



آشنایی با الکتروشیمی

الکتروشیمی: شاخه‌ای از علم شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد.
سلول گالوانی: سلولی است که در آن طی یک واکنش خودبه‌خودی انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.
سلول الکترولیتی: سلولی است که در آن یک واکنش غیرخودبه‌خودی به زور برق انجام می‌شود.
عدد اکسایش: با فرض یونی در نظر گرفتن تمام پیوندها بار تعلق یافته به هر اتم عدد اکسایش آن اتم است.



تعیین عدد اکسایش

بدون رسم ساختار الکترون - نقطه‌ای: برای تعیین عدد اکسایش یک اتم باید قواعد زیر را به ترتیب رعایت کنیم:
 (۱) عدد اکسایش عناصر در حالت آزاد برابر است.

ترکیب	Na	N _۲	P _۴	Al
عدد اکسایش				

(۲) عدد اکسایش فلزات در ترکیب‌ها برابر است.

ترکیب	NaF	HF	OF _۲	F _۲
عدد اکسایش F				

(۳) عدد اکسایش فلز در یک ترکیب، همواره است.

ترکیب	NaHCO _۳	Al _۲ O _۳	Fe(OH) _۲	Al
عدد اکسایش فلز				

(۴) عدد اکسایش یون‌های تک‌اتمی برابر است.

ترکیب	F ⁻	Mg ^{۲+}	Cu ⁺	P ^{۳-}
عدد اکسایش				

(۵) اکسیژن دارای اعداد اکسایش متنوعی است:

آ- در اکسیدهای معمولی (O^{۲-})، مانند: H_۲O، SO_۲ و ... برابر است.

ب- در پراکسیدها (O_۲⁻)، مانند: Na_۲O_۲، H_۲O_۲ و ... برابر است.

پ- در سوپراکسیدها (O_۲⁻)، مانند: KO_۲ و ... برابر است.



۶) عدد اکسایش هیدروژن

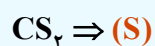
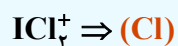
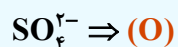
ترکیب	H_2O	NaH	AlH_3	MgH_2	$NaHCO_3$
عدد اکسایش هیدروژن					

۷) عدد اکسایش عنصری که در سمت راست یک ترکیب نوشته شده است، از فرمول زیر به دست می‌آید:

: عدد اکسایش عنصر سمت راست یک ترکیب

تمرین

۱) عدد اکسایش عناصر داخل پرانتز را محاسبه کنید.



۸) جمع جبری اعداد اکسایش یک ترکیب برابر با بار آن ترکیب است. از این روش برای به دست آوردن اعداد اکسایش عناصر مجهول استفاده می‌شود.

تمرین

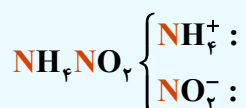
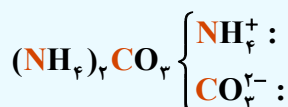
۲) عدد اکسایش عناصر مشخص شده را محاسبه کنید.



نکته) اگر ترکیب یونی بود، برای راحتی کار بهتر است کاتیون و آنیون را جدا کنید و سپس عدد اکسایش عنصر مجهول را محاسبه کنید.

تمرین

۳) عدد اکسایش عناصر مشخص شده را محاسبه کنید.





تست

۴) عدد اکسایش فسفر در $K_4P_2O_7$ و گوگرد در $K_2S_2O_7$ به ترتیب کدام است؟ (عددها را از راست به چپ بخوانید.)

(۱) +۴ ، +۶ (۲) +۵ ، +۶ (۳) +۵ ، +۷ (۴) +۶ ، +۷

تمرین

۵) عدد اکسایش عنصرهایی که زیر آنها خط کشیده شده را محاسبه کنید.

ترکیب	$LiNH_2$	$(NH_4)_2Cr_2O_7$	$Ca_2(PO_4)_2$	$Mn(HCO_3)_2$	Na_3AlF_6
عدد اکسایش					

به وسیله رسم ساختار الکترون - نقطه‌ای

این روش به علت وقت‌گیر بودن فقط برای ترکیبات آلی و یا سؤالاتی که از خود این روش آمده است، توصیه می‌شود.

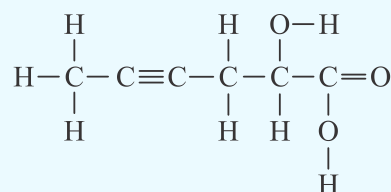
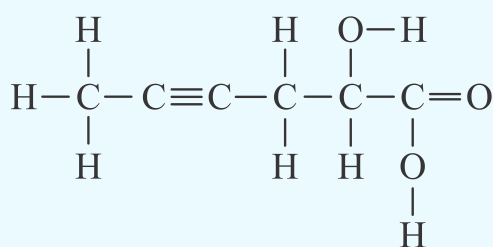
۱- ابتدا آرایش الکترون - نقطه‌ای را رسم می‌کنیم.

۲- هر پیوند کووالانسی از ۲ الکترون تشکیل شده است. اگر پیوندها را یونی فرض کنیم، هر دو الکترون پیوند به سمت عنصر الکترون‌گاتر می‌رود و هیچ الکترونی برای عنصری که الکترون‌گاتیوی کم‌تری دارد، باقی نمی‌ماند. در صورتی که الکترون‌گاتیوی دو اتم دقیقاً با هم برابر باشد، اتم‌ها دو الکترون را تقسیم می‌کنند و هر اتم یک الکترون برمی‌دارد. در این صورت عدد اکسایش اتم از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{عدد اکسایش} = (\text{الکترون‌های متعلق به اتم}) - (\text{عدد یکان شماره‌ی گروه اتم}) = \text{عدد اکسایش}$$

تمرین

۶) عدد اکسایش اتم‌های کربن را در هریک از ترکیب‌های زیر به دست آورید.



تمرین

۷) عدد اکسایش همه اتم‌ها را در هریک از ترکیب‌های زیر به دست آورید.





محدوده تغییرات عدد اکسایش:

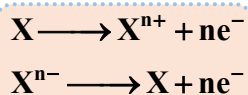
۱- فلزها: بزرگ‌ترین عدد اکسایش:
کوچک‌ترین عدد اکسایش:

۲- نافلزها: بزرگ‌ترین عدد اکسایش:
کوچک‌ترین عدد اکسایش:

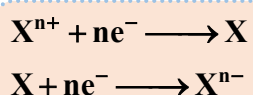
ترکیب	NH_3	N_2	HNO_2	HNO_3
عدد اکسایش N				

انجام واکنش با سفر الکترون

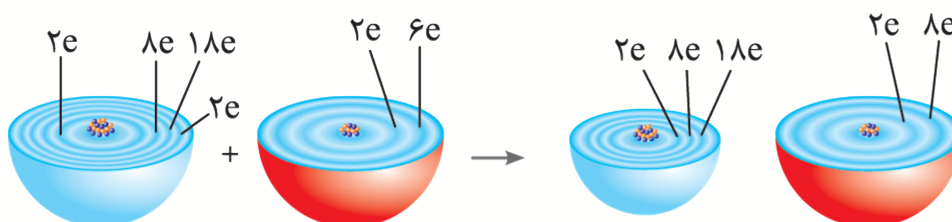
اکسایش: فرایندی است که طی آن یک گونه الکترون خود را از دست می‌دهد.



کاهش: فرایندی است که طی آن یک گونه الکترون می‌گیرد.



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



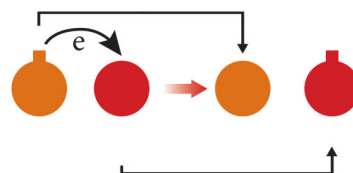
۱) اکسیژن نافلزی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می‌دهد و آن‌ها را به اکسید فلز تبدیل می‌کند. در حالی که با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی‌دهد.

۲) اتم آبی رنگ ساختار اتم روی و اتم قرمز رنگ ساختار اتم اکسیژن را نشان می‌دهد.

۳) همان‌طور که در شکل مشخص است اتم اکسیژن الکترون گرفته و به آنیون تبدیل شده و اتم روی الکترون از دست داده و به کاتیون تبدیل شده است.



۴) نوشتن نیم‌واکنش‌ها، موازنه آن‌ها و به‌دست آوردن واکنش کلی:



۵) درمورد مواد موجود در واکنش:

روی:

اکسیژن:

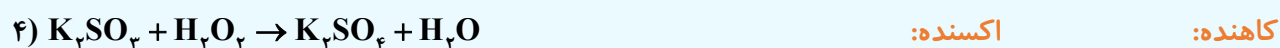
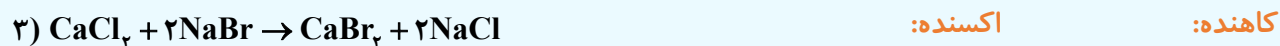
انواع واکنش و تعداد الکترون مبادله شده

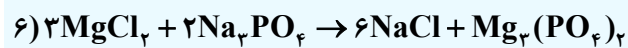
واکنش‌های اکسایش-کاهش

طی این واکنش‌ها حتما انتقال الکترون از گونه‌ای به گونه دیگر رخ داده است. برای تشخیص کفایت عدد اکسایش اتم‌ها را در مواد اولیه و فراورده مقایسه کنیم. اگر تغییر عدد اکسایش موجود بود، واکنش اکسایش-کاهش است. **نکته** اگر در واکنش عنصر به حالت آزاد داشتیم آن واکنش حتما اکسایش-کاهش است.

تمرین

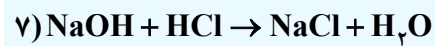
۸) واکنش‌های اکسایش - کاهش را مشخص کرده و در آن‌ها اکسنده و کاهنده را تعیین کنید.





