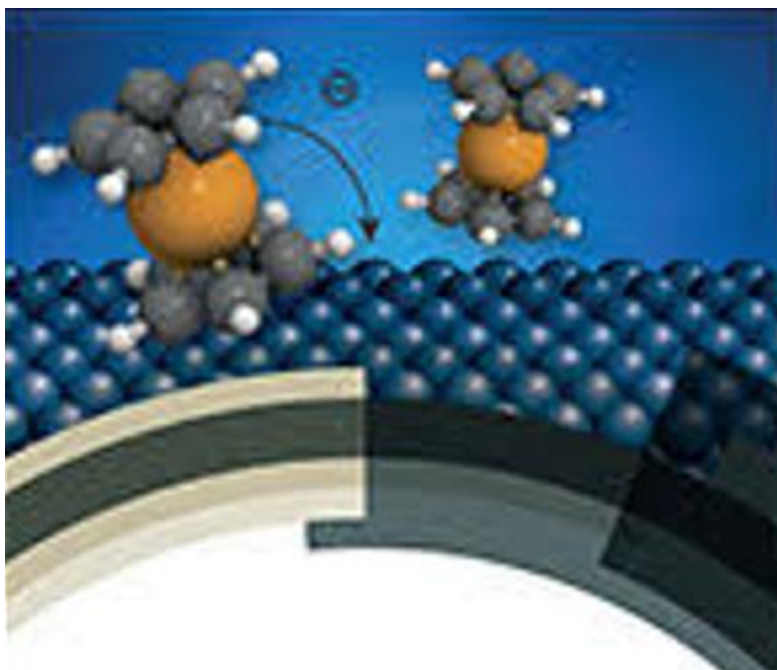


## بخش دوم

### آسایش و رفاه در سایه شیمی



«اوست که برق را به نشان می دهد که هم مایه ترس و هم مایه امید است»

#### قسمت اول

قسمت اول که از صفحه های ۳۷ تا ۴۴ کتاب درسی را شامل می شود، مطالب زیر را می خوانید:

- مقدمه
- انجام واکنش با سفر الکترون

#### جای خالی

۱۲۴. هریک از عبارتهای داده شده را با استفاده از موارد زیر کامل کنید (برخی از موارد دو بار استفاده می شود).

غیر قابل - نافلز - الکتروشیمی - روی - انرژی الکتریکی - انرژی شیمیایی - ازدست دادن - فلز - الکترون - باتری - لامپ LED - قابل - گرفتن - مس

ا. بخشی از انرژی تندر و آذرخش به شکل ..... میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود. که این پدیده به دنبال داد و ستد ..... ایجاد می شود.

ب. شاخه ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی با داد و ستد الکترون نقش بسزایی دارد ..... است.

ج. یکی از فرآورده های مهم صنعتی ..... است که با انجام واکنش های شیمیایی، انرژی الکتریکی را تأمین می کند.

د. چراغ خورشیدی یک ابزار روشنایی است که از ..... ، سلول خورشیدی و باتری ..... شارژ تشکیل شده است.

- ه. اغلب .....ها، اکسندده هستند که با ..... الکترون، ..... می یابند.
- و. هرگاه تیغه ..... درون محلول ..... سولفات قرار گیرد، واکنشی انجام نمی شود.

### درست یا نادرست

۱۲۵. جمله های زیر را با دقت مورد بررسی قرار دهید و درست و نادرست بودن آن ها را مشخص کنید در صورت نادرست بودن شکل صحیح جمله یا علت نادرستی آن را مشخص نمایید.
- ا. اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می کنند.
- ب. اکسیژن عنصر بسیار واکنش پذیر است که می تواند همه فلزها را به طور خودبه خودی اکسید کند.
- ج. آبکاری، سلوهای سوختی و کنترل کیفی مواد، همگی از کاربردهای دانش الکتروشیمیایی است.
- د. حل شدن آلومینیم اکسید در اسیدها یک واکنش اکسایش - کاهش است.
- ه. اگر فلز M قادر باشد فلز مس را از محلول آبی دارای یون های مس (II) خارج کند، قدرت کاهندگی آن بیشتر از فلز مس است.
- و. بار مثبت گونه اکسندده در یک واکنش اکسایش - کاهش، افزایش می یابد.
- ز. برای نگهداری محلول روی سولفات می توان از ظرف ساخته شده از مس استفاده نمود.
- ح. برای جابه جایی الکترون می توان تیغه آهنی را در محلول منیزیم نترات قرار داد.
- ط. دمای محلول مس (II) نترات با قرار دادن تیغه آلومینیمی بیشتر از هنگامی است که تیغه روی جایگزین می شود.
- ی. قدرت اکسندگی کاتیون های فلزات مس، روی و آهن به صورت  $Fe^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+}$  است.

### انتخاب کنید

۱۲۶. هر یک از عبارتهای زیر را با انتخاب یکی از موارد داده شده، کامل کنید.

ا. با گذشت زمان در واکنش  $Al(s) + Ni(NO_3)_2(aq) \rightarrow Al(NO_3)_3(aq) + Ni(s)$  تیغه آلومینیم الکترون  $\frac{\text{از دست داده}}{\text{به دست آورده}}$  و

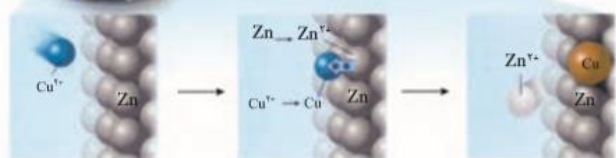
$\frac{\text{کاهش}}{\text{اکسایش}}$  یافته است و سبب  $\frac{\text{کاهش}}{\text{اکسایش}}$  یون های نیکل شده اند، از این رو اتم های آلومینیم نقش  $\frac{\text{کاهنده}}{\text{اکسندده}}$  و یون های نیکل نقش  $\frac{\text{کاهنده}}{\text{اکسندده}}$  دارند.

و چون یک واکنش  $\frac{\text{خودبه خودی}}{\text{غیر خودبه خودی}}$  است، سبب  $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$  دمای محلول می شود.

ب. فلز نیکل با محلول دارای یون های  $Cu^{2+}(aq)$  آبی رنگ واکنش می دهد. با وارد کردن یک تیغه  $\frac{\text{نیکلی}}{\text{مسی}}$  در چنین محلولی رسوب قهوه

ای مایل به سرخی که همان فلز  $\frac{\text{مس}}{\text{نیکل}}$  است، روی تیغه  $\frac{\text{نیکلی}}{\text{مسی}}$  می نشیند. هم زمان با آن یون های  $\frac{Ni^{2+}}{Cu^{2+}}(aq)$  سبز رنگ نیز وارد

محلول می شوند. از این رو درمی یابیم که یون های  $Cu^{2+}$   $\frac{\text{کاهنده تر}}{\text{اکسندده تر}}$  است.



### مهارتی

۱۲۷. مطابق شکل داده شده تیغه های از جنس فلز روی درون محلول مس (II) سولفات قرار می گیرد و

رنگ محلول تغییر می کند:

ا. واکنشی گرماگیر است یا گرماده؟ چرا؟

ب. کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش می یابد.

ج. در رقابت برای گرفتن الکترون، کدام کاتیون برنده است؟

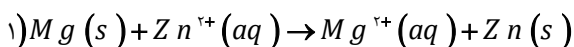
د. پس از گذشت زمان شدت رنگ محلول چه تغییری می‌کند؟

ه. اگر تیغه‌ای از جنس فلز مس را درون محلول روی قرار دهیم آیا واکنش انجام می‌شود؟ چرا؟

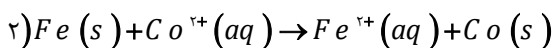


۱۲۸. با توجه به تصویر زیر تعیین کنید کدام گونه کاهنده است؟

۱۲۹. واکنش‌های زیر که به طور خودبه‌خودی انجام می‌شوند را در نظر بگیرید و به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

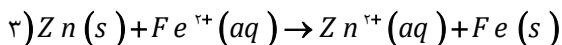


ا. نیمه واکنش اکسایش و کاهش را بنویسید.

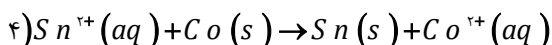


ب. گونه اکسنده و کاهنده را در هر واکنش تعیین کنید.

ج. قدرت کاهندگی فلزات منیزیم، روی، قلع و کبالت را با هم مقایسه کنید.



د. محلول آهن (II) سولفات رو در کدام ظرف می‌توان نگاه‌داری کرد؟



(۱) ظرفی از جنس قلع

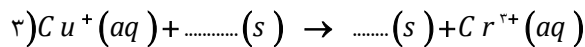
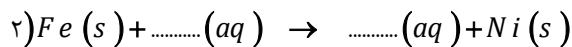
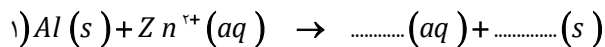
(۲) ظرفی از جنس روی

ه. آیا با قرار دادن نوار منیزیم در محلول قلع (II) نیترات، شاهد انجام واکنش خواهیم بود؟ چرا؟

و. قرار دادن کدام تیغه فلزی در کدام محلول، داغ‌ترین محلول را ایجاد خواهد کرد؟

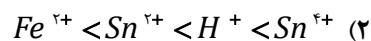
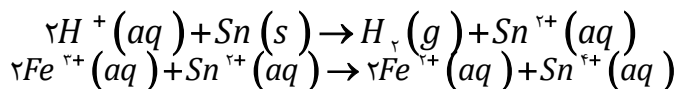
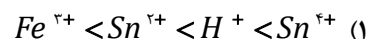
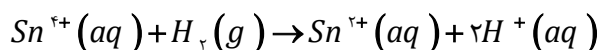
ز. قدرت اکسندگی کاتیون‌های  $Mg^{2+}$ ،  $Sn^{2+}$  و  $Fe^{2+}$  را با هم مقایسه کنید.

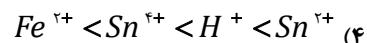
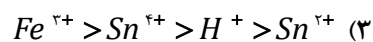
۱۳۰. واکنش‌های زیر را کامل و موازنه کنید و در هر واکنش تعیین کنید چند الکترون مبادله می‌شود؟



۱۳۱. فلز M در محلول مس (II) نیترات حل می‌شود ولی در محلول روی سولفات دست نخورده می‌ماند، قدرت کاهندگی فلزات Zn، M و Cu را با هم مقایسه کنید.

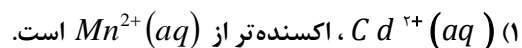
۱۳۲. با توجه به واکنش‌های زیر که به طور خود به خودی در جهت رفت پیش می‌روند، کدام ترتیب درباره قدرت اکسندگی کاتیون‌ها درست است.





۱۳۳. تغییر دمای هر سامانه در اثر قرار گرفتن تیغه‌های فلزی منگنز، کادمیم، سرب در محلول نقره نیترات به ترتیب زیر است.

Mn > Cd > Pb کدام عبارت درست و کدامیک نادرست است؟

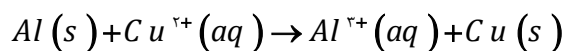


(۲)  $Ag(s)$ ، کاهندۀ تر از  $Mn(s)$  است.

(۳) محلول نمک‌های مس را می‌توان در ظرف روی نگهداری کرد.

(۴) دمای محلول کادمیم نیترات با قرار گرفتن تیغه سرب در آن، تغییری نمی‌کند.

۱۳۴. واکنش خودبه‌خودی موازنه نشده زیر را در نظر بگیرید و تعیین کنید کدام جمله درست و کدامیک نادرست است؟  $Al = 27 \text{ g.mol}^{-1}$  و



$Cu = 64$

ا. فلز آلومینیم به عنوان کاهنده عمل می‌کند.

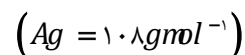
ب. بر جرم مواد محلول در سامانه افزوده می‌شود.

ج. فرآورده‌های حاصل پایدارتر از مواد واکنش دهنده‌ها است.

د. فلز مس به عنوان اکسندۀ عمل کرده و سبب می‌شود رنگ محلول پررنگ‌تر گردد.

ه. در این واکنش ۳ الکترون مبادله می‌شود.

۱۳۵. در واکنش:  $2Ag^+(aq) + Hg(s) \rightarrow 2Ag(s) + Hg^{2+}(aq)$ ، به ازای مصرف ۰/۰۱ مول فلز Hg، چند گرم نقره آزاد می‌شود؟



۱۳۶. هرگاه تیغه آهنی به جرم ۱۲ گرم در ۲۴۰ میلی لیتر محلول مس (II) سولفات x مولار قرار دهیم پس از پایان واکنش جرم تیغه به اندازه ۲۰٪ اولیه مطابق واکنش  $Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$  افزایش می‌یابد، اگر فرض شود ۸۰٪ جرم کاتیون‌های کاهش یافته بر روی تیغه رسوب کرده باشد، غلظت x را به دست آورید.  $Cu = 64$  و  $Fe = 56 \text{ g.mol}^{-1}$

۱۳۷. یک قطعه سیم مسی در ۲۰۰ mL محلول ۰/۴ مولار نقره نیترات قرار داده شده است. اگر سرعت متوسط واکنش برابر  $0.015 \text{ mol.min}^{-1}$  باشد،

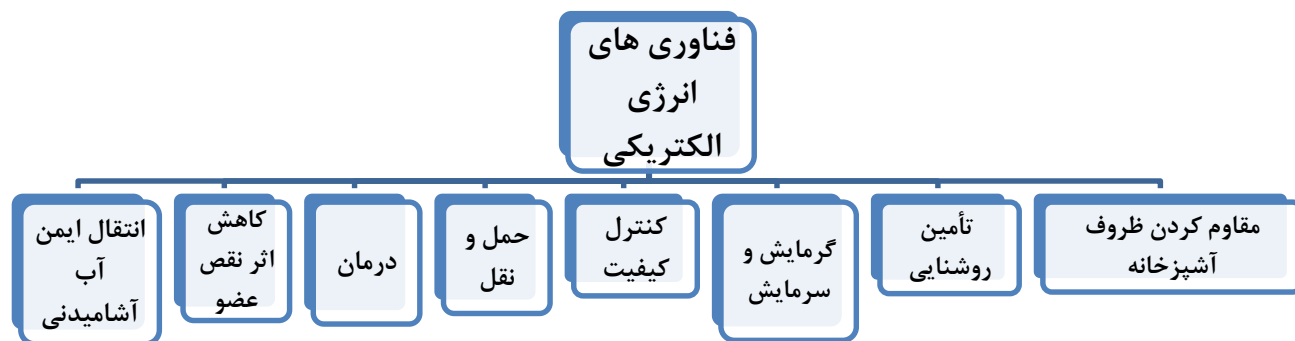
چند ثانیه زمان لازم است تا غلظت مس (III) نیترات به ۰/۱ مول بر لیتر برسد و اگر  $Ag(s)$  تنها بر روی قطعه مس بنشیند، جرم این قطعه در این

لحظه، چند گرم تغییر می‌کند؟

### بررسی نکات مهم درس:

- انرژی الکتریکی، پرکاربردترین شکل انرژی در زندگی امروزی است.
- وابستگی فراوان به انرژی الکتریکی باعث می‌شود تا همه کشورهای جهان تلاش کنند راه‌هایی برای تولید انرژی الکتریکی ارزان و پاک

- بیابند. بیشتر انرژی الکتریکی، از انجام واکنشهای شیمیایی که در آنها داد و ستد الکترون اتفاق می افتد تولید می شود.
- آگاهی از دانش الکتروشیمی (دانشی که چگونگی انجام واکنشهای شامل داد و ستد الکترون را بررسی می کند) میتواند راهکار مناسبی برای رفع چالش کمبود انرژی باشد .
- پدیده های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می دهند که بخشی از این انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود. پدیده هایی از این دست که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشمه می گیرند سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش های شامل داد و ستد الکترون هدفمند دنبال شوند.
- تولید انرژی الکتریکی پاک و ارزان دستاوردی از دانش الکتروشیمی است که در سایه فناوری های پیشرفته، افزایش سطح رفاه و آسایش را در جهان به دنبال دارد.
- الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.



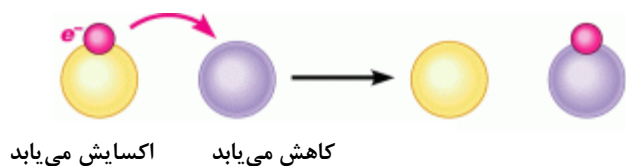
### الکتروشیمی

- الکتروشیمی شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد.
- الکتروشیمی بخشی از دانش شیمی است که به مطالعه فرایندهای شیمیایی می پردازد که باعث حرکت الکترون ها می شود.
- در واکنش های الکتروشیمی انرژی شیمیایی به الکتریکی و برعکس صورت می گیرد.
- فرایند الکتروشیمی همیشه با دو نیمه واکنش اکسایش و کاهش همراه است.

### باتری

- باتری یکی از فرآورده های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش های شیمیایی، الکتروسیته تولید می کند.
- باتری، مولدی است که در آن واکنش های شیمیایی رخ می دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود.
- برای تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است.
- برای نمونه با یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو می توان باتری ساخت که یک لامپ LED را روشن می کند.
- موتورسیکلت برقی نمونه‌ای از وسایلی است که با انرژی ذخیره شده در باتری کار می کند.
- اغلب باتری ها موادی دارند که خطراتی برای موجودات زنده به دنبال خواهد داشت. برای دفع این باتری ها باید به گونه‌ای باشد که آب و خاک را آلوده نسازد. به همین خاطر نباید آنها را در طبیعت رها کرد و باید به مراکز بازگردانی (مراکز بازیافت) تحویل داد.
- نیاز روزافزون جامعه بشری به انرژی الکتریکی، شیمی دان ها را بر آن داشت تا با بهره گیری از اصول الکتروشیمی به طراحی باتری هایی با کارایی بالا همت گمارند، باتری هایی که افزون بر تولید انرژی بیشتر، آلاینده های کمتری ایجاد کنند.

## واکنش های اکسایش – کاهش



**اکسایش:** از دست دادن یک یا چند الکترون توسط یک ماده

**کاهش:** گرفتن یک یا چند الکترون توسط یک ماده

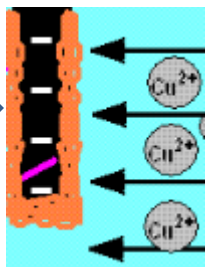
**واکنش اکسایش – کاهش:** واکنشی که در آن یک ماده یک یا چند الکترون را از دست بدهد و ماده‌ی دیگری همان الکترون(ها) را بگیرد.

**نیمه واکنش:** هر واکنش اکسایش و کاهش به دو قسمت تقسیم می‌شود که هر قسمت را نیمه واکنش گویند و در هر نیمه واکنش الکترون‌های مبادله شونده، نوشته می‌شود.

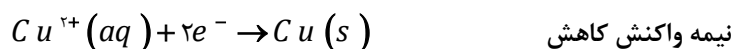
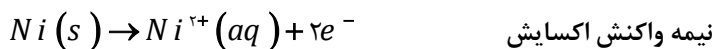
• در یک واکنش اکسایش – کاهش باید تعداد الکترون‌های مبادله شده برابر باشد.

مثال: فلز نیکل با محلول دارای یون‌های  $Cu^{2+}(aq)$  آبی رنگ واکنش می‌دهد. با وارد کردن یک تیغه نیکلی در چنین محلولی رسوب قهوه‌ای مایل به سرخی که همان فلز مس است، روی تیغه نیکلی می‌نشیند. هم زمان با آن یون‌های  $Ni^{2+}(aq)$  سبز رنگ نیز وارد محلول می‌شوند. از این رو درمی‌یابیم که یون‌های  $Cu^{2+}(aq)$  کاهش و آن‌های  $Ni$  اکسایش می‌یابند.

