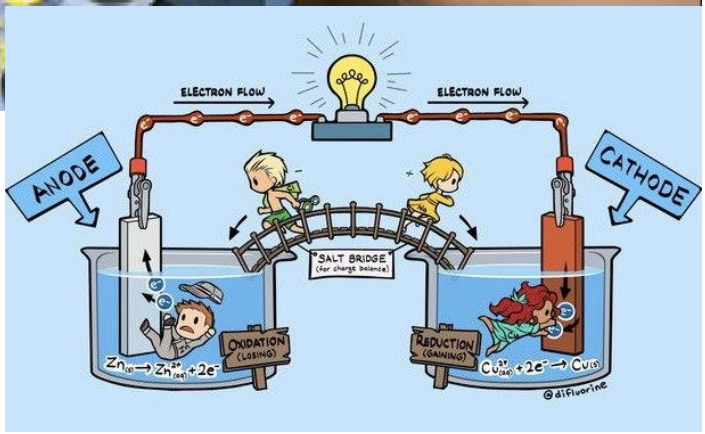
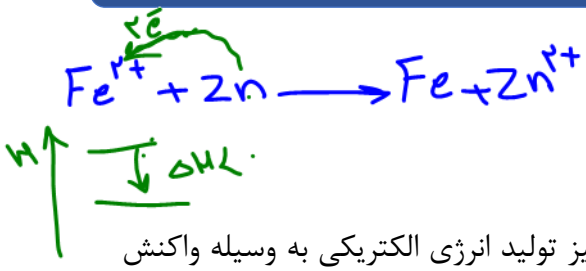
شیمی ۳





استاد: دکتر حسن پلوئی

الکتروشیمی



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

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

۲- پدیده‌هایی مانند آذرخش با تخلیه الکتریکی نشان می‌دهد که انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی جابه‌جا شود به عبارتی هر الکترون در حال حرکت طبق رابطه $\frac{1}{2}m.v^2$ دارای انرژی جنبشی می‌باشد (انرژی الکتریکی).

۳- این پدیده‌ها که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشمه می‌گیرد، سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش‌های شامل داد و ستد الکترون به طور هدفمند دنبال شود، واکنش‌هایی که مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. به عبارتی اساس علم الکتروشیمی، «داد و ستد الکترون» می‌باشد. علمی که باعث افزایش شدید سطح رفاه و آسایش شده است.

برخی قلمروهای الکترو شیمی:



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

ب) تولید مواد (مانند برقکافت و آبکاری)

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

۱- **تولید انرژی پاک و ارزان** (باتری‌ها و سلول‌های سوختی و سوخت آن)

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

۳- **پیاده شدن اصول شیمی سبز در جهان**

۴- **اندازه گیری و کنترل کیفی**: اطمینان از کیفیت تولید فرآورده‌های دارویی, بهداشتی, غذایی و....

Dr. Hasan Palooi

نکته۱: اصطلاح شیمی سبز در رابطه با طراحی محصولات و فرآیندهای شیمیایی است که تولید و استفاده از مواد خطرناک را کاهش داده یا کاملا از بین می‌برد.

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



آ) اتاق باتری ب) سمعک پ) قطار برقی

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



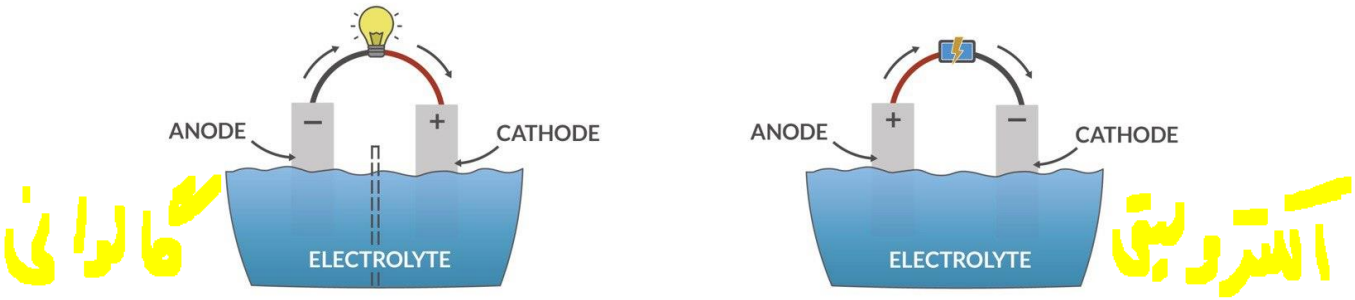
باتری خورشیدی: یک ابزار روشنایی است که از لامپ LED ، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ تشکیل شده است.

باتری میوه ای!!: اگر تیغه ای مانند مس و تیغه ای دیگری مانند روی را درون میوه ای مانند لیمو قرار دهیم ,باتری ضعیفی تولید می شنود که می تواند لامپ LED را روشن کند.



باتری لیمویی

انواع سلول‌های الکتروشیمیایی



گالوانی الکترولیتی

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

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

نکته۲:اساس علم الکتروشیمی سفر (جابه جایی) الکترون بین دوگونه می باشد.

Dr. Hasan Palooi

عدد اکسایش

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



یادآوری:

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



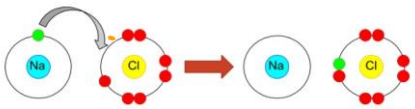
$$\text{الکترونگاتیوی} \cong \frac{\text{بارموثرهسته}}{(\text{تعدادلایه})^2} \cong \frac{\text{تعدادپروتون}}{(\text{تعدادلایه})^2}$$



ترتیب الکترونگاتیوی نافلزات و شبه فلزات :



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



$NaCl \Longrightarrow Na: +1 \qquad Cl: -1$

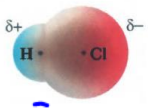
$AlF_3 \Longrightarrow Al: +3 \qquad F: -1$

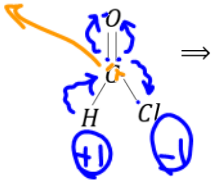
۲- در پیوند کوالانسی قطبی، فرض را بر یونی بودن گرفته (به اشتباه) و الکترون را به اتمی که الکترونگاتیوی بیشتر دارد نسبت می‌دهیم:





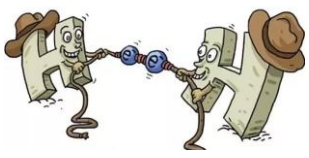
$H-Cl \Longrightarrow H: +1 \qquad Cl: -1$





$\Longrightarrow Cl: -1 \qquad O: -2 \qquad C: +2+1-1=+2$

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





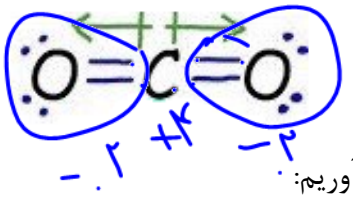
$H-H \rightarrow H: 0$

Dr. Hasan Palaei

محاسبه عدد اکسایش اتم‌ها

الف) با استفاده از ساختار لوویس

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



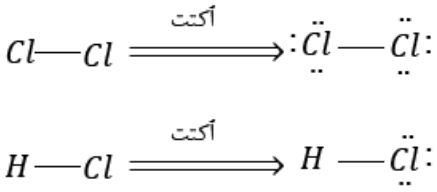
۲- الکترون‌های ناپیوندی هر اتم فقط متعلق به خودش می‌باشد.

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

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

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

مثال ۱:

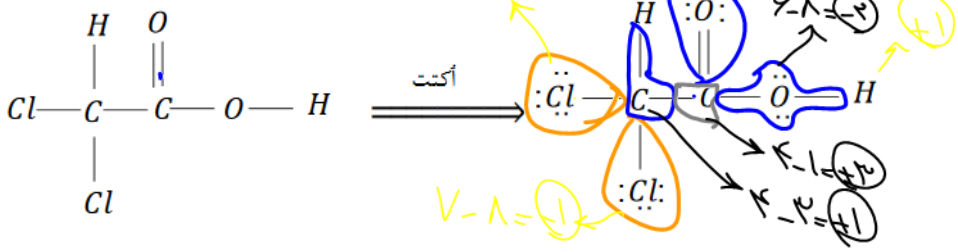


عدد اکسایش هردوکلر $= 7 - 7 = 0$

عدد اکسایش کلر $= 7 - 8 = -1$

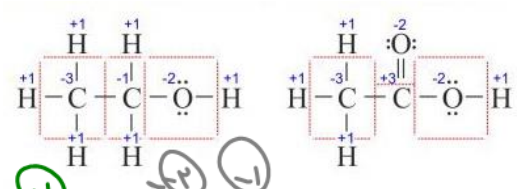
عدد اکسایش هیدروژن $= 1 - 0 = +1$

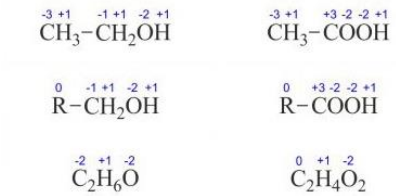
مثال ۲:



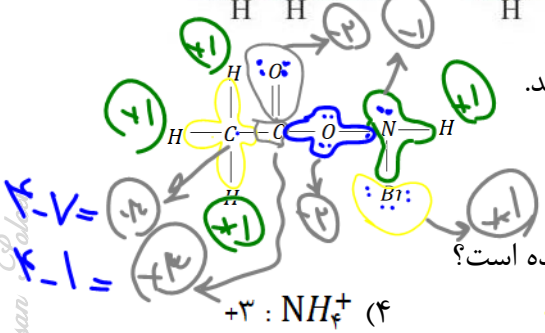
+۱ : H ها ۱- = ۰-۱ : Cl ها ۱- = ۸-۷ : O ها ۲- = ۸-۶ : کربن راست +3 = ۱-۴ : کربن چپ ۱+ = ۳-۴

مثال ۳: عدد اکسایش اتم ها در چند ترکیب آلی:





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

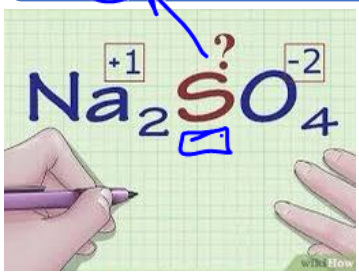


تست : عدد اکسایش اتم مرکزی در کدام ترکیب درست نشان داده شده است؟

۱) SF_2 : -۲ ۲) CH_3OH : -۲ ۳) $HClO_4$: +۶ ۴) NH_4^+ : +۳

Dr. Hasan Pelvi

ب)محاسبه عدد اکسایش اتم مرکزی بدون رسم ساختار لوئیس



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

۱-مجموع اعداد اکسایش اتم‌ها دریک مولکول خنثی برابربا **صفر**می‌باشد.