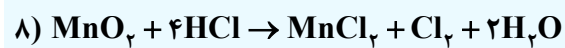
اکسنده:

کاهنده:



اکسنده:

کاهنده:



اکسنده:

کاهنده:

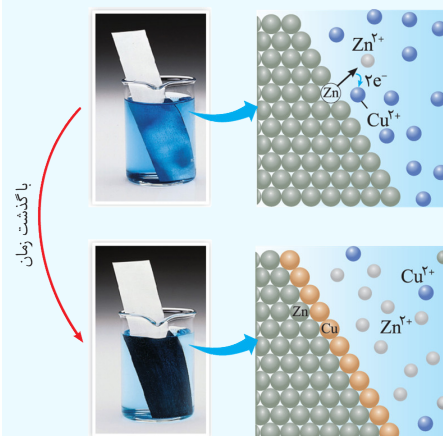


اکسنده:

کاهنده:

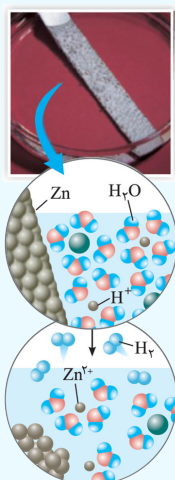
تمرین

۹) شکل زیر واکنش تیغه روی و محلول مس (II) سولفات را نشان می‌دهد. نیم‌واکنش‌های آن را نوشته و سپس گونه اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



تمرین

۱۰) شکل مقابل واکنش فلز روی با هیدروکلریک اسید را نشان می‌دهد. نیم‌واکنش‌های آن را نوشته سپس گونه کاهنده و اکسنده را در آن مشخص کنید.





تمرین

(۱۱) با توجه به واکنش محلول مس (II) سولفات و فلز روی، درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را مشخص کنید.

- آ- در این واکنش یونهای روی، اکسید شده و نقش کاهنده را دارند.
 ب- در این واکنش اتمهای مس با گرفتن دو الکترون کاهش یافته‌اند و نقش اکسنده را دارند.
 پ- در این واکنش گونه اکسنده با گرفتن الکترون از اتمهای روی کاهش می‌یابد.
 ت- با کاهش یافتن گونه اکسنده از رنگ آبی محلول کاسته شده است.
 ث- گونه اکسنده با گرفتن دو الکترون از گونه کاهنده، کاهش یافته و عدد اکسایش آن ۲- می‌شود.

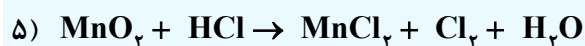
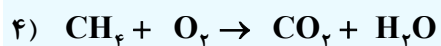
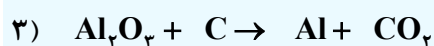
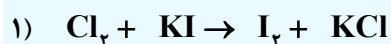
تعداد الکترونهای مبادله شده

تعداد الکترونهای مبادله شده در یک واکنش برابر با تغییر عدد اکسایش اتم ضرب در تعداد آن اتم در واکنش موازنه شده است.

ضریب استوکیومتری \times اندیس اتم \times تغییر عدد اکسایش اتم = تعداد e^- مبادله شده

تمرین

(۱۲) تعداد الکترونهای مبادله شده در واکنشهای زیر را به دست آورید.



تمرین

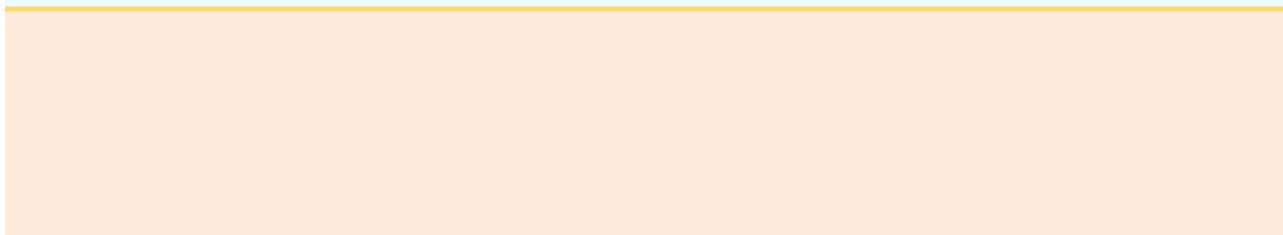
(C = ۱۲, H = ۱: g.mol⁻¹)

(۱۳) در سوختن کامل ۶ گرم اتان چند مول الکترون مبادله می‌شود؟



تمرین ✓

۱۴) در واکنش تیغه روی در محلول CuSO_4 به ازای مبادله شدن 10 مول الکترون، چند گرم از جرم جامد کاسته می‌شود؟
($\text{Cu} = 64, \text{Zn} = 65$) (تمام مس بر روی تیغه روی می‌نشیند)



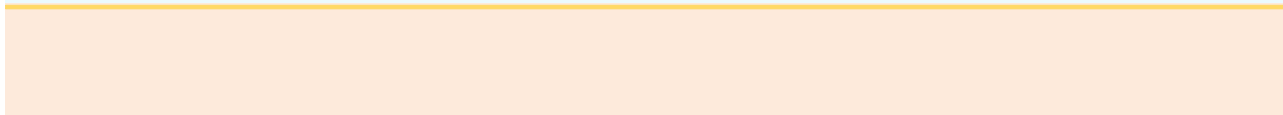
در برخی از واکنش‌های اکسایش و کاهش افزون بر داد و ستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود. جدول زیر داده‌هایی را پس از قراردادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول مس (II) سولفات در دمای 20° درجه نشان می‌دهد. به نکات آن توجه کنید:



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

تمرین ✓

۱۵) با گذاشتن تیغه روی در محلول AgNO_3 دمای محیط افزایش می‌یابد. درستی یا نادرستی جملات را مشخص کنید.



- آ- با اکسایش اتم‌های روی و انتقال الکترون‌ها به گونه اکسند، دمای محلول افزایش می‌یابد.
- ب- کاتیون‌های نقره توسط گونه کاهنده کاهش یافته و آنیون نیترات اکسید می‌شود.
- پ- قدرت کاهندگی اتم‌های روی از اتم‌های نقره بیش‌تر است.
- ت- کاتیون‌های نقره از اتم‌های نقره پایدارترند و با گرفتن الکترون کاهش می‌یابند.
- ث- اتم نقره با گرفتن الکترون، اتم‌های روی را اکسید می‌کند و کاهش می‌یابد.
- ج- انتقال الکترون بین گونه کاهنده و گونه اکسند موجب پایداری بیشتر فراورده‌ها نسبت به واکنش‌دهنده‌ها می‌شود.
- چ- اتم روی کاهنده‌تر از اتم نقره است و می‌تواند کاتیون‌های نقره را به اتم‌های نقره بکاهد.



تمرین

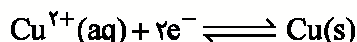
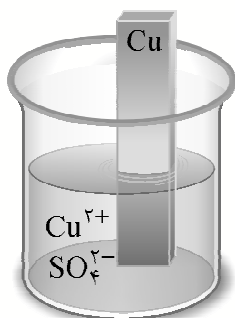
۱۶) اگر دمای محلول آبی رنگ CuSO_4 بر اثر گذاشتن یک تیغه Al افزایش یابد، درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را نشان دهید.

- آ- افزایش دمای محلول نشانه‌ای از اکسایش آلومینیم و کاهش کاتیون‌های مس است.
- ب- بعد از گذشت مدتی از رنگ آبی محلول کاسته می‌شود.
- پ- اتم‌های آلومینیم نقش کاهنده و یون‌های موجود در محلول نقش اکسنده را دارند.
- ت- در این واکنش، کاتیون‌های آلومینیم پایدارتر از کاتیون‌های مس هستند.
- ث- قدرت کاهندگی آلومینیم از مس بیشتر است.
- ج- کاتیون‌های مس با کاهش یافتن و اتم‌های آلومینیم با اکسایش یافتن، پایدار می‌شوند و باعث بالا رفتن دمای محلول می‌شوند.

سلول‌های گالوانی

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 اکسایش و کاهش یافته 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.

نیم‌سلول: هر گاه تیغه‌ای از جنس فلز X را درون محلول X^{n+} قرار دهیم یک نیم‌سلول ساخته‌ایم.

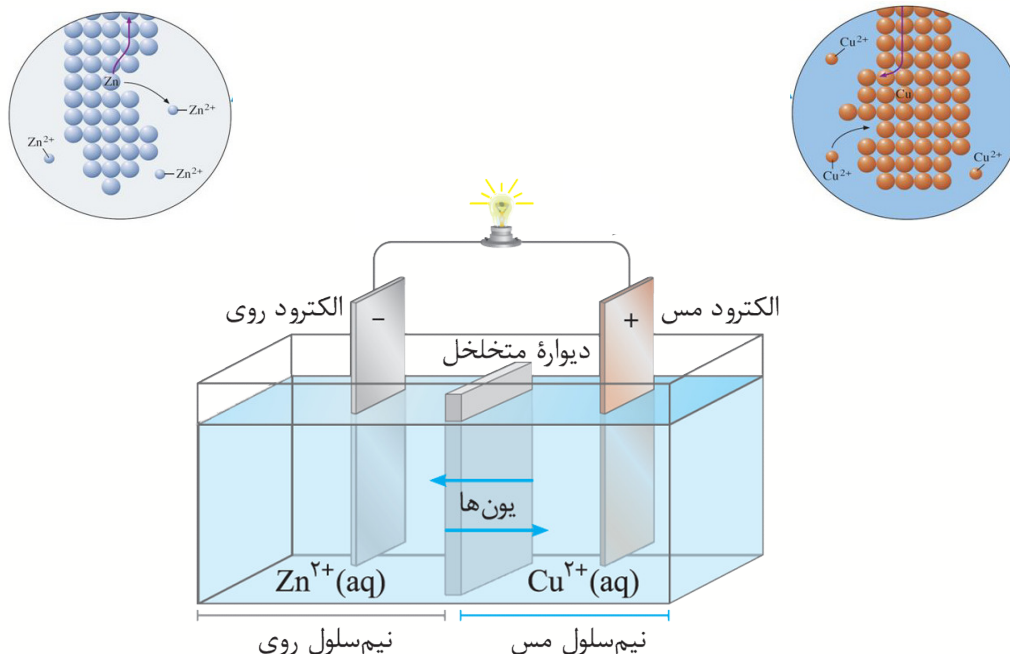


سلول گالوانی: دستگاهی است که می‌تواند بر اساس قدرت کاهندگی فلزها انرژی الکتریکی تولید کند. این سلول به دلیل تولید انرژی الکتریکی ویژگی‌های یک باتری را دارد.