واکنش کلی به صورت  $Ni(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Ni^{2+}(aq) + Cu(s)$  است که به دو نیم واکنش زیر

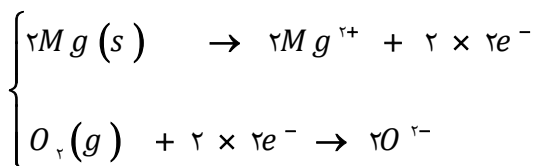


تقسیم می‌شود:



و مثال دیگر سوختن نوار منیزیم است.  $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$

که برای پیدا کردن رد مسیر الکترون، واکنش را به دو قسمت تقسیم می‌کنیم و در هر قسمت، اتفاقات داده برای یک ماده را بررسی می‌کنیم در



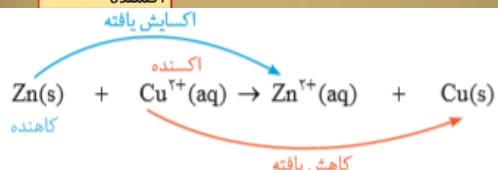
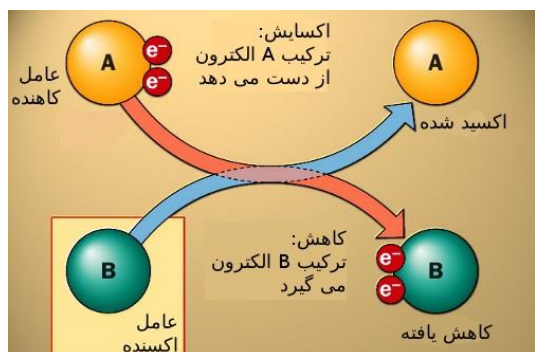
اینجا دو ماده داریم: منیزیم و اکسیژن و واکنش را به دو نیم واکنش تبدیل می‌کنیم:

تا منیزیم الکترون از دست ندهد (اکسایش نیابد)، اکسیژن نمی‌تواند کاهش یابد چرا که برای کاهش یافتن، به دو الکترون منیزیم نیازمند است. بنابراین می‌توان گفت که منیزیم، باعث کاهش اکسیژن می‌شود و آن را می‌کاهد، به همین خاطر به آن کاهنده می‌گوییم. از طرف دیگر اگر اکسیژن نباشد، منیزیم الکترون‌هایش را که نمی‌تواند در هوا آزاد کند! به حضور اکسیژن برای گرفتن الکترون‌هایش نیازمند است و این یعنی اکسیژن باعث اکسایش منیزیم می‌شود یا به عبارت دیگر، آن را می‌اکساید! به همین خاطر به آن اکسنده می‌گوییم.

## گونه‌های اکسنده و کاهنده

**اکسنده:** ماده‌ای است که خودش کاهش می‌یابد اما باعث اکسایش ماده‌ی دیگر می‌شود.

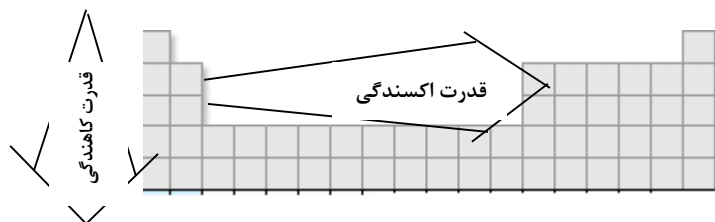




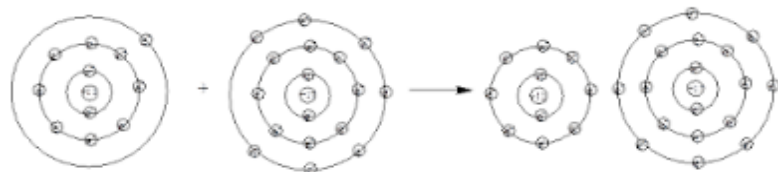
**کاهنده:** ماده‌ای است که خودش اکسایش می‌یابد اما باعث کاهش ماده‌ی دیگر می‌شود.

- نتیجه این که در هر واکنش شیمیایی هنگامی که بار الکتریکی یک گونه (اتم، مولکول یا یون) مثبت تر می‌شود، آن گونه اکسایش یافته و گونه‌ای که بار الکتریکی آن منفی تر می‌شود، کاهش می‌یابد.

- در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد در این واکنش  $Mg$  با نور خیرکننده‌ای در  $O_2$  می‌سوزد.
- 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.
- فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.
- در جدول دوره‌ای از چپ به راست با افزایش عدد اتمی قدرت اکسندگی افزایش می‌یابد و بلعکس قدرت کاهندگی کاهش پیدا می‌کند. و از بالا به پایین قدرت اکسندگی کاهش و کاهندگی افزایش می‌یابد.



- قدرت اکسندگی با خاصیت نافلزی (فلوئور قوی‌ترین اکسنده) و قدرت کاهندگی با قدرت فلزی ارتباط دارد.



(کاهنده) فلز

(اکسنده) نافلز

### رقابت برای داد و ستد الکترون

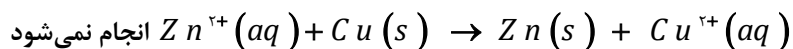
تمایل مواد و عناصر برای داد و ستد الکترون (اکسایش و کاهش) نسبت به یکدیگر متفاوت است، برای پیش‌بینی امکان انجام واکنش میان دو گونه همواره لازم است که تمایل نسبی این دو گونه به اکسایش و کاهش تعیین شود.

در شیمی ۲ آموختید که فلزات اصلی جدول دوره‌ای تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون نسبت به فلزات واسطه دارند و در میان نافلزات تمایل به گرفتن الکترون توسط هالوژن‌ها و اکسیژن بیش از دیگر نافلزها است.

قدرت اکسندگی و کاهندگی به چندین عامل (انرژی شیکه جامد، نیروی جاذبه میان یون‌ها با مولکول‌های آب، تمایل به مبادله الکترون و .....)

بستگی دارد به همین دلیل برای مقایسه داد و ستد الکترون بهترین راهکار انجام آزمایش و بررسی نتایج حاصل از آنهاست که در این کتاب به دو روش تجربی اشاره کرده است:

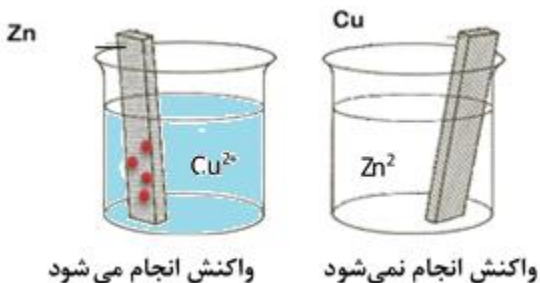
**الف)** برای نمونه مطابق با آزمایش ، واکنش  $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$  خودبه خودی است ولی واکنش



پس می توان نتیجه گرفت که فلز روی کاهنده تر از مس است. با این توصیف

در یک واکنش اکسایش - کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می تواند

با برخی کاتیون های فلزی واکنش دهد و آنها را به اتم های فلزی بکاهد.



به عبارتی واکنش اکسایش - کاهش خودبه خودی است که اتم های فلز کاهنده قوی تر سمت چپ واکنش (به عنوان واکنش دهنده در واکنش) قرار داشته باشد.

**ب)** در واکنش های اکسایش - کاهش مخلوط واکنش گرم می شود زیرا سامانه واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می دهد. پس هر چه محلول داغ تر شود تمایل مواد و عناصر برای داد و ستد الکترون بیشتر است و در یک واکنش اکسایش - کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، محلول را داغ تر می کند.

مطابق داده های جدول زیر که از قرار دادن تیغه های فلزی درون محلول نقره نیترات در دمای  $20^{\circ}C$  به دست آمده است می توان قدرت کاهندگی فلزات را با هم مقایسه کرد.

نام فلز	نشانه شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی $^{\circ}C$
منگنز	Mn	۳۲
روی	Zn	۳۰
نیکل	Ni	۲۶
نقره	Ag	۲۰
طلا	Au	۲۰

بنابراین می توان نتیجه گرفت که قدرت کاهندگی فلزات به صورت  $Mn > Zn > Ni > Ag > Au$  است. و قدرت اکسندگی کاتیون های آنها



- واکنش های اکسایش و کاهش را به می توان گونه ای انجام داد تا به جای تولید گرما، از الکترون های داد و ستد شده برای ایجاد جریان الکتریکی استفاده شود.

### قسمت دوم

قسمت اول که از صفحه های ۴۴ تا ۴۹ کتاب درسی را شامل می شود. مطالب زیر را می خوانید:

- واکنش های شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون ها



- سلول گالوانی
- پتانسیل استاندارد
- جای خالی

۱۳۸. هر یک از عبارتهای داده شده را با استفاده از موارد زیر کامل کنید (برخی از موارد دو بار استفاده می شود).

محلول - الکترون - مثبت - آند - مسیر معین - روی - انرژی الکتریکی - روشنایی - منفی - کاتد - هیدروژن - یون های منفی - انرژی شیمیایی - یون های مثبت

- ا. برای ایجاد جریان الکتریکی باید الکترون ها را از یک ..... عبور داد یا از نقطه ای به نقطه دیگر جابه جا نمود می توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش - کاهش را به شکل ..... در دسترس تبدیل نمود.
- ب. در سلول گالوانی ..... به ..... تبدیل می شود.
- ج. از دیواره متخلخل ..... در سلول گالوانی به سمت قطب ..... حرکت می کنند.
- د. در سلول گالوانی عمل اکسایش در ..... انجام می شود و قطب ..... سلول را تشکیل می دهد.
- ه. در سلول گالوانی ..... - مس جرم تیغه آندی تغییر نمی کند.
- و. جرم محلول در ..... با گذشت زمان کاهش می یابد.

#### درست یا نادرست

۱۳۹. جمله های زیر را با دقت مورد بررسی قرار دهید و درست و نادرست بودن آن ها را مشخص کنید در صورت نادرست بودن شکل صحیح یا علت

نادرستی را بنویسید

- ا. اگر الکترون ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه جا کرد آنگاه می توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش - کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود.
- ب. در سلول گالوانی روی - نقره جرم محلول کاتد کاهش می یابد و بار منفی محلول زیاد می شود.
- ج. در دمای بالاتر از  $25^{\circ}C$  پتانسیل استاندارد هیدروژن بیشتر از صفر می شود.
- د. انرژی پتانسیل یک سلول گالوانی بدون دیواره متخلخل به شدت کاهش می یابد.
- ه. فلزاتی که  $E^{\circ}$  منفی دارند، در محلول اسیدی حل شده و گاز هیدروژن آزاد می کنند.
- و. هر چه فلزی  $E^{\circ}$  منفی تری داشته باشد کاتیون آن اکسنده ی قوی تری است.
- ز. در تمام سلول های گالوانی جرم تیغه کاتد افزایش می یابد.

#### انتخاب کنید

۱۴۰. هر یک از عبارتهای زیر را با انتخاب یکی از موارد داده شده، کامل کنید.

ا. در یک سلول گالوانی فلزی که  $E^\circ$  منفی‌تر دارد، نقش  $\frac{\text{آند}}{\text{کاتد}}$  ایفا می‌کند و با  $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{به دست آوردن}}$  الکترون،  $\frac{\text{کاهش}}{\text{اکسایش}}$  می‌یابد و قطب

$\frac{\text{مثبت}}{\text{منفی}}$  سلول را تشکیل می‌دهد و پس از مدتی جرم تیغه فلزی آن  $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$  پیدا می‌کند.

ب. در یک سلول گالوانی طی یک واکنش  $\frac{\text{خودبه‌خودی}}{\text{غیر خودبه‌خودی}}$  انرژی  $\frac{\text{شیمیایی}}{\text{الکتریکی}}$  واکنش به انرژی  $\frac{\text{شیمیایی}}{\text{الکتریکی}}$  از طریق مبادله  $\frac{\text{الکترون‌ها}}{\text{یون‌ها}}$  در

مدار  $\frac{\text{بیرونی}}{\text{داخلی}}$  تبدیل می‌شود و با حرکت  $\frac{\text{الکترون‌ها}}{\text{یون‌ها}}$  از  $\frac{\text{دیواره متخلخل}}{\text{سیم مسی}}$  مدار الکتریکی کامل می‌شود.

### برقراری ارتباط

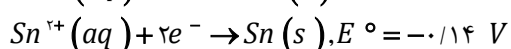
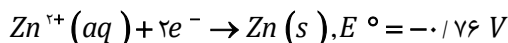
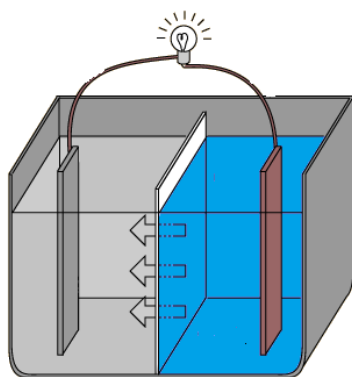
۱۴۱. هر یک از عبارتهای ستون A با یک مورد از ستون B در ارتباط است.

این ارتباط را پیدا کرده و حرف مربوط را داخل کادر مورد نظر بنویسید (برخی از موارد ستون B اضافی هستند).

ستون B	ستون A
(a) $O_2$	ا. عنصری که پتانسیل استاندارد آن برابر صفر در نظر گرفته شد.
(b) دیواره متخلخل	ب. کمیتی از جنس انرژی که اختلاف پتانسیل را بین دو نیمه سلول را نشان می‌دهد.
(c) $H_2$	ج. برای جلوگیری از مخلوط شدن مستقیم محلول دو الکتروود در سلول گالوانی
(d) نیروی الکتروموتوری	د. باتری ساختار این نوع سلول را دارد.
(e) گالوانی	ه. با اغلب فلزات واکنش می‌دهد و نقش اکسنده دارد.
(f) نیروی مکانیکی	
(g) الکترولیتی	

### مهارتی

۱۴۲. شکل زیر مربوط به انجام واکنش خودبه‌خودی  $Zn(s) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Sn(s)$  است. با توجه به شکل به



پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید

ا. بر روی شکل جنس تیغه‌ها، آند و کاتد، قطب مثبت و منفی، جهت جریان الکترون را نشان دهید.

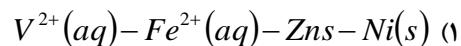
ب. نیمه واکنش‌ها را نوشته و نیروی الکتروموتوری سلول را به دست آورید.

ج. فلش نشان داده شده جهت حرکت چه نوع یونی را نشان می‌دهد؟

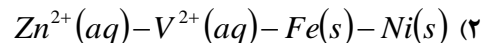
د. در پایان واکنش جرم تیغه‌ها چه تغییری می‌کند؟

۱۴۳. با مقایسه  $E^\circ$  الکترودها که در زیر داده شده است می توان دریافت که ..... کاهنده تر از ..... و ..... اکسنده تر از ..... است. (گزینه ها را از راست به چپ بخوانید).

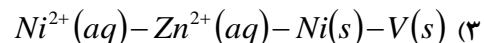
$$E^\circ(\text{Ni}^{2+}(\text{aq})/\text{Ni}(s)) = -0.25 \text{ V}$$



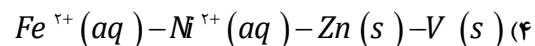
$$E^\circ(\text{V}^{2+}(\text{aq})/\text{V}(s)) = -0.20 \text{ V}$$



$$E^\circ(\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(s)) = -0.41 \text{ V}$$



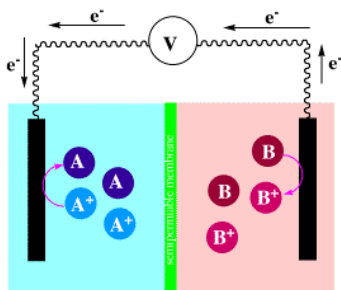
$$E^\circ(\text{Zn}^{2+}(\text{aq})/\text{Zn}(s)) = -0.76 \text{ V}$$



۱۴۴. با توجه به سلول گالوانی روبه‌رو: الف) چرا در یک سلول گالوانی طی عمل اکسایش و کاهش با

گذشت زمان محلول از نظر بار الکتریکی خنثی می‌ماند؟

ب) آند و کاتد را مشخص کنید.



۱۴۵. با توجه به شکل زیر که طرح یک سوال الکتروشیمیایی «روی-هیدروژن» را نشان می‌دهد.

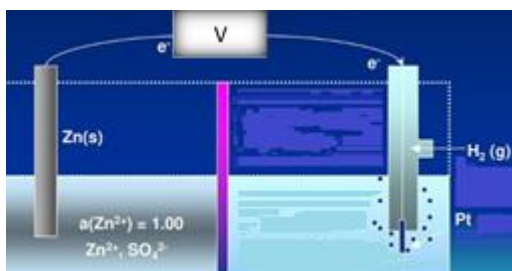
$$E^\circ(\text{Zn}^{2+}(\text{aq})/\text{Zn}(s)) = -0.76 \text{ V} \quad \text{کدام مطلب نادرست است؟}$$

(۱)  $E^\circ$  آن برابر  $+0.76$  ولت است.

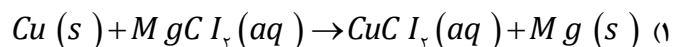
(۲) واکنش آن به صورت  $\text{Zn}(s) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$  است.

(۳) جریان الکترون از راه دیواره متخلخل، از سوی تیغه روی به سوی تیغه پلاتینی است.

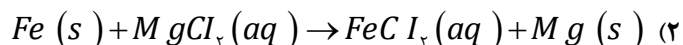
(۴) در بخش کاتدی آن، گاز هیدروژن با فشار  $1 \text{ atm}$  درون محلول اسیدی با  $\text{pH}=0$  قرار دارد.



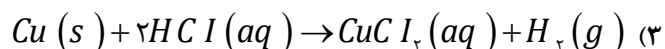
۱۴۶. با توجه به مقدار  $E^\circ$  ها، کدام واکنش به صورتی که معادله آن نوشته شده است، انجام می‌پذیرد؟



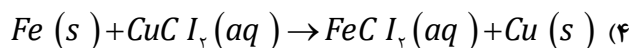
$$E^\circ(\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(s)) = +0.34 \text{ V}$$



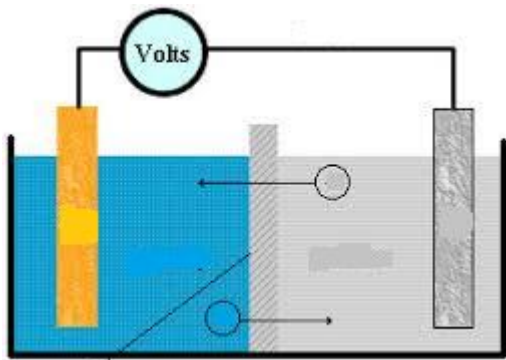
$$E^\circ(\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(s)) = -0.41 \text{ V}$$



$$E^\circ(\text{Mg}^{2+}(\text{aq})/\text{Mg}(s)) = -2.38 \text{ V}$$



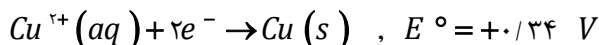
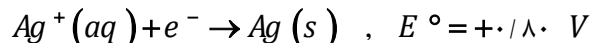
۱۴۷. در سلول گالوان  $Cu|Cu(NO_3)_2||AgNO_3|Ag$  با توجه به شکل:



ا. چرا دو محلول الکترولیت در یکدیگر مخلوط نمی‌شوند؟ نام دیواره چیست؟

ب. جهت‌های نشان داده شده مربوط به حرکت چه نوع یونی است؟

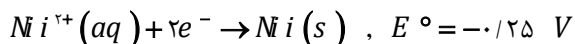
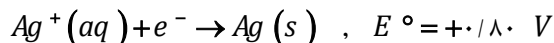
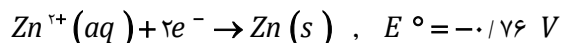
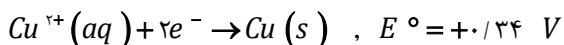
ج. واکنش کلی سلول را نوشته و نیروی الکتروموتوری آن را به دست آورید.



