

به نام خدا

خلاصه نکات درس شیمی ۳

سلول گالوانی و سلول سوختی

تهیه شده توسط: نوید آرمت - دانشجوی مهندسی عمران دانشگاه تهران

Kanoon.ir



الکتروشیمی

مبنای تولید انرژی الکتریکی در الکتروشیمی، واکنش هایی هستند که با داد و ستد الکترون همراه هستند. دو رکن اساسی فناوری های پیشرفته برای افزایش سطح رفاه و آسایش جامعه به صورت زیر هستند:

۱- دستیابی به مواد مناسب ۲- تامین انرژی

الکتروشیمی شاخه ای از علم شیمی می باشد که موجب بهبود خواص مواد و تامین انرژی می گردد.

برخی از قلمرو های علم شیمی:

- ۱- تامین انرژی (باتری، سلول های سوختی و سوخت آن ها)
- ۲- تولید مواد (مانند برقکافت، آبکاری)
- ۳- اندازه گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فرآورده)

واکنش هایی که با مبادله ی الکترون بین گونه های واکنش دهنده همراه باشد را واکنش های اکسایش و کاهش می نامند.

اکسایش به معنی از دست دادن الکترون و کاهش به معنای گرفتن الکترون می باشد.



اکسیژن نافلزی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می دهد و آن ها را به اکسید فلز تبدیل می کند. در حالی که با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی دهد. واکنش اکسیژن با فلزات نمونه ای از واکنش های اکسایش - کاهش است.

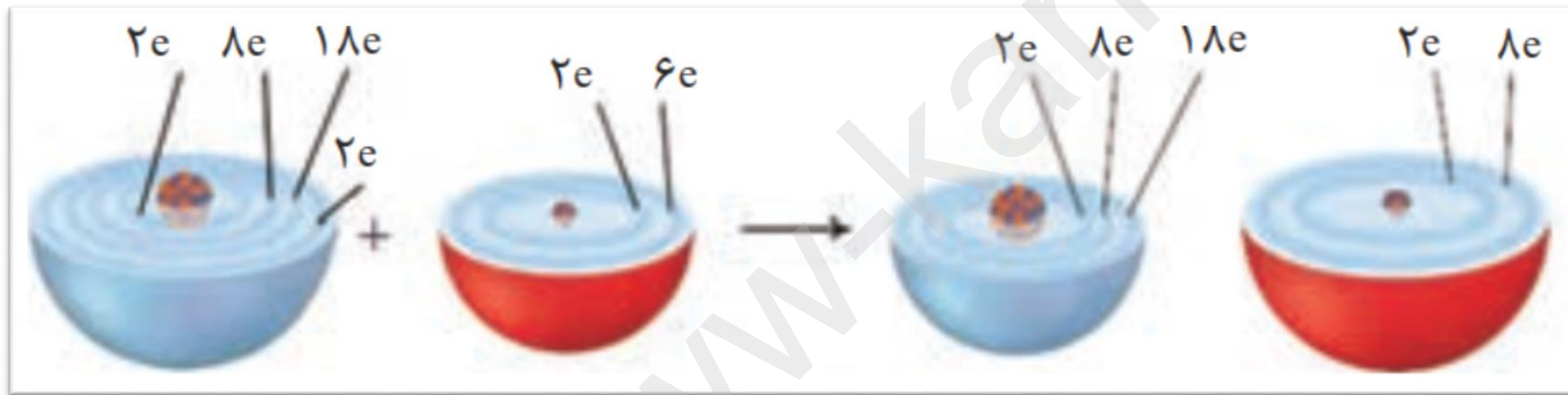
واکنش فلز روی با گاز اکسیژن یک واکنش اکسایش - کاهش است:

$$2Zn(s) + O_2(g) \rightarrow 2ZnO(s)$$

نیم واکنش اکسایش

$$2Zn(s) \rightarrow 2Zn^{2+}(s) + 4e^{-}$$

نیم واکنش کاهش

$$4e^{-} + O_2(g) \rightarrow 2O^{2-}(s)$$


در این واکنش روی الکترون از دست داده و اکسایش یافته در حالی که گاز اکسیژن الکترون گرفته و کاهش یافته است.

مرور اکسایش و کاهش

هر یک از فرآیندهای گرفتن و از دست دادن الکترون با یک نیم واکنش نشان داده می شود. بنابراین هر واکنش اکسایش - کاهش شامل دو نیم واکنش (نیم واکنش اکسایش و نیم واکنش کاهش است). گونه ای که الکترون از دست می دهد و اکسایش می یابد سبب کاهش گونه های دیگر می شود. بنابراین کاهنده نامیده می شود.