اگر نیم‌سلول مس و نیم‌سلول روی را همانند شکل صفحه بعد به هم وصل کنیم، الکترون‌ها در مدار بیرونی جابه‌جا می‌شوند و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. جریانی که سبب روشن شدن لامپ می‌شود. نتایج چنین پژوهش‌هایی منجر به ساخت سلول گالوانی شد.



شکل زیر نمای ذره‌ای از سلول گالوانی روی - مس (Zn - Cu) را نشان می‌دهد. به نکات آن دقت کنید:



- (۱) ابتدا یک نیم‌سلول مس را به یک نیم‌سلول روی متصل کرده‌ایم.
- (۲) با توجه به کاهندگی بیش‌تر روی نسبت به مس الکترون‌ها از سمت روی به سمت مس حرکت می‌کنند. بنابراین روی قطب منفی و مس قطب مثبت را تشکیل می‌دهد.
- (۳) با از دست دادن الکترون توسط اتم روی، نیم‌واکنش اکسایش و با گرفتن الکترون توسط یون‌های مس، نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد.
- (۴) **آند:** الکتروودی است که در آن نیم‌واکنش اکسایش رخ می‌دهد، در اینجا روی آند است.
- کاتد:** الکتروودی است که در آن نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد، در اینجا مس کاتد است.
- (۵) در سلول‌های گالوانی آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت است.
- (۶) همواره جهت حرکت الکترون‌ها از سمت آند به کاتد است.
- (۷) نیم‌واکنش اکسایش را نیم‌واکنش آندی و نیم‌واکنش کاهش را نیم‌واکنش کاتدی می‌نامند.
- (۸) انتظار می‌رود با ادامه روند واکنش به تدریج در محلول پیرامون الکتروود آند، غلظت کاتیون‌های روی از آنیون‌ها بیشتر شود و در محلول پیرامون الکتروود کاتد، غلظت آنیون‌ها از کاتیون‌های مس بیشتر شود. اما در عمل این اتفاق نمی‌افتد؛ زیرا زمانی واکنش اکسایش - کاهش ادامه پیدا می‌کند که هر دو ظرف از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. برای انجام این اتفاق، کاتیون‌ها از نیم‌سلول آند به سمت کاتد و آنیون‌ها از نیم‌سلول کاتد به سمت آند با گذر از دیواره متخلخل مهاجرت می‌کنند.

تمرین

۱۷) با توجه به شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

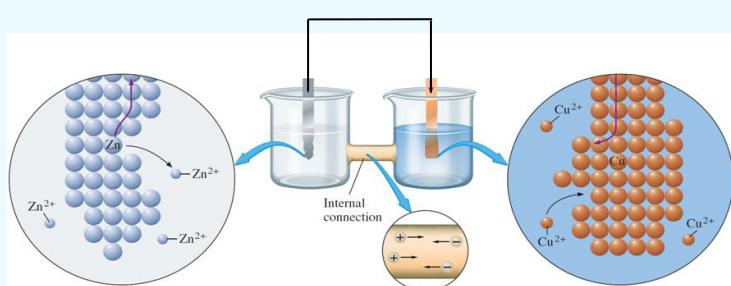
آ- نیم‌واکنش اکسایش، نیم‌واکنش کاهش و واکنش کلی را بنویسید.

ب- با گذشت زمان وزن تیغه Cu، وزن تیغه Zn و غلظت یون‌های Cu^{2+} و غلظت یون‌های Zn^{2+} چه تغییری می‌کنند؟

پ- آند، کاتد، قطب مثبت و قطب منفی را روی شکل مشخص کنید.

ت- جهت حرکت کاتیون‌ها و آنیون‌ها را روی شکل مشخص کنید.

ث- نمودار تغییر غلظت یون‌ها را برای این سلول گالوانی رسم کنید.



تمرین

۱۸) با توجه به شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

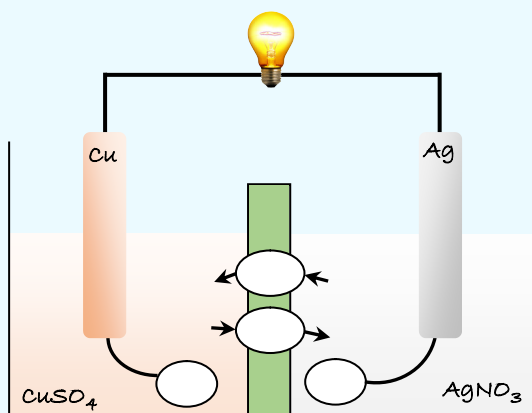
آ- نیم‌واکنش اکسایش، نیم‌واکنش کاهش و واکنش کلی را بنویسید.

ب- با گذشت زمان وزن تیغه Ag، وزن تیغه Cu و غلظت یون‌های Ag^+ و غلظت یون‌های Cu^{2+} چه تغییری می‌کنند؟

پ- آند، کاتد، قطب مثبت و قطب منفی را روی شکل مشخص کنید.

ت- جهت حرکت کاتیون‌ها و آنیون‌ها را روی شکل مشخص کنید.

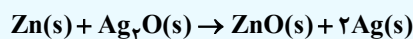
ث- نمودار تغییر غلظت یون‌ها را برای این سلول گالوانی رسم کنید.





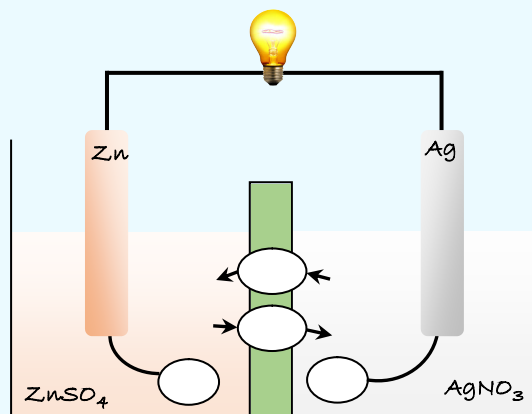
تمرین

۱۹) در باتری دگمه‌ای که یک سلول گالوانی است، واکنش زیر انجام می‌شود. با توجه به واکنش، به سؤالات پاسخ دهید.



آ- آند، کاتد، قطب مثبت و قطب منفی را روی شکل مشخص کنید.

ب- نیم‌واکنش اکسایش و نیم‌واکنش کاهش را بنویسید.



پ- جهت حرکت الکترون‌ها، کاتیون‌ها و آنیون‌ها را روی شکل مشخص کنید.

تمرین

۲۰) درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را در مورد سلول گالوانی Zn - Cu مشخص کنید.

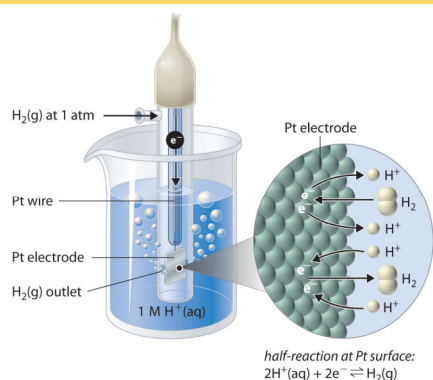
آ- الکترون‌های حاصل از اکسایش آند، توسط گونه کاهنده موجود در نیم‌سلول کاتد، مصرف می‌شوند.

ب- فراورده‌ی حاصل از نیم‌واکنش کاهش، اتم‌های مس هستند که در قطب منفی، بر روی الکتروود رسوب می‌کنند.

پ- جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی با جهت حرکت آنیون‌ها از دیواره متخلخل هم‌سو است.

ت- با گذشت زمان وزن تیغه‌ی کاتد افزایش و غلظت گونه‌ی کاهنده کاهش می‌یابد.

ث- وجود دیواره متخلخل باعث خنثی باقی ماندن بار الکتریکی الکتروولیت‌ها می‌شود و این بدین معین است که غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در سلول ثابت باقی می‌ماند.



نیروی الکتروموتوری: ولتاژی که ولت سنج در سلول گالوانی نشان می‌دهد،

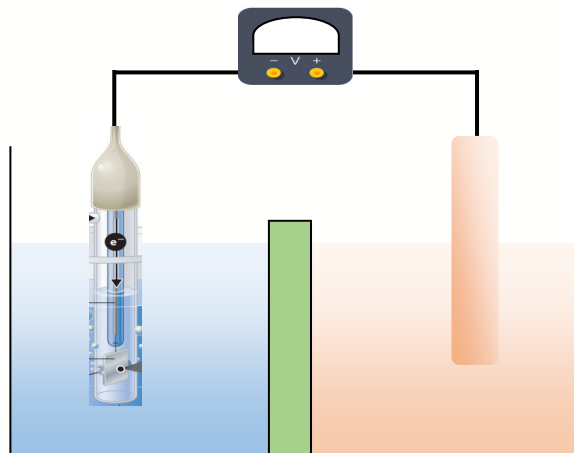
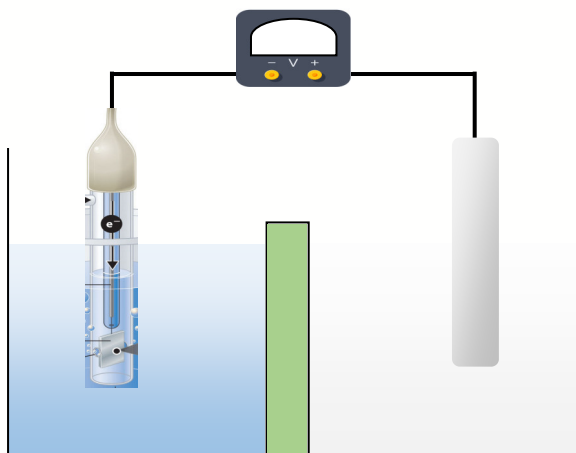
اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌سلول است. این کمیت به نیروی الکتروموتوری معروف است و با emf نمایش داده می‌شود.

نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE): اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول

به‌طور جداگانه ممکن نیست و باید به‌طور نسبی اندازه‌گیری شود.

شیمی‌دان‌ها SHE را به‌عنوان مبنا انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر صفر در نظر گرفتند.