۱۴۸. با توجه به داده‌های زیر، می‌توان دریافت که ..... کاهنده قوی‌تر

و ..... اکسنده قوی‌تر است و  $E^\circ$  سلول الکتروشیمیایی استاندارد

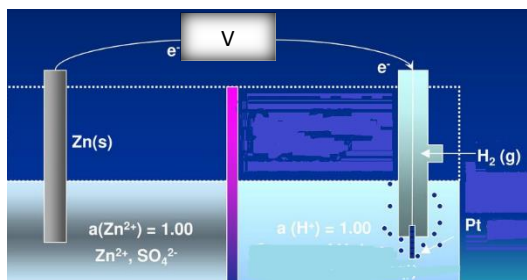
نیکل-مس، برابر ..... ولت است.



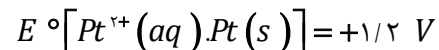
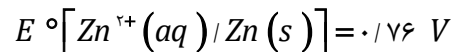
۱۴۹. اگر  $E^\circ$  یک سلول الکتروشیمیایی که در آن، واکنش:  $A^{2+}(aq) + B(s) \rightarrow A(s) + B^{2+}(aq)$  انجام می‌گیرد با  $E^\circ$  سلول

الکتروشیمیایی دیگری که در آن واکنش:  $B^{2+}(aq) + C(s) \rightarrow B(s) + C^{2+}(aq)$  انجام می‌گیرد، برابر باشد،  $E^\circ(B^{2+}(aq)/B(s))$ ،

برابر چند ولت است؟  $E^\circ(A^{2+}(aq)/A(s)) = -0.41 V$ ,  $E^\circ(C^{2+}(aq)/C(s)) = -2.37 V$



۱۵۰. با توجه به شکل رو به رو و  $E^\circ$  الکترودها، کدام عبارت درست است؟



(۱) با انجام واکنش در این سلول، غلظت  $Zn^{2+}(aq)$  افزایش یافته و کاتیون‌ها از دیواره

متخلخل به سوی الکتروود روی حرکت می‌کنند.

(۲) ضمن انجام واکنش در این سلول، جرم تیغه فلزی در کاتد، بر خلاف جرم تیغه فلزی در آند، ثابت می‌ماند.

(۳) واکنش کلی این سلول به صورت:  $Zn(s) + Pt^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Pt(s)$  است.

۴) الکتروود روی آند است و قطب مثبت این سلول گالوانی را تشکیل می دهد.

۱۵۱. اگر  $E^\circ$  واکنش:  $A^{2+}(aq) + B(s) \rightarrow B^{2+}(aq) + A(s)$ ، منفی و  $E^\circ$  واکنش:  $B(s) + D^{2+}(aq) \rightarrow B^{2+}(aq) + D(s)$ ، مثبت

باشد، کدام گزینه همواره درست است؟

۱) ترتیب کاهندگی این فلزها، به صورت:  $D > A > B$  است.

۲) ترتیب اکسندگی کاتیون های سه فلز، به صورت:  $A^{2+} > D^{2+} > B^{2+}$  است.

۳) واکنش:  $A(s) + D^{2+}(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + D(s)$ ، در شرایط استاندارد، خودبه خودی است.

۴) اگر پتانسیل کاهش استاندارد الکتروود D، برابر  $+0.33$  ولت باشد، فلز A با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می دهد.

۱۵۲. اگر در سلول استاندارد روی - جیوه، به جای الکتروود استاندارد جیوه، آهن قرار داده شود، کدام تغییر روی خواهد داد؟ ( $E^\circ$  الکتروودهای

استاندارد روی، جیوه و آهن به ترتیب برابر  $+0.76$ ،  $-0.85$  و  $-0.44$  ولت است.)

۱)  $E^\circ$  سلول به اندازه  $1/29$  ولت، کاهش می یابد.

۲) الکتروود روی از آند به کاتد مبدل می شود.

۳) مقدار کاتیون  $Zn^{2+}(aq)$  در محلول کاهش می یابد.

۴) جهت جریان الکتروود در مدار بیرونی عوض می شود.

۱۵۳. با توجه به شکل زیر که طرح ساده ای از یک سلول گالوانی را نشان می دهد،

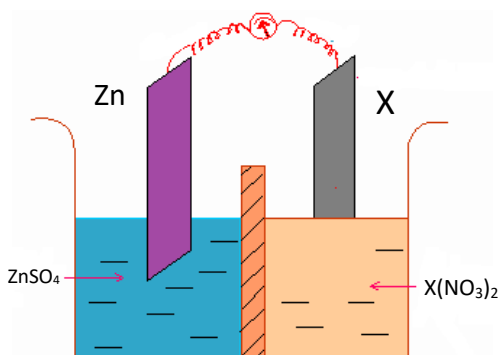
اگر X الکتروود استاندارد فلز ..... باشد، .....

۱)  $M'$ ، کاتیون های دیواره متخلخل در محلول الکتروود روی وارد می شوند.

۲) M، با انجام واکنش در سلول، از جرم تیغه روی کاسته می شود.

۳)  $M'$ ، الکتروود روی آند و  $E^\circ$  سلول برابر  $0.44$  ولت است.

۴) M، الکتروود روی کاتد و  $E^\circ$  سلول برابر  $0.42$  ولت است.



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

$$E^\circ(M^{2+}(aq) | M(s)) = -1.1V$$

$$E^\circ(M'^{2+}(aq) | M'(s)) = +1.1V$$

۱۵۴. با توجه به مقدار  $E^\circ$  نیم واکنش های داده شده، کدام مطلب درست است؟

(۱) در شرایط استاندارد، فلز آهن با محلول نمک های روی واکنش می دهد.

(۲) قدرت کاهندگی این سه فلز، به صورت  $\text{Ni} > \text{Fe} > \text{Zn}$  است.

$$E^\circ [\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) | \text{Ni}(s)] = -0.25 \text{ V}$$

(۳) قدرت اکسندگی این سه کاتیون به صورت  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) > \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) > \text{Ni}^{2+}(\text{aq})$  است.

$$E^\circ [\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(s)] = -0.76 \text{ V}$$

(۴) تفاوت  $E^\circ$  سلول الکتروشیمیایی آهن-نیکل با  $E^\circ$  سلول الکتروشیمیایی روی-نیکل

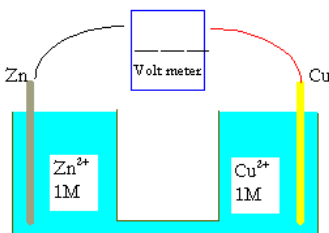
$$E^\circ [\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) | \text{Fe}(s)] = -0.44 \text{ V}$$

برابر ۰/۳۲ ولت است.

۱۵۵. با توجه به شکل زیر، که تصویری از یک سلول گالوانی استاندارد است، کدام گزینه درست است؟

$$E^\circ [\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(s)] = -0.76 \text{ V}$$

$$E^\circ [\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu}(s)] = +0.34 \text{ V}$$



(۱) آند در آن، قطب مثبت است و فلز مس در آن اکسید و به یون  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  مبدل می شود.

(۲) الکتروود مس کاتد و الکتروود روی آند است و  $E^\circ$  آن با کم کردن  $E^\circ$  کاتد از  $E^\circ$  آند به دست می آید.

(۳) الکتروود روی قطب منفی است و ضمن کار کردن سلول، غلظت یون  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$  در آن کاهش می یابد.

(۴) جریان الکترون در مدار بیرونی از سوی آند به سوی کاتد است و کاتیون از دیواره متخلخل به سوی الکتروود مس حرکت می کند.

۱۵۶. با توجه به این که در جدول پتانسیل کاهش استاندارد، منگنز بالاتر از آهن و مس پایین تر از هیدروژن جای دارد، می توان دریافت که:

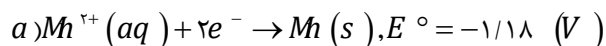
(۱)  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ، اکسنده تر از  $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$  است.

(۲)  $\text{Fe}(s)$ ، کاهنده تر از  $\text{Mn}(s)$  است.

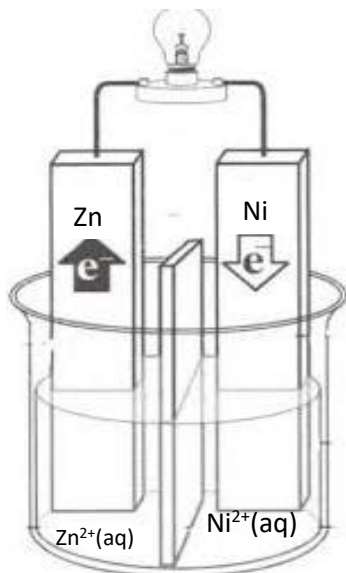
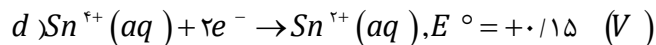
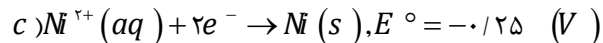
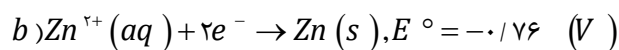
(۳) محلول نمک های مس را می توان در ظرف آهنی نگه داری کرد.

(۴)  $E^\circ$  سلول ولتایی «منگنز-مس» از  $E^\circ$  سلول ولتایی «منگنز-آهن» کوچک تر است.

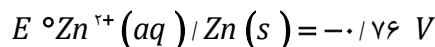
۱۵۷. از اتصال کدام دو نیم سلول زیر، سلول الکتروشیمیایی به وجود آمده، دارای بالاترین  $E^\circ$  است؟







۱۵۸. با توجه به شکل زیر که به سلول الکتروشیمیایی «روی-نیکل» مربوط است، کدام مطلب درست است؟



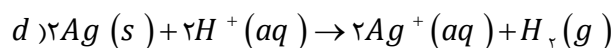
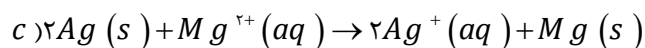
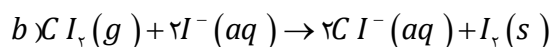
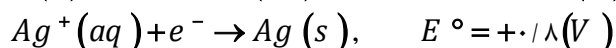
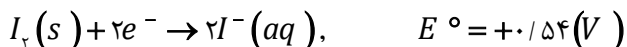
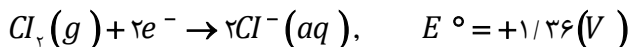
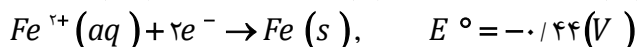
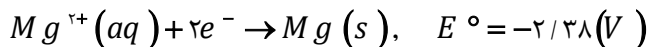
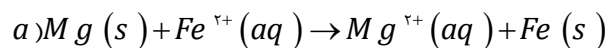
(۱)  $E^{\circ}$  آن برابر ۱/۰۱ ولت است.

(۲) ضمن واکنش سلول،  $[Ni^{2+}]$  افزایش می یابد.

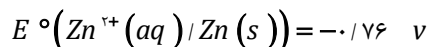
(۳) واکنش سلول، با اکسایش  $Zn(s)$  و کاهش  $Ni^{2+}(aq)$  همراه است.

(۴) در قطب مثبت آن، نیم واکنش:  $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$  انجام می گیرد.

۱۵۹. با توجه به پتانسیل‌های کاهش استاندارد، نیم واکنش‌های زیر کدام واکنش (ها) زیر به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شوند؟



۱۶۰. با توجه به شکل رو به رو، که طرحی از یک سلول الکتروشیمیایی «روی-نقره» را نشان می‌دهد، کدام مطلب درباره آن، درست است؟

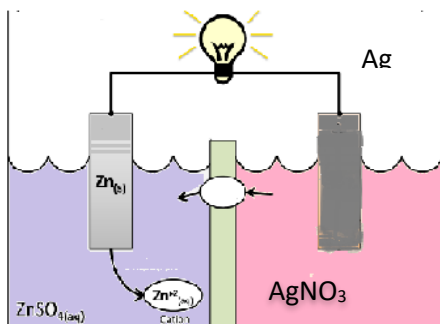


(۱)  $E^{\circ}$  آن برابر ۲/۳۶+ ولت است.

(۲) الکتروود نقره در آن قطب مثبت و محل انجام نیم واکنش اکسایش است.

(۳) الکتروود روی در آن آند است و الکترون از آن در مدار بیرونی به سوی الکتروود نقره جریان می یابد.

(۴) واکنش کلی آن به صورت:  $Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s) \rightarrow Zn(s) + 2Ag^{+}(aq)$  است.



۱۶۱. اختلاف پتانسیل مشاهده شده در دو نیم سلول روی - فلز X برابر ۱/۱ ولت است، اگر اختلاف

پتانسیل در سلول گالوانی نیکل - X برابر با ۰/۵۹ ولت باشد:

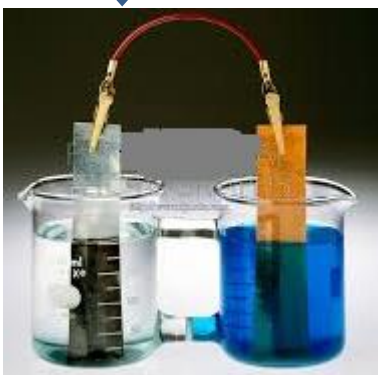
ا. قدرت کاهندگی فلز نیکل بیشتر است یا روی؟ چرا؟

ب. اختلاف پتانسیل سلول روی - نیکل را به دست آورید.

### بررسی نکات مهم درس



- برای ایجاد جریان الکتریکی باید الکترون ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا نمود.
- اگر به جای داد و ستد مستقیم الکترون بین گونه های اکسایش و کاهش یافته در یک واکنش، بتوان الکترون ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه‌جا کرد آنگاه می توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش - کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود.
- شیمی دان ها با قرار دادن تیغه روی درون محلولی از روی سولفات (نیم سلول روی) و تیغه مس درون محلولی از مس سولفات II (نیم سلول مس) قرار گیرد و نیم سلول ها همانند شکل زیر به یکدیگر وصل شوند، الکترون ها در مدار بیرونی جابه‌جا شده و جریان الکتریکی ایجاد می شود. جریانی که سبب روشن شدن لامپ خواهد شد.



- از آنجا که واکنش اکسایش یا کاهش در سطح الکتروود (مرز میان دو رسانای الکترونی و یونی) روی می دهد، از این رو به این نوع واکنش ها، واکنش های الکتروودی می گویند.

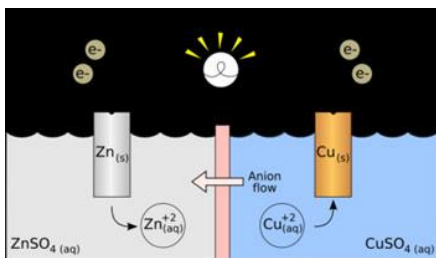
### یادآوری

- **رسانای الکترونی:** فلزها با حرکت الکترون های خود رساناهای خوبی برای جریان برق هستند. به این نوع رسانایی، رسانایی الکترونی می گویند.
- **رسانای یونی:** در محلول های الکتروولیت این یون ها هستند که با حرکت خود رسانای جریان برق هستند.
- **الکتروولیت:** ذراتی که به خوبی در آب حل می شوند و به راحتی به یون تبدیل می شوند، یعنی درجه یونش بالایی دارند.

### اجزای تشکیل دهنده سلول گالوانی (ولتایی)

#### ۱) دو نیمه سلول

- یک تیغه از جنس فلز (مانند روی) درون یک بشر دارای محلول آبی یون های آن (یا الکتروولیت از جنس خودش) قرار دارد. به این مجموعه یک نیم سلول می گویند.  $M(s) \rightleftharpoons M^{n+} + ne^{-}$
- هر سلول گالوانی دارای دو نیمه سلول است.



- **۱.** در نیم سلول سمت چپ تعدادی از اتم های فلز الکترون های خود را روی سطح تیغه فلز (رسانای الکترونی که به آن الکتروود گفته می شود) می گذارند و به صورت یون های مثبت وارد محلول می شوند. در نتیجه بین تیغه فلز (الکتروود) و محلول (الکتروولیت)، اختلاف پتانسیلی به وجود می آید. که به آن پتانسیل الکتروودی می گویند.

#### آند

- الکتروودی است که در سطح تیغه آن اکسایش صورت می گیرد و با آزاد کردن الکترون، تراکم بار منفی را افزایش می دهد.
- آند در سلول گالوانی قطب منفی را تشکیل می دهد.
- تیغه در آند خورده و جرم کمتری پیدا می کند.
- به طور قرارداد آند، نیم سلول سمت چپ است.
- واکنش کلی آن به صورت  $M(s) \rightleftharpoons M^{n+} + ne^{-}$  است.

- **۱۱.** در نیم سلول سمت راست الکترون های انتقال یافته توسط سیم مسی از آند، کاتیون های اطراف خود را کاهش می دهد و مثل حالت قبل بین تیغه فلز (الکتروود) و محلول (الکتروولیت)، اختلاف پتانسیلی به وجود می آید.

**کاتد**

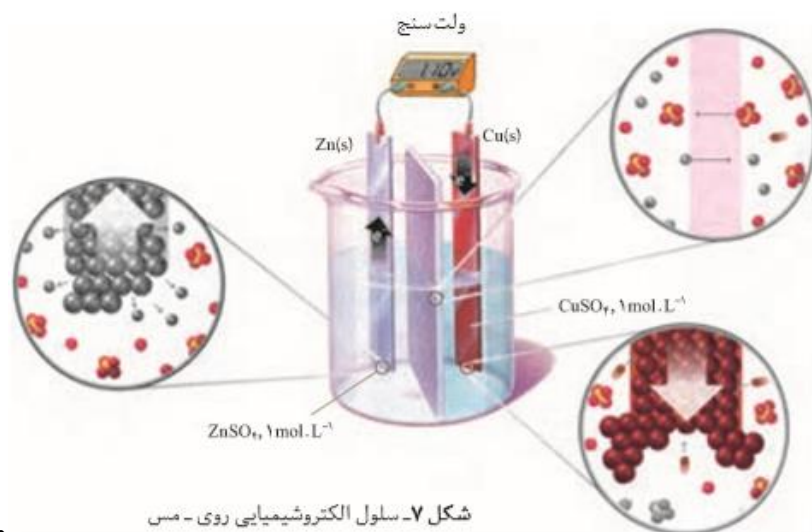
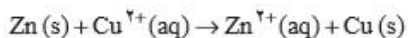
- الکترودی است که در سطح تیغه آن کاهش صورت می‌گیرد و الکترون‌ها ارسال شده توسط سیم مسی از آند را جذب می‌کند.
- کاتد در سلول گالوانی قطب مثبت را تشکیل می‌دهد.
- بر جرم تیغه فلزی در کاتد افزوده می‌شود.
- به طور قرارداد کاتد، نیم سلول سمت راست است.
- واکنش کلی آن به صورت  $M^{n+} + ne^{-} \rightleftharpoons M(s)$  است.

**(۲) سیم مسی و عامل بارگذاری الکترون‌ها (لامپ و ولت سنج و ...)**

سیم مسی جهت جابه‌جایی الکترون از یک نیم سلول به نیم سلول دیگر استفاده می‌شود. و عامل بارگذاری الکترون‌ها جهت مشاهده جریان استفاده می‌گردد.

**(۳) دیواره متخلخل**

- برای بهم نخوردن توازن بار ناشی از عمل اکسایش و کاهش که منجر به افزایش غلظت کاتیون در محلول پیرامون الکتروود آند، و افزایش غلظت آنیون‌ها در محلول پیرامون الکتروود کاتد می‌شود به کار می‌رود.
- محلول‌های موجود در هر دو ظرف باید از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. این مهم هنگامی امکان پذیر است که کاتیون‌ها از نیم سلول آند به کاتد و آنیون‌ها از نیم سلول کاتد به آند با گذر از دیواره متخلخل مهاجرت کنند.