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

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

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

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

$N^{3-}: -3 \quad Na^+: +1 \quad O^{2-}: -2$

۴- عدد اکسایش اتم ها در **حالت عنصری** (آزاد) **صفر** می‌باشد:

$O_2: 0 \quad N_2: 0 \quad Na: 0$

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

$Al: +3 \quad Fe: +2 \cdot +3$

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

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

$H_2SO_4 \rightarrow O = -2$

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

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

$NaH \rightarrow H = -1$

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

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

$CL_2O_3 \rightarrow 2x + 3(-2) = 0$

۱۰- CL اتم مرکزی است : باید محاسبه شود:

$OCl_2 \rightarrow Cl = +1$

$CHCl_3 \rightarrow Cl = -1$

CL اتم کناری است

اتم مرکزی آن F O N است: **+۱**

اتم مرکزی آن F O N نیست: **-۱**

Dr. Hasan Palooi

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

$H_3\underline{P}O_3$: $3(+1)+x+3(-2)=0 \Rightarrow P=+3$

$H\underline{C}O_3^-$: $+1+x+3(-2)=-1 \Rightarrow C=+4$

$\underline{O}F_2$: $+1+x+2(-1)=0 \Rightarrow O=+2$

$\underline{Cr}_2O_7^{2-}$: $2x+7(-2)=-2 \Rightarrow Cr=+6$

$\underline{Fe}_2O_3$: $Fe=+3$

$Fe_2(\underline{C}O_3)_3$ درکل ترکیب: $2(+3)+3x+9(-2)=0 \Rightarrow C=+4$ (روش ۱)

(CO_3^{2-}): $x+3(-2)=-2 \Rightarrow C=+4$ (روش ۲)

$Al_2(\underline{H}PO_4)_3$ درکل ترکیب: $2(+3)+3(+1)+3x+12(-2)=0 \Rightarrow P=+5$ (روش ۱)

(HPO_4^{2-}): $+1+x+4(-2)=-2 \Rightarrow P=+5$ (روش ۲)

$\underline{N}H_4Cl \Rightarrow NH_4^+ : x+4(+1)=+1 \Rightarrow N=-3$

$\underline{N}H_4\underline{N}O_3 \Rightarrow \begin{cases} NH_4^+ : x+4(+1)=+1 \Rightarrow N=-3 \\ NO_3^- : y+3(-2)=-1 \Rightarrow N=+5 \end{cases}$

$\underline{N}H_4Cl \Rightarrow x+2(+1)+(+1)=0 \rightarrow N=-3$

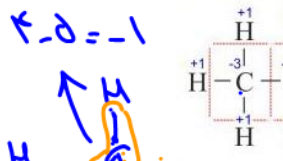
$\underline{C}OCl_2 \Rightarrow C=+4$

$\underline{O}Cl_2 \Rightarrow O+2(+1)=0 \rightarrow O=-2$

$Ca(\underline{Cl}O_2)_2 \Rightarrow Cl=+3$

$H_2S_2O_7 \Rightarrow S=+6$

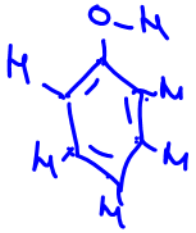




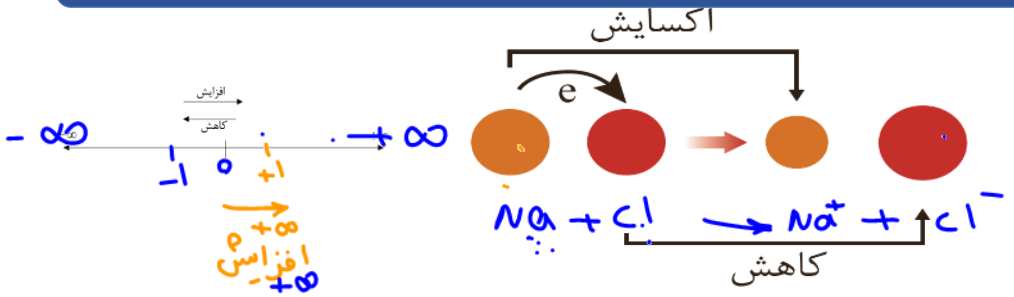
نکته : بطور کلی برای به دست آوردن عدد اکسایش اتم مرکزی در جسمی که چند اتم مرکزی دارد، باید از ساختار لوئیس (روش الف) استفاده کنیم:

اما چناچه اتصالات اتم‌های مرکزی یکسان باشند چون همه اتم‌های مرکزی عدد اکسایش یکسان دارند، نیازی به ساختار لوئیس نیست و می توان از روش ب استفاده کرد:

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



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



اکسایش : به معنی از دست دادن e توسط گونه در واکنش می‌باشد.

اکسایش = از دست دادن $\bar{e}$ = افزایش = به سمت $+\infty$ = آند = آب شدن = کاهیده

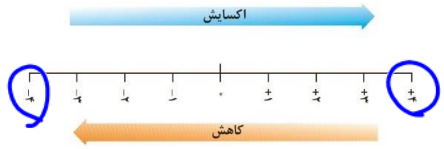
مثالی از نیم واکنش اکسایش : $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e}$

کاهش : به معنی گرفتن e توسط گونه در واکنش می‌باشد.

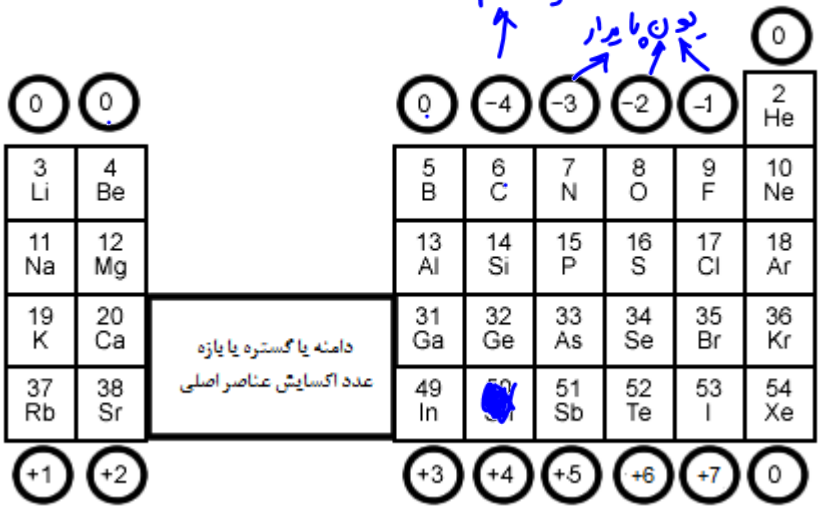
کاهش = گرفتن $\bar{e}$ = کاهیده شدن = به سمت $-\infty$ = کاتد = پول شدن = اکسنده

مثالی از نیم واکنش کاهش: $S + 2\bar{e} \rightarrow S^{2-}$

گستره عدد اکسایش عناصر:



به عنوان مثال عدد اکسایش کربن در ترکیبات آن می تواند از ۴- تا ۴+ باشد.



نکته: بازه عدد اکسایش H از ۱- تا ۱+ است و اکسیژن از ۲- تا ۲+ و همچنین فلوئور ۱- و ۰ است.

Dr. Hasan Palavi

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

$$Fe + S \longrightarrow Fe^{2+} + S^{2-}$$

اکسنده کاهنده

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

$$Fe_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e} \qquad S + 2\bar{e} \longrightarrow S^{2-}$$

موازنه نیم واکنش‌ها

۱- ابتدا عنصر را به روش وارسی موازنه می‌کنیم.

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

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

$$O_3 + \bar{e} \longrightarrow 3O^{2-} \xrightarrow{\text{موازنه بار}} O_3 + 6\bar{e} \longrightarrow 3O^{2-}$$

مثال: نیم واکنش $P^{3-} \longrightarrow P_4 + 12\bar{e}$ را موازنه کنید.

موازنه واکنش اکسایش – کاهش

روش ۱ : با استفاده از نیم واکنش ها

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

۳- نیم واکنش‌ها جمع می‌شوند.

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

$$O_2 + Al \longrightarrow O^{2-} + Al^{3+}$$

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

$$\begin{cases} O_2 + \bar{e} \longrightarrow O^{2-} \\ Al \longrightarrow Al^{3+} + \bar{e} \end{cases} \xrightarrow{\text{موازنه}} \begin{cases} O_2 + 4\bar{e} \longrightarrow 2\,O^{2-} \\ Al \longrightarrow Al^{3+} + 3\bar{e} \end{cases} \xrightarrow{e \text{ ها برابر شوند}}$$

$$\begin{cases} 3O_2 + 12\bar{e} \longrightarrow 6\,O^{2-} \\ 4Al \longrightarrow 4\,Al^{3+} + 12\bar{e} \end{cases} \xrightarrow{\text{جمع}} 3O_2 + 4Al \longrightarrow 6\,O^{2-} + 4\,Al^{3+}$$

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

$$N_2 + Sn^{2+} \longrightarrow N^{3-} + Sn^{4+}$$

$$\begin{cases} N_2 + 6\bar{e} \longrightarrow 2N^{3-} \\ Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2\bar{e} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} N_2 + 6\bar{e} \longrightarrow 2N^{3-} \\ 3Sn^{2+} \longrightarrow 3Sn^{4+} + 6\bar{e} \end{cases}$$

$$N_2 + 3Sn^{2+} \longrightarrow 2N^{3-} + 3Sn^{4+}$$

روش ۲ : با استفاده از روش وارسی

۱- تا حد امکان موازنه ی عنصرها را انجام می‌دهیم.

۲- هر جا دیگر امکان موازنه عنصرها نبود, از موازنه بار استفاده می‌کنیم.

۳- مجدد با استفاده از موازنه عنصرها, همه ضرایب را به دست می‌آوریم.

مثال: موازنه واکنش $Cl_2 + Ti \rightarrow Cl^- + Ti^{2+}$:

$1Cl_2 + Ti \rightarrow 2Cl^- + Ti^{2+}$

موازنه بار : $1Cl_2 + Ti \rightarrow 2Cl^- + Ti^{2+}$

$1Cl_2 + 1Ti \rightarrow 2Cl^- + 1Ti^{2+}$

مثال: واکنش زیر را به روش وارسی موازنه کنید:

$Cl_2 + OH^- \rightarrow ClO_3^- + Cl^- + H_2O$

تست ۱: با توجه به واکنش داده شده، پس از موازنه معادله آن، کدام مورد، نادرست است؟ (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

$KO_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow KHCO_3(s) + O_2(g)$

۱) عدد اکسایش اتم‌های کربن، در مجموع، ۳۲ واحد تغییر کرده است.

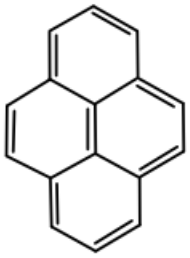
۲) تفاوت مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، برابر ۳ است.

۳) نسبت شمار مولکول(های) چند اتمی واکنش، به شمار آنیون(های) چنداتمی فراورده، برابر ۱/۵ است.

۴) جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های کربن، ۴ برابر جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های هیدروژن است.

تست ۲: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

با توجه به ساختار مولکول داده‌شده، چند مورد از موارد زیر، نادرست است؟ ($H = ۱ ، C = ۱۲ ، O = ۱۶ : g.mol^{-1}$)



- شمار اتم‌های هیدروژن، با شمار پیوندهای دوگانه برابر است.
- شمار اتم‌های هیدروژن، با شمار اتم‌های هیدروژن در مولکول بنزالدهید برابر است.
- اگر اتم‌های هیدروژن آن با گروه عاملی هیدروکسیل جایگزین شود، جرم مولی آن، به تقریب، ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.
- شمار اتم‌های کربن با عدد اکسایش منفی، ۳ برابر شمار اتم‌های کربن با عدد اکسایش منفی در مولکول اتیل اتانوات است.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

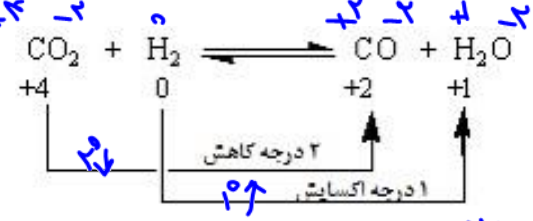
Dr. Hasan Palooi

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



۱- ابتدا عدد اکسایش هر اتم را به دست می‌آوریم.

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



مثال : در واکنش $N_2 + H_2 \longrightarrow N^{3-} + H^+$ عنصر اکسنده و کاهنده و تغییر عدد اکسایش آنها به این شکل مشخص می‌شود:

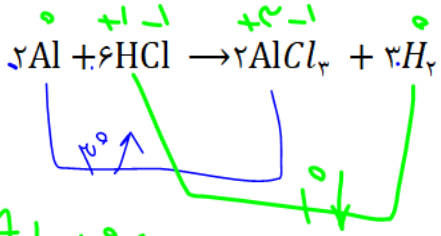
$$1N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2N^{3-} + 6H^+$$

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

تعداد e مبادله شده در این واکنش : ۶ عدد می‌باشد.

تعداد e مبادله شده در یک واکنش=تعداد اتمی که اکسایش یا کاهش میابد × تغییر درجه هر اتم

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



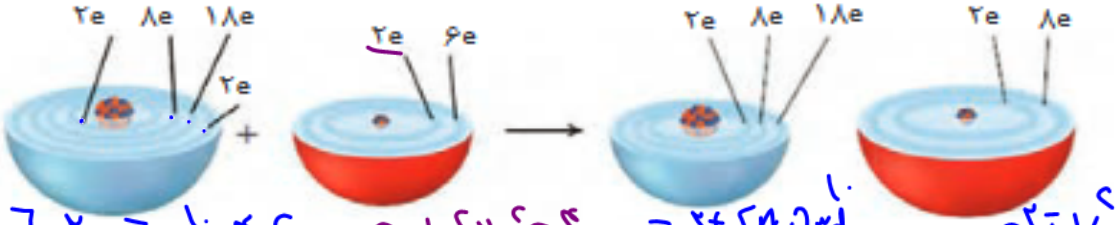
کاهنده: Al : ۳e↑

اکسنده: H : ۱e↓

Dr. Hasan Palooi

با هم بیندیشیم

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



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

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

پ) اگر گرفتن الکترون را **کاهش**[1] و از دست دادن الکترون را **اکسایش**[2] بنامیم، کدام گونه کاهش و کدام اکسایش یافته است؟

ت) شیمی‌دان‌ها هریک از فرایندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک **نیم‌واکنش**[3] نمایش می‌دهند که هر نیم‌واکنش باید از لحاظ جرم (اتم‌ها) و بار الکتریکی موازنه باشد. اینک با قرار دادن شمار معینی الکترون، هریک از نیم‌واکنش‌های زیر را موازنه کنید.