پتانسیل استاندارد (E°): اگر اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول نسبت به SHE در دمای 25°C و فشار یک اتمسفر و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت‌ها انجام شود پتانسیل اندازه‌گیری شده را پتانسیل استاندارد نیم‌سلول می‌نامند و با E° نمایش می‌دهند.



(۱) X به SHE الکترون می‌دهد:

(۲) X از SHE الکترون می‌گیرد:

سری الکتروشیمیایی: رتبه‌بندی فلزها به ترتیب کاهندگی آن‌ها در یک جدول، سری الکتروشیمیایی نامیده می‌شود.

نیم‌واکنش کاهش				$E^\circ (\text{V})$
$\text{Au}^{3+}(\text{aq})$	$+ 3\text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Au}(\text{s})$	$+1.50$
$\text{Pt}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2\text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Pt}(\text{s})$	$+1.20$
$\text{Ag}^+(\text{aq})$	$+ \text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Ag}(\text{s})$	$+0.80$
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2\text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Cu}(\text{s})$	$+0.34$
$2\text{H}^+(\text{aq})$	$+ 2\text{e}^-$	\rightarrow	$\text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2\text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Pb}(\text{s})$	-0.12
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2\text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Sn}(\text{s})$	-0.13
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2\text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Ni}(\text{s})$	-0.25
$\text{Co}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2\text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Co}(\text{s})$	-0.28
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2\text{e}^-$	\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
$\text{Li}^+(\text{aq})$	$+ \text{e}^-$	\rightarrow	$\text{Li}(\text{s})$	-3.04

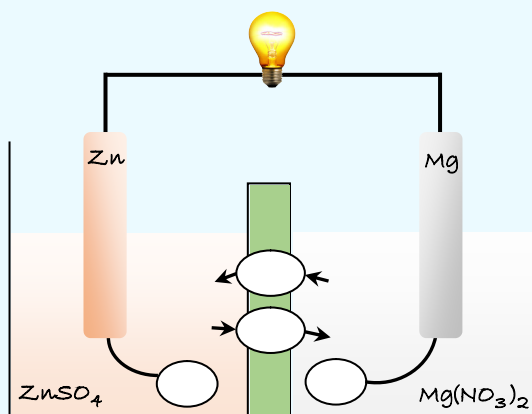


محاسبه نیروی الکتروموتوری (emf): گفتیم که در واقع همان اختلاف پتانسیل دو نیم‌سلول است که آن را با سلول E° (emf) نشان می‌دهند و از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:



تمرین

(۲۱) با توجه به شکل زیر، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. $E^\circ(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0.76 \text{ (V)}$, $E^\circ(\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}) = -2.37 \text{ (V)}$.



آ- آند، کاتد، قطب مثبت و قطب منفی را در شکل مشخص کنید.
ب- نیم‌واکنش اکسایش، نیم‌واکنش کاهش و واکنش کلی را بنویسید.

پ- جهت حرکت الکترون‌ها، کاتیون‌ها و آنیون‌ها را مشخص کنید.

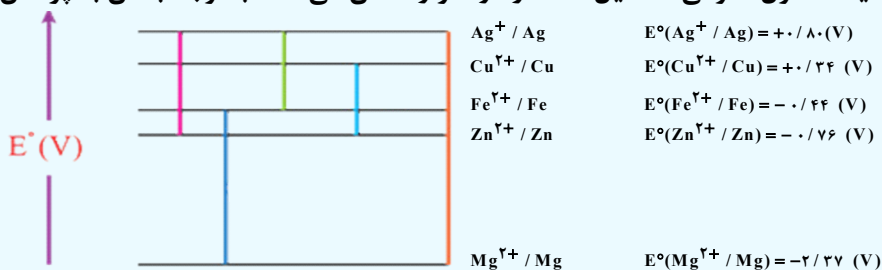
ت- با گذشت زمان وزن تیغه Mg، وزن تیغه Zn و غلظت یون‌های Mg^{2+} و غلظت یون‌های Zn^{2+} چه تغییری می‌کنند؟

ث- emf سلول را محاسبه کنید.

ج- اگر به جای تیغه‌ی روی از تیغه آهن استفاده کنیم، ولتاژ سلول چه تغییری می‌کند؟

تمرین

(۲۲) در نمودار زیر هر خط عمودی، یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



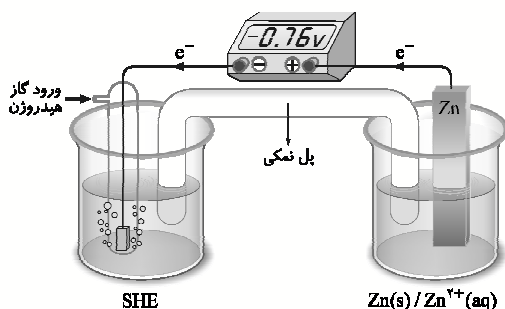
آ- با توجه به اطلاعات موجود در نمودار، برای ساختن سلول گالوانی با بیشترین ولتاژ، از کدام نیم‌سلول‌ها استفاده می‌کنید؟ مقدار emf آن را محاسبه کنید.

ب- با توجه به اطلاعات نمودار، مشخص کنید emf سلول Fe - Ag با emf سلول Mg - Zn چقدر اختلاف خواهد داشت؟

پ- emf سلولی که واکنش زیر در آن رخ داده است برابر با ۱/۵۶ ولت است. E° نیم‌سلول A چقدر است؟ A کدام فلز نمودار بالاست؟
 $\text{A(s)} + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{A}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag(s)}$



نکته اگر ولت‌سنج در یک پیل ولتایی عددی منفی را نشان داد، به این مفهوم نیست که سلول E° منفی است؛ چون اگر سلول E° منفی بود، دیگر واکنشی انجام نمی‌شد. علت این موضوع آن است که قطب‌های ولت‌سنج به صورت برعکس به قطب‌های پیل وصل شده‌اند. برای مثال به شکل روبه‌رو دقت کنید:



همان‌طور که می‌بینید، در این سلول Zn قطب منفی است و در حال الکترون‌دادن است اما به قطب مثبت ولت‌سنج وصل شده است، به همین علت عدد گزارش شده روی ولت‌سنج منفی است.

تمرین

۲۳ با توجه به جدول زیر، درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را مشخص کنید.

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
$D^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow D(s)$	-۱/۵۹

- آ- نسبت به A کاهنده قوی‌تری است.
- ب- C^{2+} نسبت به D کاهنده ضعیف‌تری است.
- پ- ضعیف‌ترین کاهنده در بین گونه‌های فوق D^{3+} است.
- ت- نسبت به D اکسندۀ تر است.
- ث- D می‌تواند C^{2+} را کاهش دهد.
- ج- ولتاژ سلول B-A نسبت به ولتاژ سلول $C^{2+} - A$ کم‌تر است.

چ- در سلول D-B آنیون‌ها به سمت الکتروود D می‌روند.

- ح- A و B می‌توانند C^{2+} را اکسید کنند.
- خ- با ساختن سلول گالوانی از گونه‌های جدول، بیش‌ترین ولتاژ ممکن برابر ۲/۹۲ ولت خواهد بود.
- د- C^{2+} ، B و A می‌توانند D^{3+} را کاهش دهند.
- ذ- قوی‌ترین اکسندۀ A^+ است.
- ر- در سلول D-B کاتیون‌ها به سمت الکتروود B حرکت می‌کنند.

- ز- C^{3+} می‌تواند B را اکسید کند.
- ژ- B^{2+} نسبت به C^{3+} اکسندۀ تر است.

تست

۲۴ ولتاژ سلول الکتروشیمیایی «آهن - قلع» برابر ۰/۳ و ولتاژ سلول الکتروشیمیایی «آهن - مس» برابر ۰/۹۸ ولت است. مقدار ولتاژ سلول الکتروشیمیایی «Sn-Cu» برابر کدام است؟

- (۱) ۰/۶۸ (۲) ۱/۲۸ (۳) ۰/۲۸ (۴) ۰/۸۶



تست

۲۵) کدام عبارت درباره‌ی SHE نادرست است؟

- ۱) الکترولیت آن می‌تواند محلول ۲ مولار هیدروفلوئوریک اسید با درجه‌ی یونش ۵٪ باشد.
- ۲) اگر با فلز مس در یک سلول بسته شود، نقش آند را ایفا کرده و تیغه‌ی پلاتینی نازک می‌شود.
- ۳) در تماس با نیم‌سلول روی، پس از مدتی pH الکترولیت آن افزایش می‌یابد.
- ۴) واکنش آن به صورت $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ است.

پیش‌بینی انجام‌پذیر و یا انجام‌ناپذیر بودن واکنش‌ها

به سه جمله زیر دقت کنید:

- ۱- در سری الکتروشیمیایی گونه سمت چپ بالاتر با گونه سمت راست پایین تر واکنش می‌دهد.
- ۲- اتم خنثی (فلز) و یک کاتیون به شرطی واکنش می‌دهند که اتم خنثی کاهنده‌تر باشد.
- ۳- نگهداری محلول‌ها (کاتیون نمک‌های محلول) در ظرفی امکان‌پذیر است که ظرف در سری الکتروشیمیایی بالاتر باشد (ظرف = اتم خنثی) در نتیجه قدرت کاهندگی کمتری داشته و با کاتیون‌های محلول وارد واکنش نمی‌شود.

تست

۲۶) انجام‌پذیر و یا انجام‌ناپذیر بودن واکنش‌های زیر را مشخص کنید.

- ۱) $Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s) \rightarrow Cu(s) + 2Ag^+(aq)$
- ۲) $2Ag(s) + NiCl_2(aq) \rightarrow 2AgCl(aq) + Ni(s)$

تمرین

۲۷) اگر قدرت کاهندگی فلز A از فلز B بیش‌تر باشد، کدام واکنش انجام‌پذیر است؟

- ۱) $A^{2+} + B \rightarrow B^{2+} + A$
- ۲) $A + B^{2+} \rightarrow A^{2+} + B$

تمرین

۲۸) با توجه به اطلاعات زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$$E^\circ(Au^{3+}/Au) = +1/50 (V) \quad , \quad E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = +0/34 (V)$$

$$E^\circ(2H^+/H_2) = 0/00 (V) \quad , \quad E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0/76 (V)$$

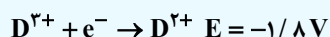
آ- محلول HCl با کدام یک از فلزهای بالا می‌تواند واکنش دهد؟

ب- ظرفی از جنس کدام یک از فلزهای بالا برای نگهداری محلول‌های اسیدی مناسب‌تر است؟ چرا؟



تمرین

۲۹) با توجه به نیم‌واکنش‌های زیر و E° های داده شده، درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.