الکترون دهنده = اکسایش یابنده = کاهنده

گونه ای که الکترون می گیرد و کاهش می یابد سبب اکسایش گونه ی دیگر می شود. بنابراین اکسنده نامیده میشود.

الکترون گیرنده = کاهش یابنده = اکسنده

نکته: اغلب فلزها در واکنش با نافلزها تمایل دارند اکسایش یابند و به کاتیون تبدیل شوند. نافلزها نیز تمایل به کاهش دارند و به آنیون تبدیل می شوند. بنابراین فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

نکته: به طور کلی هر چه فلز کاهنده ی قوی تر باشد، کاتیون آن اکسنده ی ضعیف تر است.

نکته: در واکنش روی با محلول $CuSO_4$ ، ۲ مول الکترون مبادله می شود و فرآورده ها از واکنش دهنده ها پایدارترند.

نکته: در هر واکنش شیمیایی هنگامی که بار الکتریکی یک گونه مثبت تر می شود، آن گونه اکسایش یافته و گونه ای که بار الکتریکی آن منفی تر می شود، کاهش می یابد.



سلول گالوانی

اگر به جای داد و ستد الکترون بین واکنش دهنده ها، بتوان الکترون ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه جا کرد، می توان بخشی از انرژی در واکنش اکسایش - کاهش را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد.

به مجموعه ای که شامل یک تیغه ی فلزی M (الکتروود) در محلولی از کاتیون های M^{n+} (محلول الکترولیت) قرار داده شده است، نیم سلول می گویند.

نکته: در نیم سلول، یک رسانای الکترونی (تیغه ی فلزی) در تماس با یک رسانای یونی (محلول الکترولیت) قرار دارد.

نکته: اگر در یک نیم سلول، غلظت کاتیون در محلول الکترولیت M (یک مول بر لیتر) باشد، نیم سلول استاندارد نامیده می شود.

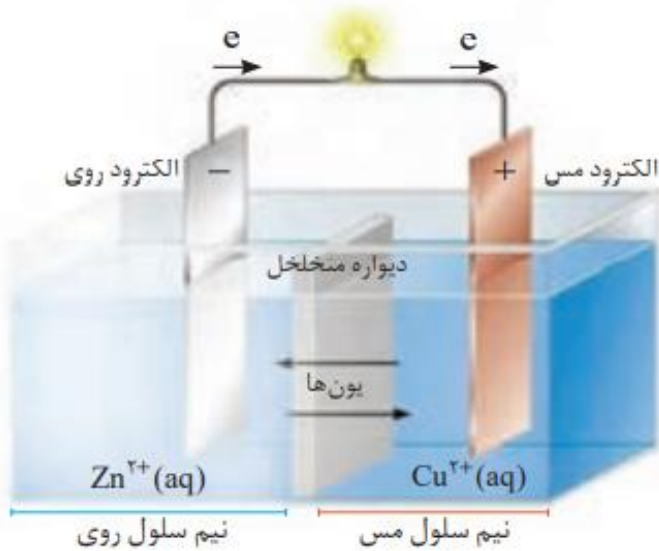
❖ در نیم سلول هایی که واکنش دهنده ی گازی دارند، نیم سلول استاندارد به حالتی گفته می شود که غلظت **الکترولیت** $(1M)$ و فشار گاز $(1atm)$ باشد.

❖ از اتصال دو نیم سلول مطابق شکل روبرو، الکترولیت های آن ها توسط

یک دیواره ی متخلخل از هم جدا شده اند، یک سلول گالوانی تشکیل

می شود. در یکی از نیم سلول ها نی مواکنش اکسایش و در نیم سلول دیگر

نیم واکنش کاهش انجام می شود.



نمایی از سلول گالوانی Zn-Cu

❖ دیواره ی متخلخل امکان جابه جایی یون ها از یک سلول به نیم سلول دیگر را فراهم میکند تا محلول های الکترولیت حالت خنثی خود را حفظ کنند، ولی از مخلوط شدن سریع و مستقیم دو الکترولیت جلوگیری می کند.

❖ توصیحات سلول گالوانی

❖ سلول گالوانی نوعی سلول الکتروشیمیایی است که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. در این نوع سلول ها:

۱- الکترودی که نیم واکنش اکسایش در آن صورت می گیرد، **آند** نامیده می شود.

۲- الکترودی که نیم واکنش کاهش در آن صورت می گیرد، **کاتد** نامیده می شود.

۳- جهت حرکت الکترون ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است.

۴- **کاتد قطب مثبت و آند قطب منفی سلول است.**

۵- الکترولیت های دو نیم سلول توسط یک دیواره ی متخلخل از یکدیگر جدا شده اند.