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

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

ث) کدام یک از نیم‌واکنش‌های بالا، نیم‌واکنش اکسایش و کدام یک نیم‌واکنش کاهش را نشان می‌دهد؟چرا؟

ج) ماده‌ای که با گرفتن الکترون سبب اکسایش گونهٔ دیگر می‌شود، **اکسنده**[4] و ماده‌ای که با دادن الکترون سبب کاهش گونهٔ دیگر می‌شود، **کاهنده**[5] نام دارد. در واکنش روی با اکسیژن، گونهٔ اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

خود را بیازمایید

۱ـ در هر مورد با تعیین عدد اکسایش مشخص کنید که آن اتم اکسایش یا کاهش یافته است؟

آ) $Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s)$

ب) $Cr^{2+}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq)$

پ) $C(s) \rightarrow CO(g)$

ت) $NH_3(g) \rightarrow N_2(g)$

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

آ) $2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(s)$

ب) $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$

Dr. Hasan Palaei

خود را بیازمایید

۱ـ اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. با توجه به این شکل که نمایی از این واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

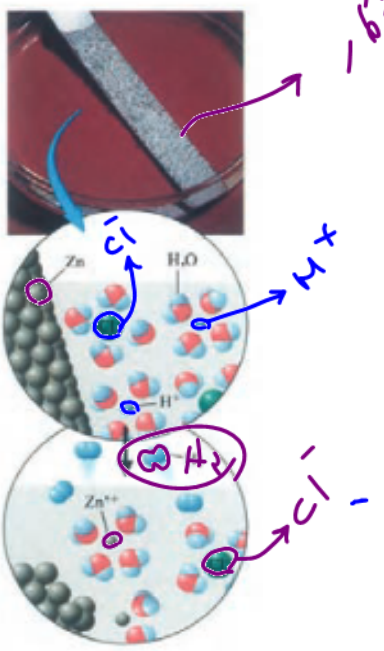
آ) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ چرا؟

ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و موازنه کنید.

پ) نیم‌واکنش‌ها را با هم جمع کنید تا با حذف الکترون‌ها، معادله واکنش به‌دست آید.

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

در این واکنش، اتم‌های روی الکترون [از دست می‌دهند / به دست می‌آورند] و [کاهش / اکسایش] می‌یابند و سبب [کاهش / اکسایش] یون‌های هیدروژن می‌شوند، از این رو اتم‌های روی نقش [اکسنده / کاهنده] دارند. درحالی که یون‌های هیدروژن، الکترون [از دست می‌دهند / به دست می‌آورند] و [کاهش / اکسایش] می‌یابند و سبب [کاهش / اکسایش] اتم‌های روی می‌شوند، از این رو یون‌های هیدروژن نقش [اکسنده / کاهنده] دارند.



واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک‌اسید.

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

آ) $2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s)$

ب) $Cu^{2+}(aq) + Mn(s) \rightarrow Cu(s) + Mn^{2+}(aq)$

پ) $Zn(s) + 2V^{3+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2V^{2+}(aq)$

تست۱: در سوختن کامل بنزن، مجموع تغییر درجه اکسایش اتم‌های کربن چند است؟

۱) ۳۰ ۲) ۱۸ ۳) ۳۶ ۴) ۱۲

تست۲: در سوختن کامل استون ($CH_3 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - CH_3$)، مجموع تغییر درجه اکسایش کربن‌ها چند است؟

۱) ۱۹ ۲) ۲۱ ۳) ۱۶ ۴) ۱۲

Dr. Hasan Palooi

تشخیص واکنش اکسایش-کاهش از دیگر واکنش ها

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

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

تست۱: کدام واکنش از نوع اکسایش- کاهش نیست؟

۱) $Mg + HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2$

۲) $KNO_3 \longrightarrow K_2O + N_2 + O_2$

۳) $Al(NO_3)_3 + KI \longrightarrow KNO_3 + AlI_3$

۴) $N_2H_4 + N_2O_4 \longrightarrow NO + H_2O$

تست۲: کدام واکنشِ اکسایش-کاهش با بقیه تفاوت دارد؟

۱) $Cl_2 + 2Br^- \longrightarrow 2Cl^- + Br_2$

۲) $3Cl_2 + 6OH^- \longrightarrow ClO_3^- + 5Cl^- + 3H_2O$

۳) $MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

۴) $Zn + H_2S \longrightarrow ZnS + H_2$

استوکیومتری و عدد اکسایش

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

به عنوان مثال در واکنش $2Fe + 6HBr \longrightarrow 2FeBr_3 + 3H_2$

$Q = \Delta H = -200\ kj$

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

تعداد e مبادله شده در واکنش ۶ مول می‌باشد، پس می‌توان گفت به ازای مبادله ۶ مول e بین اکسنده و کاهنده :

۲ مول Fe مصرف می‌شود. ۶ مول HBr مصرف می‌شود. ۲ مول $FeBr_3$ تولید می‌شود ۳ مول H_2 تولید می‌شود.

و ۲۰۰ کیلو ژول گرما آزاد می شود.

Dr. Hasan Palaei

مثال۱: در واکنش $2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$ در اثر مبادله ۰/۰۷ مول $\bar{e}$ چند لیتر CO_2 در شرایط STP تولید می‌شود؟

مثال۲: در واکنش $2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$ اگر $3/01 \times 10^{22}$ عدد e مبادله شود، چند گرم Al تولید می‌شود؟ $(Al = 27)$

تست ۱ : کدام گزینه نادرست است؟

۱) الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.

۲) ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی محتوی مواد غذایی، چهره‌ای از افزایش سطح رفاه و آسایش است.

۳) الکتروشیمی شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تامین انرژی نقش بسزایی دارد.

۴) اطمینان از کیفیت فرآورده‌ها در قلمروِ تولیدِ موادِ دانشِ الکتروشیمی قرار دارد.

تست ۲: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

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

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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

۱) ۲،۳،۸ ۲) ۳،۲،۵ ۳) ۴،۴،۵ ۴) ۴،۵،۸

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

۱) ۱ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۳

Dr. Hasan Palooi

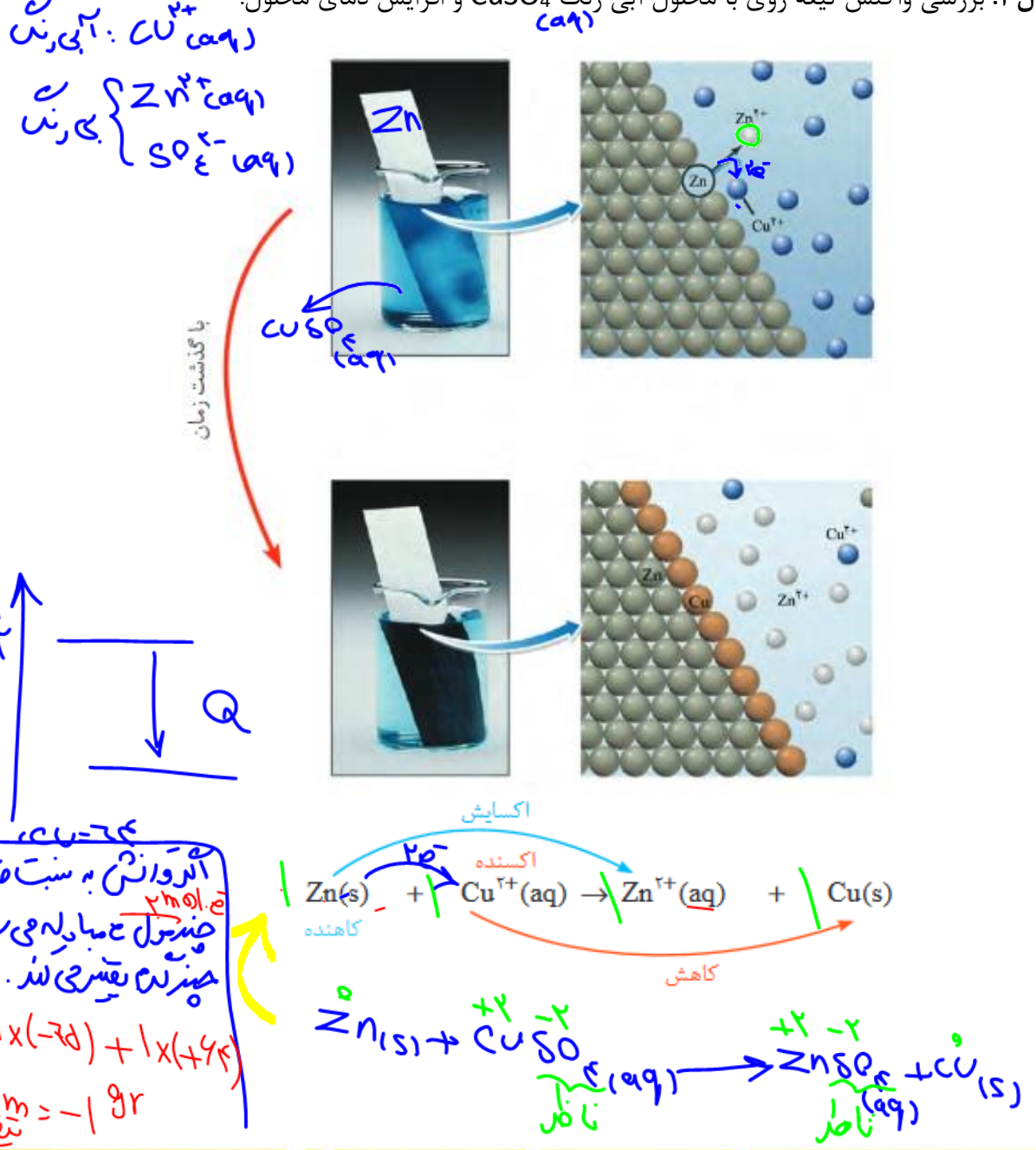
جاری شدن انرژی با سفر الکترون

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

نکته۱: تبادل الکترون بین دوگونه با آزاد شدن انرژی همراه است و بخشی از این انرژی به شکل گرما ظاهر شده و دمای سامانه افزایش می یابد.

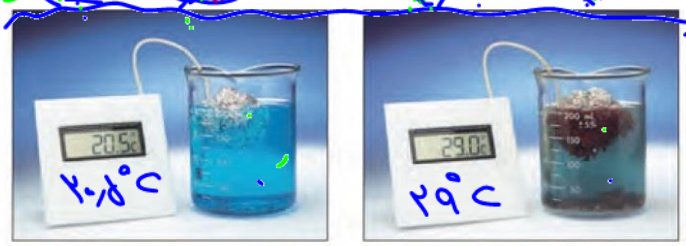
نکته۲:تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون در محلول های آبی نیز یکسان نیست. به عبارتی قدرت اکسایش(کاهندگی) در فلزات متفاوت است.

مثال ۱: بررسی واکنش تیغه روی با محلول آبی رنگ $CuSO_4$ و افزایش دمای محلول:



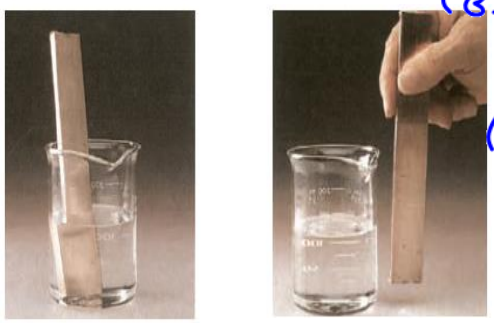
مثال ۲: بررسی واکنش تیغه آلومینیوم با محلول نمک مس و افزایش دمای محلول

$$2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s)$$



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

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



مثال ۴: اگر تیغه‌ای از جنس آهن در محلول آبی رنگ مس (Cu^{2+}) ، قرار گیرد، در اثر مبادله ی ۰/۱ مول الکترون، جرم تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ $(Fe = 56 , Cu = 64)$

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

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

در محلول فلز، فلز به شکل کاتیون می باشد.