آ- محلول HCl می‌تواند با فلز B واکنش دهد.

ب- فلز A می‌تواند با محلول هیدروکلریک اسید واکنش دهد و گاز هیدروژن تولید کند.

پ- D^{2+} می‌تواند با A واکنش دهد.

تمرین

۳۰) با توجه به اطلاعات زیر درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید.



آ- محلول مس (II) سولفات را نمی‌توان در ظرف آهنی نگهداری کرد.

ب- محلول هیدروکلریک اسید را می‌توان در ظرفی از جنس طلا نگهداری کرد.

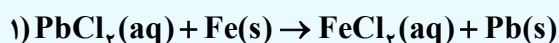
پ- محلول حاوی کاتیون‌های طلا را می‌توان در ظرفی به جنس هر یک از فلزات بالا نگهداری کرد.

ت- ریختن محلول نیتریک اسید در ظرفی از جنس روی، با آزاد شدن گاز هیدروژن همراه است.

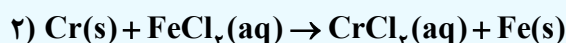
نکته چنانچه واکنشی انجام شده، گونه کاهنده سمت چپ از گونه کاهنده سمت راست قوی‌تر است. و گونه اکسنده سمت چپ نیز از گونه اکسنده سمت راست قوی‌تر است.

تمرین

۳۱) با توجه به واکنش‌های انجام شده قدرت کاهندگی را مقایسه کنید.



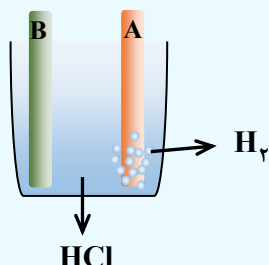
کاهندگی:



کاهندگی:

تمرین

۳۲) با توجه به شکل زیر درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌ها را مشخص کنید.



آ- H_2 نسبت به فلز B ، کاهنده قوی‌تری است.

ب- H^+ به کاتیون فلز B ، اکسنده ضعیف‌تری است.

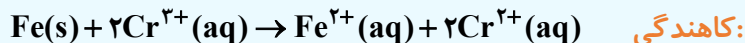
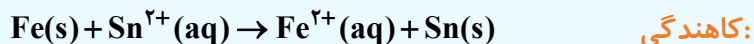
پ- فلز A نسبت به فلز B ، کاهنده ضعیف‌تری است.

ت- کاتیون فلز A نسبت به H^+ اکسنده قوی‌تری است.



تمرین ✓

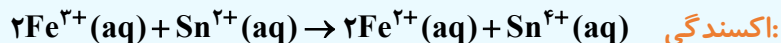
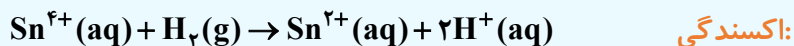
(۳۳) با توجه به واکنش‌های زیر که انجام شده‌اند، گونه‌های کاهنده را بر حسب کاهش قدرت مرتب کنید.



کاهندگی:

تمرین ✓

(۳۴) با توجه به واکنش‌های زیر که انجام شده‌اند، قدرت اکسندگی کاتیون‌ها را به ترتیب افزایش مرتب کنید.

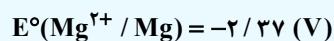
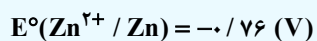
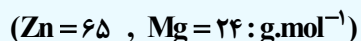


اکسندگی:

چند مسئله برای سلول‌های گالوانی

تمرین ✓

(۳۵) در سلول گالوانی روی - منیزیم به ازای خورده شدن ۱/۲ گرم از آن، چند گرم به جرم کاتد اضافه می‌شود؟



۱۳/۴

۶/۵(۳)

۱/۱۲۵(۲)

۳/۲۵(۱)



تمرین

۳۶) اگر در سلول گالوانی $\text{Al} - \text{H}_2$ در شرایط استاندارد، پس از مدتی $5/4$ گرم از جرم آند کاهش یابد، چند مول الکترون بین دو نیم سلول، مبادله می شود؟ $E^\circ(\text{Al}^{3+} / \text{Al}) = -1/66 \text{ (V)}$ ($\text{Al} = 27$, $\text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1}$)

۲/۴(۴)

۱/۲(۳)

۳(۲)

۶(۱)

تمرین

۳۷) در سلول $\text{Zn} - \text{Cu}$ به ازای مبادله $3/01 \times 10^{22}$ الکترون بین دو نیم سلول چند گرم به جرم کاتد اضافه می شود؟
 $E^\circ(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0/76 \text{ (V)}$ $E^\circ(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) = +0/34 \text{ (V)}$ ($\text{Cu} = 64$, $\text{Zn} = 65: \text{g.mol}^{-1}$)

۱/۶(۴)

۱/۸(۳)

۱/۴(۲)

۱/۲(۱)

تمرین

۳۸) در سلول گالوانی $\text{Zn} - \text{H}_2$ الکترولیت نیم سلول کاتدی شامل ۵ لیتر هیدروکلریک اسید یک مولار می باشد. اگر پس از گذشت t ثانیه از شروع کار این سلول، $6/02 \times 10^{23}$ الکترون در آن مبادله شود، در این مدت زمان چه مقدار بر جرم الکتروود کاتدی افزوده می شود و غلظت الکترولیت کاتدی به چند مولار می رسد؟ ($\text{H} = 1, \text{Zn} = 65: \text{g.mol}^{-1}$)



تمرین ✓

۳۹) ۳۲/۵ گرم از یک قطعه آلیاژ روی و مس را در مقدار کافی محلول ۴ مولار هیدروکلریک اسید قرار داده و گرم می‌کنیم تا واکنش کامل انجام گیرد. اگر در این فرایند، ۲/۲۴ لیتر گاز هیدروژن در شرایط استاندارد آزاد شده باشد، درصد جرمی مس در این آلیاژ کدام است؟ ($\text{Cu} = 64, \text{Zn} = 65 : \text{g.mol}^{-1}$)

۹۰(۴)

۸۰(۳)

۷۰(۲)

۶۰(۱)

📌 نکته لیتیم در میان فلزها کم‌ترین چگالی و منفی‌ترین E° را دارد. این ویژگی باعث می‌شود بتوان با لیتیم باتری‌هایی سبک‌تر، کوچک‌تر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی تولید کرد.

سلول سوختی منبعی برای تولید انرژی سبز

سوخت‌های فسیلی

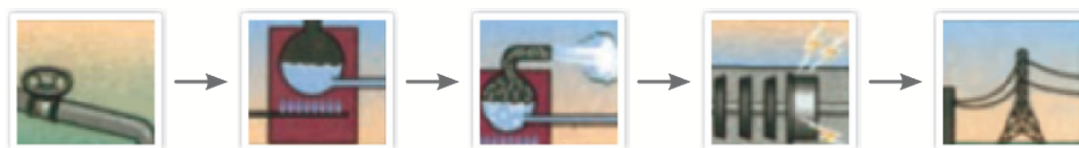
- ۱) مناسب‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها می‌باشد.
- ۲) استخراج بی‌رویه آن‌ها باعث شده تا ذخایر آن‌ها به سرعت کاهش یابد.
- ۳) گسترش روزافزون و آلودگی ناشی از مصرف آن‌ها جهان را با چالش روبه‌رو کرده است.

سلول سوختی:

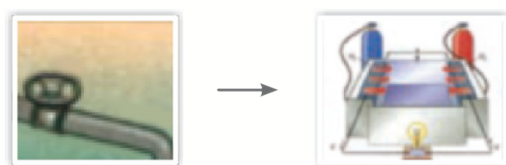
- ۱) نوعی سلول گالوانی است.
- ۲) برای گذر از تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می‌شود.
- ۳) کارایی بیشتری نسبت به سوخت فسیلی دارد.
- ۴) می‌تواند رد پای کربن دی اکسید را کاهش دهد.
- ۵) دوست‌دار محیط زیست است و منبع انرژی سبز به‌شمار می‌آید.



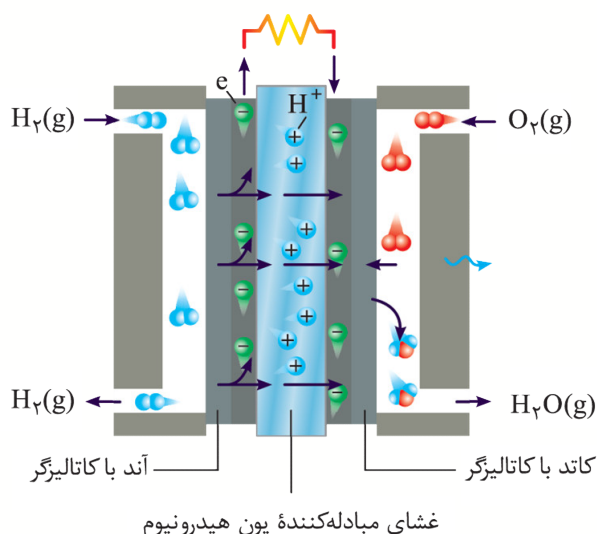
با توجه به شکل زیر که روش‌های مراحل تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی نشان داده شده است مشخص می‌شود که در روش سلول سوختی هم کارایی بالاتر است و هم اتلاف انرژی به شکل گرما کم‌تر می‌باشد.



انتقال برق راه‌اندازی توربین تولید بخار سوزاندن سوخت انتقال سوخت
و تولید برق



انتقال سوخت سلول سوختی و تولید برق



رایج‌ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن - اکسیژن است. دستگاهی که در آن هیدروژن با اکسیژن به صورت کنترل شده واکنش می‌دهد و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. به شکل آن دقت کنید تا نکات آن را با هم بررسی کنیم:

هر سلول سوختی دارای سه جزء اصلی است:

- ۱- غشاء
- ۲- الکترود آند
- ۳- الکترود کاتد

کاتد:

- ۱- قطب مثبت است.
- ۲- در کنار آن گاز اکسیژن وارد می‌شود.
- ۳- دارای کاتالیزگر است.
- ۴- اکسیژن در واکنش با سوخت یعنی همان هیدروژن کاهش می‌یابد.