۶- از طریق دیواره ی متخلخل کاتیون ها به سمت کاتد و آنیون ها به سمت آند حرکت می کنند تا حالت خنثی در هر دو نیم سلول حفظ شود.

۷- فلز فعال تر آند است.

به عنوان مثال، سلول گالوانی استاندارد روی _ مس شامل نیم سلول استاندارد روی (تیغه ی روی در محلول $1M, ZnSO_4$)

و نیم سلول استاندارد مس (تیغه ی مس در محلول $1M, CuSO_4$) است که محلول دو الکترولیت توسط یک دیواره ی متخلخل از هم جدا شده اند.



نیم واکنش آندی: $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$

نیم واکنش کاتدی: $Cu^{+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Cu(s)$

واکنش کلی سلول $Cu^{+}(aq) + Zn(s) \rightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$

توجه: در این واکنش به ازای هر مول فلز ۲ مول الکترون مبادله می شود.

- ❖ در نتیجه ی نیم واکنش اکسایش، تیغه ی Zn به تدریج حل شده و کاهش جرم می یابد. از طرفی انتظار می رود غلظت کاتیون روی از آنیون ها بیشتر شود، اما در عمل این اتفاق نمی افتد.
- ❖ در نتیجه ی نیم واکنش کاهش، تیغه ی کاتد Cu به تدریج افزایش جرم می یابد. از طرفی انتظار می رود غلظت آنیون ها از کاتیون مس بیشتر شود اما در عمل این اتفاق نمی افتد.
- ❖ **دلیل تغییر نکردن غلظت یون ها** در محلول آندی و کاتدی این است که کاتیون از نیم سلول آند به کاتد و آنیون ها از نیم سلول کاتد به آند با گذر از دیواره متخلخل مهاجرت می کنند.



تغییر شکل تیغه ها پس از کار کردن
در سلول گالوانی روی-مس

نیم واکنش کاهش	$E^{\circ} (V)$
$Au^{3+} (aq) + 3e^{-} \rightarrow Au (s)$	$+1/5^{\circ}$
$Pt^{2+} (aq) + 2e^{-} \rightarrow Pt (s)$	$+1/2^{\circ}$
$Ag^{+} (aq) + e^{-} \rightarrow Ag (s)$	$+0/8^{\circ}$
$Cu^{2+} (aq) + 2e^{-} \rightarrow Cu (s)$	$+0/34$
$2H^{+} (aq) + 2e^{-} \rightarrow H_2 (g)$	$0/0^{\circ}$
$Sn^{2+} (aq) + 2e^{-} \rightarrow Sn (s)$	$-0/14$
$Fe^{2+} (aq) + 2e^{-} \rightarrow Fe (s)$	$-0/44$
$Zn^{2+} (aq) + 2e^{-} \rightarrow Zn (s)$	$-0/76$
$Mn^{2+} (aq) + 2e^{-} \rightarrow Mn (s)$	$-1/18$
$Al^{3+} (aq) + 3e^{-} \rightarrow Al (s)$	$-1/66$
$Mg^{2+} (aq) + 2e^{-} \rightarrow Mg (s)$	$-2/37$

کاهنده قوی تر

در سری الکتروشیمیایی:

نیم واکنش ها به صورت کاهش نوشته شده و پتانسیل داده شده، تمایل برای کاهش یا قدرت اکسندگی گونه ی سمت چپ در نیم واکنش را نشان می دهد.

این سری دارای نکات زیر است:

۱- از بالا به پایین پتانسیل کاهش کوچکتر می شود.

۲- هر چه گونه ای بالاتر باشد، E° بزرگتری دارد پس

تمایل برای کاهش بیشتر است و اکسنده ی قوی تری است.

۳- هر چه گونه ای پایین تر باشد، E° کمتری دارد پس اکسنده

ضعیف تری است. البته در این حالت گونه ی کاهنده که در سمت

راست نیم واکنش نوشته شود، قوی تر است.

۴- پتانسیل کاهش هیدروژن برابر صفر است.

۵- پتانسیل کاهش گونه های بالای هیدروژن مثبت است.

۶- پتانسیل کاهش گونه های پایین هیدروژن منفی است.



emf

همانطور که می دانید، اختلاف پتانسیل تولید شده در یک سلول استاندارد را نیروی الکتروموتوری سلول می گویند و با emf نشان می دهند که با استفاده از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$Emf = E^{\circ}_{\text{کاتد}} - E^{\circ}_{\text{آند}}$$

لیتیم

باتری ها سلول های الکتروشیمیایی هستند که قابلیت جابه جایی داشته و در محل مورد نیاز، انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند.