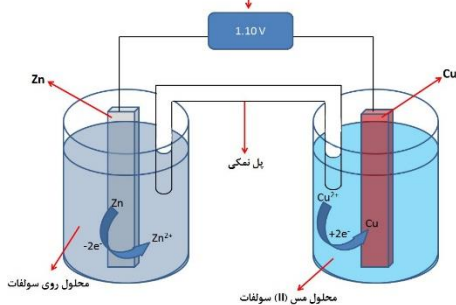


شکل ۷- سلول الکتروشیمیایی روی - مس

ته

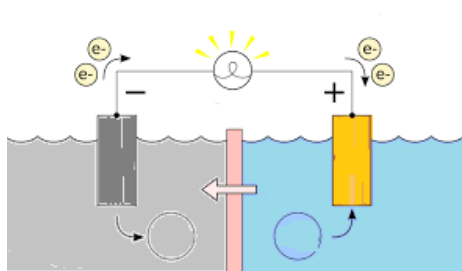
۹۹

دستگاه اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین دو الکتروود، برحسب ولت

**پل نمکی**

در برخی از سلول‌های گالوانی به جای دیواره متخلخل می‌توان از پل نمکی که یک لوله U شکل حاوی سیرشده‌ی یک الکترولیت قوی مثل KCl استفاده نمود. و برای آن که محلول داخل پل نمکی به طور مستقیم با الکترولیت در تماس نباشد سر لوله پنبه می‌گذارد.

## جهت جریان



- جهت حرکت الکترون‌ها: همیشه جهت جریان الکترون‌ها از آند به کاتد است.
- جهت حرکت یون‌ها: همیشه کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند جریان می‌یابند.

## بسته بودن مدار جریان

- حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است و حرکت آنیون‌ها در مدار داخلی محلول از کاتد به آند می‌باشد. بدین ترتیب مدار جریان کامل می‌شود.
- اگر بین دو محلول جابه‌جایی یونی برقرار نباشد، مبادله الکترون صورت نمی‌گیرد.

خلاصه نکات مربوط به آند و کاتد در جدول زیر آورده شده است:

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

برای تشخیص کاتد و آند به روش‌های زیر توجه می‌شود:

- ۱- براساس معادله واکنش: گونه‌ای که اکسایش می‌یابد نقش آند و دیگری نقش کاتد دارند.
- ۲- براساس نامی که برای سلول گالوانی به کار می‌رود سلول نیکل - مس در نوشتن فلز اولی نقش آند (نیکل) و دیگری کاتد (مس) است.
- ۳- از روی شکل سلول

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

ب. در صورت نمایش جهت جریان الکترون، الکترون‌ها از آند به کاتد جریان می‌یابند. یعنی از قطب منفی به مثبت است.

ج. در صورت نمایش جهات حرکت یون‌ها، آنیون‌ها به سمت آند و کاتیون‌ها به سمت کاتد می‌روند.

## نیروی الکتروموتوری

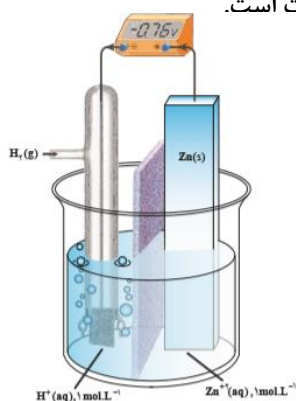
- ولتاژی که ولت سنج در سلول گالوانی نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول است کمیتی که به نیروی الکتروموتوری معروف است و با  $emf$  نمایش داده می‌شود و از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$E_{cell}^{\circ} = E_c^{\circ} - E_a^{\circ}$$

- نیروی الکتروموتوری یک سلول همیشه مثبت است و اگر در سلولی منفی نشان داده شود به معنی جابه‌جا شدن آند و کاتد است.

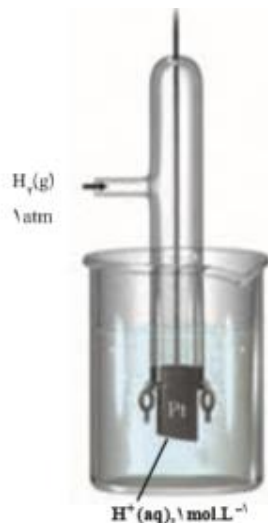
تذکره: اگر پتانسیل سلول منفی نوشته شده باشد، به معنی منفی بودن پتانسیل سلول نیست بلکه نشان دهنده

این است که قطب‌های ناهمنام سلول و ولت‌سنج به هم متصل شده‌اند. در سلول روبه‌رو هیدروژن نقش کاتد و تیغه روی نقش آند دارد.



## پتانسیل های الکترودی استاندارد

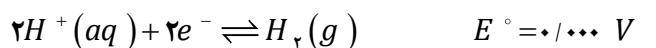
• هنگامی که دو نیم سلول به شکل مناسبی به یکدیگر متصل می شوند، یک سلول الکتروشیمیایی به وجود می آید. در این سلول الکتروشیمیایی، الکترون ها از الکترودی با پتانسیل منفی تر به سمت الکترودی با پتانسیل مثبت تر جریان می یابند. آنچه به وسیله ولت سنج اندازه گیری می شود فقط اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول یاد شده است.



• از آنجا که اندازه گیری پتانسیل یک الکترودی به طور جداگانه ممکن نیست و نسبت دادن یک این مقدار مطلق به پتانسیل آن الکترودی نیز نتیجه ای در بر ندارد، شیمی دان ها برای حل مشکل، یک نیم سلول استاندارد انتخاب کردند و مقدار پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند. این نیم سلول استاندارد، الکترودی استاندارد هیدروژن (SHE) است.

## الکترودی استاندارد هیدروژن

• الکترودی استاندارد هیدروژن شامل یک الکترودی پلاتینی است که در یک محلول اسیدی با  $pH = 0$  or  $[H^+] = 1 \text{ mol L}^{-1}$  و گاز هیدروژن با فشار 1 atm از روی آن عبور داده می شود. و در هر دمایی برابر صفر در نظر گرفته می شود.



• به کارگیری واژه استاندارد برای پتانسیل های الکترودی یادآور شرایط استاندارد، یعنی غلظت یک مولار برای یون های محلول و فشار یک اتمسفر برای گازهاست. و اغلب اندازه گیری ها در دمای  $25^\circ C$  انجام می گیرد. برای هماهنگی بیشتر و مطابق یک قرارداد، پتانسیل های الکترودی استاندارد همواره به صورت پتانسیل های کاهش می گزارش می شود. در هر نیم واکنش، الکترون ها در سمت چپ و گونه کاهش یافته در سمت راست قرار می گیرد. به دیگر سخن گونه کاهنده در سمت راست و گونه اکسند در سمت چپ نوشته می شود.

• در این جدول علامت  $E^\circ$  فلزهایی که قدرت کاهندگی بیشتری از  $H_2$  دارند، منفی و علامت  $E^\circ$  فلزهایی که قدرت کاهندگی کمتری از  $H_2$  دارند، مثبت است.

جدول 1- پتانسیل کاهش می استاندارد برای برخی نیم سلول ها

نیم واکنش کاهش	$E^\circ (V)$
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s)$	+1/50
$Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$	+1/20
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+0/80
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+0/34
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0/00
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	-0/44
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	-0/76
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	-1/18
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	-1/66
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	-2/37

کاهنده قوی تر

• هر چه  $E^\circ$  منفی تر باشد فلز کاهنده قوی تر است. و کاتیون آن اکسند ضعیف تر خواهد بود.

• هر چه  $E^\circ$  مثبت تر باشد کاتیون فلز یا نافلز اکسند قوی تر است. سری الکتروشیمیایی کمک می کند تا بتوان واکنش پذیری فلزها را با هم مقایسه کرد؛ به دیگر سخن انجام پذیر بودن یا نبودن واکنش های میان آنها را پیش بینی کرد. برای این کار کافی است  $E^\circ_{cell}$  را برای سلولی محاسبه کرد که واکنش اکسایش - کاهش یاد شده در آن رخ می دهد. اگر مقدار  $E^\circ_{cell} > 0$  باشد، واکنش از چپ به راست خود به خودی و انجام پذیر است.

• اگر مقدار  $E^\circ_{cell}$  منفی باشد، واکنش انجام ناپذیر است.

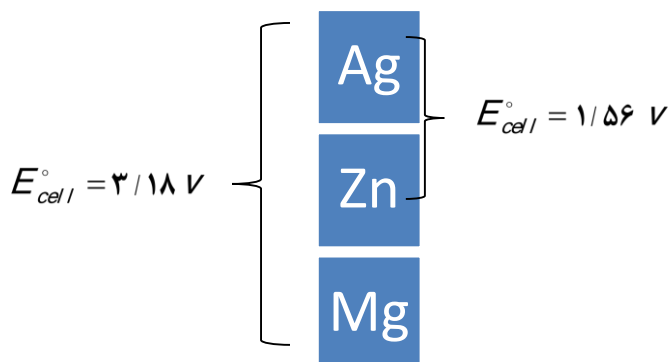
به عبارت دیگر، واکنش از راست به چپ خود به خودی است.

این روش به واکنش های دیگر نیز قابل تعمیم است.

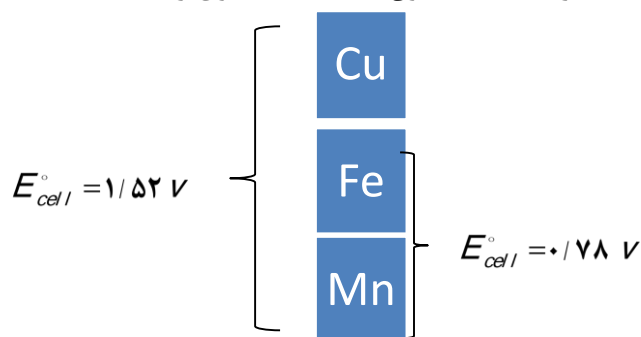
• فلزاتی که  $E^\circ$  منفی دارند نسبت به گاز هیدروژن کاهنده قوی تری هستند، بنابراین این فلزات در اسیدها حل می شوند و گاز هیدروژن آزاد می کنند.

برای نگهداری اسیدها می توان از ظروفی که جنس آنها فلزاتی که دارای  $E^\circ$  مثبت اند نظیر مس، نقره، پلاتین و طلا استفاده نمود.

- قوی ترین نافلز جدول دوره‌ای قوی ترین اکسنده جدول سری پتانسیل استاندارد کاهش خواهد بود.
- براساس این جدول قدرت کاهش فلزات بالای جدول از کاتیون‌های پایین جدول بیشتر است.  $Ag > Mg^{2+}$
- هرچه اختلاف  $E^\circ$  دو فلز بیشتر باشد ولتاژ سلول گالوانی حاصل از آن دو فلز بیشتر خواهد بود.
- اگر دو سلول گالوانی در کاتد مشترک باشند ولی آند متفاوتی داشته باشد، قدرت کاهش آندی بیشتر است که ولتاژ سلول آن عدد مثبت-تری است. در مثال زیر فلز نقره کاتد مشترک و فلز منیزیم کاهشده قوی تری است.



- اگر دو سلول گالوانی در آند مشترک باشند ولی کاتد متفاوتی داشته باشد، قدرت اکسندگی کاتیون‌های آندی بیشتر است که ولتاژ سلول آن عدد مثبت تری است. در مثال زیر  $Mn$  آند مشترک است و کاتیون  $Cu^{+2}$  اکسنده قوی تر است.



جدول ۱- پتانسیل‌های کاهش استاندارد برای برخی نیم‌سلول‌های یون فلز/فلز

گونه کاهشده $+ ne^- \rightleftharpoons$ گونه اکسنده	$E^\circ$ (V)
$Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)$	-۲/۷۱
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Mg(s)$	-۲/۳۸
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons Al(s)$	-۱/۶۶
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$	-۰/۷۶
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Fe(s)$	-۰/۴۴
$2H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)$	۰
$Ag^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$	+۰/۸۰
$Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pt(s)$	+۱/۲۰
$Au^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Au(s)$	+۱/۶۸

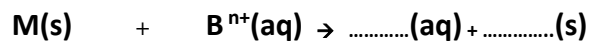
- در منابع پتانسیل‌های کاهش استاندارد به صورت زیر است. اولاً به صورت تعادلی نوشته می‌شوند. دوماً از پتانسیل منفی به مثبت نوشته شده است. در این منابع قوی ترین کاهشده فلز لیتیم و قوی ترین اکسنده مولکول‌های فلوئور است. ضعیف ترین اکسنده کاتیون لیتیم و ضعیف ترین کاهشده آنیون فلوئورید است. مطابق داده‌های پتانسیل کاهش استاندارد واکنش خودبه‌خودی و انجام پذیر است که فلز کاهشده تر با کاتیون اکسنده تر واکنش دهد یعنی در جدول اصلی روبه‌رو، فلز سمت راست بالایی با کاتیون سمت چپ پایینی واکنش دهد.



نتیجه: هنگامی یک واکنش اکسایش - کاهش خودبه خودی است که

$$E^{\circ}_{\text{Reaction}} > 0$$

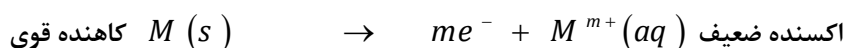
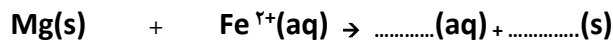
$$E^{\circ}_{\text{Reaction}} = E^{\circ}_{\text{اکسایش یافته}} - E^{\circ}_{\text{کاهش یافته}}$$



کاهنده قوی                      اکسنده قوی

فلز سمت راست              کاتیون سمت چپ

جدول پتانسیل                      جدول پتانسیل



### قسمت سوم

قسمت سوم که از صفحه‌های ۴۹ تا ۵۳ کتاب درسی را شامل می‌شود، مطالب زیر را می‌خوانید:

- لیتیم، فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی
- سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز
- عدد اکسایش

### جای خالی

۱۶۲. هریک از عبارتهای داده شده را با استفاده از موارد زیر کامل کنید (برخی از موارد اضافی هستند).

منیزیم - گالوانی - سبز - اکسنده - ۳ - می‌تواند - کمترین - لیتیم - چگالی - دفع - دمای ذوب - کاهنده  
- مواد سمی - باز یافت - فلزهای ارزشمند - فسیلی - سوختی - بالاترین - نمی‌تواند - ۵

- ا. در ساخت باتری نقش فلز ..... پررنگ است، چون قوی‌ترین ..... و کمترین ..... را دارد.
- ب. پسماندهای الکترونیکی به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از ..... و گران قیمت، منبعی برای ..... این مواد هستند.
- ج. مناسب‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها سوخت ..... به شمار می‌رود.
- د. سلول هیدروژن - اکسیژن رایج‌ترین سلول ..... است.
- ه. در سلول سوختی گاز اکسیژن نقش ..... دارد.
- و. اتم گوگرد در ترکیب  $H_2S$  ..... و در ترکیب  $SO_3$  ..... عدد اکسایش را دارد.
- ز. ترکیب  $FeO$  ..... هم نقش اکسنده و هم نقش کاهنده داشته باشد.
- ح. ضریب الکترون در نیم واکنش  $MnO_4^{-}(aq) + H^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Mn^{2+}(aq) + H_2O(l)$  برابر ..... است.

## درست یا نادرست

۱۶۳. جمله‌های زیر را مطالعه کرده و درست یا نادرست بودن آنها را مشخص کنید. و علت نادرستی یا شکل صحیح جمله‌های نادرست را بنویسید.
- در باتری ساعت مچی با انجام شدن نیم واکنش فقط آندی، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می‌شود.
  - سوزاندن گاز هیدروژن در سلول سوختی بازده را تا ۲۰٪ افزایش می‌دهد.
  - در کاتد سلول سوختی، همیشه گاز اکسیژن وارد می‌شود.
  - ویژگی‌های لیتیم سبب شد راه برای ساخت باتری‌های سبک‌تر، کوچک‌تر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی هموار شود.
  - بالاترین عدد اکسایش یک گونه می‌تواند به عنوان کاهنده نیز عمل کند.
  - حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی سمی هستند و بازیافت این مواد ارزشی ندارد.
  - عدد اکسایش فلز سدیم در اغلب ترکیبات +۱ است.
  - سلول‌های سوختی قادر به ذخیره سازی انرژی شیمیایی نیستند.
  - بار  $q$  در ترکیب  $\left[ N \equiv N - N \equiv N - \ddot{N} \right]^q$  برابر +۱ است.

## برقراری ارتباط

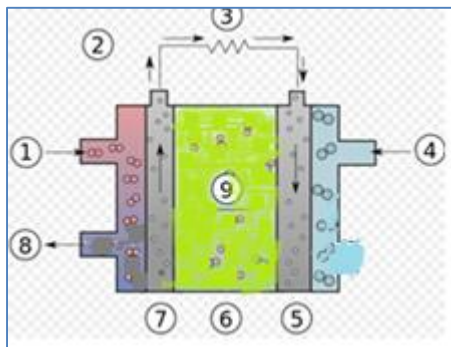
۱۶۴. هر یک از عبارتهای ستون A با یک مورد از ستون B در ارتباط است، این ارتباط را پیدا کرده و حرف مربوط را داخل کادر مورد نظر بنویسید (برخی از موارد ستون B اضافی هستند).

ستون B	ستون A
(a) باتری قلمی	ا. نوعی سلول گالوانی که دوستدار محیط زیست است.
(b) سلول ولتایی	ب. فلزی که جایگاه ممتازی در تأمین انرژی جهان پیدا کرده است.
(c) لیتیم	ج. منبعی برای بازیافت فلزهای ارزشمند و گران قیمت است.
(d) پسماند الکترونیکی	د. از جمله باتری‌های لیتیومی است که در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون به کار می‌رود
(e) کربن	
(f) صفر	ه. عدد اکسایش آن در تمام ترکیبات یکسان است.
(g) سلول سوختی	و. عنصر اصلی از جدول دوره‌ای که بیشترین محدوده تغییر عدد اکسایش را دارد.
(h) باتری دگمه‌ای	ز. عدد اکسایش عناصر به حالت آزاد
(i) فلئور	
(j) یک	
(k) طلا	

## مهارتی

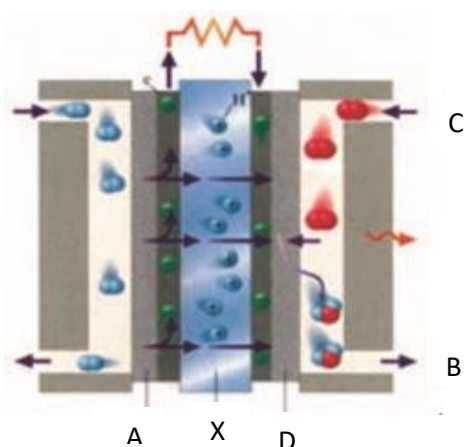
۱۶۵. به پرسشهای زیر پاسخ دهید.
- استخراج و مصرف بی رویه کدام نوع سوخت‌ها سبب شده تا ذخایر انرژی به سرعت کاهش یابد؟
  - چرا نباید پسماندهای الکترونیکی در طبیعت رها یا دفن شوند؟
  - چرا در فناوری ساخت باتری‌های جدید نقش فلز لیتیم پررنگ است؟

د. یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی هیدروژن — اکسیژن خودنمایی می‌کند، چیست؟



۱۶۶. طرح زیر مربوط به نمایش از یک سلول سوختی است  
بخش‌های شماره گذاری شده را بنویسید.

۱۶۷. اگر گاز طبیعی (متان) به جای کاربرد مستقیم در موتور خودرو، در سلول سوختی خودروها به کار رود، کدام برتری را دارد؟



(۱) کاهش خطرات نگهداری و افزایش ایمنی سوخت

(۲) کاهش هزینه ساخت و پیچیدگی ساختار خودروها

(۳) کاهش مقدار گازهای گلخانه‌ای به ازای مصرف هر متر مکعب سوخت

(۴) افزایش بازدهی تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی الکتریکی

۱۶۸. چند مورد از مطالب داده شده درباره شکل رو به رو، که طرحی از سلول سوختی را نشان می‌دهد، نادرست است؟

(۱) از آن برای تامین برق و آب آشامیدنی در فضاپیماها استفاده می‌شود.