آند:

- ۱- قطب منفی است.
- ۲- در کنار آن سوخت که همان گاز هیدروژن است وارد می‌شود.
- ۳- دارای کاتالیزگر است.
- ۴- هیدروژن پیوسته وارد شده و اکسایش می‌یابد و به این ترتیب یون هیدروژن را ایجاد می‌کند.

معادله کلی سلول به صورت $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ است.



نکته 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 آن‌ها است.

تمرین

۴۰. درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را درباره سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن مشخص کنید.
- آ - غشای مبادله‌کننده دارای کاتالیزگرهایی است که به نیم‌واکنش‌های اکسایش-کاهش سرعت می‌بخشند.
 - ب - پروتون‌ها به سمت الکترودی که گاز اکسیژن به آن وارد می‌شود، در حرکت اند.
 - پ - حجم گاز مصرف شده در آند، دو برابر حجم گاز مصرف شده در کاتد است.
 - ت - جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی به سمت الکترودی است که مولکول‌های آب خارج می‌شوند.
 - ث - پروتون‌های حاصل از اکسایش هیدروژن در آند، به سمت کاتد مهاجرت کرده و در آنجا کاهش می‌یابند.
 - ج - اکسیژن در کاتد کاهش می‌یابد و با ترکیب شدن با دو پروتون، یک مولکول آب تولید می‌شود.

تمرین

۴۱. اگر بدانیم در یک سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن تعداد $2 / 408 \times 10^{22}$ الکترون مبادله شده است، در این سلول سوختی چند گرم هیدروژن اکسایش یافته است؟ ($H = 1: g.mol^{-1}$)
- $0.04(4)$ $0.03(3)$ $0.02(2)$ $0.01(1)$

تمرین

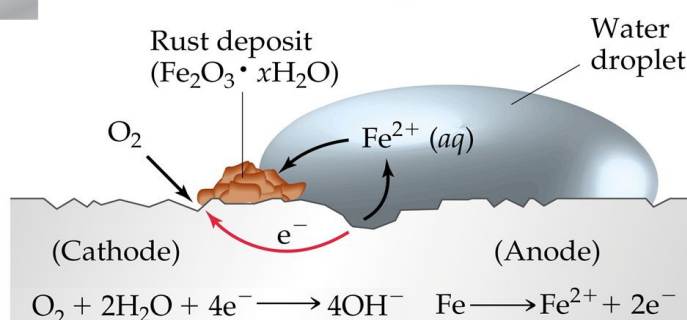
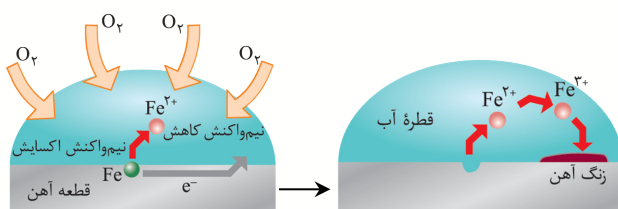
۴۲. اگر جرم گونه کاهش یافته در یک سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن برابر با $1/92$ گرم باشد، چه تعداد الکترون در این سلول مبادله شده است؟ ($O = 16, H = 1: g.mol^{-1}$)

خوردگی

خوردگی: به فرایند تردشدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش - کاهش خوردگی گفته می‌شود. زنگ زدن آهن، تیره شدن نقره و زنگار سبز بر سطح مس نمونه‌هایی از خوردگی هستند.

پتانسیل کاهشی اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است. با این نکته درمی‌یابیم که اکسیژن به‌عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها آن‌ها را اکسید کند.

در شکل زیر زنگ زدن یک قطعه آهن در هوای مرطوب را می‌بینیم به نکات آن دقت کنید:



(۱) با توجه به مثبت بودن E° اکسیژن، این نافلز در نقش اکسنده الکترون را از فلز می‌گیرد و خود به همراه رطوبت واکنش کاهش را انجام می‌دهد:



(۲) فلز آهن اکسید شده و الکترون‌های خود را از دست می‌دهد:



(۳) با توجه به این‌که فرآورده نهایی خوردگی زنگ آهن یا آهن (III) هیدروکسید است آهن (II) مجدداً اکسید شده و به آهن (III) تبدیل می‌شود:



(۴) یون آهن با یون هیدروکسید واکنش می‌دهد و زنگ آهن پدید می‌آید:



(۵) فرایند نهایی خوردگی آهن به‌شکل زیر است:

(۶) با توجه به این‌که اکسیژن در محیط اسیدی میزان E° مثبت‌تری دارد، در محیط‌های اسیدی سرعت خوردگی افزایش می‌یابد.

(۷) با توجه به این‌که E° طلا از اکسیژن چه در حالت معمولی و چه در حالت اسیدی بزرگ‌تر است، طلا در هوای مرطوب و حتی محیط‌های اسیدی هم دچار خوردگی نمی‌شود.



تمرین ۴۳

- ۴۳) با توجه به فرایند زنگ زدن آهن در هوای مرطوب، درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را مشخص کنید.
- آ- در فرایند زنگ زدن آهن، باید اکسیژن و آب در تماس با آهن باشند.
 - ب- جهت حرکت الکترون‌ها در قطعه آهن با جهت حرکت کاتیون‌های آهن (II) در قطره آب، یکسان است.
 - پ- در نیم‌واکنش کاهش، الکترون‌ها در حضور رطوبت، به اکسیژن داده می‌شوند.
 - ت- pH محیط، در بخشی که الکترون‌های آهن، اتم‌های اکسیژن را می‌کاهند، بالا می‌رود.
 - ث- کاتیون‌ها و الکترون‌ها از طریق قطره آب، به سمت محل انجام نیم‌واکنش کاهش حرکت می‌کنند.
 - ج- خوردگی در محلی رخ می‌دهد که نیم‌واکنش اکسایش انجام می‌شود.

فداکاری فلزها برای حفاظت آهن (حفاظت کاتدی)

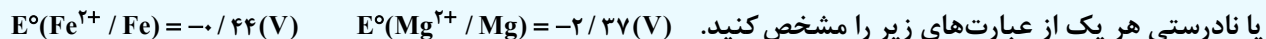
ساده‌ترین راه برای جلوگیری از حفاظت آهن از خوردگی ایجاد یک پوشش محافظ است که از رسیدن اکسیژن و رطوبت به سطح آهن جلوگیری کند مانند زنگ زدن، قیراندود کردن و یا روکش دادن با یک فلز دیگر. هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است فلز کاهنده‌تر (دارای E° کم‌تر) در این رقابت برنده می‌شود. تصور کنید فلز روی (Zn) یا منیزیم (Mg) در هوای مرطوب با آهن تماس داشته باشند. با توجه به این‌که روی و منیزیم E° کم‌تری از آهن دارند بی‌شک در این رقابت برنده شده و اکسید می‌شوند و با این فداکاری از اکسایش آهن جلوگیری می‌کنند.

Mg

Fe

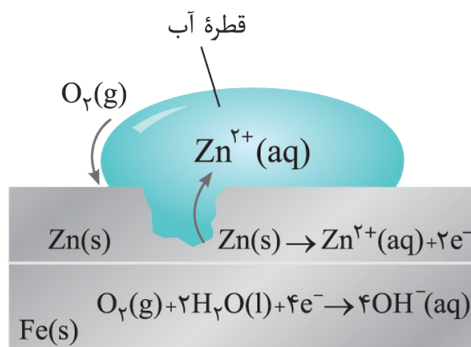
تمرین ۴۴

۴۴) با توجه به E° های داده شده، در صورت چسباندن قطعاتی از منیزیم بر روی لوله‌ی آهنی، در هوای مرطوب، درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را مشخص کنید.



- آ- منیزیم در رقابت برای اکسید شدن از آهن برنده می‌شود.
- ب- منیزیم اکسایش می‌یابد و آهن کاهش می‌یابد.
- پ- پس از اکسایش کامل منیزیم، خوردگی آهن اتفاق خواهد افتاد.
- ت- الکترون‌های حاصل از اکسایش منیزیم توسط آهن مصرف می‌شوند.

آهن سفید یا گالوانیزه:



(۱) به ورقه آهنی که با پوششی از فلز روی (Zn) پوشیده شده است

آهن گالوانیزه (آهن سفید) می‌گویند که در ساخت تانکر آب، کانال کولر و ... کاربرد دارد.

(۲) روی با پوشش مناسب از آهن به صورت فیزیکی محافظت می‌کند و

چون اکسید روی مانند اکسید آلومینیم متراکم و چسبنده است پس از مدتی سطح روی را فراگرفته و روی خورده نمی‌شود.

(۳) در صورتی که خراشی روی آهن گالوانیزه ایجاد شود، اکسیژن و رطوبت به سطح آهن می‌رسند ولی آهن خورده نمی‌شود چون E° روی از آهن کمتر بوده و الکترون‌های خود را در اختیار اکسیژن قرار می‌دهد.

(۴) از آهن گالوانیزه نمی‌توان برای ساخت ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد؛ زیرا در مواد غذایی اسیدهایی وجود دارند که با روی وارد واکنش می‌شوند و ماده غذایی فاسد می‌شود.

تمرین

(۴۵) درباره آهن گالوانیزه، درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را مشخص کنید.

آ- در صورت خراشیدگی در حضور رطوبت، روی اکسایش یافته و از آهن محافظت می‌شود.

ب- با ایجاد خراش، الکترون‌های حاصل از اکسایش روی در حضور اکسیژن به اتم‌های آهن داده می‌شود.

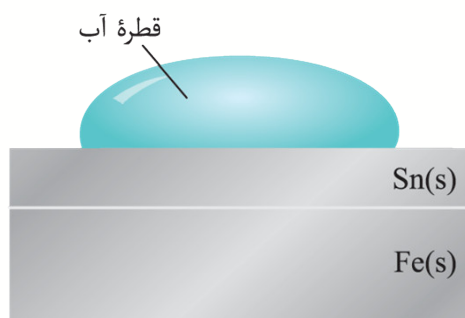
پ- در حضور رطوبت و ایجاد خراش، الکترون‌ها در سطح فلز روی به اکسیژن داده می‌شوند.