Dr. Hasan Palooi

خود را بیازمایید

جدول زیر داده‌هایی را از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول مس (II) سولفات در دمای ۲۰°C نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

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

آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان‌دهنده چیست؟

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

$Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow \ldots\ldots (aq) + \ldots\ldots (s)$

$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow \ldots\ldots (aq) + \ldots\ldots (s)$

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

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

ث) پیش‌بینی کنید هرگاه تیغه مس درون محلول روی‌سولفات قرار گیرد، آیا واکنشی انجام می‌شود؟ چرا؟

تست ۱: یک فویل آلومینیومی درون ۲۰۰ میلی لیتر محلول $CuSO_4$ با غلظت ۰/۰۵ مولار انداخته شده است. اگر از بین رفتن کامل رنگ آبی محلول ۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه به طول انجامد، سرعت متوسط آزاد شدن فلز مس چند مول بر ثانیه است و چند مول الکترون در این واکنش مبادله می‌شود؟

$2Al + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cu$

۱) $0/03 ، 2\times10^{-4}$ (۲) $0/02 ، 2\times10^{-5}$ (۳) $0/01 ، 2\times10^{-4}$ (۴) $0/01 ، 2\times10^{-4}$

Dr. Hasan Palooi

تست ۲: به ازای مصرف هر گرم آلومینیوم در واکنش ترمیت ۱۵/۲۵ کیلو ژول انرژی آزاد می‌شود. اگر در طول انجام شدن این واکنش $۶/۰۲\times۱۰^{۲۴}$ الکترون مبادله شود، مقدار انرژی آزادشده برابر با چند کیلو ژول است؟ $(Al = ۲۷)$

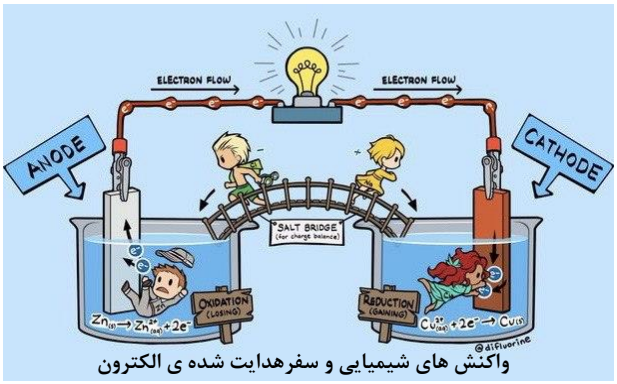
$$Al + Fe_۲O_۳ \longrightarrow Al_۲O_۳ + Fe$$

۱) ۶۸۶ ۲) ۱۳۷۲ ۳) ۱۰۲۹ ۴) ۳۴۳

Dr. Hasan Palaei

سلول گالوانی یا ولتایی





واکنش های شیمیایی و سفرهدایت شده ی الکترون

دیدیم که چانچه دو گونه در محلول با یکدیگر تبادل مستقیم الکترون داشته باشند،بخشی از تفاوت انرژی شیمیایی آن‌ها تبدیل به انرژی گرمایی شده و دمای محلول افزایش می‌یابد.

حال اگر به جای داد و ستد مستقیم الکترون بین گونه‌های اکسایش و کاهش یافته در یک واکنش، بتوان الکترون‌ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جا به جا کرد، آنگاه می‌توان بخش از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش- کاهش را به شکل انرژی الکتریکی درآورد. به سلول‌هایی که این کار را انجام می‌دهند «سلول‌های گالوانی» گویند.

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

اجزای سلول گالوانی

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

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

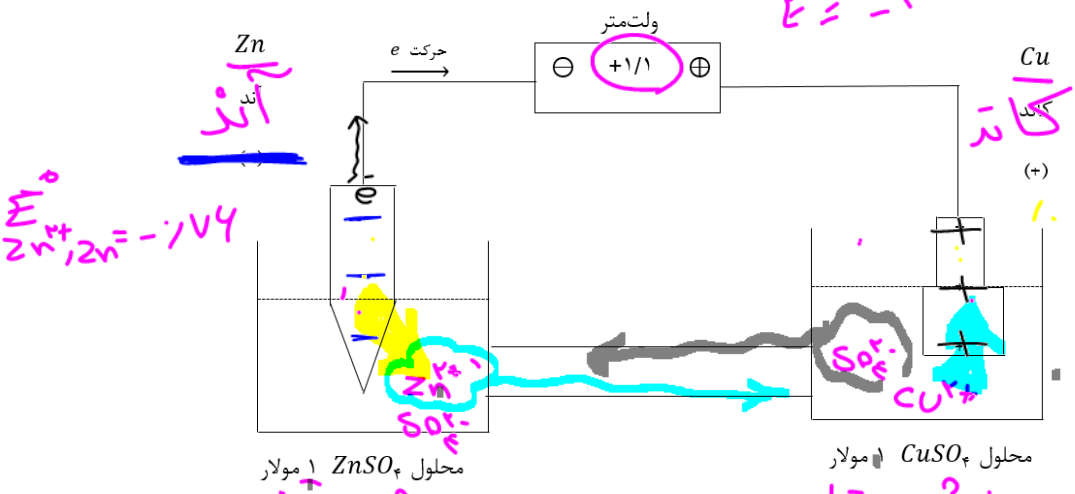
محلول الکترولیت: یک رسانای یونی است که در آن یون‌ها آزادانه حرکت می‌کنند.

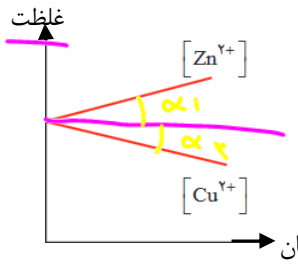
B **) مدار بیرونی** : یک رسانی الکترونی است که الکترون‌ها را از آند (قطب منفی) به کاتد (قطب مثبت) منتقل کرده و در مسیر آن می‌توان مقاومت یا ولت متر و .... قرار داد.

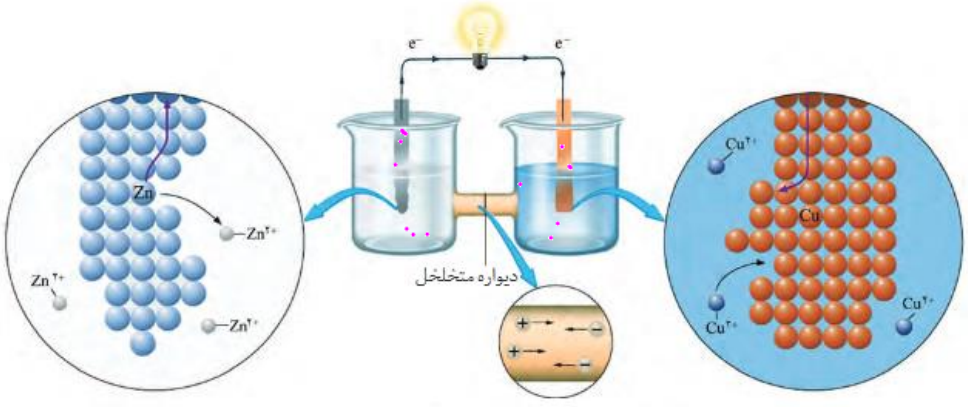
C **) دیواره متخلخل:** دیواره‌ای از جنس سفال و .... که از مخلوط شدن مستقیم دو الکترولیت جلوگیری می‌کند اما برخی یون‌های موجود در دو محلول می‌توانند از آن عبور کنند (کاتیون‌ها از آن نیم سلول آندی به نیم سلول کاتدی می‌روند و آنیون‌ها از آن از نیم سلول کاتدی به آندی می‌روند.) دیواره متخلخل محلول ها را از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

Dr. Hasan Palooi

سلول گالوانی روی – مس







آ) نیم‌واکنش‌های انجام شده در هر نیم سلول و واکنش کلی سلول را بنویسید.

ب) **آند**[1] الکترودی است که در آن نیم‌واکنش اکسایش و **کاتد**[2] الکترودی است که در آن نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد. با این توصیف، کدام الکترود نقش آند و کدام نقش کاتد را دارد؟

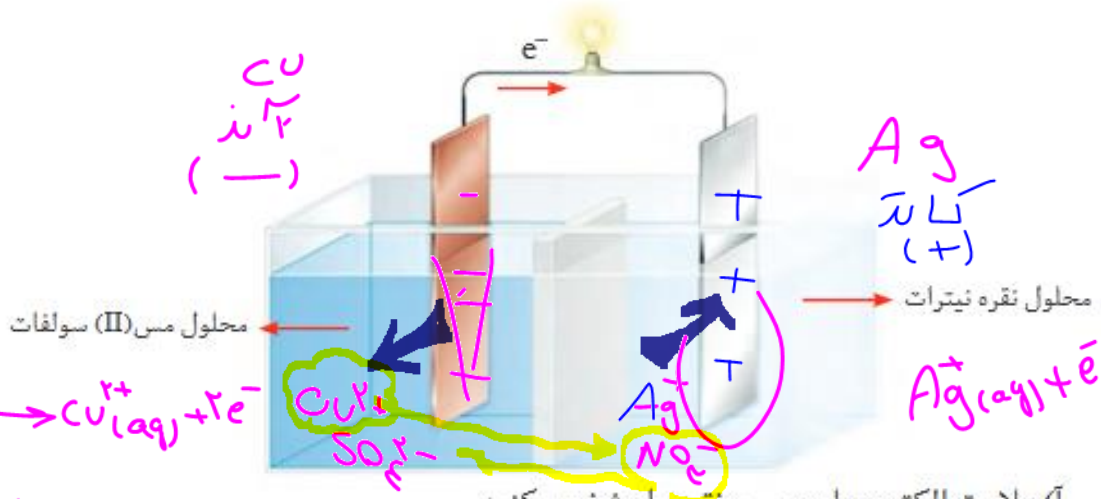
پ) در مدار بیرونی، حرکت الکترون‌ها در چه جهتی است؟ چرا؟

ت) توضیح دهید چرا پس از مدتی جرم تیغه روی کم و جرم تیغه مس زیاد شده است؟

Dr. Hasan Palooi

خود را بیازمایید

شکل زیر سلول گالوانی مس ـ نقره (Cu ـ Ag) را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.

ب) نیم‌واکنش‌های انجام شده در آند و کاتد را بنویسید.

پ) با انجام واکنش، جرم الکترودها چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

ت) جهت حرکت یون‌ها را از دیواره متخلخل مشخص کنید.

Dr. Hasan Palaei

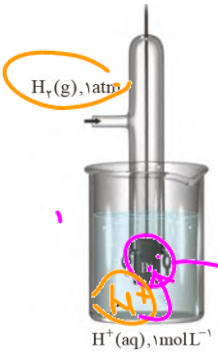
تمایل گونه‌ها برای گرفتن الکترون (پتانسیل کاهش استاندارد) (E°)

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

حال با توجه به اینکه تمایل و قدرت گونه‌ها برای گرفتن یا از دست دادن الکترون نیز متفاوت است، می‌توان معیاری برای این کمیت بیان کنیم و در نتیجه قدرت گونه‌ها از این نظر را با یکدیگر مقایسه کنیم

قدرت گونه‌ها برای داد و ستد الکترون را با نماد E° نمایش می‌دهند و طبق قرارداد تمایل یون H^+ برای گرفتن الکترون را مبنای رتبه‌بندی قرار می‌دهند.

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



الکترود استاندارد هیدروژن (SHE) : شامل یک الکترود پلاتینی است که در محلول ۱ مولار H^+ ($PH = 0$) و دمای $25^\circ C$ قرار داده شده و گاز H_2 با فشار $1atm$ به آن دمیده می‌شود.