نقش فلز لیتیم پررنگ است زیرا لیتیم در میان فلزها، کمترین چگالی و E° را دارد. این ویژگی های لیتیم سبب شد راه برای ساخت باتری های سبک تر، کوچک تر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی هموار شود. باتری های لیتیومی از نوع دگمه ای در شکل ها و اندازه های گوناگون به کار میرود. دسته ای دیگر از باتریهای لیتیومی آنها هستند که در تلفن و رایانه همراه به کار میروند و میتوان آنها را بارها شارژ کرد.



سلول سوختی

❖ سوخت های فسیلی هم چنان مناسب ترین سوخت برای خودرو ها و نیروگاه ها به شمار می روند و اما باید به فکر جایگزینی مناسب بود. زیرا:

۱- ذخایر سوخت های فسیلی به سرعت در حال کاهش است.

۲- ذخایر سوخت های فسیلی باعث گسترش روز افزون آلودگی هستند.

○ یک راه حل مناسب برای عبور از تنگنای تامین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست، استفاده از سلول های سوختی است.

ویژگی های سلول سوختی

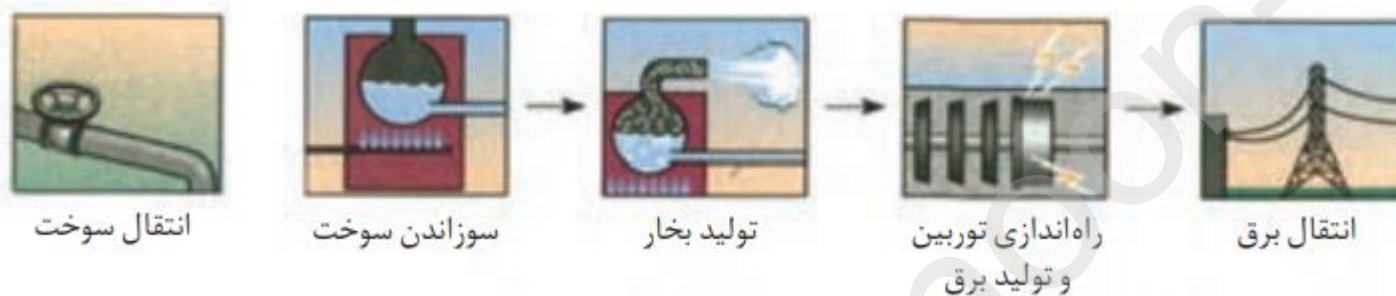
۱- نوعی سلول گالوانی است که می تواند انرژی شیمیایی واکنش اکسایش - کاهش مربوط به سوختن گازی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند.

۲- کارایی بیشتری از موتورهای درون سوز دارد. مثلاً سوزاندن هیدروژن در یک موتور درون سوز، بازدهی حدود ۲۰ درصد دارد، در حالی که اکسایش هیدروژن در سلول سوختی بازده را تا ۳ برابر (حدود ۶۰ درصد) افزایش می دهد.

۳- دوستدار محیط زیست و منبع انرژی سبز به شمار می آید و ردپای کربن دی اکسید را کاهش می دهد.



تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی قابل استفاده در یک نیروگاه حرارتی، شامل ۵ مرحله ی زیر است:



تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی قابل استفاده در یک سلول سوختی، شامل ۲ مرحله است:

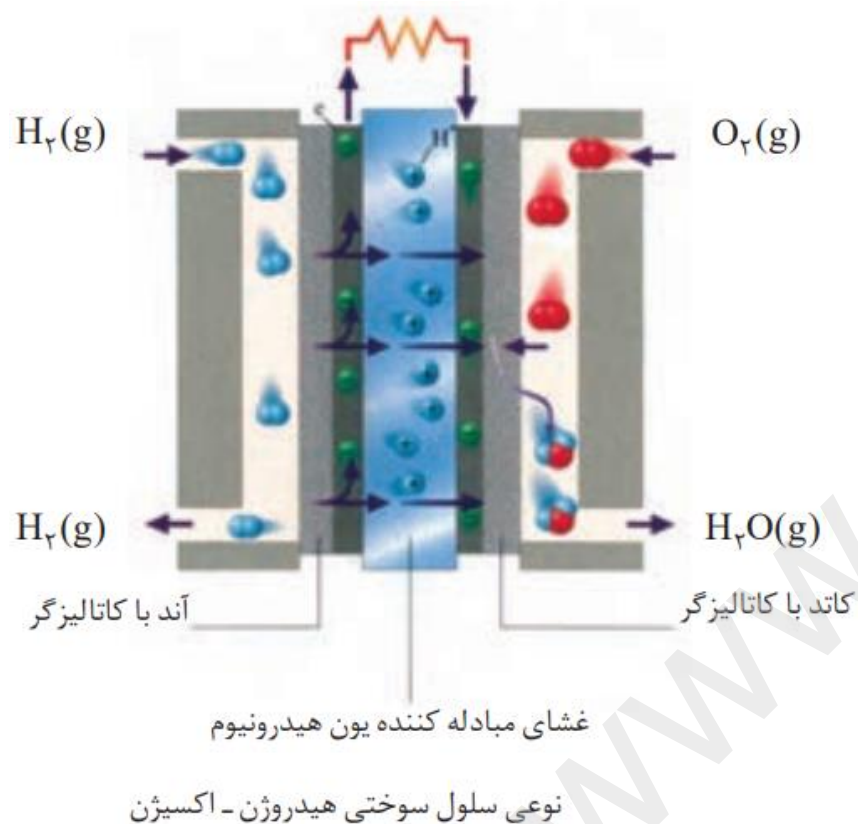


نکته: تبدیل انرژی سوخت های فسیلی مانند متان به انرژی الکتریکی از طریق سوزاندن، با بازده کمی صورت می گیرد. زیرا بخش عمده ای از انرژی به صورت گرما به محیط اطراف داده می شود و به انرژی الکتریکی تبدیل نمی شوند.

هر سلول سوختی سه جز اصلی دارد:

(۱) الکترود آند (۲) الکترود کاتد (۳) یک غشاء

شکل زیر، رایج ترین سلول سوختی، یعنی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن را نشان می دهد.



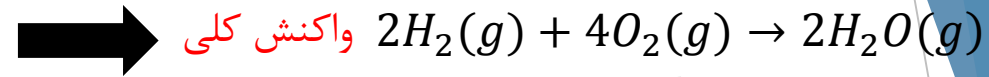
۱- گاز هیدروژن وارد قسمت آندی و گاز اکسیژن وارد قسمت کاتدی می شود.

۲- آند و کاتد دارای کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش های اکسایش و کاهش سرعت می بخشند.

۳- یون $H^+ (aq)$ یا پروتون تولید شده در آند از طریق غشاء مبادله کننده ی پروتون به سمت کاتد حرکت کرده و در نیم واکنش کاتدی مصرف می شود.

۴- جهت حرکت الکترون ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است.

نیم واکنش اکسایش $H_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-$

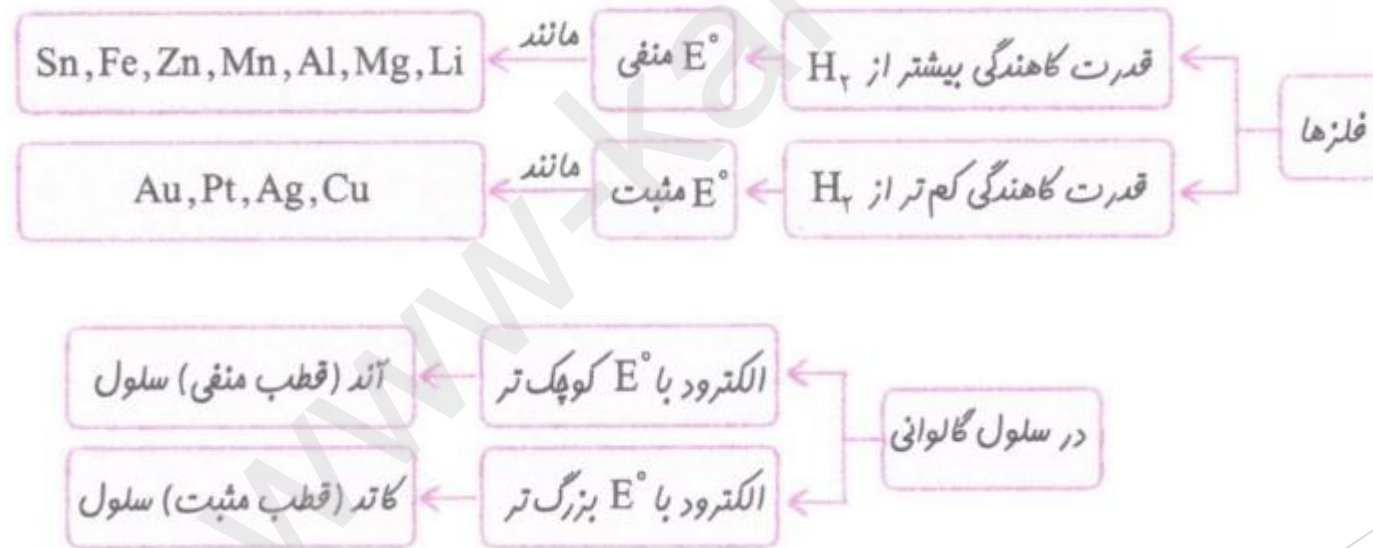


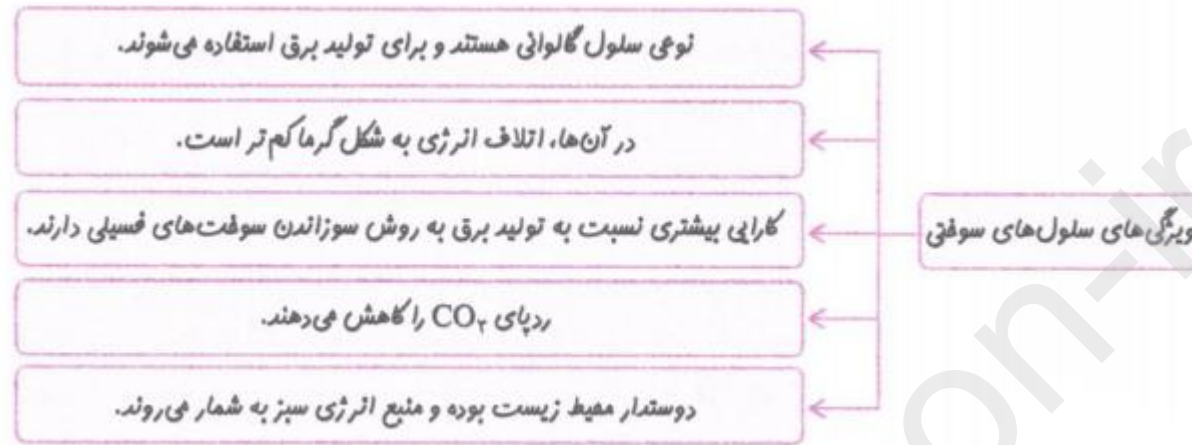
نیم واکنش کاهش $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

۵- سلول های سوختی برخلاف باتری ها انرژی شیمیایی را ذخیره نمی کنند.

۶- یکی از چالش های سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن، تامین سوخت آن هاست.

جمع بندی





کدام موارد از مطالب زیر دربارهٔ واکنش فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات، درست‌اند؟ ($\text{Cu} = 64, \text{Al} = 27 : \text{g.mol}^{-1}$)



(آ) واکنش از نوع اکسایش - کاهش است و با گذشت زمان، دمای محلول افزایش می‌یابد.

(ب) شمار الکترون‌هایی که هر اتم آلومینیم از دست می‌دهد، با شمار الکترون‌هایی که هر یون مس می‌گیرد، برابر است.

(پ) با گذشت زمان از رنگ آبی محلول کاسته می‌شود که نشان‌دهندهٔ کاهندهٔ تر بودن Al نسبت به Cu است.

(ت) معادلهٔ نیم‌واکنش اکسایش در آن به صورت $\text{Al(s)} \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$ است و ضریب مادهٔ کاهنده در معادلهٔ کلی واکنش برابر ۳ است.

(۱) آ و ب (۲) ب و ت (۳) پ و ت (۴) آ و پ

گزینهٔ «۴»

عبارت‌های «آ» و «پ» درست‌اند.

(آ) در واکنش فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات، بین اتم‌های آلومینیم و یون‌های مس (II)، الکترون مبادله می‌شود؛ پس این واکنش از نوع اکسایش - کاهش است. از طرفی با توجه به این که واکنش گرماده است، با گذشت زمان، دمای محلول افزایش می‌یابد.

(ب) هر اتم آلومینیم با اکسایش به Al^{3+} ، ۳ الکترون از دست می‌دهد؛ در حالی که هر یون Cu^{2+} با کاهش به Cu، ۲ الکترون به دست می‌آورد.

(پ) کم‌شدن رنگ محلول، در نتیجهٔ مصرف یون‌های Cu^{2+} ، انجام واکنش و قدرت کاهندگی بیشتر آلومینیم نسبت به مس است.

(ت) ضریب مادهٔ کاهنده (Al) در معادلهٔ کلی واکنش برابر با ۲ است.



تیغه‌ای به جرم $\frac{2}{5}$ گرم از جنس آلومینیم را در 200 میلی لیتر محلول $\frac{0}{5}$ مولار مس (II) سولفات وارد می کنیم. زمانی که غلظت محلول مس

(II) سولفات به $\frac{0}{3}$ مول بر لیتر می رسد، جرم تیغه بر حسب گرم، کدام است؟ (فرض کنید همه اتم‌های مس روی تیغه رسوب می کنند).



$4/34$ (۴)

$2/56$ (۳)

$0/72$ (۲)

$0/66$ (۱)

گزینه «۴» ابتدا باید تعداد مول CuSO_4 مصرف شده را به دست آوریم:

$$0/2 \text{ L} \times (0/5 - 0/3) \text{ mol.L}^{-1} = 0/04 \text{ mol}$$

حالا باید ببینیم به ازای مصرف $0/04$ مول CuSO_4 ، چند گرم Al مصرف و چند گرم Cu تولید می شود:



$$\text{جرم Al مصرف شده: } 0/04 \text{ mol CuSO}_4 \times \frac{2 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol CuSO}_4} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = 0/72 \text{ g Al}$$

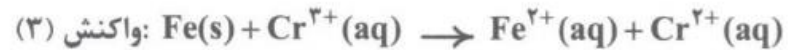
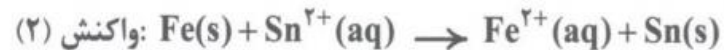
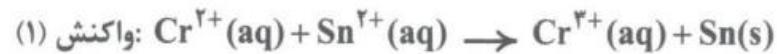
$$\text{جرم Cu تولید شده: } 0/04 \text{ mol CuSO}_4 \times \frac{3 \text{ mol Cu}}{3 \text{ mol CuSO}_4} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 2/56 \text{ g Cu}$$

با توجه به این که همه اتم‌های مس، روی تیغه رسوب می کنند، جرم نهایی تیغه برابر است با:

$$\text{جرم نهایی تیغه} = \underbrace{2/5}_{\text{جرم مس رسوب کرده روی تیغه}} - \underbrace{0/72}_{\text{کاهش جرم تیغه}} + \underbrace{2/56}_{\text{اولیه تیغه}} = 4/34 \text{ g}$$



اگر واکنش‌های زیر به طور طبیعی انجام شوند، کدام موارد از مطالب داده شده، نادرست‌اند؟



(آ) مجموع ضرایب کاتیون‌ها در معادله واکنش‌های (۱) و (۳) برابر است.

(ب) قدرت کاهندگی Fe از Sn بیشتر اما از Cr^{2+} کمتر است.

(پ) در جدول سری الکتروشیمیایی، موقعیت نیم‌واکنش $\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{2+}(\text{aq})$ پایین‌تر از نیم‌واکنش $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$ است.

(ت) مقایسه قدرت اکسندگی گونه‌ها به صورت $\text{Sn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Cr}^{3+}$ است.

(۴) آ و پ

(۳) ب و ت

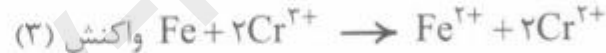
(۲) پ و ت

(۱) آ و ب

گزینه ۳

عبارت‌های «ب» و «ت» نادرست‌اند.

برای موازنه هر یک از واکنش‌ها کافی است تغییر بار الکتریکی گونه کاهنده را ضریب اکسنده و تغییر بار الکتریکی گونه اکسنده را ضریب کاهنده قرار داده و سپس با توجه به ضرایب گونه‌ها در سمت چپ معادله، ضرایب گونه‌ها را در سمت راست تعیین کنیم:



در هر دو واکنش، مجموع ضرایب کاتیون‌ها برابر با ۵ است.

(ب) با توجه به واکنش (۲)، قدرت کاهندگی Fe از Sn و با توجه به واکنش (۳)، قدرت کاهندگی Fe از Cr^{2+} بیشتر است.

(پ) در واکنش (۱) اکسایش Sn^{2+} و کاهش یافته است؛ پس $E^\circ(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+})$ کمتر از $E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn})$ بوده و در سری الکتروشیمیایی نیم‌واکنش $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+}$ پایین‌تر از نیم‌واکنش Sn^{2+}/Sn است.

(ت) با توجه به واکنش (۳)، قدرت اکسندگی Cr^{3+} بیشتر از Fe^{2+} است.

قدرت کاهندگی: $\text{Fe} > \text{Cr}^{2+} > \text{Sn}$

قدرت اکسندگی: $\text{Sn}^{2+} > \text{Cr}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$



با مقایسه E° الکترودها که در زیر داده شده است:

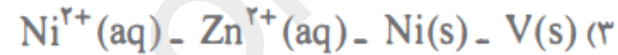
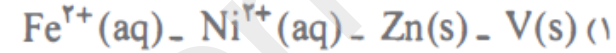
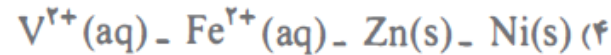
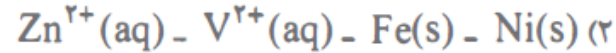
$$E^\circ(\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) / \text{Ni}(\text{s})) = -0.25 / \text{ولت}$$

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

$$E^\circ(\text{V}^{2+}(\text{aq}) / \text{V}(\text{s})) = -1.20 / \text{ولت}$$

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

می‌توان دریافت که کاهنده‌تر از و اکسنده‌تر از است. (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید).