ت- در شرایط مناسب، نیم‌واکنش اکسایش در سطح فلز روی انجام می‌شوند.

ث- آهن گالوانیزه آلیاژی از آهن و روی است که از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند.

ج- در صورت خراش کاتیون‌های آهن وارد قطره آب می‌شوند.

چ- از آهن گالوانیزه می‌توان برای نگهداری مواد غذایی استفاده کرد.



حلبی:

(۱) ورقه آهنی که با لایه نازکی از فلز قلع (Sn) پوشیده شده باشد حلبی نام دارد که برای قوطی‌های کنسرو و روغن نباتی استفاده می‌شود.

(۲) قلع نیز با پوشش مناسب به صورت فیزیکی از رسیدن آب و اکسیژن به سطح آهن جلوگیری می‌کند و مانع خوردگی آهن می‌شود.

(۳) اگر خراشی در سطح حلبی اتفاق بیافتد با توجه به این که E° آهن کمتر از قلع است، آهن از قلع محافظت کرده و الکترون خود را در اختیار اکسیژن قرار می‌دهد و به شدت خورده می‌شود.



تمرین ۴۶

- ۴۶) درباره حلبی، درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های داده شده را مشخص کنید.
- آ- در صورت خراشیدگی در حضور رطوبت، قلع اکسایش یافته و از آهن محافظت می‌شود.
- ب- در صورت خراشیدگی، واکنش اکسایش انجام یافته، همانند واکنش اکسایش در تولید زنگ آهن است.
- پ- با خراشیدگی در حضور رطوبت، نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در سطح فلز قلع انجام می‌شوند.
- ت- در صورت خراشیدگی حلبی، آهن موجود در حلبی زودتر و سریع‌تر از آهن خالص دچار خوردگی می‌شود.
- ث- برخلاف روی، قلع با مواد غذایی واکنش نمی‌دهد و قوطی‌های مواد غذایی از حلبی ساخته می‌شوند.
- ج- در اثر ایجاد خراش در حضور رطوبت کاتیون‌های قلع وارد محلول می‌شوند.

تمرین ۴۷

۴۷) با توجه به E° های داده شده، درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های داده شده را مشخص کنید.

$$E^\circ(\text{Au}^{3+} / \text{Au}) = +1.50 \text{ (V)}$$

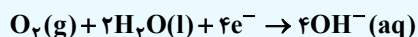
$$E^\circ(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) = +0.34 \text{ (V)}$$

$$E^\circ(\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}) = -0.14 \text{ (V)}$$

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

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

$$E^\circ(\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}) = -2.37 \text{ (V)}$$

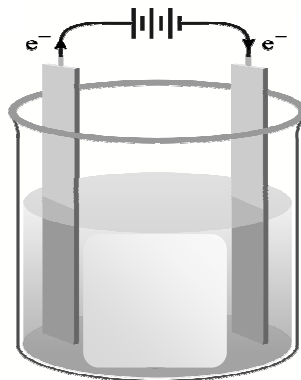


$$E^\circ = +0.40 \text{ V}$$

- آ- در صورت تماس قلع و روی در هوای مرطوب، قلع در رقابت برای از دست دادن الکترون برنده است.
- ب- در صورت تماس قلع و آهن در هوای مرطوب، قلع اکسید شده و از خوردگی آهن جلوگیری می‌شود.
- پ- در هوای مرطوب، تماس آهن با فلز منیزیم، از اکسایش و خوردگی آهن جلوگیری خواهد کرد.
- ت- در تماس مستقیم آهن و روی، روی دچار اکسایش شده و آهن محافظت می‌شود.
- ث- تماس آهن با روی در هوای مرطوب، فرایند خوردگی آهن را تسریع خواهد کرد.
- ج- در هوای مرطوب، تماس آهن با مس، موجب خوردگی سریع‌تر آهن خواهد شد.
- چ- در تماس مس و آهن در هوای مرطوب، آهن اکسایش یافته و الکترون‌های خود را در حضور اکسیژن به مس تحویل می‌دهد.
- ح- در تماس بین آهن و قلع در هوای مرطوب، الکترون‌های حاصل از اکسایش آهن، اتم‌های اکسیژن را می‌کاهند.
- خ- در صورت تماس آهن با قلع در هوای مرطوب، آهن از خوردگی محافظت خواهد شد.

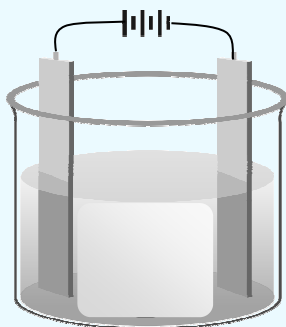
سلول‌های الکترولیتی

سلول‌های الکترولیتی: سلول‌هایی هستند که در آن‌ها با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش راند.



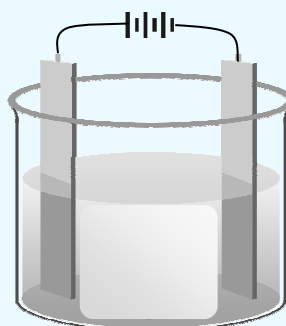
تمرین

(۴۸) شکل زیر برقکافت KBr مذاب در یک سلول الکترولیتی را نشان می‌دهد. آند و کاتد، قطب مثبت و منفی سلول، جهت حرکت الکترون‌ها، جهت حرکت آنیون‌ها و کاتیون‌ها را در آن نشان دهید و نیم‌واکنش آندی، نیم‌واکنش کاتدی و واکنش کلی سلول را بنویسید.



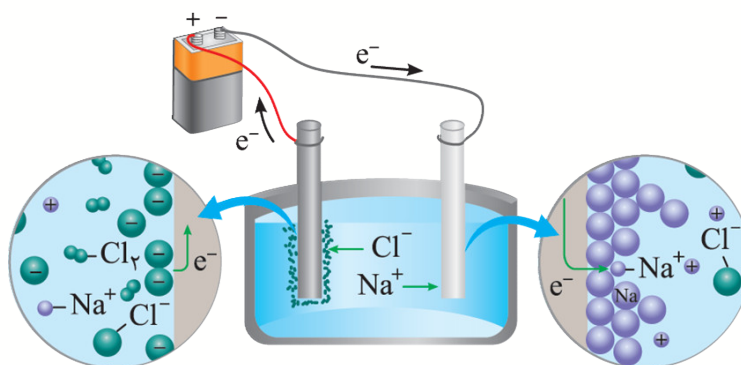
تمرین

(۴۹) در برقکافت PbI_2 مذاب در یک سلول الکترولیتی، آند و کاتد، قطب مثبت و منفی، جهت حرکت الکترون‌ها، آنیون‌ها و کاتیون‌ها، را نشان دهید و نیم‌واکنش آندی، کاتدی و واکنش کلی سلول را بنویسید.



برقکافت NaCl(l) و تهیه فلز سدیم (سلول دانز)

فلز سدیم یک کاهنده قوی با E° بسیار کم است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود و در ترکیب‌های طبیعی تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. این موضوع نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های سدیم هستند. به همین دلیل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. شکل زیر تهیه فلز سدیم را از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی نشان می‌دهد. به شکل دقت کنید تا نکات آن را با هم بررسی کنیم:



(۱) سدیم کلرید خالص در 801°C درجه ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود 587°C درجه پایین می‌آورد.

(۲) یون سدیم به سمت قطب منفی (کاتد) رفته و با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد:

کاتد-کاهش-قطب منفی

(۳) یون کلرید به سمت قطب مثبت (آند) رفته و با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد:

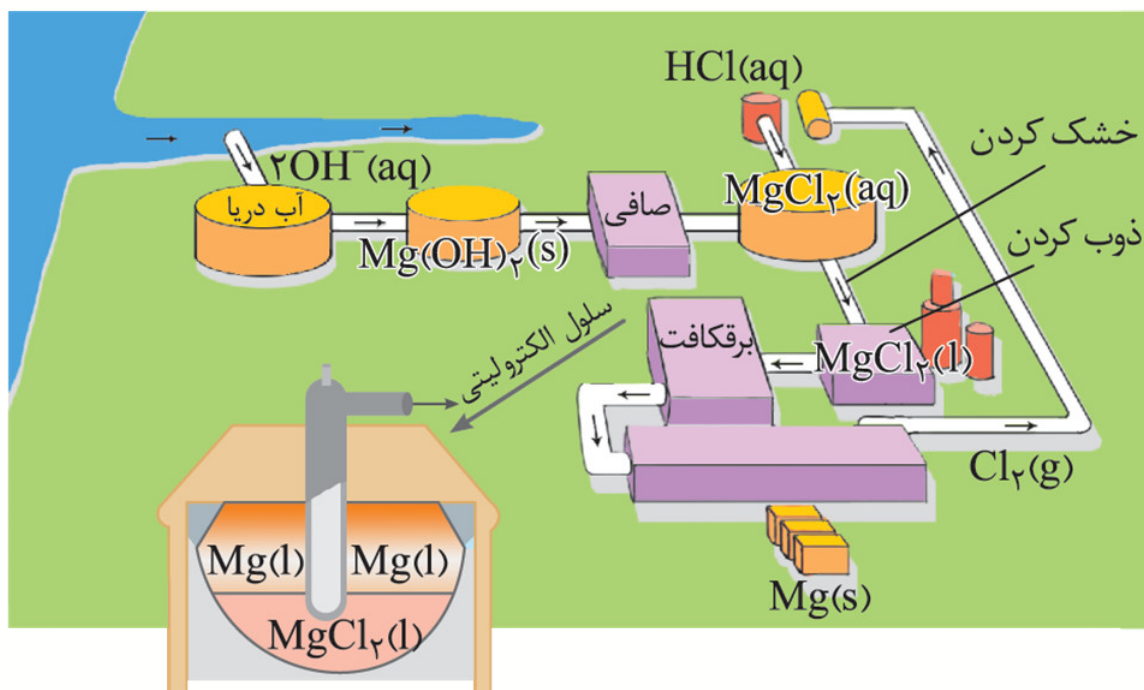
آند-اکسایش-قطب مثبت

(۴) واکنش کلی سلول دانز:

(۵) سلول دانز یک سلول الکترولیتی است که در صنعت برای تهیه فلز سدیم بکار می‌رود.