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

$$2H^+_{(aq)} + 2\bar{e} \longrightarrow H_2(g) \qquad E^\circ = 0\ V$$

➢ بدست آوردن پتانسیل کاهش استاندارد یک یون فلزی :

تیغه‌ای از جنس فلز مورد نظر را در محلول ۱ مولار یون آن قرار می‌دهیم و تیغه را توسط سیم به ولت متر وصل کرده و سر دیگر ولت متر را به SHE متصل می‌کنیم. عددی که ولت متر نشان می‌دهد بیانگر مقدار عددی E° یون فلزی مورد نظر است، که خود ۲ حالت دارد:

الف) اگر حرکت الکترون از نیم سلول فلزی به SHE باشد : E° یون فلزی عددی منفی در نظر گرفته می‌شود؛ به عنوان مثال اگر نیم سلول روی به SHE وصل شود، عدد ولت متر ۰/۷۶ خواهد بود و حرکت الکترون به سمت SHE ، در نتیجه:

$$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0/76\ V \quad \text{یا} \quad Zn^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn_{(s)} \quad E^\circ = -0/76\ V$$

ب) اگر حرکت الکترون از SHE به نیم سلول فلزی باشد : E° یون فلزی عددی مثبت در نظر گرفته می‌شود؛ به عنوان مثال اگر نیم سلول مس به SHE وصل شود، عدد ولت متر ۰/۳۴ خواهد بود و حرکت الکترون به سمت الکترود مس :

$$E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0/34\ V \quad \text{یا} \quad Cu^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu_{(s)} \quad E^\circ = +0/34\ V$$

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

نکته ۲ : E° یک گونه در شرایط استاندارد عددی بین ۳+ و ۳- ولت می‌باشد. (تقریبا)

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

Dr. Hasan Palooi

سری الکترو شیمیایی عناصر



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

جدول ۱- پتانسیل کاهشی استاندارد برای برخی نیم‌سلول‌ها

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

اکسنده قوی‌تر

کاهنده قوی‌تر

خود را بیازمایید

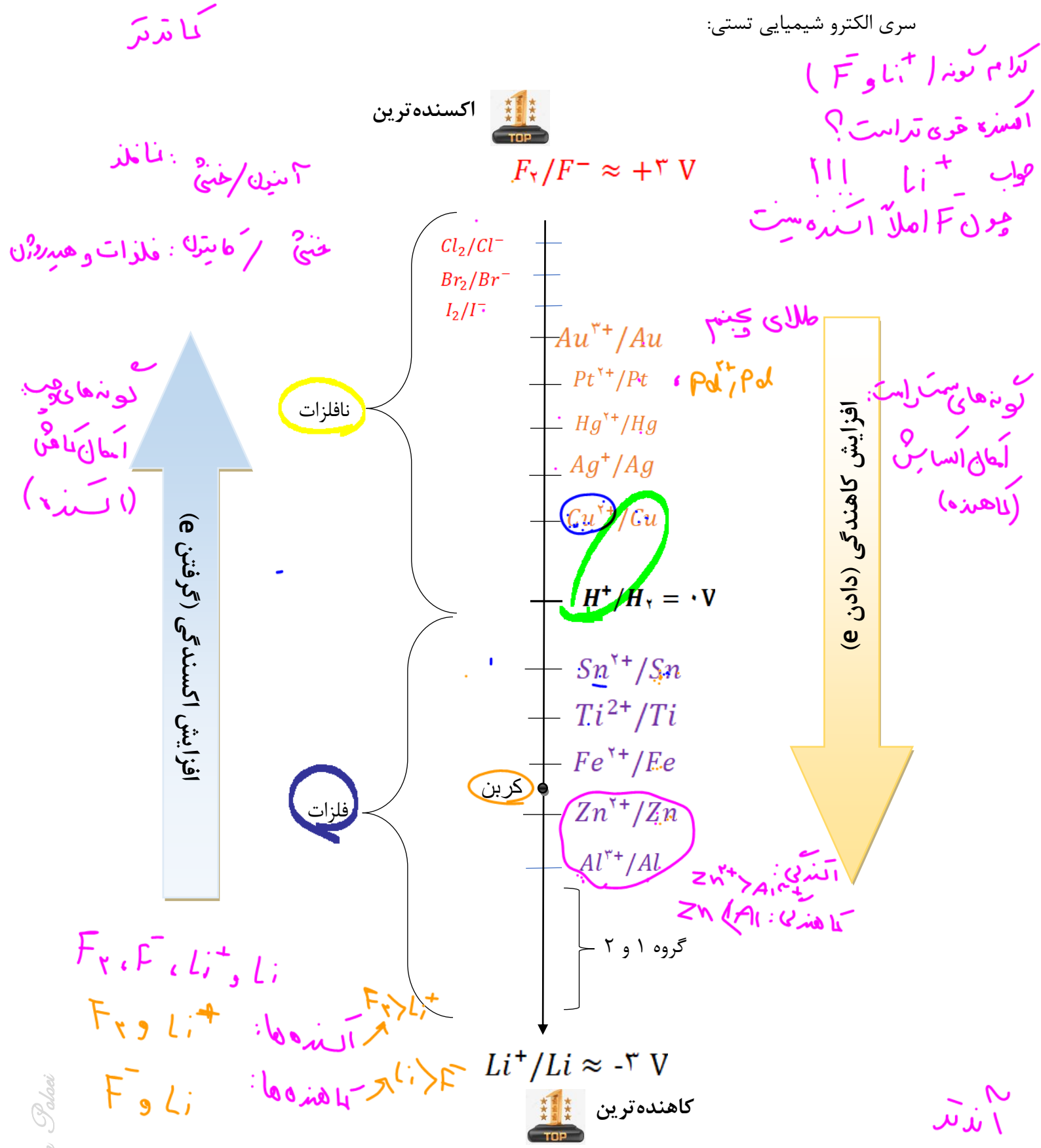
با استفاده از جدول ۱ مشخص کنید در سلول گالوانی ساخته شده از نقره و منیزیم :

آ) کدام الکترود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟

ب) نیم‌واکنش‌های انجام شده را بنویسید و واکنش کلی سلول را به‌دست آورید.

Dr. Hasan Palaei

سری الکترو شیمیایی تستی:



Dr. Hasan Palaei

نکاتی از سری الکتروشیمی

۱- گونه‌ی سمت چپ صرفا تمایل به کاهش دارد. (اکسنده)

۲- گونه ی سمت راست صرفا تمایل به اکسایش دارد. (کاهنده)

۳- در مباحث این فصل نیز فلزات و هیدروژن می‌توانند به شکل مثبت (کاتیون) یا خنثی باشد.

۴- در مباحث این فصل نیز نافلزات می‌توانند به شکل منفی (آنیون) یا خنثی باشد.

۵- نیم واکنش کاهش را به دو حالت نمایش می دهند، به عنوان مثال نیم واکنش و E° یون روی:

$$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0/76\ V \quad \text{یا} \quad Zn^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn_{(s)} \quad E^\circ = -0/76\ V$$

۶- هر چه فلزی پایین‌تر باشد، واکنش پذیری آن بیشتر بوده به عبارتی فعال‌تر و ناپایدارتر است و استخراج آن از طبیعت دشوارتر می‌باشد

۷- هر چه نافلزی بالاتر باشد، واکنش پذیری آن بیشتر است به عبارتی فعال‌تر و ناپایدارتر است و استخراج آن از طبیعت دشوارتر می‌باشد

۸- E° هر گونه را E° نیم سلول گویند. حال چنانچه دو گونه با یکدیگر واکنش دهند، به تفاوت E° آنها، E° سلول یا نیروی الکتروموتوری یا emf یا نیرو محرکه و یا ولتاژ سلول می‌گویند، که از رابطه زیر به دست می‌آید:

نیروی الکتروموتوری (emf) یا E° سلول:

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

۹- E° نیم سلول می تواند مثبت یا منفی باشد اما E° سلول حتما عددی مثبت می باشد.

۱۰- هر چه E° سلول بیشتر باشد سرعت واکنش دوگونه اکسنده و کاهنده بیشتر بوده و اگر واکنش در محلول انجام شود، دمای محلول افزایش بیشتر می‌یابد و چنانچه واکنش دوگونه در یک سلول گالوانی انجام شود، باتری قوی تر ایجاد می‌شود.

Dr. Hasan Palooi

مقایسه قدرت اکسندگی و کاهندگی گونه‌ها



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

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

مثال۱: گونه‌های $Zn, Li^+, Al^{3+}, H_2, H^+, Ag^+, F^-, F_2$ را از نظر قدرت اکسندگی و کاهندگی مرتب کنید:

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

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

مثال۲: با توجه به E° های داده شده ، گونه‌ها را براساس اکسندگی و کاهندگی مرتب کنید؟

$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0/76\ V \qquad E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0/34\ V \qquad E^\circ_{Cl_2/Cl^-} = +1/13\ V$

جواب:

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

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

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

قدرت کاهندگی : $Zn > Cu > Cl^-$

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

$A^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow A \qquad E^\circ = +0/27V$

$B^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow B \qquad E^\circ = -0/34V$

- قدرت کاهندگی A از B بیشتر است. ✗
- قدرت اکسندگی B^{2+} از A^{2+} بیشتر است. ✗
- واکنش $A^{2+} + B \longrightarrow A + B^{2+}$ انجام می‌شود. ✓
- تمایل A^{2+} برای گرفتن الکترون بیشتر از B^{2+} است. ✓
- تمایل A برای گرفتن الکترون بیشتر از B است. ✗

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

Dr. Hasan Palooi

پیوند با ریاضی

۱ـ با مراجعه به جدول ۱، هریک از جاهای خالی را پر کنید.

$E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = +0.34\,V$ $\qquad$ $E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0.76\,V$

۲ـ در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم‌سلول بالا مشخص کنید کدام یک نقش آند و کدام یک نقش کاتد را دارد؟

۳ـ شکل زیر سلول گالوانی استاندارد روی ـ مس را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



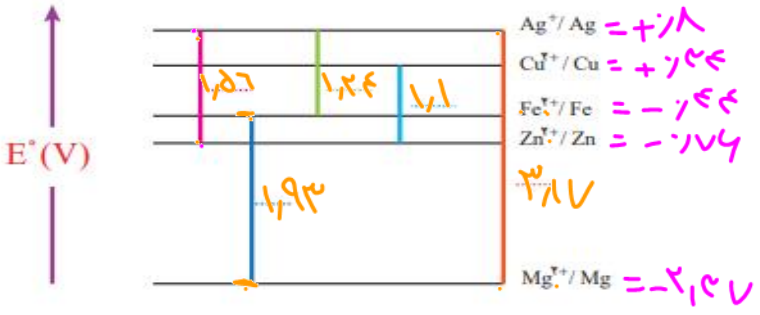
آ) emf این سلول را از روی شکل مشخص کنید.

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

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

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

۴ـ در نمودار زیر هر خط رنگی نشان‌دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می‌دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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

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

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

$$3Mg(s) + 2Au^{3+}(aq) \rightarrow 3Mg^{2+}(aq) + 2Au(s)$$

Dr. Hasan Palvai

نکاتی دیگر از سلول گالوانی

۱- گونه‌ای که E° کمتر دارد، آند و گونه ای که E° بیشتر دارد کاتد است.

۲- حرکت e همواره از آند (گونه‌ای با E° کمتر) به کاتد (گونه‌ای با E° بیشتر) می‌باشد.

۳- اگر قطب‌های هم نام ولت متر به الکترودها وصل باشد، عددی که ولت متر نشان می‌دهد مثبت است (emf) وگرنه عددی منفی است .(قرینه emf) اما در هر حالت emf سلول مثبت در نظر گرفته می شود زیرا نیروی الکتروموتوری یا ولتاژ سلول همواره عددی مثبت است.

۴- در سلول گالوانی به تدریج غلظت کاتیون ها در آند بیشتر شده و E° نیم سلول آندی بیشتر می شود و در نیم سلول کاتدی نیز به تدریج غلظت کاتیون ها کمتر شده و E° نیم سلول کاتدی کاهش می یابد. بنابراین به تدریج emf سلول کم می شود. (باتری ضعیف می شود.)



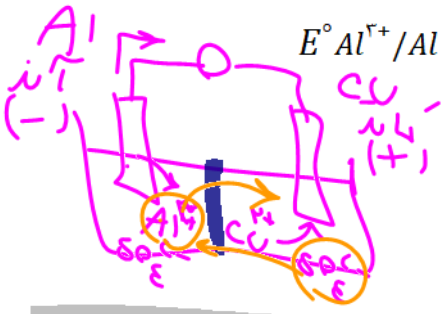
۵- هر اقدامی در جهت روند طبیعی کارکرد طبیعی سلول گالوانی انجام شود, باعث **کاهش** emf می شود.



۶- هر اقدامی در **خلاف** جهت روند طبیعی کارکرد طبیعی سلول گالوانی انجام شود, باعث **افزایش** emf می شود.

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

$E^\circ Al^{3+}/Al = -1.6v$ $\quad$ $E^\circ Cu^{2+}/Cu = +0.34V$



$2Al + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cu$

Dr. Hasan Palvai

تست ۲: اگر در سلول گالوانی روی – هیدروژن، الکترولیت به کار رفته در کاتد شامل ۴ لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۱ مولار باشد، با مبادله ۰/۴ مول الکترون از مدار بیرونی، غلظت الکترولیت کاتدی به چند مول بر لیتر می‌رسد؟

۱) ۰/۸ ۲) ۰/۹ ۳) ۰/۸۵ ۴) ۰/۶

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

۱) ترتیب کاهندگی : $Z > N > M$

۲) ولتاژ سلول $Z-M$ برابر ۲/۱ ولت است.

۳) در سلول $Z-M$ کاتیون‌ها به سمت نیم سلول Z حرکت می‌کنند.

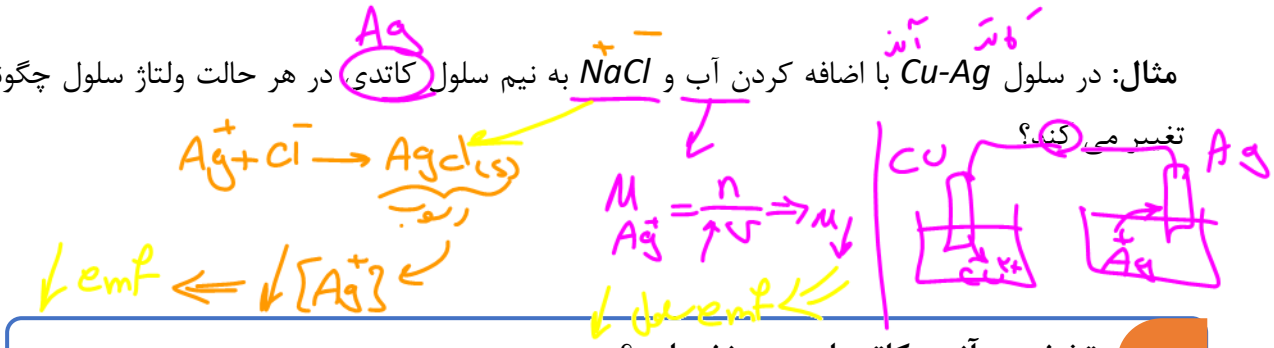
۴) در سلول $Z-M$ آند سریعتر از سلول $Z-N$ کاهش وزن می‌یابد.

مثال ۱: اگر تیغه Mg در محلول نمک آلومنیوم قرار گیرد در اثر عبور $۳/۰۱\times۱۰^{۲۲}$ عدد الکترون، جرم تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ (Mg = 24 , Al = 27)

مثال ۲: در سلول منیزیم – آلومینیوم در اثر عبور $۳/۰۱\times۱۰^{۲۲}$ عدد الکترون از مدار بیرونی ، تفاوت جرم الکترودها چند گرم خواهد شد؟ (جرم اولیه الکترودها برابر است)

Dr. Hasan Palooi

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



تشخیص آند و کاتد با چه سرنخ هایی؟

۱- با توجه به E° های گونه های داده شده

۲- با توجه به سری تستی

۳- با توجه به واکنش کلی داده شده

۴- با توجه به حرکت الکترون از مدار بیرونی

۵- با توجه به حرکت یون‌ها در مدار درونی

۶- با توجه به علامت عدد ولت متر

۷- با توجه به قطبیت الکترودها

۸- با توجه به تغییر جرم الکترودها



تست۱: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

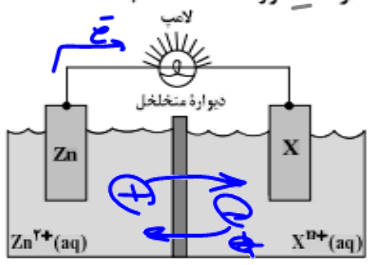
با توجه به شکل داده‌شده که سلول گالوانی استاندارد تشکیل‌شده از دو نیم‌سلول را نشان می‌دهد، کدام مورد، عبارت زیر را از نظر علمی به‌درستی کامل می‌کند؟ ($Zn = 65\ g.mol^{-1}$)

«اگر X الکترود ..... باشد، ..... .»

$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0/76\ V$

$E^\circ(V^{2+}/V) = -1/20\ V$

$E^\circ(Ag^+/Ag) = +0/80\ V$



۱) Ag؛ بهازای مبادلهٔ ۰/۲ مول الکترون، جرم الکترود روی، ۱/۳ گرم کاهش می‌یابد

۲) V؛ جهت حرکت الکترون‌ها با جهت حرکت آنیون‌های نمک محلول وانادیم، همسو است

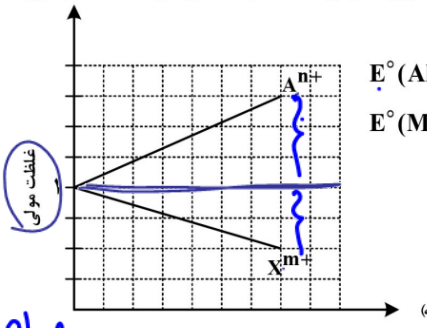
۳) Ag؛ جهت حرکت کاتیون‌های محلول نقره به سمت الکترود روی است

۴) V؛ E° سلول، برابر ۰/۴۴+ ولت و Zn^{2+}، گونهٔ اکسنده است

Dr. Hasan Palooi

تست ۱: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

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



$E^\circ(Al^{3+}/Al) = -1/66\ V$ ، $E^\circ(Cr^{3+}/Cr) = -0/74\ V$

$E^\circ(Mg^{2+}/Mg) = -2/37\ V$ ، $E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0/76\ V$

۱) A و X، می‌توانند به‌ترتیب، کروم و روی باشند و $Cr^{3+}(aq)$، در سلول، نقش اکسنده را دارد.

۲) در این سلول گالوانی، به‌ازای مصرف $0/06$ مول از فلز X، $1/0836\times10^{23}$ الکترون مبادله می‌شود.

۳) نمودار می‌تواند مربوط به سلول گالوانی «منیزیم ـ آلومینیم» باشد، که مقدار m، ۱/۵ برابر مقدار n، است.

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

تست ۲: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

اگر در سلول گالوانی استاندارد تشکیل‌شده از فلز M و فلز مس، به‌ازای مصرف ۲ مول فلز M، $3/612\times10^{24}$ الکترون مبادله شود و نسبت تغییرات جرم تیغهٔ مس به تغییرات جرم تیغهٔ M، برابر ۱/۸۴ باشد، جرم مولی فلز M، به‌تقریب کدام است؟ $(Cu = 64\ g.mol^{-1})$

۱) ۴۵ ۲) ۵۲ ۳) ۷۰ ۴) ۵۹

تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

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

الف: نسبت تغییرات جرم آند به تغییرات جرم کاتد، برابر ۹ است.

ب: اگر غلظت $H^+(aq)$، ۰/۳ مولار کاهش یابد، غلظت $Al^{3+}(aq)$، ۰/۹ مولار افزایش خواهد داشت.

پ: اگر ۰/۵۴ گرم از جرم آند کاسته شود، ۶۷۲ میلی‌لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP، تشکیل شده است.

ت: در نمودار «مول ـ زمان» برای این سلول، شیب تغییر یون شرکت‌کننده در نیم‌واکنش کاتدی، ۳ برابر شیب تغییر یون شرکت‌کننده در نیم‌واکنش آندی است.

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

Dr. Hasan Palaei

پیش بینی انجام پذیری یا انجام ناپذیری یک واکنش



روش۱: یک واکنش شیمیایی در صورتی انجام می‌شود که گونه سمت چپ و بالاتر در مجاورت گونه سمت راست و پایین‌تر قرار گیرد(شیب منفی):

Ag^{+}/Ag

Fe^{2+}/Fe

$Fe + Ag^{+} \rightarrow$ ✓

$Fe^{2+} + Ag \rightarrow$ ✗

روش۲: فرض را بر انجام پذیر بودن واکنش گرفته و کاتد فرضی و آند فرضی را مشخص می کنیم، حال *emf* واکنش را محاسبه کرده، در صورتی که عددی مثبت بود واکنش انجام پذیر، وگرنه انجام ناپذیر است.

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

$E^{\circ}_{Pb^{2+}/Pb} = -0.1 \ V$ $\quad$ $E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34 \ V$

$Cu + Pb^{2+} \rightarrow Cu^{2+} + Pb$

آند فرضی — کاتد فرضی

$emf = -0.1 - (+0.34) = -0.44$ ✗

نکته ۱: طبق توضیحات روش ۱ و ۲، کاتیون فلز بالایی با فلز خنثی پایین‌تر از خود واکنش می‌دهد.

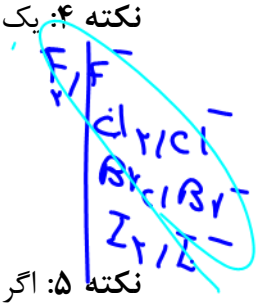
نکته ۲: همه فلزات پایین‌تر از هیدروژن می‌توانند با محلول اسیدها واکنش دهند و گاز H_2 آزاد کنند.

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

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

$Cl_2 + KI \rightarrow KCl + I_2$ انجام پذیر

$Cl_2 + KF \rightarrow KCl + F_2$ انجام ناپذیر



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

Dr. Hasan Palooi

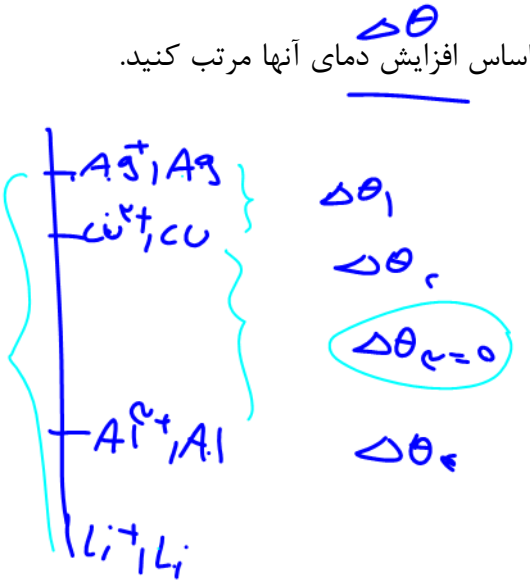
مثال ۱: با توجه به سری الکتروشیمیایی، محلول‌های زیر را بر اساس افزایش دمای آنها مرتب کنید.
(جرم محلول‌ها برابر)

محلول A : محلول آبی رنگ $CuSO_4$ و تیغه آلومینیومی.

محلول B : محلول $AgNO_3$ و تیغه مسی.

محلول C : محلول آبی رنگ $CuSO_4$ و تیغه نقره.

محلول D : محلول $AgNO_3$ و تیغه لیتیم.



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

$A^+ + \bar{e} \rightarrow A \quad E^\circ = +1/2$ $\quad B^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow B \quad E^\circ = +0/8$ $\quad C^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow C \quad E^\circ = -1/4$

الف) $B^{2+} + A \rightarrow B + A^+$ $\quad emf = 0/8 - (1/2) = -0/4$ ✗

ب) $B^{2+} + C \rightarrow B + C^{2+}$ $\quad emf = 0/8 - (-1/4) = +2/2$ ✓

پ) $A^+ + B \rightarrow A + B^{2+}$ $\quad = 0/4$ ✓

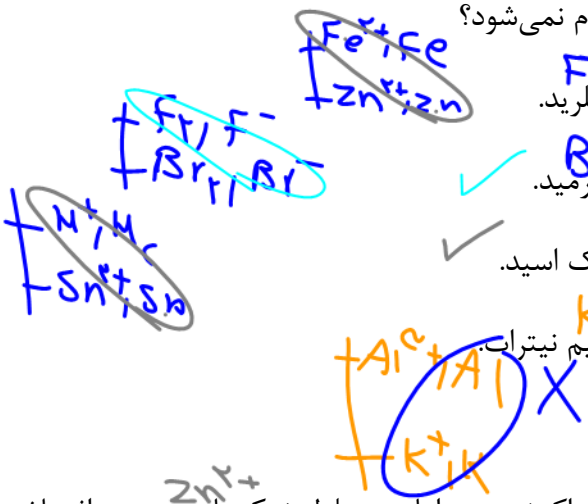
مثال ۳: کدام واکنش خود به خودی انجام نمی‌شود؟

۱) واکنش تیغه روی با محلول آهن II کلرید.

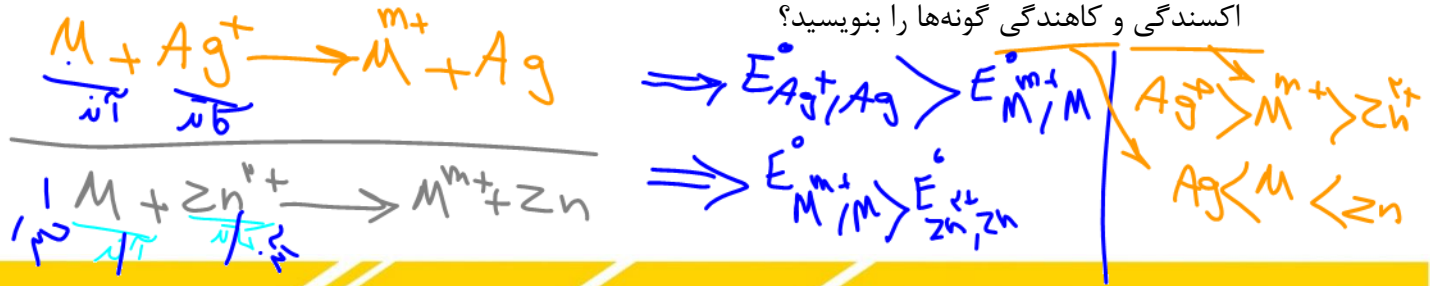
۲) واکنش گاز فلوئورید با محلول سدیم برمید.

۳) واکنش تیغه قلع با محلول هیدروکلریک اسید.

۴) واکنش تیغه آلومینیوم با محلول پتاسیم نیترات.



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



Dr. Hasan Palooi

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

$Ag^{+} + Pb \longrightarrow Ag + Pb^{2+}$ $\quad$ $Pb^{2+} + Fe \longrightarrow$ انجام ناپذیر

الف) قوی‌ترین اکسنده: $\quad$ ب) ضعیف‌ترین اکسنده: $\quad$ پ) قوی‌ترین کاهنده: $\quad$ ت) ضعیف‌ترین کاهنده:

ج) سریعترین واکنش بین دو گونه: $\quad$ د) کمترین نیروی الکتروموتوری سلول:

تست ۱: اگر تیغه‌ای از جنس سرب را در محلول آبی رنگ Cu^{2+} قرار دهیم، رنگ آبی محلول کم رنگ می‌شود، با توجه به E° یون مس چند مورد از مطالب زیر درست است؟ $E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} = +0/34$ V

- واکنش انجام شده به شکل $Cu^{2+} + Pb \longrightarrow Cu + Pb^{2+}$ می‌باشد.
- Pb کاهنده ضعیف‌تری از Cu می‌باشد
- Pb^{2+} اکسنده ضعیف‌تری از Cu^{2+} می‌باشد.
- E° یون Pb^{2+} عددی بین صفر و $+0/34$ می‌باشد.
- به تدریج آلیاژی از سرب و مس ایجاد می‌شود.

۱) ۱ $\quad$ ۲) ۲ $\quad$ ۳) ۳ $\quad$ ۴) ۴

تست ۲: با توجه به واکنش‌های زیر اگر E° واکنش (I) به اندازه ۰/۱ ولت بیشتر از E° واکنش (II) بوده و E° گونه‌های A^{+} و B^{2+} به ترتیب ۰/۳ و ۰/۵- ولت باشد، پتانسیل کاهش گونه x^{2+} چند ولت است؟

$I)\ 2A^{+} + x \longrightarrow 2A + x^{2+}$ $\quad$ $II)\ x^{2+} + B \longrightarrow x + B^{2+}$

۱) ۰/۰۵- $\quad$ ۲) ۰/۱۵- $\quad$ ۳) ۰/۴۵- $\quad$ ۴) ۰/۳۵-

تست ۳: اگر با قرار دادن تیغه روی در محلول یون Cu^{2+} بعد از مدتی ۰/۰۵ مول الکترون مبادله شود، جرم تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ $(Zn = 65, Cu=64)$

$Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

۱) ۰/۰۲۵ گرم افزایش $\quad$ ۲) ۰/۰۲۵ گرم کاهش $\quad$ ۳) ۰/۵ گرم افزایش $\quad$ ۴) ۰/۵ گرم کاهش

Dr. Hasan Palooi

تست ۴: با قرار دادن تیغه روی در محلول اسید به ازای مبادله $۳/۰۱\times۱۰^{۲۲}$ الکترون، چند میلی لیتر گاز در شرایطی که چگالی گاز اکسیژن $۱/۲۸ g.L^{-۱}$ است تولید می‌شود؟ $(H = ۱, O=۱۶)$

۱) ۳۹ ۲) ۱۲۵ ۳) ۶۲۵ ۴) ۱۲۵۰

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

$$MnO_۴^- + H_۲C_۲O_۴ + H^+ \longrightarrow MnO_۲ + H_۲O + CO_۲$$

۱) انجام این واکنش باعث کاهش PH محلول می‌شود.
۲) هر اتم منگنز در این واکنش ۳ درجه کاهش می‌یابد.
۳) اتم‌های اکسیژن نقش اکسنده دارند.
۴) با مصرف ۰/۱ مول $H_۲C_۲O_۴$، ۰/۱ مول الکترون مبادله می‌شود.

تست ۶: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول‌های داده شده، کدام مورد درست است؟

$$E^\circ(Fe^{۲+}/Fe) = -۰/۴۱ V \quad , \quad E^\circ(Fe^{۳+}/Fe^{۲+}) = +۰/۷۷ V \quad , \quad E^\circ(Br_۲/۲Br^-) = +۱/۰۹ V$$
$$E^\circ(Fe^{۳+}/Fe) = -۰/۰۴ V \quad , \quad E^\circ(Cl_۲/۲Cl^-) = +۱/۳۵ V \quad , \quad E^\circ(I_۲/۲I^-) = +۰/۵۴ V$$

۱) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش: $Fe^{۳+}(aq) + Fe(s) \rightarrow Fe^{۲+}(aq)$، پس از موازنهٔ معادلهٔ آن برابر ۶ است و به‌طور طبیعی انجام می‌شود.

۲) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش: $Fe^{۲+}(aq) + I_۲(s) \rightarrow FeI_۲(aq)$، پس از موازنهٔ معادلهٔ آن، برابر ۷ است و به‌طور طبیعی انجام می‌شود.

۳) ید، برم و محلول آهن (II) کلرید را می‌توان در ظرفی از جنس آهن نگهداری کرد.

۴) قدرت کاهندگی یون یدید، کمتر از قدرت کاهندگی فلز آهن و یون برمید است.

تست ۷: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

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

$$E^\circ(Cl_۲/۲Cl^-) = +۱/۳۶ V \quad , \quad E^\circ(Sn^{۴+}/Sn^{۲+}) = +۰/۱۵ V \quad , \quad E^\circ(Cu^+/Cu) = +۰/۵۲ V$$

۱) $Cl^-(aq)$، کاهنده‌ای قوی‌تر از $Sn^{۲+}(aq)$ و $Cu^+(aq)$، اکسنده‌ای قوی‌تر از $Sn^{۴+}(aq)$ است.

۲) $Sn^{۴+}(aq)$ می‌تواند $Cu(s)$ را در شرایط مناسب اکسید و انرژی تولید کند.

۳) اگر فلز X با $Sn^{۴+}(aq)$ به طور طبیعی واکنش دهد، به یقین فلز X، با گاز کلر نیز واکنش می‌دهد.

۴) واکنش: $۲Cu^+(aq) + ۲Cl^-(aq) \rightarrow ۲Cu(s) + Cl_۲(g)$، به‌طور طبیعی انجام می‌شود.

تست ۸: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول‌های زیر، کدام واکنش در جهت طبیعی انجام نمی‌شود؟

$$E^\circ(V^{۲+}/V) = -۱/۲۰ V \quad , \quad E^\circ(V^{۳+}/V^{۲+}) = -۰/۲۶ V$$
$$E^\circ(Mn^{۲+}/Mn) = -۱/۱۸ V \quad , \quad E^\circ(Fe^{۳+}/Fe) - -۰/۰۴ V$$

۱) $V(s) + Fe^{۳+}(aq) \rightarrow V^{۲+}(aq) + Fe(s)$
۲) $Mn(s) + Fe^{۳+}(aq) \rightarrow Mn^{۲+}(aq) + Fe(s)$
۳) $Mn(s) + V^{۳+}(aq) \rightarrow V^{۲+}(aq) + Mn^{۲+}(aq)$
۴) $V^{۳+}(aq) + Fe(s) \rightarrow V^{۲+}(aq) + Fe^{۳+}(aq)$

Dr. Hasan Palooi

باتری لیتیم دار



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

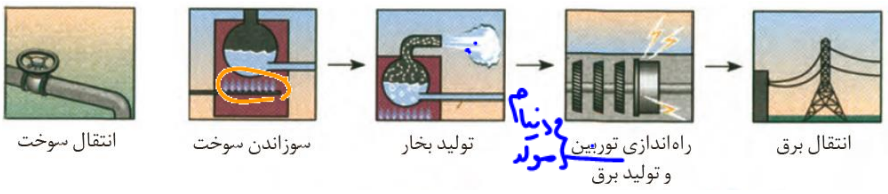
۲- باتری‌های دکمه‌ای و نیز باتری‌های قابل شارژ (رایانه و تلفن) از جمله باتری‌های لیتیم دار هستند.

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

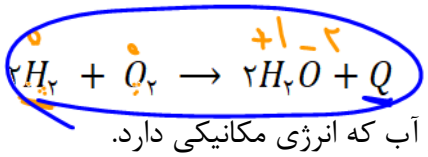
باتری سوختی

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

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



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



مرحله ۱: انتقال سوخت به نیروگاه حرارتی.

مرحله ۲: سوزاندن سوخت وتولید گرما:

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

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

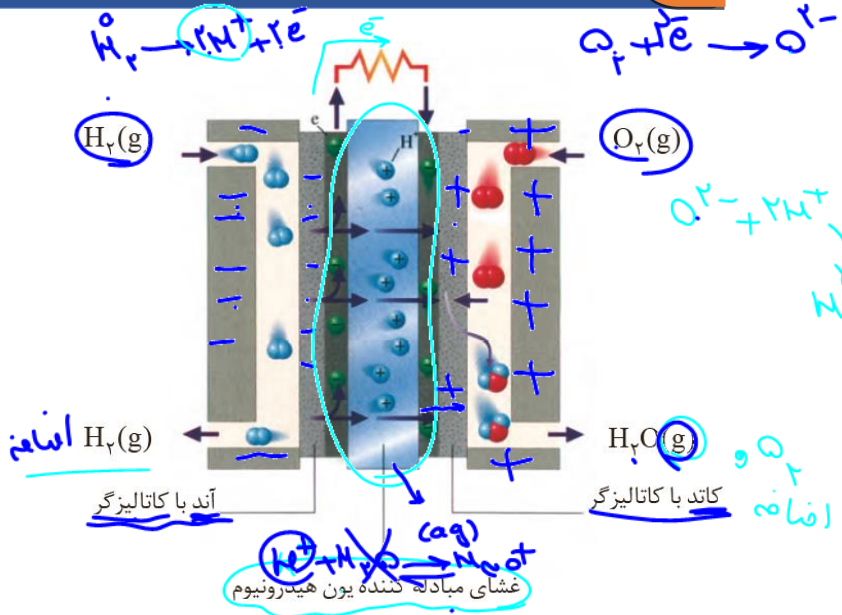
مرحله ۵: انتقال برق تولیدی به مراکز مصرف.

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

Dr. Hasan Palooi

سلول‌های سوختی هیدروژن – اکسیژن





بازده پایین و هزینه زیاد تولید برق در موتورهای درون سوز، شیمی دان‌ها را بر ان داشت تا سلولی طراحی کنند که در آن از اکسایش آهسته سوختی مانند هیدروژن توسط اکسیژن، به طور مستقیم انرژی الکتریکی تولید می‌شود. یکی از این سلول‌های سوختی، سلول $H_2 - O_2$ می‌باشد.

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

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

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$$

۳- واکنش کلی انجام شده :

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

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

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

$$H_2(g) \longrightarrow 2H^+(aq) + 2\bar{e} \qquad E^\circ = 0 \text{ V}$$

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

$$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4\bar{e} \longrightarrow 2H_2O(g) \qquad E^\circ = 1/2 \text{ V}$$

۸- نیروی الکترو موتوری این سلول (نظری) :

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

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

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

Dr. Hasan Palooi

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

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

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

۱- نوعی سلول گالوانی است که در آن از سوختن سریع H_2 یا CH_4 به طور مستقیم برق تولید می‌شود.

۲- آند و کاتد آن نقش کاتالیزگر را نیز داشته و جرم آنها به ترتیب کم و زیاد می‌شود.