(۲) A، آند را نشان می‌دهد و B محل خروج بخار آب و هیدروژن اضافی است.

(۳) D، کاتد را نشان می‌دهد و C محل ورود بخار آب است.

(۴) A و D دارای کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش سرعت می‌بخشند.

(۵) واکنش کلی آن به صورت  $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O$  است.

(۶) غشای X مبادله کننده یون هیدروکسید را نشان می‌دهد.

۱۶۹. اگر در سلول سوختی به جای هیدروژن از سوخت ارزان تر و کم خطرتری مانند متان استفاده شود، برای عبور همان شمار الکترون ناشی از

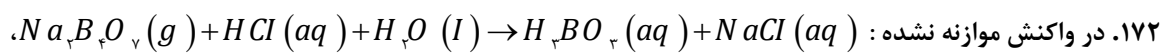
مصرف یک مول هیدروژن از مدار، چند گرم متان باید مصرف شود؟ ( $C = 12, H = 1: g \cdot mol^{-1}$ )

۱۷۰. عدد اکسایش اتم مرکزی، در هر یک از ترکیبات زیر را به دست آورید.

$NH_4^+$  (۴)       $HClO_2$  (۳)       $CH_3OH$  (۲)       $OF_2$  (۱)

۱۷۱. عدد اکسایش کلیه اتمها در ترکیبات زیر را تعیین کنید.

$H_5IO_6$        $H_2SO_3$        $NaBrO_3$        $KClO_4$        $NaH_2PO_3$



ا. تغییر عدد اکسایش هر اتم بور، چند است؟

ب. واکنش را موازنه نمایید.

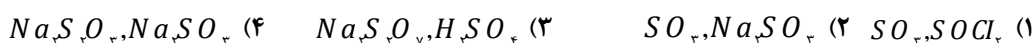
173. اتم X در ترکیب با سدیم تولید  $\text{Na}_3\text{X}$  می نماید فرمول اکسید این اتم با بالاترین عدد اکسایش چیست؟

174. واکنش تبدیل کدام دو گونه به یک دیگر از نوع اکسایش - کاهش است و شمار بیشتری از الکترون ها در آن جا به جا می شوند؟

(1) یون کرومات به کروم (III) اکسید (2) سدیم اکسید به سدیم هیدروکسید

(3) یون پراکسید به یون اکسید (4) گوگرد تری اکسید به سولفوریک اسید

175. در کدام دو ترکیب، عدد اکسایش گوگرد با هم برابر است؟



176. عدد اکسایش اتم مرکزی، در کدام ترکیب بزرگتر است؟



177. جمع جبری عدد اکسایش اتم های کربن در مولکول بنزونیتریک اسید با عدد اکسایش کدام عنصر در ترکیب داده شده، برابر است؟

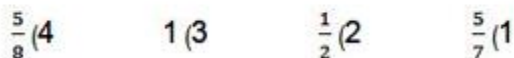
(1) S در پتاسیم سولفید (2) C در فرمالدهید

(3) N در نیتریک اسید (4) Cl در پتاسیم کلرات

178. تغییر عدد اکسایش یک اتم کربن در واکنش سوختن کامل کدام دو ماده، با هم برابر است؟

(1) اتان و اتین (2) اتان و بنزن (3) اتین و اتن (4) اتین و بنزن

179. نسبت مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده ها به واکنش دهنده پس از موازنه این واکنش کدام است؟



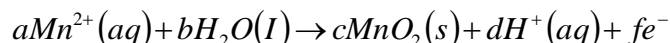
180. اتم نیتروژن در کدام دو ترکیب، به ترتیب (از راست به چپ)، فقط نقش اکسنده و کاهنده را دارد؟



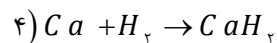
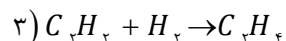
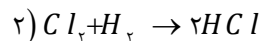
181. عدد اکسایش اتم ..... با عدد اکسایش اتم ..... برابر است.



182. مجموع ضریب های a, b, c, d و f در نیم واکنش زیر، پس از موازنه کدام است؟



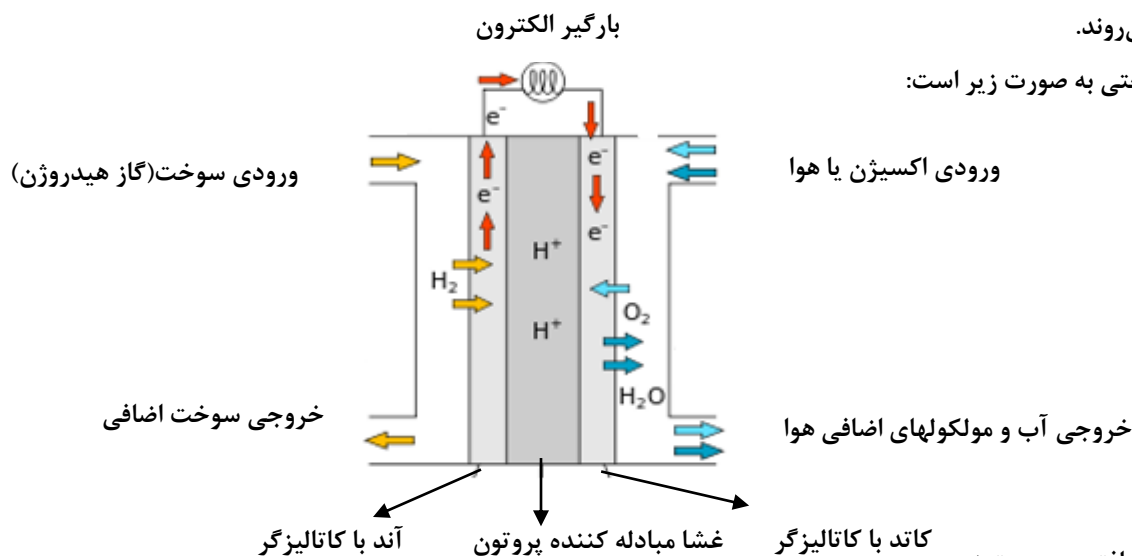
۱۸۳. در کدام واکنش زیر گاز هیدروژن نقش اکسنده دارد؟



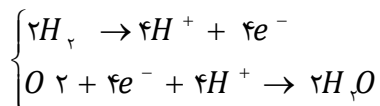
## بررسی نکات مهم درس

## پیل های سوختی

- سلول سوختی ساختاری همانند سلول گالوانی دارد.
- رایج ترین سلول سوختی، گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به صورت کنترل شده است البته می تواند به جای هیدروژن متانول یا متان و ترکیبات هم خانواده آن نیز باشد.
- بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود.
- هر سلول سوختی سه جزء اصلی دارد که شامل یک غشا، الکتروود آند و الکتروود کاتد است. در واقع آند و کاتد کاتالیزگرهایی هستند که انجام نیم واکنش اکسایش و کاهش را آسانتر می کند.
- گاز هیدروژن به عنوان سوخت پیوسته وارد شده، اکسایش می یابد و هم زمان با آن گاز اکسیژن در واکنش با سوخت کاهش می یابد.
- سلول های سوختی افزون بر کارایی بیشتر می توانند ردپای کربن دی اکسید را کاهش دهند به طوری که دوستدار محیط زیست بوده و منبع انرژی سبز به شمار می روند.
- شکل کلی سلول سوختی به صورت زیر است:



- نیم واکنش های انجام یافته به صورت زیر



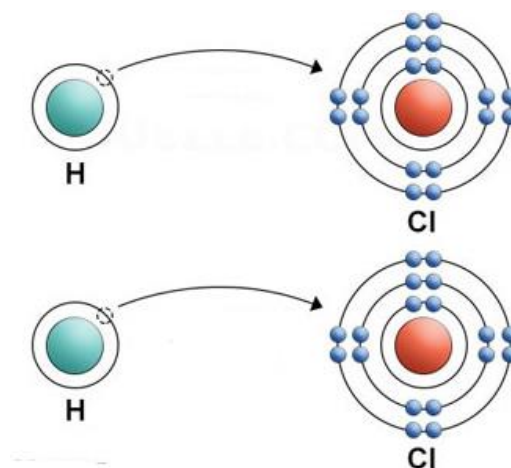
- بزرگ ترین چالش در کاربرد سلول های سوختی تولید گاز هیدروژن در مقیاس صنعتی است. برق کافت آب راهی برای تأمین گاز هیدروژن است.
- سلول های سوختی برخلاف باتری ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی کنند.
- سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می دهد.

- می توان از سلول سوختی برای تهیه الکتریسیته و آب مورد نیاز فضانوردان استفاده کرد.

### عدد اکسایش

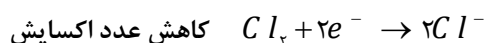
عدد اکسایش یک اتم را به سادگی می توان توسط الکترون های واکنش زیر نشان داد.  $H_{\uparrow} + Cl_{\downarrow} \rightarrow 2HCl$

در این واکنش، دو زیر واکنش رخ می دهد. هیدروژن، که دارای یک الکترون تنها، در مدارش هست، آن را از دست می دهد و کلر که دارای ۱۷ الکترون در حالت پایدار است، الکترون هیدروژن را می گیرد.



به این صورت که اگر ماده ای الکترون از دست بدهد، عدد اکسایش آن افزایش می یابد. برعکس، هنگامی که یک ماده الکترون می گیرد، عدد اکسایش آن کاهش می یابد.

به عنوان مثال، در واکنش فوق که بین هیدروژن و کلر اتفاق می افتد، از دست دادن الکترون توسط اتم هیدروژن، به عدد اکسایش اتم هیدروژن می افزاید و آن را تبدیل به بار مثبت می کند، در حالی که به دست آوردن الکترون توسط اتم های کلر، عدد اکسایش آن را کاهش می دهد و آن را تبدیل به یون منفی می کند.



### قواعد تعیین عدد اکسایش

قانون ۱: عدد اکسایش عناصر ترکیب نشده، که بار الکتریکی ندارند، همواره صفر است. این موضوع به استثناء این که این عنصر به عنوان یک اتم یا مولکول چند اتمی باشد، درست است. این موضوع به این معنی است که  $O_2$  (اکسیژن)،  $Mg$  (منیزیم)،  $Al$  (آلومینیوم)،  $He$  (هلیوم)،  $S_8$  (سولفور) دارای عدد اکسایش صفر هستند، چرا که عدد اکسایش اتم های سازنده در شکل گیری مولکول های ساده تغییری نمی کند. پیوند بین اتم های عناصر یک سان همیشه کووالانسی است، که در آن ها الکترون ها به اشتراک گذاشته شده است. بر عکس یون ها، از اتمی به اتم دیگر منتقل می شود.

قانون ۲: عدد اکسایش یون های تک اتمی برابر با بار آن یون ها است. به عنوان مثال  $Na^{+}$  (یون سدیم که یک الکترون از دست داده است) و  $Al^{3+}$  (یون آلومینیوم که سه الکترون از دست داده است) و  $Cl^{-}$  (یون کلر که یک الکترون به دست آورده است)، به این ترتیب دارای اعداد اکسایش +۱ و +۳ و -۱ هستند. با این حال، فلزهای زیادی می توانند با نافلزها تشکیل یون دهند، به ویژه کربن، گوگرد و آهن، و می توانند اعداد



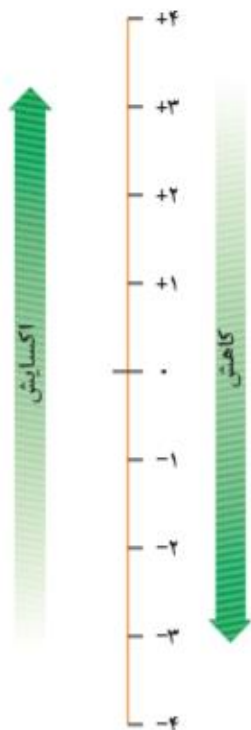
اکسایش متفاوتی داشته باشند.

بنابراین، هر چند بار الکتریکی برابر عدد اکسایش است، ممکن است در بعضی شرایط تغییر کند.

- اعداد اکسایش اغلب نافلزها در محدوده زیر تغییر می کند

تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت  $\leq$  عدد اکسایش نافلز  $\leq$  (۸ - الکترون‌های لایه ظرفیت)

مثال برای اتم کربن اعداد اکسایش از -۴ تا +۴ تغییر می کند



قانون ۳: عدد اکسایش اکسیژن تقریباً همیشه برابر -۲ است. تنها زمانی عدد اکسایش اکسیژن تغییر می کند که در

ترکیباتی به نام پروکسیدها  $O_2^{2-}$  یا سوپراکسیدها  $O_2^-$  باشد، که در آن صورت عدد اکسایش برابر -۱ و  $-\frac{1}{2}$  و

همچنین در ترکیبات فلئوئوردار  $OF_2$  یا  $(O_2F_2 \text{ و } HOF)$  که در آن صورت عدد اکسایش برابر +۲ و +۱ خواهد بود.

قانون ۴: به طور مشابه، عدد اکسایش هیدروژن تقریباً همیشه برابر +۱ است. تنها زمانی این مقدار تغییر می کند که

هیدروژن به صورت هیدریدهای یک فلز به کار رفته باشد، هیدریدهای فلزی، که فقط در این صورت عدد اکسایش

آن برابر -۱ می شود. مانند  $NaH$

قانون ۵: عدد اکسایش در فلزات گروه اول جدول دوره‌ای شامل لیتیم، سدیم، پتاسیم و ..... برابر +۱ است. تنها زمانی

این قانون تغییر می کند که فلزات در قالب عنصر آزاد باشند که در این صورت عدد اکسایش آنها برابر صفر است.

قانون ۶: فلزات قلیایی خاکی مانند منیزیم و کلسیم دارای عدد اکسایش +۲ هستند. مانند قانون قبلی، این قانون نیز در صورتی که فلزات در قالب

عنصر آزاد باشند، تغییر می کند و در این حالت عدد اکسایش آنها برابر صفر است.

قانون ۷: مجموع اعداد اکسایش همه اجزای یک ترکیب خنثی برابر صفر است. این قانون در به دست آوردن عدد اکسایش یک عنصر خاص در یک

ترکیب مفید است. به عنوان مثال، اگر ترکیب پایدار  $H_2SO_4$  (اسید سولفوریک) را در نظر بگیرید، ما می دانیم که عدد اکسایش هیدروژن و اکسیژن

در این ترکیب به صورت زیر است:

$$2(1) + 4(-2) = -6$$

بنابراین، برای این که  $H_2SO_4$  در حالت تعادل باشد، باید عدد اکسایش گوگرد برابر +۶ باشد، که تنها یکی از اعداد اکسایش آن است.

$$-2 \leq S \leq 6$$

قانون ۸: درست مانند قانون قبلی، عدد اکسایش خالص یک یون چند اتمی نیز برابر با بار روی آن است. این قانون نیز در حقیقت همان قانون قبلی

است، با این تفاوت که این قانون به ترکیبات دارای بار الکتریکی می پردازد در صورتی که قانون قبلی به ترکیبات پایدار الکتریکی و خنثی. به عنوان

مثال، اگر ما یون باردار  $SO_4^{2-}$  را در نظر بگیریم، که بار آن برابر -۲ است، معادله‌ای به صورت زیر خواهیم داشت:

$$1(+6) + 4(-2) = -2$$

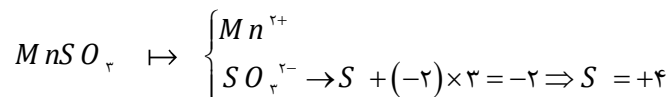
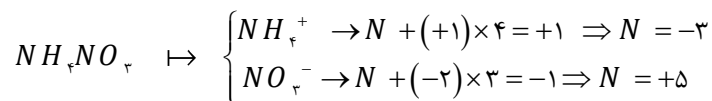
استفاده از این نوع معادلات جبری، بهترین راه برای به دست آوردن عدد اکسایش عناصر ناشناخته است.

تذکره ۱: عدد اکسایش فلزات واسطه خارجی معمولاً در بازه از صفر تا مجموع الکترون‌های  $ns$  و  $(n-1)d$  تغییر می کند. یعنی

$$0 \leq \text{عدد اکسایش فلز واسطه} \leq (n-1)d + ns \quad \text{داریم:}$$

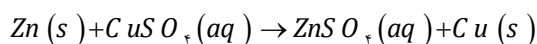
فلزات واسطه اعداد اکسایش متنوعی دارند و تنوع اعداد اکسایش برای عناصر میانی سری عناصر واسطه بیشترین است. عناصر ابتدایی سری به علت کمی تعداد الکترون‌های ظرفیت تنوع اعداد اکسایش پایینی دارند در حالیکه عناصر انتهایی سری به علت کاهش تمایل برای از دست دادن الکترون تنوع عدد اکسایش کمی دارند.

تذکره ۲: اگر عدد اکسایش خواسته شده مربوط به نمک‌های چندتایی باشد بهتر است در ابتدا کاتیون و آنیون آن از هم جدا گردد.

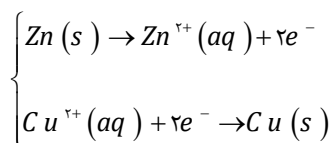
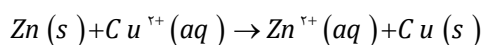


این‌ها قواعد مهم در تعیین عدد اکسایش بود.  $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

در این واکنش، نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش به شرح زیر است:



با حذف یون ناظر معادله یونی به دست می‌آید:

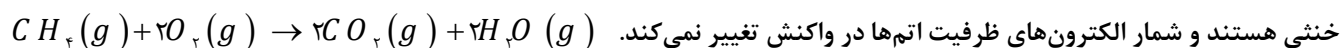


از آن جایی که عدد اکسایش روی از ۰ به +۲ تغییر کرده است، این یک معادله‌ی اکسایش است. دو الکترون آزاد شده از اتم روی توسط یون مس در معادله‌ی کاهش‌ی زیر گرفته شده‌اند:

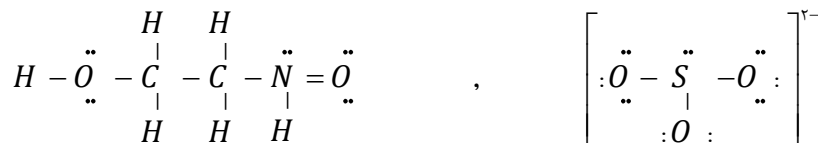
از آن جایی که عدد اکسایش مس از +۲ به ۰ تغییر کرده، این یک واکنش کاهش‌ی است.

### محاسبه عدد اکسایش با استفاده از ساختار لوویس

اما در برخی از واکنش‌ها روندی که در معادله واکنش فوق مشاهده کردید دیده نمی‌شود زیرا همه گونه‌های شرکت کننده در واکنش، مولکول‌های



خفتی هستند و شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها در واکنش تغییر نمی‌کند. الف) ساختار الکترون نقطه‌ای مولکول یا یون مورد نظر را رسم کنید.

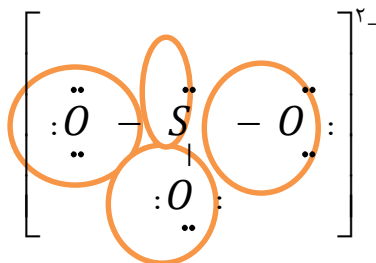


ب) برای هر جفت الکترون پیوندی موجود میان دو اتم یکسان، یک الکترون به هر اتم نسبت دهید.

پ) برای هر جفت الکترون پیوندی موجود میان دو اتم متفاوت، دو الکترون به اتمی که خاصیت نافلزی بیشتری دارد، نسبت داده می‌شود.

ت) همهٔ الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت دهید.

ث) همهٔ الکترون‌های نسبت داده شده به هر اتم را بشمارید.