برقکافت منیزیم کلرید مذاب و تهیه فلز منیزیم

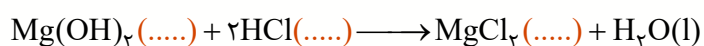
شکل زیر مراحل تهیه منیزیم از آب دریا را نشان می‌دهد. به شکل دقت کنید تا نکات را با هم بررسی کنیم:



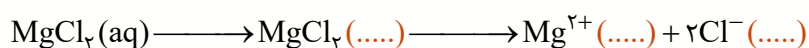
(۱) ابتدا یون $Mg^{2+}(aq)$ محلول در آب دریا را با یون $OH^{-}(aq)$ به صورت رسوب درمی‌آورند:



(۲) پس از جدا کردن $Mg(OH)_2(s)$ و صاف کردن آن، این ماده جامد را با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند تا $MgCl_2$ ایجاد شود.



(۳) پس از حرارت دادن ابتدا $MgCl_2$ خشک شده و سپس با حرارت بیشتر $MgCl_2$ به صورت مذاب درآمده و یون‌های $Mg^{2+}(l)$ و $Cl^{-}(l)$ ایجاد می‌شود:



(۴) پس از برقکافت $MgCl_2(l)$ واکنش‌های آندی و کاتدی به صورت زیر انجام می‌شود:

کاتد-کاهش - قطب منفی:

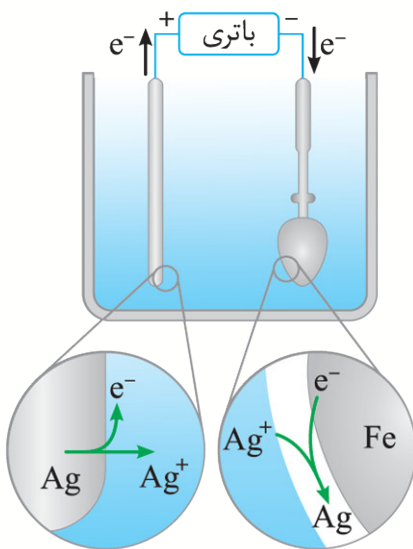
آند-اکسایش - قطب مثبت:

(۵) گاز کلر تولید شده پس از خشک کردن جمع‌آوری می‌شود و منیزیم هم پس از سرد شدن به صورت فلز منیزیم $Mg(s)$ جمع‌آوری می‌شود.

آبکاری

آبکاری: پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری نام دارد. این فرایند در سلول الکترولیتی انجام می‌شود.

در شکل زیر آبکاری یک قاشق فولادی را با فلز نقره می‌بینیم. به نکات آن دقت کنید:



(۱) برای آبکاری، قاشق (فلزی که قرار است پوشش روی آن بنشیند) را به قطب منفی باتری وصل می‌کنیم تا نقش کاتد را ایفا کند و نقره (فلزی که قرار است پوشش ایجاد کند) را به قطب مثبت باتری وصل می‌کنیم تا نقش آند بگیرد.

(۲) جسمی که مورد آبکاری قرار می‌گیرد حتماً باید رسانا باشد.

(۳) الکترولیت را از جنس محلول نمک فلز پوشاننده انتخاب می‌کنیم. در اینجا از محلول نقره نیترات استفاده شده است.

(۴) در آند یا قطب مثبت، فلز پوشاننده اکسایش یافته و به صورت یون وارد محلول می‌شود:

آند-اکسایش-قطب مثبت:

(۵) در کاتد یا قطب منفی، یون‌های فلز پوشاننده الکترون گرفته و به صورت جامد روی جسم مورد نظر می‌نشیند:

کاتد-کاهش-قطب منفی:

(۶) علت انتخاب الکترولیت از جنس محلولی از نمک نقره این است که قبل از رسیدن یون‌های نقره‌ای تولید شده در کاتد مولکول‌های آب الکترون‌های آند را دریافت نکنند و کاهش نیابند.



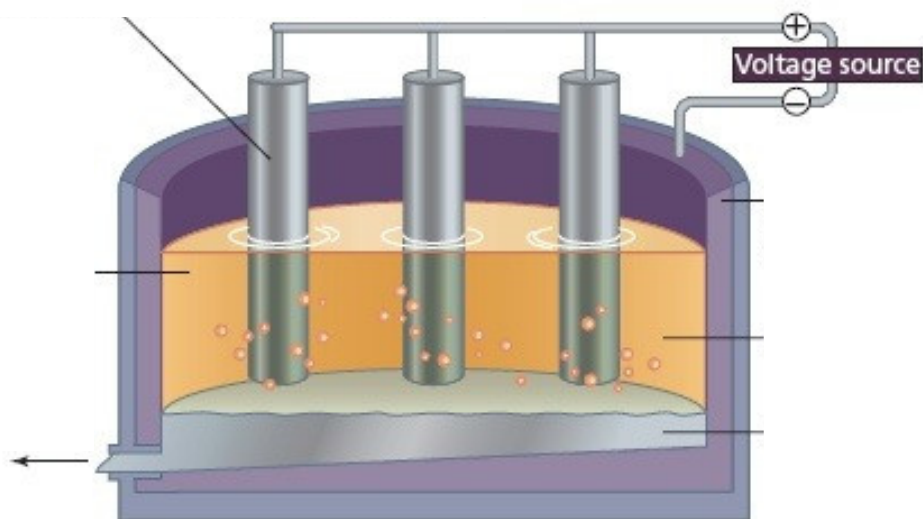
فرآیند هال

قبلاً دیدیم که برخی از فلزها مانند آلومینیم با این که اکسایش می‌یابند اما خورده نمی‌شوند. از این فلزها برای ساخت وسایل گوناگونی استفاده می‌کند که برای مدت طولانی‌تری استحکام خود را حفظ می‌کنند.

فرآیند هال: رایج‌ترین روش برای برقکافت نمک‌های مذاب آلومینیم و به دست آوردن فلز آلومینیم، فرآیند هال است.

آلومینیم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود، از این رو این فلز را تنها می‌توان از برقکافت نمک‌های مذاب آن به دست آورد.

به شکل زیر توجه کنید تا نکات آن را با هم بررسی کنیم:



(۱) دیواره‌ها و کف ظرف نقش کاتد (قطب منفی) و میله‌ها نقش آند (قطب مثبت) را ایفا می‌کنند و هر دو از جنس گرافیت هستند.

(۲) یون‌های آلومینیم (Al^{3+}) به سمت قطب منفی یا کاتد رفته و کاهش می‌یابد:

کاتد-کاهش - قطب منفی:

(۳) یون‌های اکسیژن به سمت قطب مثبت یا آند رفته و اکسایش پیدا می‌کند:

آند-اکسایش - قطب مثبت:

(۴) گاز اکسیژن به هنگام خارج شدن با گرافیت آند برخورد کرده و به دلیل دمای بالا با آن واکنش می‌دهد:

(۵) واکنش کلی سلول هال بصورت زیر خواهد بود:

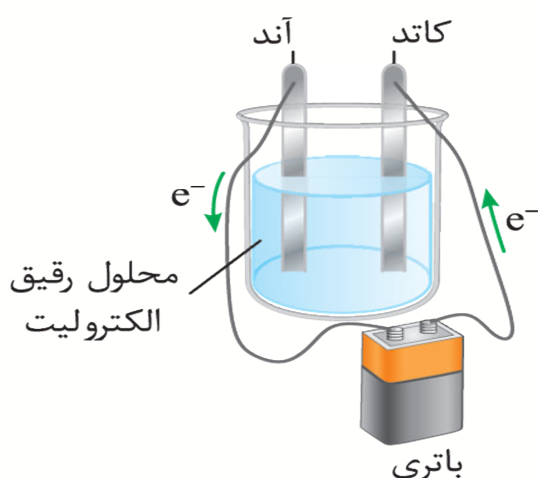
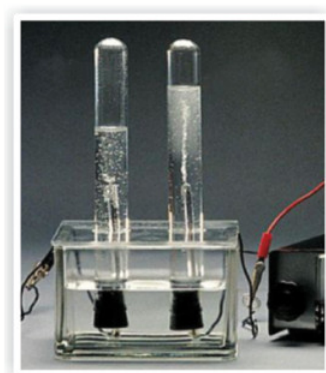
(۶) چگالی بیشتر آلومینیم مذاب نسبت به Al_2O_3 باعث می‌شود آلومینیم در کف ظرف جمع شده و از طریق دریچه‌ای خارج شود.



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

برقکافت آب

برقکافت آب یکی از واکنش‌هایی است که در سلول‌های الکترولیتی انجام می‌شود. به شکل برقکافت آب دقت کنید تا نکات آن را با هم بررسی کنیم:



۱) آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد از این رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.

۲) هر دو الکترود کاتد و آند درون یک الکترولیت قرار دارند.

۳) الکترودها در این سلول‌ها بی‌اثر هستند، در واکنش شرکت نمی‌کنند و اغلب از جنس گرافیت انتخاب می‌شود.

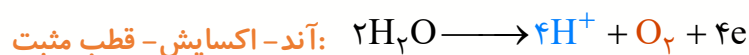
۴) در این سلول‌ها کاتد را به قطب منفی باتری می‌بندیم و آند را به قطب مثبت آن وصل می‌کنیم.

۵) در کاتد یعنی قطب منفی نیم‌واکنش کاهش به شکل زیر انجام می‌شود:



توجه و اگر کاغذ pH را در اطراف کاتد در محلول فرو کنیم به رنگ آبی درخواهد آمد.

۶) در آند یعنی قطب مثبت نیم‌واکنش اکسایش به شکل زیر انجام می‌شود:



توجه اگر کاغذ pH را در اطراف آند در محلول فرو کنیم به رنگ قرمز درخواهد آمد.

۷) برای نوشتن معادله کلی باید نیم‌واکنش کاهش را در ۲ ضرب کنیم تا هنگام جمع دو نیم واکنش الکترون‌ها حذف شوند. واکنش کلی این سلول به صورت مقابل خواهد بود: