره‌های سازنده آنها یون‌های مثبت و منفی هستند.	۷۸	Ionic Compound	ترکیب یونی
ترکیبی که از مولکول‌های جدا از هم تشکیل شده است.	۶۹	Molecular Compound	ترکیب مولکولی
حالتی برای سامانه شیمیایی برگشت پذیر با دمای ثابت است که سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با یکدیگر برابر می‌شود.	۲۱	Chemical Equilibrium	تعادل شیمیایی
عدد ثابتی است که از جایگزین کردن غلظت‌های تعادلی مواد شرکت کننده در واکنش، در عبارت ثابت تعادل به دست می‌آید.	۲۲	Equilibrium Constant	ثابت تعادل

مقدار ثابت تعادل برای یونش یک اسید در محلول آبی و دمای معین است.	۲۳	Acid Ionization Constant (K_p)	ثابت یونش اسید
مقدار ثابت تعادل برای یونش یک باز در محلول آبی و دمای معین است.	۲۹	Base Ionization Constant (K_p)	ثابت یونش باز
ماده جامدی که در آن همه اتم‌های سازنده با پیوندهای کووالانسی به یکدیگر متصل شده‌اند و در مجموع شبکه‌ای دو یا سه بعدی ایجاد می‌کند.	۶۹	Covalent Solid	جامد کووالانسی
جفت الکترونی است که میان هسته دو اتم قرار دارد و پیوند اشتراکی را به وجود می‌آورد.	۷۳	Bonding Electron Pair	جفت الکترون پیوندی
جفت الکترونی است که به یک اتم تعلق دارد و در تشکیل پیوند شیمیایی شرکت نمی‌کند.	۷۴	Non- Bonding Electron Pair	جفت الکترون ناپیوندی
حفاظت فلز در برابر خوردگی از راه اتصال آن به یک فلز با E° منفی‌تر است.	۵۶	Cathodic Protection	حفاظت کاتدی
فرایندی است که در آن یک فلز بر اثر واکنش اکسایش - کاهش تخریب می‌شود.	۵۹	Corrosion	خوردگی
ماده‌ای که جریان برق را به کمک الکترون‌ها از خود عبور می‌دهد.	۱۷	Electronic Conductor	رسانای الکترونی
ماده‌ای که جریان برق را به کمک حرکت یون‌ها از خود عبور می‌دهد.	۱۷	Ionic Conductor	رسانای یونی
فهرستی که در آن فلزها به ترتیب E° مرتب شده‌اند.	۴۷	Electrochemical Series	سری الکتروشیمیایی
نوعی سلول الکتروشیمیایی که با عبور جریان برق از آن، یک تغییر شیمیایی روی می‌دهد.	۵۴	Electrolytic Cell	سلول الکترولیتی
نوعی سلول گالوانی است که در آن انرژی الکتریکی از اکسایش یک سوخت گازی شکل مانند هیدروژن یا متان به دست می‌آید.	۵۰	Fuel Cell	سلول سوختی
نوعی سلول الکتروشیمیایی که با انجام یک واکنش اکسایش - کاهش، انرژی الکتریکی تولید می‌کند.	۴۴	Galvanic Cell	سلول گالوانی
آرایش سه بعدی، منظم و تکرار شونده ذره‌های (اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌ها) سازنده یک بلور است.	۷۸	Crystal Lattice	شبکه بلور
به نمک سدیم، پتاسیم یا آمونیوم، اسیدهای چرب گفته می‌شود.	۶	Soap	صابون
رابطه‌ای ریاضی است که نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی فراورده (ها) به توان ضرب استوکیومتری آن (ها) به حاصل ضرب غلظت تعادلی واکنش دهنده (ها) به توان ضرب استوکیومتری آن (ها) را در دمای معین نشان می‌دهد.	۱۰۲	Equilibrium Constant Expression	عبارت ثابت تعادل
به بار الکتریکی نسبی اتم یک عنصر در گونه شیمیایی گفته می‌شود.	۵۲	Oxidation Number	عدد اکسایش
ماده‌ای که بر سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌افزاید.	۹۷	Catalyst	کاتالیزگر
الکترودی که در سطح آن، نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد.	۴۵	Cathode	کاتد
فرایندی که در آن اتم‌ها، یون‌ها یا مولکول‌ها الکترون دریافت می‌کنند.	۴۰	Reduction	کاهش
گونه‌ای است که در یک واکنش اکسایش - کاهش گونه دیگر را کاهش می‌دهد.	۴۰	Reductant	کاهنده
اختلاف پتانسیل الکترودی استاندارد دو نیم سلول در یک سلول گالوانی است.	۴۶	Electromotive Force	نیروی الکتروموتوری
نیمی از یک سلول الکتروشیمیایی که الکتروود و الکترولیت را شامل می‌شود.	۴۴	Half-Cell	نیم سلول
واکنشی است که در یک نیم سلول رخ می‌دهد.	۴۰	Half-Reaction	نیم واکنش
واکنشی که در آن یک یا چند الکترون از گونه‌ای به گونه دیگر منتقل می‌شود.	۴۰	Oxidation - Reduction Reaction	واکنش اکسایش - کاهش
واکنش اکسایش یا کاهش که در مرز میان رسانای الکترونی و رسانای یونی رخ می‌دهد.	۴۵	Electrode Reaction	واکنش الکترودی

منابع

- ۱- اصول شیمی عمومی، مارتین سیلبربرگ، ترجمه: دکتر مجید میرمحمدصادقی - دکتر غلامعباس پارسا فر - دکتر محمدرضا سعیدی، انتشارات نوپردازان، سال ۱۳۹۴.
- ۲- شیمی عمومی، بروس ادوارد برستن، تئودور لسللی براون، هرولد یوجین لی می جونپور، ترجمه: محمد محمودی هاشمی، علی عزآبادی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، سال ۱۳۹۵.
- ۳- شیمی عمومی، چارلز مور تیر، ترجمه: عیسی یآوری، انتشارات دانشگاهی، سال ۱۳۹۵.
- 4- Silberberg, M. S. , Principles of General Chemistry , Mc GrawHill, 2007.
- 5- Reager, D. L. ,Goode, S. R. Ball, D.W., Chemistry, Brooks/Cole, 2010.
- 6- Kotz, John C.; Treichel, Paul M.; Weaver, Gabriela C., Chemistry & Chemical Reactivity, 2006, Thomson - Brooks/Cole.
- 7- Ebbing, Darrell D.; Gammon, Steven D., General Chemistry, 2009, Brooks/Cole.
- 8- Tro, Nivaldo J., Principles of Chemistry, A Molecular Approach, 2010, Pearson.
- 9- Russo, S.; Silver, M., Introductory Chemistry, 2011, Prentice Hall.
- 10- Phillips, J.S.; Strozak, V.S.; Wistrom, C.; Zike, D. Chemistry, Concepts and Applications, 2009, Glencoe McGraw- will.
- 11- Gilbert, T.R.; kirss, R.V., Foster, N.; Davies, Chemistry, the science context, 2009, W.W. Norton & Company.
- 12- Middlecamp Catherine H. [et al.] Chemistry In Context: Applying Chemistry To Society, 2012.
- 13- Seager Spencer L., Slabaugh Micheal R., Chemistry for Today General, Organic, and Biochemistry, 2014.
- 14- Tro Nivaldi J., Chemistry in Focus, A Molecular View of Our World, 2009
- 15- Chang Raymond, Chemistry. 2010
- 16- Burdge,J.; Overby, J., Chemistry (atom first), Mc Graw Hill, 2018
- 17- Zumdahl, S.S.; Zumdahl, S.A.; DeDoste, D.J., Chemisty, CENGAGE Learning, 2018
- 18- NCNurry, J.E.; FAY R.C, General Chemistry, Pearson,2014.
- 19- Smith, J,G., Principles of General, Organic & Biological Chemistry, Mc Graw Itill, 2012.
- 20- Chastko, A.; Goldie, J.; Mustoe, F.; Phillips, I., Searle, S., Inquiry into Chemistry, Mc Graw Itill, 2007.



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب شیمی ۳ - کد ۱۱۳۲۱۰

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	شمسی حیدری	کرمانشاه	۳۳	صباح شیری	ایلام
۲	سعید همایونی	شیراز	۳۴	رامین عسگری کیا	همدان، ناحیه ۱
۳	مسیب حسینی	فارس	۳۵	مهناز خراشادی زاده	خراسان جنوبی
۴	سوسن نادری	مرکزی	۳۶	علیرضا بادینی	سیستان و بلوچستان
۵	مریم قربانی	خراسان شمالی	۳۷	احمد سلیمانخانی	ایلام
۶	فاطمه شفاهی	سمنان	۳۸	محمدعلی اسلامی نیا	کرمان
۷	ژیلا توتونچی	آذربایجان شرقی	۳۹	غلام حسن روحی	اردبیل
۸	هما غفاری	کردستان	۴۰	حسن کاشی	اصفهان
۹	منور احمدی	قزوین	۴۱	داریوش نژادی سلامی	گیلان
۱۰	نادر منصوری	خراسان شمالی	۴۲	رقیه پور قبادی	لرستان
۱۱	آزیتا معصوم پور	سمنان	۴۳	مرتضی زارعی	بندرعباس، ناحیه ۱
۱۲	مرتضی فتاحی راد	ایلام	۴۴	علی مویدی	تهران (شهرستان‌ها)
۱۳	وحید اسدی	قزوین	۴۵	زهره شمالی	زنجان
۱۴	فریبا مرسلی	آذربایجان شرقی	۴۶	علیرضا حنفی	گلستان
۱۵	مریم خزاعی	خراسان جنوبی	۴۷	ناهید احمدی	زنجان
۱۶	احسان غفوری	اراک، ناحیه ۱	۴۸	زهرا ارزانی	کرج، ناحیه ۲
۱۷	راضیه اکبری منبع	کبودرآهنگ	۴۹	محمد قادر پناه	لرستان
۱۸	پژمان حبیبی	کردستان	۵۰	فرهنگ حامدی	اهواز، ناحیه ۱
۱۹	فریده سلطانی اصل	تهران (شهرستان‌ها)	۵۱	حسن متقی	اصفهان
۲۰	ولی خوبان	قزوین	۵۲	مسعود راستیانی منش	کهگیلویه و بویراحمد
۲۱	محمدعلی رضایت	فارس	۵۳	حسین موحدی نیا	بندرعباس، ناحیه ۱
۲۲	سیده لیلا فانی	یزد	۵۴	صابر رجائی	اردبیل
۲۳	یحیی حمید	خوزستان	۵۵	سمانه کیانی	کرمانشاه
۲۴	شهلا مهدوی	اصفهان	۵۶	عبدالمحمد محسنی	بوشهر
۲۵	فیض الله کریمی	اهواز، ناحیه ۲	۵۷	حجت اله پاک فطرت	خراسان رضوی
۲۶	طوبی زارع	مازندران	۵۸	مژگان آبی	شهرتهران
۲۷	ملیحه خباز	خراسان رضوی	۵۹	عباسعلی صمدی	گلستان
۲۸	مژگان حسین پور	گیلان	۶۰	جمشید لطفیان	شهر تهران
۲۹	منوچهر اسماعیل زاده	کرمان	۶۱	علی شهری	تهران (شهرستان‌ها)
۳۰	جهان پناه حاتمی	قزوین	۶۲	اکبر رضایی	تهران
۳۱	محمدامین نظامی	تهران	۶۳	مهدی هاشمیان	خوزستان
۳۲	اورنگ باقی	گیلان			

جدول دوره ای عناصرها

۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸																																																																						
H هیدروژن ۱.۰۰۸	He هلیوم ۴.۰۰۳	Li لیتیم ۶.۹۴	Be بریلیم ۹.۰۱	B بور ۱۰.۸۰	C کربن ۱۲.۰۱	N نیتروژن ۱۴.۰۱	O اکسیژن ۱۶.۰۰	F فلورین ۱۹.۰۰	Ne نئون ۲۰.۱۸	Na سدیم ۲۲.۹۹	Mg منیزیم ۲۴.۳۱	Al آلومینیم ۲۶.۹۸	Si سیلیسیم ۲۸.۰۹	P فسفر ۳۰.۹۷	S گاز گوگرد ۳۲.۰۷	Cl کلر ۳۵.۴۵	Ar آرگون ۳۹.۹۵	K پتاسیم ۳۹.۱۰	Ca کلسیم ۴۰.۰۸	Sc اسکاندیم ۴۴.۹۶	Ti تیتانیم ۴۷.۸۷	V وانادیم ۵۰.۹۴	Cr کروم ۵۲.۰۰	Mn منگنز ۵۴.۹۴	Fe آهن ۵۵.۸۵	Co کوبات ۵۸.۹۳	Ni نیکل ۵۸.۶۹	Cu مس ۶۳.۵۵	Zn روی ۶۵.۳۹	Ga گالیم ۶۹.۷۲	Ge ژرمانیم ۷۲.۶۴	As آرستیک ۷۴.۹۴	Se سلنیم ۷۸.۹۶	Br برم ۷۹.۹۰	Kr کریپتون ۸۳.۸۰	Rb روبیوم ۸۵.۴۷	Sr استرونسیم ۸۷.۶۲	Y یتریم ۸۸.۹۱	Zr زیرکونیم ۹۱.۲۲	Nb نیوبیم ۹۲.۹۱	Mo مولیبدن ۹۵.۹۴	Tc تکنسیم -	Ru روثیم ۱۰۱.۱	Rh روادیم ۱۰۱.۰۷	Pd پالادیم ۱۰۶.۴۰	Ag نقره ۱۰۷.۹۰	Cd کادمیم ۱۱۲.۴۰	In اندیم ۱۱۴.۸۰	Sn قلع ۱۱۸.۷۰	Sb آنتیمون ۱۲۱.۸۰	Te تلوریم ۱۲۷.۶۰	I ید ۱۲۶.۹۰	Xe زنون ۱۳۱.۳۰	Ba باریم ۱۳۷.۳	La لانتان ۱۳۸.۹۰	Hf هافنیم ۱۷۸.۵	Ta تانالت ۱۸۰.۹۰	W تنگستن ۱۸۳.۸۰	Re رئیم ۱۸۶.۲۰	Os اوسمیم ۱۹۰.۲۰	Ir ایریدیم ۱۹۲.۲۰	Pt پلاتین ۱۹۵.۱	Au طلا ۱۹۷.۰۰	Hg جیوه ۲۰۰.۶۰	Tl تالیوم ۲۰۴.۳۰	Pb سرب ۲۰۷.۲۰	Bi بیسموت ۲۰۸.۰۰	Po پولونیم [۲۰۹]	At استاتین [۲۱۰]	Rn رادون [۲۲۲]	Fr فرانسیم [۲۲۳]	Ra رادیوم [۲۲۶]	Lr لورنسیم [۲۶۱]	Rf رادرفوردیم [۲۶۱]	Db دبانیم [۲۶۸]	Sg سیبورگیم [۲۷۱]	Bh بوریم [۲۷۲]	Hs هاسیم [۲۷۷]	Mt ماتریوم [۲۷۶]	Ds دانشینام [۲۸۱]	Rg روگنیتیم [۲۸۰]	Cn کوزنسیوم [۲۷۷]	Nh نیوهام [۲۸۴]	F1 فلوریم [۲۸۹]	Mc مکگرونیوم [۲۸۸]	Lv لورنوردیم [۲۹۲]	Ts تسنیهیم [۲۹۶]	Og اوغانسون [۲۹۴]

عدد اتمی ————— H ————— نماد شیمیایی
 نام ————— هیدروژن ————— جرم اتمی میانگین
 ۱ / ۱.۰۰۸

جدول دوره ای عناصرها در این جدول هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده است. در هر نماد، حرف اول نام لاتین عنصر به صورت بزرگ نوشته می شود؛ برای نمونه نماد سه عنصر آلومینیم، آرگون و طلا به ترتیب Al، Ar و Au است که همگی با حرف A آغاز می شود.