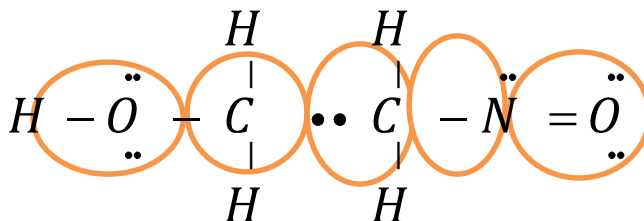
ج) تعداد الکترون‌های نسبت داده شده را از تعداد الکترون‌های ظرفیتی اتم یاد شده کم کنید.

باقی مانده عدد اکسایش اتم مورد نظر است.

تعداد الکترون‌های اطراف اتم - تعداد الکترون‌های ظرفیتی اتم = عدد اکسایش اتم

$$O \text{ عدد اکسایش} = 6 - 8 \rightarrow -2$$

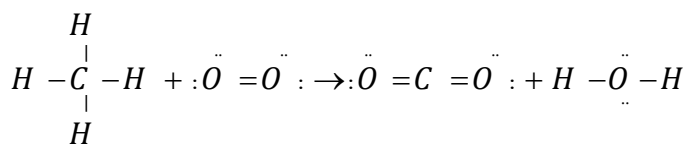
$$S \text{ عدد اکسایش} = 6 - 2 \rightarrow +4$$



$$H = +1, O = -2, C = -1, N = +1$$

تذکر: مجموع اعداد اکسایش تک تک اتم‌ها برابر با بار گونهٔ مورد بررسی است.

واکنش قبلی رو دوباره نوشته و اکنون اعداد اکسایش اتم‌ها را به دست می‌آوریم:  $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$



کربن متان برابر ۴- و در کربن دی‌اکسید برابر ۴+ است. و اکسیژن در مولکول  $O_2$  برابر صفر و در سایر ترکیبات برابر ۲- است.

### انتقال الکترون و عدد اکسایش

**اکسایش:** با از دست دادن الکترون عدد اکسایش بیشتر می‌شود پس اکسایش صورت می‌گیرد.

**کاهش:** با به دست آوردن الکترون عدد اکسایش کاهش می‌یابد پس کاهش صورت می‌گیرد.

**کاهنده:** هرگاه عدد اکسایش گونه‌ای افزایش یابد نقش کاهنده دارد.

**اکسنده:** هرگاه عدد اکسایش گونه‌ای کاهش یابد نقش اکسنده دارد.

بالاترین عدد اکسایش یک گونه فقط نقش اکسنده و پایین‌ترین عدد اکسایش فقط نقش کاهنده دارد.

بالاترین عدد اکسایش  $+4 \leq C \leq -4$  پایین‌ترین عدد اکسایش

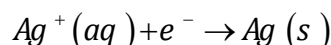
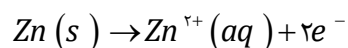
به عنوان نمونه نقش کربن در ترکیبات مختلف آن به صورت زیر است:

- $\text{CH}_4$  : عدد اکسایش کربن برابر ۴- و فقط نقش کاهنده دارد چون فقط عدد اکسایش آن می تواند افزایش یا اکسایش یابد.  
 $\text{CO}_2$  : عدد اکسایش کربن برابر ۴+ و فقط نقش اکسنده دارد چون فقط عدد اکسایش آن می تواند کاهش یابد.  
 $\text{HCOOH}$  و  $\text{CO}$  (۲+) و  $\text{H}_2\text{CO}$  (۰) هم نقش اکسنده و هم نقش کاهنده دارند چون اعداد اکسایش آنها بین دو عدد ۴+ و ۴- قرار دارد.

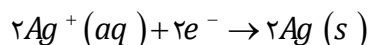
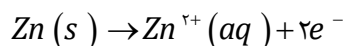
### موازنه واکنش با استفاده از موازنه نیم واکنش ها

- موازنه بار در هر نیم واکنش با استفاده از الکترون انجام می شود. حضور الکترون ها در یک معادله بدین معنی است که آن معادله یک نیم واکنش می باشد  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ag}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}(\text{s}) + \text{Ag}^+(\text{aq})$ .

هنگامی که دو نیم واکنش مربوط به یک معادله اکسایش-کاهش با هم جمع شود، معادله موازنه شده نهایی به دست می آید.

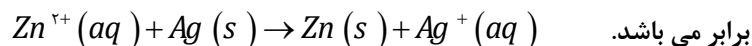


- توجه کنید که در این فرایند جمع کردن، الکترون ها که تعداد آنها در دو طرف یکسان است، حذف می شوند و در معادله موازنه شده



نهایی وجود ندارند.

دلیل حذف شدن آنها این است که تعداد کل الکترون های از دست رفته در نیم واکنش اول با تعداد کل الکترون های گرفته شده در نیم واکنش دوم



برابر می باشد. نکته: به طور خلاصه، موازنه کردن با استفاده از این روش شامل سه مرحله می باشد که عبارت اند از:

اول: معادله اولیه موازنه نشده را به دو نیم واکنش اولیه موازنه نشده تفکیک می کنیم.

دوم: هر نیم واکنش را موازنه می کنیم. (هر معادله اکسایش-کاهش مجموع دو نیم واکنش موازنه شده است.)

سوم: با جمع کردن دو نیم واکنش موازنه شده، واکنش اکسایش-کاهش موازنه شده نهایی را به دست می آوریم، برای انجام این عمل، هر نیم واکنش

موازنه شده را در صورت نیاز در یک ضریب ضرب می کنیم تا به این ترتیب، تعداد کل الکترون های از دست رفته در نیم واکنش اول با تعداد کل

الکترون های گرفته شده در نیم واکنش دوم برابر شود، در نتیجه تمام الکترون ها حذف شده و در معادله موازنه شده ظاهر نمی شوند. (اگر الکترونی

در معادله نهایی وجود داشته باشد، آن معادله نادرست می باشد.)

### موازنه واکنش با استفاده از عدد اکسایش

در واکنش های اکسایش - کاهش می توان از تغییر عدد اکسایش برای موازنه واکنش استفاده کرد،

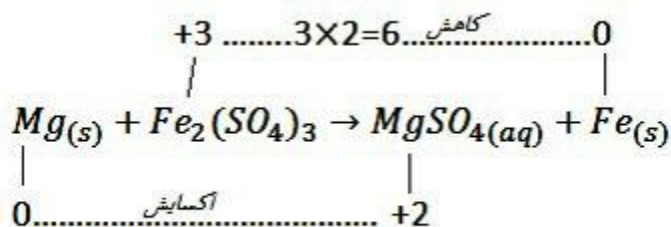
به واکنش زیر توجه کنید:



برای موازنه این واکنش ابتدا تغییر عدد اکسایش هر یک از عناصر را بدست می آوریم و اگر عنصری در سمت چپ واکنش زیروندی به غیر

از یک داشت، تغییر عدد اکسایش را در آن زیروند ضرب می کنیم. توجه داشته باشید میزان تغییر عدد اکسایش بدون علامت در زیروند

ضرب می شود.

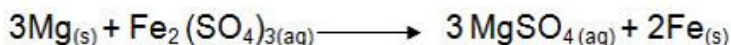


Mg اکسایش یافته و کاهنده است Fe. کاهش یافته و اکسنده است.

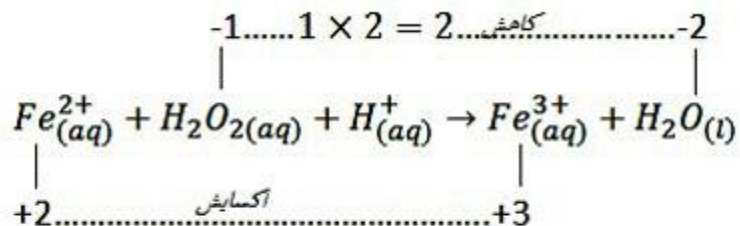
حال در سمت چپ واکنش تغییر عدد اکسایش مادهی کاهنده را به عنوان ضریب مادهی اکسنده و تغییر عدد اکسایش مادهی اکسنده را به عنوان ضریب مادهی کاهنده قرار داده و شروع به موازنه عناصر می کنیم.



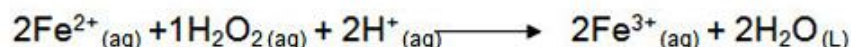
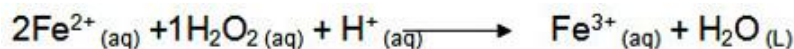
ضرایب را ساده می کنیم:



یک مثال دیگر: به موازنه ی زیر توجه نمایید:



Fe اکسایش یافته و کاهنده است O. کاهش یافته و اکسنده است.



### قسمت چهارم

قسمت چهارم که از صفحه های ۵۴ تا ۵۶ کتاب درسی را شامل می شود، مطالب زیر را می خوانید:

- برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن

- سلول الکترولیت
- برقکافت NaCl مذاب و تهیه فلز سدیم

### جای خالی

۱۸۴. هریک از عبارتهای داده شده را با استفاده از موارد زیر کامل کنید (برخی از موارد اضافی هستند).

الکترولیتی - برقکافت - سدیم - انرژی - فلز سدیم - منفی - منیزیم هیدروکسید - الکتریکی - رسانایی - شیمیایی - آند - کاتد - یک - گرافیتی - فلزی - دانز - منیزیم کلرید - مثبت - دو - گالوانی - گاز کلر

- برای ..... آب و افزایش ..... الکتریکی آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.
- در سلولهای الکترولیتی انرژی ..... به انرژی ..... تبدیل می شود.
- حجم گاز آزاد شده در ..... دو برابر حجم گاز آزاد شده در ..... در اثر تجزیه الکتریکی آب است.
- در سلول الکترولیتی، دو الکترود درون ..... الکترولیت قرار دارند. الکترودهای بی اثری که در واکنش شرکت نمی کنند و اغلب ..... هستند.
- برقکافت سدیم کلرید مذاب در سلول ..... انجام می شود و در کاتد ..... تهیه می شود.
- برای نمونه فلز منیزیم را در صنعت از برقکافت ..... مذاب تهیه می کنند.
- در سلول الکترولیتی، الکترود آند دارای بار ..... و کاتد دارای بار ..... است.

### درست یا نادرست

۱۸۵. جمله های زیر را مطالعه کرده و درست یا نادرست بودن آنها را مشخص کنید. و شکل صحیح جمله های نادرست را بنویسید.

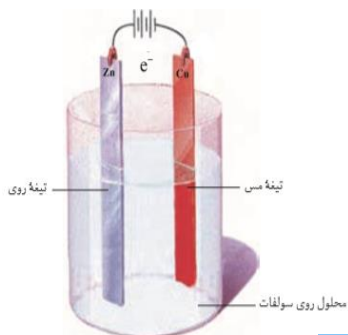
- سلول های سوختی نوعی سلول الکترولیتی اند که آند و کاتد در آنها می تواند از جنس گرافیت باشد.
- در سلول الکترولیتی، بر اثر نیروی برق، تغییر شیمیایی در مواد به وجود می آید.
- در استخراج سدیم الکترودی که به قطب منفی منبع برق متصل است، محل اکسایش است.
- در سلول الکترولیتی، یک واکنش شیمیایی در جهت طبیعی پیش رانده می شود.
- از سلول دانز، برای تهیه سدیم از محلول غلیظ کلرید آن، استفاده می شود.

### انتخاب کنید

۱۸۶. هر یک از عبارتهای زیر را با انتخاب یکی از موارد داده شده، کامل کنید.

ا. شکل رو به رو، نوعی سلول  $\frac{\text{گالوانی}}{\text{الکترولیتی}}$  را نشان می دهد که در آن بخش سمت چپ،  $\frac{\text{آند}}{\text{کاتد}}$  است

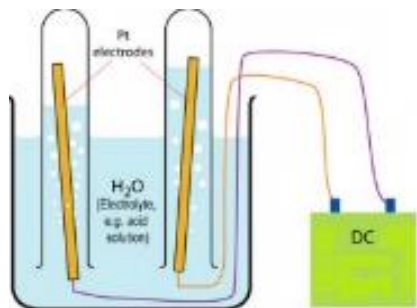
و الکترون از تیغه  $\frac{\text{روی}}{\text{مس}}$  در مدار  $\frac{\text{بیرونی}}{\text{درونی}}$  به سمت تیغه  $\frac{\text{روی}}{\text{مس}}$  می رود.





ب. در شکل سوال قبلی طی یک واکنش خودبه خودی انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود

و با گذشت زمان جرم تیغه آندی افزایش کاهش و جرم تیغه کاتدی کاهش افزایش می یابد.



### مهارتی

۱۸۷. با توجه به شکل زیر که مربوط به برقکافت آب است،

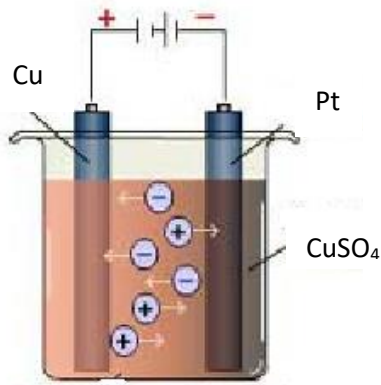
ا. آند و کاتد را مشخص کنید.

ب. نیم واکنش های آندی و کاتدی را بنویسید و موازنه نمایید.

ج. کاغذ pH در کاتد به چه رنگی در می آید؟

۱۸۸. مخلوطی از نمک های کلرید مذاب که حاوی کاتیون های  $Zn^{2+}$  و  $Cu^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  است در یک سلول اکترولیت وارد و جریان برق برقرار می شود، تعیین کنید که کدام فلز زودتر آزاد می شود؟ چرا؟

۱۸۹. اگر به سلول زیر که مربوط به فلز مس است کمی محلول نقره نیترات اضافه کنیم چه تغییری در روند واکنش های سلول به وجود می آید؟



۱۹۰. اگر از دو الکتروود آهنی در یک سلول اکترولیتی برای برقکافت آب شهری استفاده شود، چند مورد از عبارات های داده شده درست است؟

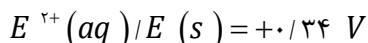
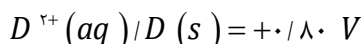
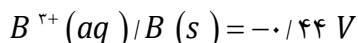
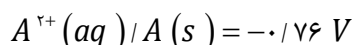
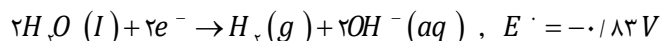
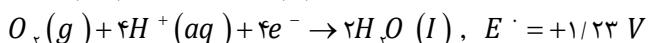
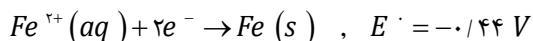
(۱) در آند، گاز هیدروژن آزاد می شود.

(۲) جرم گاز آزاد شده پیرامون هر دو قطب، یکسان است.

(۳) با عبور جریان برق، مقداری آهن (II) هیدروکسید به وجود می آید.

(۴) تیغه آهنی در کاتد دست نخورده می ماند.

(۵) با اعمال ولتاژ در شروع برقکافت هیچ گازی آزاد نمی شود.



۱۹۱. اگر برقکافت یک سلول اکترولیتی با ولتاژ ۱/۵ ولت قابل انجام باشد، با اتصال سلول گالوانی

استاندارد تشکیل شده از الکترودهای کدام دو فلز به آن، برقکافت در آن انجام می شود؟

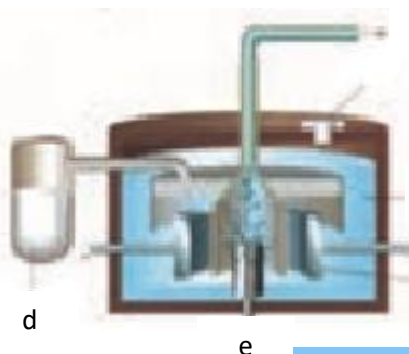
۱۹۲. طرح زیر مربوط به برقکافت سدیم کلرید مذاب است با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید

ا. نام سلول به کارفته چیست؟

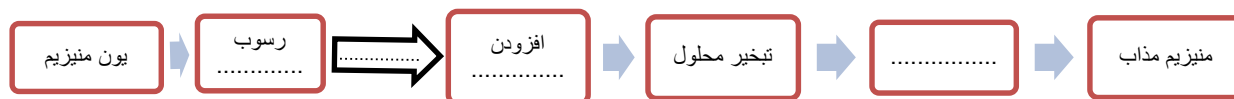
ب. برای تهیه چه عنصری استفاده می شود؟

ج. کمک ذوب نمک سدیم کلرید چیست؟

د. نیمه واکنش های انجام شده در کاتد و آند را بنویسید.

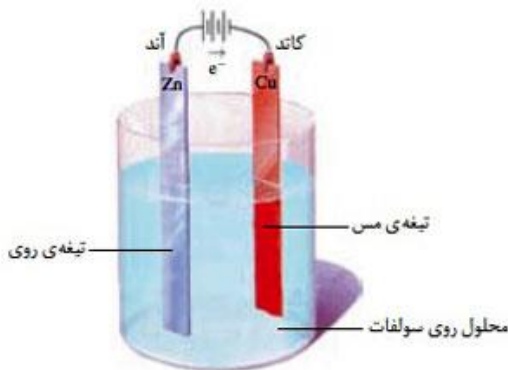


- ه. حروف e, a, b, c و d هر کدام بیانگر کدام بخش از این سلول است؟  
 و. به ازای تولید ۵۶ لیتر گاز در شرایط STP چند گرم فلز سدیم تولید می‌شود؟  
 ز. آیا می‌توان برای سرد کردن سدیم تولید شده از آب استفاده کرد؟ چرا؟  
 ۱۹۳. مراحل تهیه منیزیم از آب دریا در طرح زیر آورده شده است جای خالی عبارتهای نوشته نشده را بنویسید.



### بررسی نکات مهم درس:

علاوه بر سلولهای گالوانی گروه دیگری از سلولهای الکتروشیمیایی وجود دارند که به آنها سلول الکترولیتی می‌گویند.



- در سلولهای الکترولیتی انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود و با اعمال یک ولتاژ بیرونی، هر دو نیم واکنش الکترودی با صرف انرژی به سمت ایجاد تغییر شیمیایی دلخواه در جهتی خلاف جهت طبیعی، رانده می‌شوند. در نتیجه مواد به گونه‌هایی باردار شکسته می‌شوند که می‌توانند در میدان الکتریکی ایجاد شده در محلول، به سمت قطب ناهمنام خود جریان یابند.
- یک سلول الکترولیت شامل دو الکتروود است که در یک محلول الکترولیت فرورفته است. محلول الکترولیت می‌تواند یک ترکیب یونی مذاب یا محلول یک ماده یونی در آب باشد.

#### آند

- در سلول الکترولیتی، الکترودی که به قطب مثبت باتری وصل می‌شود آند نامیده می‌شود.
- آند در محلول الکترولیت الکترون‌های حاصل از اکسایش گونه‌های موجود در الکترولیت را از آن خارج می‌کند.

#### کاتد

- الکترودی که به قطب منفی باتری وصل می‌شود کاتد نامیده می‌شود.
- کاتد در محلول الکترولیت الکترون‌های مورد نیاز برای کاهش گونه‌های موجود در الکترولیت را از منبع به الکترولیت انتقال می‌دهد.

#### جهت جریان

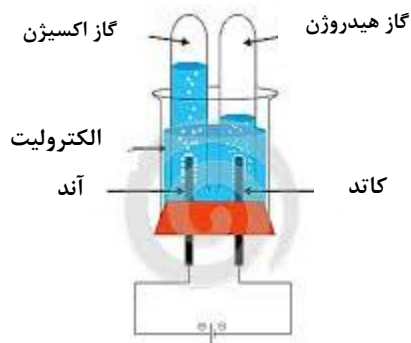
- جریان الکترون‌ها همیشه از آند به کاتد است بنابراین در سلول الکترولیتی از قطب مثبت به منفی است.
- داخل محلول، یون‌های مثبت به سمت کاتد که قطب منفی است می‌روند که به آنها کاتیون گفته می‌شود و یون‌های منفی به سمت آند که قطب مثبت است حرکت می‌کنند و آنیون نامیده می‌شوند.
- کاتیون‌ها در سطح کاتد کاهش یافته و آنیون‌ها در سطح آند اکسایش می‌یابند. وقوع نیم واکنش کاهش و نیم واکنش اکسایش در الکتروودها به غلظت محلول و موقعیت یون‌ها در جدول ( $E^\circ$ ) بستگی دارد.
- در مخلوطی از یون‌ها و مولکول‌های سطح الکتروود آنیونی زودتر اکسایش می‌یابد که  $E^\circ$  منفی‌تر دارد و در کاتد کاتیونی زودتر کاهش می‌یابد که  $E^\circ$  مثبت‌تر دارد.

- سلول‌های الکترولیتی در تجزیه‌ی محلول‌ها و مواد مذاب، پالایش و آبکاری فلزها مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- مقایسه‌ی سلول‌های گالوانی و الکترولیتی**
- برای سادگی مقایسه در جدول زیر آورده شده است:

سلول الکترولیتی	سلول گالوانی
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>در این سلول‌ها هدف انجام یک واکنش غیرخودبه‌خودی با صرف جریان برق است. <math>E^\circ &lt; 0</math>.</li> <li>انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود.</li> <li>یک واکنش غیرخودبه‌خودی از نوع اکسایش- کاهش انجام می‌شود.</li> <li>سطح انرژی فرآورده‌ها از سطح انرژی واکنش دهنده‌ها بالاتر است.</li> <li>واکنش دهنده‌ها از پایداری بیش‌تری برخوردارند.</li> <li>آند و کاتد با توجه به نوع قطب‌ها در اثر جریان الکترون‌ها از سمت باتری مشخص می‌شود.</li> <li>تجمع کاتیون‌ها در قطب منفی برای عمل کاهش که در کاتد صورت می‌گیرد. (کاتد ← قطب منفی)</li> <li>تجمع آنیون‌ها در قطب مثبت برای عمل اکسایش که در آند صورت می‌گیرد. (آند ← قطب مثبت)</li> <li>جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است.</li> <li>جهت جریان الکترون‌ها از قطب مثبت به قطب منفی است.</li> <li>یک نوع الکترولیت که معمولاً از جنس الکتروود آند است.</li> <li>بین تیغه آند و کاتد، یک منبع جریان قرار داده شده است.</li> <li>جهت حرکت یون‌ها در الکترولیت به سمت الکتروودها نیز همانند سلول گالوانی است، آنیون‌ها به آند و کاتیون‌ها به کاتد می‌روند.</li> <li>جهت حرکت الکترون با کاتیون همسو ولی حرکت آن با آنیون ناهمسو است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در این سلول‌ها هدف تولید برق است. <math>E^\circ &gt; 0</math>.</li> <li>انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.</li> <li>یک واکنش خودبه‌خودی انجام می‌شود و از نوع اکسایش- کاهش است.</li> <li>سطح انرژی فرآورده‌ها از سطح انرژی واکنش دهنده‌ها پایین‌تر است.</li> <li>فرآورده‌ها از پایداری بیش‌تری برخوردارند.</li> <li>آند و کاتد با توجه به <math>E^\circ</math> هر الکتروود مشخص می‌شود.</li> <li>فلز با <math>E^\circ</math> منفی‌تر نقش آند پس اکسایش صورت می‌گیرد و قطب منفی است. (آند ← قطب منفی)</li> <li>فلز با <math>E^\circ</math> مثبت‌تر نقش کاتد پس کاهش صورت می‌گیرد و قطب مثبت است. (کاتد ← قطب مثبت)</li> <li>جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است.</li> <li>جهت جریان الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت است.</li> <li>دارای دو نوع الکترولیت با یک دیواره متخلخل است.</li> <li>بین تیغه آند و کاتد، ولت متر، آمپرسنج یا لامپ قرار داده شده است.</li> <li>از دیواره متخلخل آنیون‌ها همیشه به آند و کاتیون‌ها به کاتد می‌روند.</li> <li>جهت حرکت الکترون با کاتیون همسو ولی حرکت آن با آنیون ناهمسو است.</li> </ul>

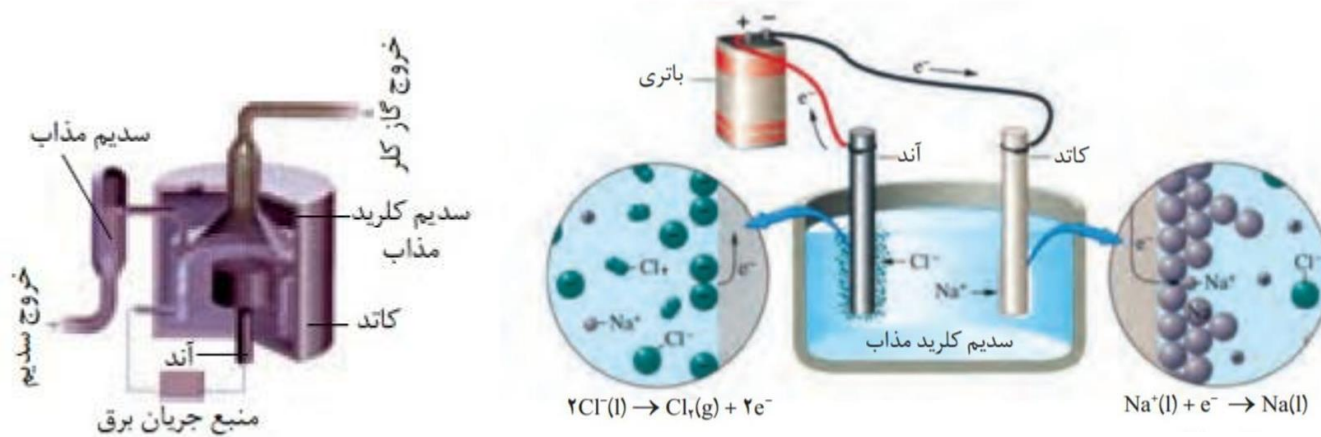
## برقکافت آب

- آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد از این رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.
- از الکترودهای بی اثری که در واکنش شرکت نمی کنند و اغلب گرافیتی هستند، استفاده می شود.
- کاتد به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل است و الکترولیت محتوی یون هایی است که آزادانه جابه جا می شوند.
- در آند نیم واکنش  $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4e^- + 4H^+(aq)$  انجام می شود.
- در کاتد نیم واکنش  $4H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq)$  انجام می شود.
- حجم گاز آزاد شده در کاتد دو برابر گاز آزاد شده در آند است. ارتفاع آب در لوله ای الکتروده آند (سمت چپ) بیشتر از ارتفاع آب در لوله ای الکتروده کاتد (سمت راست) است.
- کاغذ pH در محلول پیرامون کاتد به رنگ آبی ( $pH > 7$ ) در آند به رنگ قرمز ( $pH < 7$ ) در می آید.



## برقکافت سدیم کلرید مذاب و تهیه فلز سدیم

- فلز سدیم یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی شود.
- عنصری که در ترکیب های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد.
- این واقعیت نشان می دهد که یون های سدیم بسیار پایدارتر از اتم های آن هستند.
- برای تهیه فلز سدیم انرژی زیادی لازم است.
- برای تهیه فلز سدیم از برقکافت نمک مذاب سدیم کلرید استفاده می شود.
- کمک ذوب سدیم کلرید خالص کلسیم کلرید است تا دمای ذوب سدیم کلرید را از دمای ۸۰۱ درجه سانتیگراد تا ۵۸۷ درجه سانتیگراد پایین می آورد.
- برای تهیه سدیم در صنعت، سلول دانز که یک سلول الکترولیتی است به کار می رود. در این سلول، برقکافت سدیم کلرید مذاب انجام می شود.



۱. در سلول دانز کاتیون های سدیم روانه کاتد شده و چون دما بالا است سدیم مذاب تولید می شود.  $2Na^+(l) + 2e^- \rightarrow 2Na(l)$

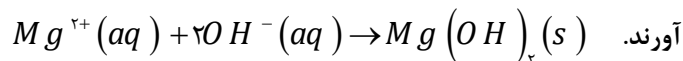
آنیون های کلرید به آند می روند و گاز کلر آزاد می شود.  $2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

واکنش کلی  $2NaCl(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$

۲. برای تهیه فلزات فعال گروه اول و دوم جدول دوره ای و فلزاتی که کاهنده قوی هستند از برقکافت نمک های مذاب آنها استفاده می شود.

## تهیه منیزیم از آب دریا

۱) کاتیون‌های منیزیم در آب دریا محلول هستند پس با اضافه کردن یون هیدروکسید، کاتیون‌های منیزیم را به صورت رسوب در می‌آورند.

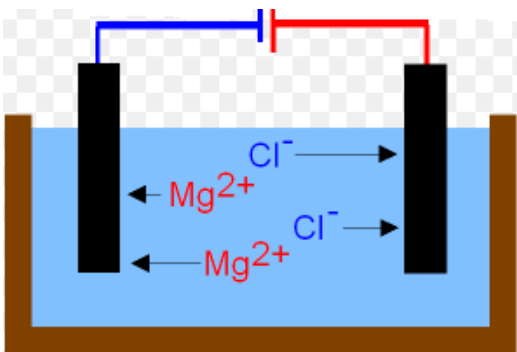


۲) رسوبات را بوسیله صافی جدا می‌کنند.

۳) برای جدا کردن ناخالصی‌ها به آن هیدروکلریک اسید اضافه می‌کنند تا به منیزیم کلرید تبدیل شود.

۴) منیزیم کلرید بوسیله تبخیر محلول، بازیافت می‌شود.

۵) فلز منیزیم بوسیله برقکافت نمک مذاب منیزیم کلرید به دست می‌آید.



## قسمت پنجم

قسمت پنجم که از صفحه های ۵۶ تا ۵۹ کتاب درسی را شامل می شود، مطالب زیر را می خوانید.

- خوردگی، یک واکنش اکسایش — کاهش ناخواسته
- فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

## جای خالی

۱۹۴. هریک از عبارت‌های داده شده را با استفاده از موارد فوق کامل کنید (برخی از موارد اضافی هستند).

اکسنده - رنگ کردن - خوردگی - اکسیژن - کاهنده - اکسید -  $Fe(OH)_3$  - مرطوب - آلوده - حفاظت کاتدی - آهن سفید - گالوانی - حلبی - الکترولیتی - آبکاری - آهن — آزاد -  $Fe_2O_3$  -

- به فرایند ترد شدن، خورد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش — کاهش ..... گفته می شود.
- اکسیژن به عنوان ..... تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آنها را ..... کند.
- فرمول زنگ آهن ..... است و هنگامی که وسایل آهنی در هوای ..... قرار گیرند، یک واکنش اکسایش — کاهش انجام می شود. واکنشی که به طور طبیعی باعث اکسایش ..... می شود.
- ساده ترین راه برای جلوگیری از خوردگی آهن، ..... است.
- آهن گالوانیزه، نام دیگر ..... است و اگر در هوای مرطوب خراشی در سطح آن به وجود آید، در محل خراش یک سلول ..... به وجود می آید.

درست و نادرست

۱۹۵. جمله های زیر را مطالعه کرده و درست یا نادرست بودن آنها را مشخص کنید. و علت نادرستی یا شکل صحیح جمله های نادرست را بنویسید.

- فلز مس دچار خوردگی نمی شود بلکه با اکسایش به شکل اکسید در می آیند.

- ب. خوردگی فقط به معنی واکنش با اکسیژن و اکسید شدن آنهاست.
- ج. با گذشت زمان فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان به صورت عنصر باقی می ماند.
- د. آهن سفید آلیاژی از فلز آهن و منیزیم است.
- ه. قوطی‌هایی از جنس حلبی در اثر خراش زودتر و آسان‌تر دچار خوردگی می شوند.
- و. در رقابت آهن و آلومینیم برای از دست دادن الکترون در یک نمونه آلیاژ، آهن برنده است.
- ز. واکنش اکسیژن با منیزیم اکسایش ولی با آهن در مجاورت رطوبت زنگ خوردگی نام دارد.

### انتخاب کنید

۱۹۶. هر یک از عبارتهای زیر را با انتخاب یکی از موارد داده شده، کامل کنید.

أ. هرگاه دو قطعه فلزی متفاوت در هوای مرطوب با یکدیگر در تماس باشند بین آنها نوعی سلول  $\frac{\text{گالوانی}}{\text{الکترولیتی}}$  به وجود می آید که در آن فلزی که

$E^\circ$  منفی تر دارد، نقش  $\frac{\text{آند}}{\text{کاتد}}$  را دارد و بر اثر  $\frac{\text{اکسایش}}{\text{کاهش}}$  یافتن،  $\frac{\text{دچار خوردگی}}{\text{محافظت}}$  می شود.

ب. در فرایند حفاظت کاتدی اشیای آهنی (فولادی)، باید از فلزی مانند  $\frac{\text{روی}}{\text{قلع}}$  استفاده کرد که  $E^\circ$  آن از  $E^\circ$  آهن  $\frac{\text{منفی تر}}{\text{مثبت تر}}$  باشد، تا آهن

نقش  $\frac{\text{آند}}{\text{کاتد}}$  را پیدا کند و خورده نشود.

ج. اگر بخواهیم فلزی در اثر خراش زودتر و آسان‌تر دچار خوردگی شود، باید از فلزی مانند  $\frac{\text{روی}}{\text{قلع}}$  استفاده کرد که  $E^\circ$  آن از  $E^\circ$  آهن

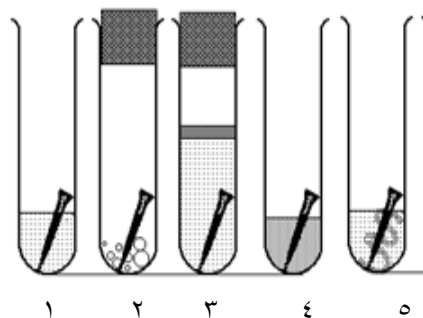
$\frac{\text{منفی تر}}{\text{مثبت تر}}$  باشد، تا آهن نقش  $\frac{\text{آند}}{\text{کاتد}}$  را پیدا کند و  $\frac{\text{اکسایش}}{\text{کاهش}}$  یابد.

### مهارتی

۱۹۷. دلیل هریک از توضیحات داده شده را بنویسید.

- أ. آهن در محیط اسیدی با سرعت بیشتری خورده می شود.
- ب. با گذشت زمان فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان درخشان باقی می ماند.
- ج. آلومینیم کاهنده قوی تری است ولی زنگ نمی زند.
- د. از آهن گالوانیزه در ساخت تانکر و پل فلزی و کانال کولر استفاده می شود.
- ه. آب باران سرعت خوردگی آهن را افزایش می دهد.

۱۹۸. در کدام شکل زیر سرعت زنگ زدن میخ آهنی بیشتر و کدامیک کمترین است و علت را بیان کنید؟



۱. آب خالص
۲. بلور نمک
۳. آب جوشیده با لایه‌ی سطحی از روغن
۴. مخلوط آب و سرکه
۵. پیچیده شده با نوار منیزیم





۱۹۹. شکل داده شده:

$$E^{\circ} [Sn^{2+}(aq) | Sn(s)] = -0.14 V$$

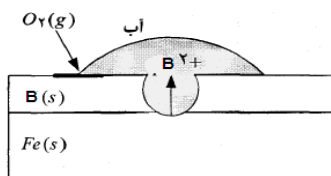
$$E^{\circ} [Fe^{2+}(aq) | Fe(s)] = -0.44 V$$

ا. چه نوع ورقه‌ی آهنی را نشان می‌دهد؟

ب. آیا آهن در ورقه‌ی بدون خراش زنگ می‌زند؟ چرا؟

ج. در صورت خراش چه نوع واکنشی در کاتد روی می‌دهد معادله واکنش را بنویسید.

۲۰۰. مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادله واکنش اکسایش آهن (II) هیدروکسید و تبدیل آن به آهن (III) هیدروکسید، در فرایند زنگ زدن آهن چند است؟



۲۰۱. شکل مقابل یک قطعه آهن را نشان می‌دهد که با لایه نازکی از فلز B پوشیده شده است.

آ (B) کدام یک از فلزهای (Cu, Mg) می‌تواند باشد؟ چرا؟

ب) نیم واکنش انجام شده در کاتد را بنویسید.

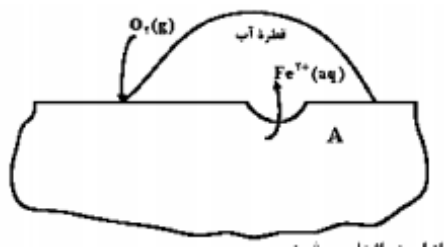
۲۰۲. با توجه به شکل زیر که به زنگ زدن آهن مربوط است، چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟

ا. پایگاه کاتدی در نقطه A قرار دارد.

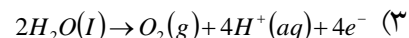
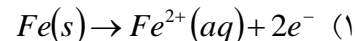
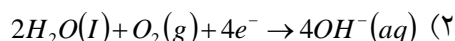
ب. نیم واکنش آندی در جایی که غلظت اکسیژن زیاد است، انجام می‌شود.

ج. با کاهش هر مول گاز اکسیژن در آب، ۴ مول یون هیدروکسید تولید می‌شود.

د. جهت حرکت کاتیون‌های آهن در قطره آب، مخالف جهت حرکت الکترون‌ها در قطعه آهن است.



۲۰۳. کدام واکنش یا نیم واکنش در فرایند زنگ زدن آهن در هوای مرطوب، دخالت ندارد؟



۲۰۴. با توجه به تصویر زیر و اطلاعات داده شده :

ا. تعیین کنید کدام نوع روکش باعث حفاظت کاتدی آهن شده است؟

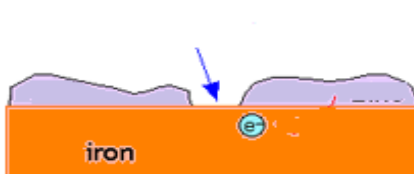
ب. در هر تصویر تعیین کنید فلز روکش شده بر روی فلز آهن چیست؟

ج. برای ساختن ظروف بسته بندی مواد غذایی از کدام یک استفاده می‌شود؟

$$E^{\circ} [Sn^{2+}(aq) | Sn(s)] = -0.14 V$$

$$E^{\circ} [Zn^{2+}(aq) | Zn(s)] = -0.76 V$$

$$E^{\circ} [Fe^{2+}(aq) | Fe(s)] = -0.44 V$$



(ب)

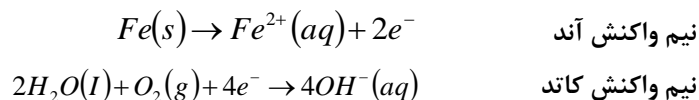
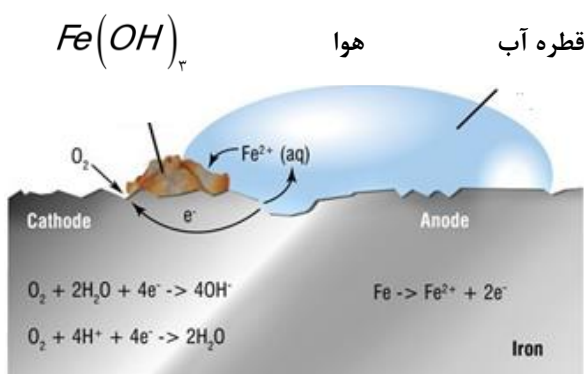


(آ)

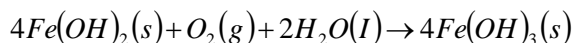


## بررسی نکات مهم درس

- خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش — کاهش گفته می شود. نمونه‌های خوردگی:
  - زنگ زدن آهن
  - تیره شدن نقره
  - زنگار سبز بر سطح مس
- هنگامی که فلزها در هوا قرار می گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید در می آیند. در فلزهایی مانند آهن با ادامه اکسایش، لایه‌ای ترد و شکننده تشکیل می شود که به تدریج فرو می ریزد
- در حقیقت آهن را به ندرت می توان به صورت خالص در طبیعت پیدا کرد.
- فرایند الکتروشیمیایی شامل آند (یک قطعه فلز که به راحتی الکترون از دست می دهد)، الکترولیت (مایعی که به حرکت یون‌ها کمک می کند) و یک کاتد (گونه‌ای که به راحتی الکترون می پذیرد) است. وقتی از فلزی الکترون



- با وجود اکسیژن زیاد در پایگاه کاتدی  $Fe^{2+}$  ناپایدار دوباره اکسایش پیدا می کند و به زنگ آهن با فرمول  $Fe(OH)_3$  تبدیل می شود.