گزینه ۱»

هر چه پتانسیل الکترودی منفی‌تر باشد (در سری E° پایین‌تر باشد)، گونه سمت راست آن کاهنده قوی‌تری است؛ بنابراین تا این‌جا

گزینه‌های (۱) و (۳) درست هستند و بقیه نادرست!

به همین ترتیب هر چه پتانسیل الکترودی مثبت‌تر باشد (در سری E° بالاتر باشد)، گونه سمت چپ آن اکسنده قوی‌تری است؛ پس گزینه (۳) هم از دور مسابقه! خارج می‌شود و تنها می‌ماند گزینه (۱).



با توجه به مقدار E° نیم سلول های داده شده، کدام مطلب نادرست است؟

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

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

$$E^\circ(\text{V}^{2+}(\text{aq}) / \text{V}(\text{s})) = -1.20 \text{ V}$$

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

(۱) اتم وانادیم کاهنده تر از اتم آهن است.

(۲) کاتیون $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ ، اکسندۀ تر از کاتیون $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ است.

(۳) در سلول گالوانی استاندارد وانادیم - نیکل، الکتروود وانادیم نقش آند را دارد.

(۴) در سلول گالوانی استاندارد روی - آهن، جریان الکترون در مدار بیرونی از تیغه روی به سوی تیغه آهن است.

Ni
Fe
Zn
V

گزینه «۲» ابتدا براساس E° های داده شده، فلزها را مرتب می کنیم:

با توجه به E° های داده شده، Zn در سری الکتروشیمیایی پایین تر از Ni است؛ بنابراین راحت تر اکسید می شود و درست برعکس آن! کاتیون آن (Zn^{2+}) تمایل کمتری برای کاهش یافتن دارد (Zn^{2+} نسبت به Ni^{2+} اکسندۀ ضعیفتری است).

$\text{Zn}^{2+} < \text{Ni}^{2+}$: قدرت کاهش یافتن (اکسندگی) $\text{Zn} > \text{Ni} \Rightarrow$: قدرت اکسیدشدن (کاهندگی)

ابرسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): E° مربوط به وانادیم نسبت به آهن منفی تر است؛ یعنی در سری الکتروشیمیایی پایین تر قرار دارد و راحت تر اکسید می شود (کاهنده تر است).

گزینه (۳): وانادیم در سری الکتروشیمیایی پایین تر از Ni قرار دارد. پس اکسید شده و نقش آند قفسه را بازی می کند.

گزینه (۴): در این سلول، روی آند و آهن کاتد است؛ پس الکترون ها در مدار بیرونی از آند (روی) به سمت کاتد (آهن) یورش می برند!

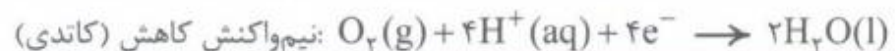


کدام مورد، دربارهٔ سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن با غشای مبادله‌کنندهٔ یون هیدرونیوم، درست است؟

- (۱) بخار آب تولیدشده از بخش آندی خارج می‌شود.
- (۲) جهت حرکت یون هیدرونیوم در غشا، از آند به کاتد است.
- (۳) به ازای مصرف هر مول گاز اکسیژن، دو مول یون هیدرونیوم در غشا، مبادله می‌شود.
- (۴) جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی با جهت حرکت یون‌های هیدرونیوم در غشا، عکس یکدیگر است.

گزینهٔ «۲»

بیایید اول نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی و واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن رو بنویسیم:



حالا گزینه‌ها را یکی یکی بررسی می‌کنیم:

گزینه (۱): آب در بخش کاتدی تولید و از آن خارج می‌شود.

گزینه (۲): یون‌های H^+ تولیدشده در آند از طریق غشای مبادله‌کنندهٔ یون هیدرونیوم، به سمت الکتروکاتد مهاجرت می‌کنند تا در نیم‌واکنش کاهش O_2 مصرف بشن! پس جهت حرکت این یون‌ها در غشا می‌شه از آند به سمت کاتد.

گزینه (۳): به ازای مصرف هر مول $\text{O}_2(\text{g})$ در کاتد، ۴ مول H^+ مصرف و در غشا مبادله می‌شود.

گزینه (۴): دیدیم که جهت حرکت یون‌های H^+ در غشا از آند به کاتد است. در سلول‌های الکتروشیمیایی، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی هم، همواره از سمت آند به سمت کاتد است.



با آرزوی موفقیت و سلامتی