## شرایط زنگ زدن آهن

آهن، آب و اکسیژن.

## اثر محیط الکترولیت در فرایند زنگ زدن

- مایعاتی مانند باران‌های اسیدی، آب دریا و افشانه نمکی برای ذوب کردن برف جاده‌های یخی به علت ترکیبات موجود در آنها نسبت به آب الکترولیت‌های قوی‌تری هستند.
- الکترولیت به دو دلیل فرایند زنگ زدن آهن را بیشتر می کند:

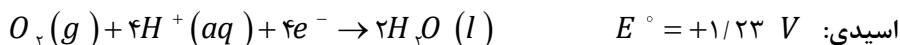
(۱) رسانایی یونی را تقویت می کند و به عبارتی مدار الکتریکی را کامل می کند.

(۲) از تجمع یون‌ها در پایگاه‌های آندی و کاتدی و به هم زدن توازن بار جلوگیری می کند.

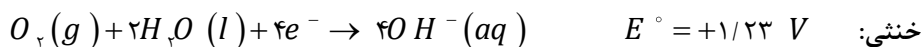
به همین دلیل آهن و فلزات دیگر در الکترولیت قوی با سرعت بیشتری زنگ زده و خورده می شوند.

## مقایسه فرایند زنگ زدن آهن در pHهای مختلف

تأثیر pH بر محیط الکتروولت بیشتر به دلیل تغییر قدرت کاهندگی مولکول‌های اکسیژن است. مقدار  $E^\circ$  در محیط‌های مختلف به صورت زیر است.



بازی: در محیط بازی غلظت یون‌های هیدروژن به شدت کاهش می‌یابد و فعالیت نیم واکنش کاهش اکسیژن را کم می‌کند.



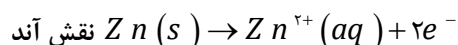
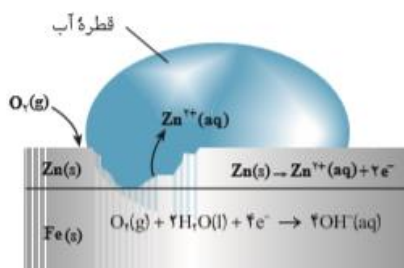
سرعت زنگ زدن آهن به صورت « محیط بازی > محیط خنثی > محیط اسیدی » است.

### راه‌های جلوگیری از خوردگی آهن

۱. **حفاظت فیزیکی:** ساده‌ترین راه مبارزه با خوردگی، اعمال یک لایه رنگ است. با استفاده از رنگها بصورت آستر و رویه، می‌توان ارتباط فلزات را با محیط تا اندازه‌ای قطع کرد و از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری کرد. پوششی که با روش‌هایی مانند رنگ زدن، قیراندود کردن و روکش دادن ایجاد می‌شود و در نتیجه موجب محافظت فلز می‌شود.
۲. **حفاظت با استفاده از فلزهای کاهنده‌تر (حفاظت کاتدی):** اگر دو فلز که با یکدیگر در تماس هستند در معرض هوا و رطوبت قرار بگیرند، بین آنها نوعی سلول گالوانی به وجود می‌آید. که در این سلول فلزی که  $E^\circ$  کوچک‌تری دارد نقش آند را ایفا می‌کند و با اکسایش یافتن دچار خوردگی می‌شود. این درحالی

است که فلزی با  $E^\circ$  بزرگ‌تر، نقش کاتد را بازی کرده و نسبت به خوردگی محافظت

می‌شود. برای حفاظت کاتدی آهن آن را با یک فلز فعال‌تر مانند Zn یا Mg مجاور می‌کنند.

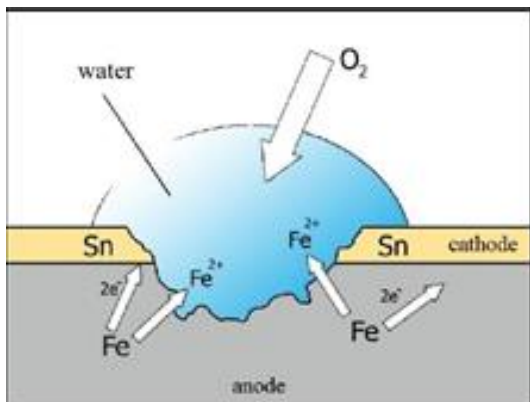
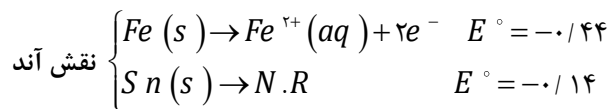
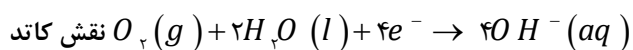


نقش کاتد، چون آهن در کاتد دست نخورده می‌ماند پس در کاتد محافظت می‌شود.

$$\begin{cases} Fe(s) & \rightarrow & N.R \\ O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- & \rightarrow & 4OH^-(aq) \end{cases}$$

### ظروف بسته بندی مواد غذایی

گاهی برای برخی از کاربردهای آهن لازم است که سرعت خوردگی را افزایش دهیم تا در اثر خراش زودتر و آسان‌تر فلز دچار خوردگی شود و به محیط زیست آسیب نرساند. در این صورت دو فلز که با یکدیگر در تماس هستند به صورت یک سلول گالوانی عمل می‌کنند. با به وجود آمدن رقابت در اکسید شدن در این سلول، فلزی که  $E^\circ$  منفی‌تری دارد نقش آند را ایفا می‌کند و ضمن اکسایش، سریعتر دچار خوردگی می‌شود. برای واکنش-پذیری آهن آن را با یک فلز ضعیف‌تر مانند Sn یا Cu مجاور می‌کنند.



از ورقه‌های حلبی برای ساختن ظروف بسته بندی مواد غذایی استفاده می‌شود.

زیرا قوطی‌هایی از جنس حلبی در اثر خراش زودتر و آسان‌تر دچار خوردگی می‌شوند.

### قسمت ششم

قسمت ششم که از صفحه‌های ۶۰ تا ۶۴ کتاب درسی را شامل می‌شود، مطالب زیر را می‌خوانید.

#### • آبکاری

#### • استخراج فلز آلومینیم

#### جای خالی

۲۰۵. هر یک از عبارتهای زیر را با انتخاب یکی از موارد داده شده، کامل کنید. برخی از موارد اضافی و برخی ممکن است دوبار استفاده شود.

زیبایی - گاز کربن‌دی‌اکسید - آبکاری - سلامتی بدن - آند - کاتد - آلومینیم - نقره - گاز اکسیژن - گرافیت

- پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، ..... نام دارد.
- خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن ..... و سیله می‌شود و از سوی دیگر به ..... آسیب می‌رساند.
- در آبکاری، شیء مورد آبکاری را باید در ..... دستگاه برقکافت جای داد.
- فلزی که اکسایش می‌یابد اما خورده نمی‌شود ..... است.
- در سلول الکترولیتی مورد استفاده در روش هال، در آند ..... تولید می‌شود و جنس آند و کاتد به کار رفته به ترتیب ..... و ..... است.

### درست یا نادرست

۲۰۶. جمله‌های زیر را مطالعه کرده و درست یا نادرست بودن آنها را مشخص کنید. و علت نادرستی یا شکل صحیح جمله‌های نادرست را بنویسید.
  - در سلول الکترولیتی برای آبکاری قاشق توسط نقره نیم واکنش اکسایش - کاهش برای یک نوع ذره نوشته می‌شود.
  - الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای یون‌های فلزی باشد که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد.
  - در تولید آلومینیم به روش هال جنس الکتروکاتد از آهن است.
  - لازم نیست جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می‌شود، رسانا باشد.
  - حفاظت آهن در مقابل خوردگی و آبکاری فلزات از کاربردهای سلول الکترولیتی است.
  - به ازای تولید هر مول آلومینیم در فرایند هال ۱۶/۸ لیتر گاز در شرایط STP تولید می‌شود.
  - در برقکافت نمک خوراکی مذاب، شما مول‌های فرآورده‌ها در کاتد دو برابر آند است.

### انتخاب کنید

۲۰۷. هر یک از عبارتهای زیر را با انتخاب یکی از موارد داده شده، کامل کنید.

ا. برای آبکاری مجسمه مسی توسط فلز نقره از سلول  $\frac{\text{گالوانی}}{\text{الکترولیتی}}$  استفاده می شود که در آن فلز نقره، نقش  $\frac{\text{آند}}{\text{کاتد}}$  را دارد و بر اثر  $\frac{\text{اکسایش}}{\text{کاهش}}$  به کاتیون های آن تبدیل می شود و وارد الکترولیت  $\frac{\text{مس(II) سولفات}}{\text{نقره نیترات}}$  شده و سپس جذب قطب  $\frac{\text{مثبت}}{\text{منفی}}$  می شود. تا ضمن عمل  $\frac{\text{اکسایش}}{\text{کاهش}}$  بر روی سطح مجسمه بنشینند.

ب. در استخراج فلز  $\frac{\text{آلومینیم}}{\text{مس}}$  به روش هال، آنیون های اکسید جذب آند  $\frac{\text{گرافیتی}}{\text{آهنی}}$  شده و با تولید  $\frac{\text{اکسیژن}}{\text{کربن دی اکسید}}$  از سلول الکترولیتی خارج می شود و کاتیون های آن جذب قطب  $\frac{\text{مثبت}}{\text{منفی}}$  که نقش  $\frac{\text{آند}}{\text{کاتد}}$  دارند، می شود و ضمن عمل  $\frac{\text{اکسایش}}{\text{کاهش}}$  به صورت  $\frac{\text{مذاب}}{\text{جامد}}$  از قسمت  $\frac{\text{فوقانی}}{\text{پایینی}}$  سلول استخراج می شود.

۲۰۸. هر یک از عبارتهای ستون A با یک مورد از ستون B در ارتباط است، این ارتباط را پیدا کرده و حرف مربوط را داخل کادر مورد نظر بنویسید (برخی از موارد ستون B اضافی هستند).

ستون B	ستون A
(a) سولفوریک اسید	ا. نقش کمترین عدد اکسایش یک گونه
(b) سدیم	ب. فلزی که در فرایند هال استخراج می شود.
(c) کاهنده	ج. نقش اکسیژن در فرایند خوردگی آهن
(d) آلومینیم	د. عنصری که در قطب مثبت سلول دانه آزاد می شود.
(e) کلر	ه. محلول الکترولیت به کار رفته در فلزی با روکش نقره
(f) اکسنده	و. کمک ذوب نمک طعام
(g) نقره نیترات	ز. این اقدام ۷٪ از انرژی مصرفی برای تولید فلز لازم دارد.
(h) کلسیم کلرید	ح. جنس ظروف بسته بندی که آسان و سریع خورده می شود.
(i) گالوانیزه	
(j) باز یافت	
(k) حلبی	
(l) برقکافت	

### مهارتی

۲۰۹. در چه تعداد از واکنش های ذکر شده جرم تیغه آند بدون تغییر می ماند؟

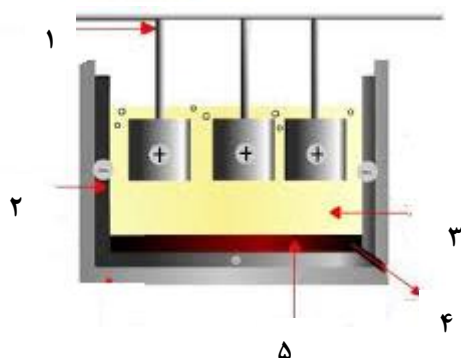
- برقکافت NaCl مذاب در سلول دانه
- تولید آلومینیم به روش هال
- سلول گالوانی  $\text{H}_2 - \text{Cu}$
- آبکاری قاشق مسی با فلز نقره
- استخراج فلز منیزیم از برقکافت نمک مذاب منیزیم کلرید
- برقکافت آب با الکترودهای نیکلی

ز. سلول گالوانی  $H_2 - Zn$ 

۲۱۰. با توجه به شکل روبه‌رو تعیین کنید:

- نوع سلول را مشخص کنید.
- جای X چه چیزی قرار می‌گیرد؟
- کاتد و آند را مشخص کنید.
- جهت جریان کاتیون‌ها را در الکترولیت مشخص کنید.

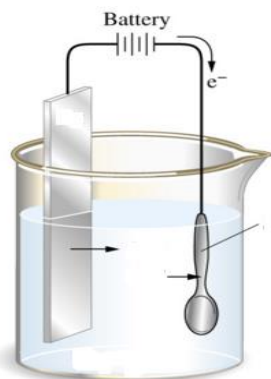
۲۱۱. شکل زیر فرایند تولید آلومینیم را نشان می‌دهد، با توجه به آن سوالات مطرح شده را پاسخ دهید:



- از شماره ۱ تا ۵ بخش‌های مختلف سلول را نام‌گذاری کنید.
- نام روش به کار رفته چیست؟
- چرا و کدام یک از الکترودها را پس از مدتی تعویض می‌کنند؟
- چرا آلومینیم برخلاف کاهنده قوی بودن دچار خوردگی نمی‌شود؟
- مزایای بازیافت آلومینیم را بنویسید.
- برای تولید ۱/۳۵ تن آلومینیم چند مترمکعب گاز در شرایط STP تولید می‌شود؟

۲۱۲. شکل زیر نشان دهنده یک قاشق آبکاری شده با نقره را نشان می‌دهد با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید:

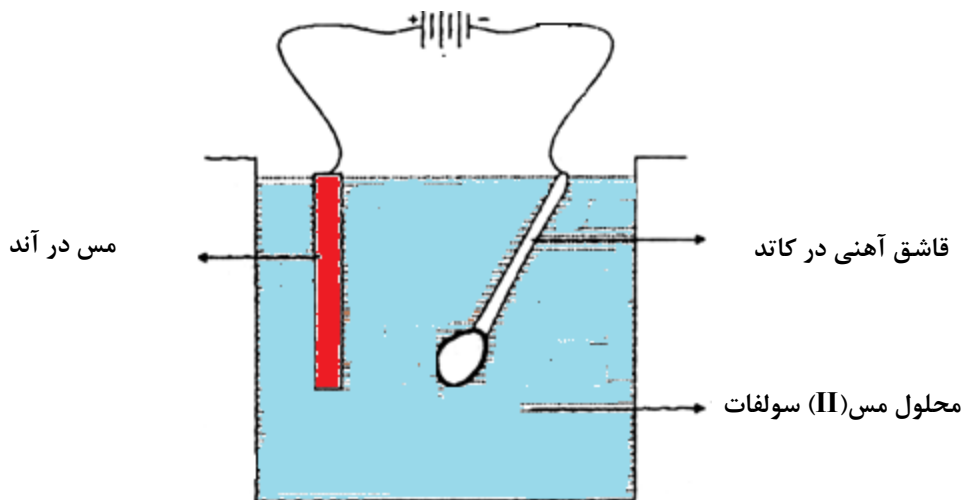
- قاشق فلزی به کدام قطب باتری متصل شده است؟
- این قاشق نقش کدام الکتروود را دارد؟
- جهت‌های نشان داده شده حرکت چه ذره‌ای را نشان می‌دهد؟
- الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای چه شرایطی باشد؟
- نیم واکنش‌های آندی و کاتدی در این فرایند را بنویسید.



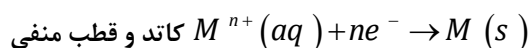
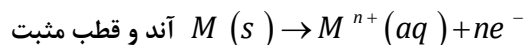
## بررسی نکات مهم درس

## آبکاری

- پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری نام دارد.
- جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می‌شود باید رسانای جریان برق باشد.
- فلزی که به عنوان روکش استفاده می‌شود، در آند قرار می‌دهند تا با عمل اکسایش کاتیون‌های آن در محلول آزاد شود.
- جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می‌شود، به قطب منفی باتری متصل می‌شود، تا کاتیون‌ها جذب جسم شده و با کسب الکترون به صورت روکش در می‌آیند.
- فلز در آند خورده و در کاتد بر روی جسم، کاهش می‌یابد.



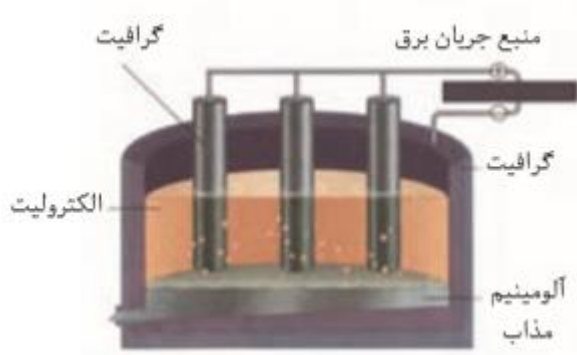
- واکنش اکسایش - کاهش برای یک نوع فلز و کاتیون آن نوشته می شود.



- الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای یون های فلزی ( $M^{n+}(aq)$ ) باشد تا لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد و کاتیون دیگری جذب نشود.

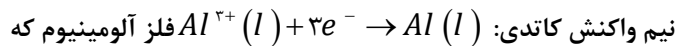
### استخراج آلومینیم

- آلومینیم یکی از ارزشمندترین و پرکاربردترین فلزها به شمار می آید. در صنعت، آلومینیم را از سنگ معدن بوکسیت (آلومینای ناخالص)  $Al_2O_3$  به دست می آورند.



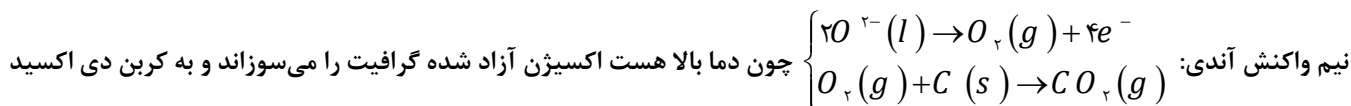
- برقکافت محلول مذاب آلومین در سلول الکترولیتی ویژه ای انجام می گیرد، رایج ترین روشی که به فرایند هال معروف است.

- در دستگاه تهیه آلومینیم، جنس دیواره و کف دستگاه از جنس گرافیت بوده و از آنجا که به قطب منفی باتری وصل است کاتد می باشد.



- به حالت مذاب به دست می آید از طریق لوله ی تعبیه شده در قسمت پایینی دستگاه خارج می شود.

- تیغه های گرافیتی در بالای دستگاه نقش آند را داشته و به قطب مثبت باتری متصل اند.



تبدیل می شود.

- به دلیل سوختن آند گرافیتی باید مرتب تعویض شوند.

- نهایتاً واکنش کلی مربوط به فرایند هال به این ترتیب خواهد بود:  $2Al_2O_3(sol) + 3C(s) \rightarrow 4Al(l) + 3CO_2(g)$

- فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی هزینه‌ی بالایی را در بردارد، لذا با بازیافت فلز آلومینیوم ضمن افزایش طول عمر یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدناپذیر، برخی هزینه‌های تولید این فلز را کاهش داد. برای نمونه، تولید قوطی‌های آلومینیومی از قوطی‌های کهنه فقط به ۷ درصد از انرژی لازم برای تهیه همان قوطی از فرایند هال نیاز دارد.
- کمک ذوب آلومین ماده‌ای به نام کریولیت است. یعنی آلومین در کریولیت حل شده و به جای  $aq$  عبارت  $sol$  نوشته می‌شود. فرمول کریولیت  $Na_3AlF_6$  است.