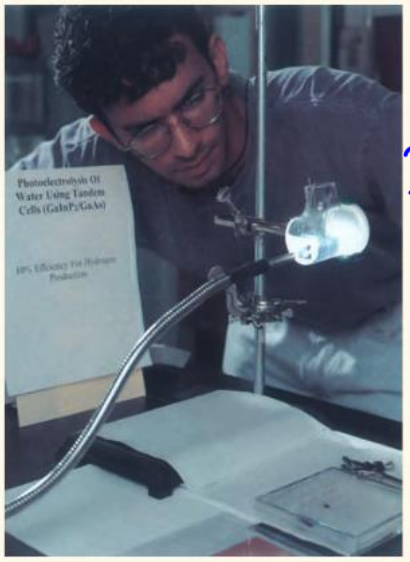
۳- غشا مبادله کننده پروتون نقش دیواره متخلخل را دارا است ولی فقط در آن کاتیون حرکت می‌کند.

۴- نسبت به موتورهای درون سوز بازده بیشتری داشته و آلاینده محیط زیست نیستند.

تست ۲: اگر در سلول سوختی به جای هیدروژن از سوخت ارزان‌تر و کم خطر تر متان استفاده شود، برای عبور همان شمار الکترون ناشی از مصرف ۱ مول هیدروژن از مدار بیرونی، چند گرم متان مصرف می‌شود؟$(C = ۱۲, H=۱)$

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۳۲

سلول فوتو الکتروشیمیایی



شیمی‌دان‌ها در برخی سلول‌های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش ـ کاهش از نور بهره می‌برند و آنها را سلول نور الکتروشیمیایی می‌نامند. در نمونه‌ای از آنها که برای تهیه گاز هیدروژن از آب به کار می‌رود، با توجه به نیم‌واکنش‌های زیر:

$SiO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e \rightarrow Si(s) + 2H_2O(l)$ ، $E^\circ = -0/84V$

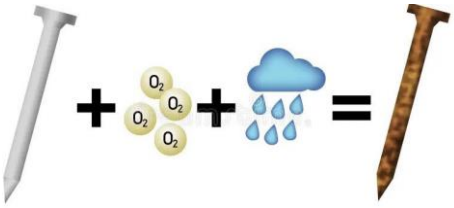
$2H_2O(l) + 2e \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$ ، $E^\circ = -0/83V$

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

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

Dr. Hasan Palaei

اکسایش و خوردگی فلزات



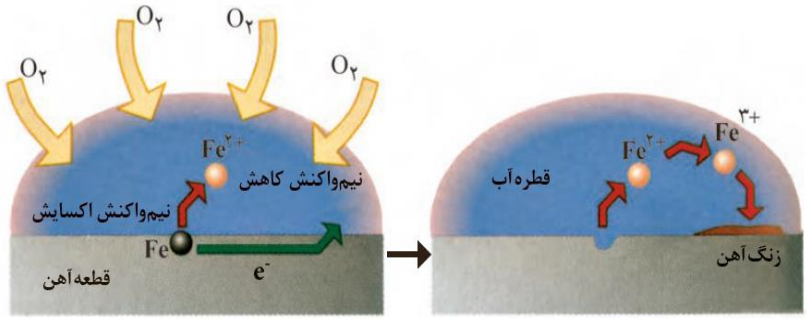
اکسایش فلزات : غیر از فلزات نجیب (طلا، پلاتین و پالادیوم) که حتی در محیط اسیدی هم اکسایش نمی‌یابند، مابقی فلزات با اکسیژن(به دلیل مثبت بودن زیاد E° اکسیژن) واکنش داده و اکسایش می‌یابند.

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

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

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

زنگ زدن و خوردگی آهن



۱- برای اکسایش و خوردگی فلزات از جمله آهن وجود اکسیژن و آب الزامی است.

۲- در جائیکه غلظت اکسیژن محلول در آب کمتر است آهن اکسایش یافته و به شکل $Fe^{۲+}$ وارد آب شده و الکترون آن از طریق ورقه‌های آهنی به جائیکه غلظت اکسیژن در آب بیشتر است حرکت می‌کند:

نیم واکنش آندی: $Fe(s) \longrightarrow Fe^{۲+}(aq) + ۲\bar{e}$

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

نیم واکنش کاتدی: $O_۲(g) + ۲H_۲O(L) + ۴\bar{e} \longrightarrow ۴OH^-(aq)$

۴- یون $Fe^{۲+}$ موجود در قطره آب مجدد اکسایش یافته و به $Fe^{۳+}$ تبدیل شده و با OH^- تولید شده در محل کاتدی، تولید رسوب $Fe(oH)_۳$ می‌کند.

۵- واکنش کلی اکسایش آهن: $۴Fe(s) + ۶H_۲O(L) + ۳O_۲(g) \longrightarrow ۴\,Fe(OH)_۳(s)$

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

Dr. Hasan Palooi

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

با هم بیندیشیم

با توجه به نیم واکنش‌های زیر توضیح دهید چرا :

$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e \longrightarrow 2H_2O(l)$ $\quad E^\circ = +1/23\ V$

$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e \longrightarrow 4OH^-(aq)$ $\quad E^\circ = +0/40\ V$

$Au^{3+}(aq) + 3e \longrightarrow Au(s)$ $\quad E^\circ = +1/50\ V$

$Fe^{2+}(aq) + 2e \longrightarrow Fe(s)$ $\quad E^\circ = -0/44\ V$

آ) خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد؟

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

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

فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

حفاظت کاتدی

تعریف: برای جلوگیری از خوردگی فلز، می‌توان آن را به فلزی که E° کمتر (کاهنده‌تر) دارد متصل کرد. در اینصورت فلزی که E° کمتر دارد اکسید شده و فلز مورد نظر که E° بیشتری دارد حفاظت کاتدی شده و از خوردگی مصون می‌ماند.

- برای حفاظت کاتدی لوله‌های نفتی یا دیگر سازه‌های آهنی، می‌توان از فلزی مانند منیزیم یا روی و .... استفاده کرد. البته بعد از مدتی فلزی که نقش آند را دارد اکسایش و مصرف می شود و باید به شکل دوره‌ای آن را تعویض کرد



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

Dr. Hasan Palooi

آهن سفید یا گالوانیزه

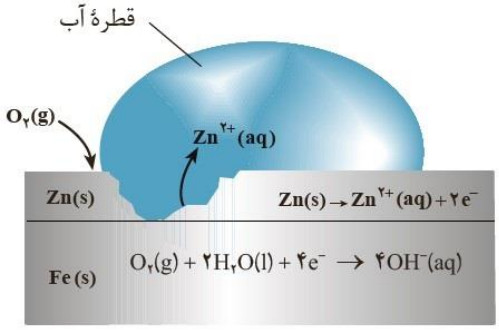

تانکر آب ساخته شده از آهن سفید.

۱- به ورقه‌های آهنی که با فلز روی پوشیده شده‌اند، آهن سفید یا گالوانیزه گویند.

۲- از این ورقه‌ها برای ساخت تانکر آب، کانال کولر و ..... استفاده می‌شود.

۳- با ایجاد روکش از جنس روی در آهن سفید، از دو روش ایجاد روکش و حفاظت کاتدی برای جلوگیری از خوردگی آهن استفاده می‌شود.

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



رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

۵- نیم واکنش آندی:

$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e}$$

۶- نیم واکنش کاتدی:

$$O_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} + 4\bar{e} \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$$

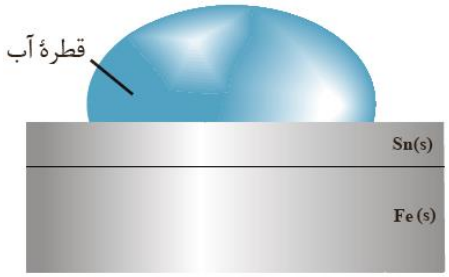
حلبی



۱- به ورقه‌های آهنی که با فلز قلع پوشیده شده است، حلبی گویند.

۲- از این ورقه‌ها برای ساخت قوطی کنسرو و روغن نباتی استفاده می‌شود.

۳- در اثر ایجاد خراش در سطح حلبی، فلز آهن که E° کمتری از قلع دارد اکسیده شده و در حقیقت قلع حفاظت کاتدی می‌شود. برای همین در هنگام بسته بندی کنسروها باید دقت کرد تا خراشی به روی بدنه قوطی‌ها ایجاد نشود.



۴- نیم واکنش آندی:

$$Fe_{(S)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e}$$

۵- نیم واکنش کاتدی:

$$O_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} + 4\bar{e} \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$$

Dr. Hasan Palooi

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

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

تست۱: کدام گزینه در مورد خوردگی فلزات نادرست است؟

۱- آب نقش واکنش دهنده دارد.

۲- در خوردگی آهن, در محل آندی ورقه‌های آهنی کاهش جرم و در محل کاتدی افزایش جرم می‌یابد.

۳- فلزاتی مانند طلا، پلاتین اکسید می‌شوند اما خوردگی نمی‌یابند.

۴- فلزاتی مانند روی ، قلع و آلومینیوم در مقابل خوردگی مقاوم هستند, هرچند اکسید می شوند.

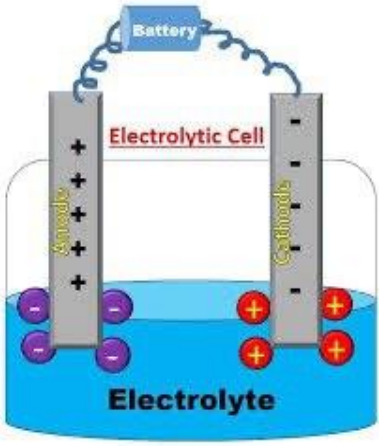
تست۲: چه تعداد از مطالب زیر درست است؟

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

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

Dr. Hasan Palooi

سلول‌های الکترولیتی



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

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

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

اجزای سلول الکترولیتی: ۱) سلول گالوانی ۲) الکترود ۳) الکترولیت

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

نکته۲: در سلول‌های الکترولیتی جرم کاتد واند تغییر نمی‌کند غیر از سلول آیکاری که جرم کاتد افزایش جرم وآند کاهش جرم می‌یابد و سلول هال که آند کاهش جرم می‌یابد.

نکته۳: در سلول‌های الکترولیتی جنس کاتد وآند از جنس گونه کاهش یابنده و اکسید شونده نیست و بهتر است از جنس گرافیت باشد. غیر از سلول آبکاری

نکته۴: در سلول‌های الکترولیتی همانند سلول گالوانی در کاتد عمل کاهش و در آند عمل افزایش انجام می شود، اما قطبیت الکترودها برعکس است.

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

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

۲- سلول برقکافت آب: برای تولید گاز H_2

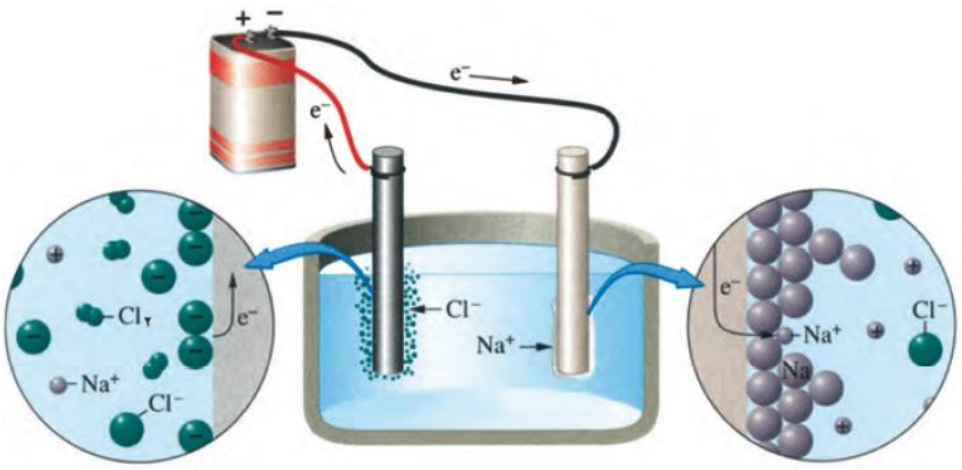
۳- سلول برقکافت $MgCl_2$ مذاب: برای تولید Mg

۴- سلول آبکاری

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

Dr. Hasan Palooi

برقکافت سدیم کلرید مذاب



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

۲- نیم واکنش کاتدی:

$$2Na^{+}_{(l)} + e \longrightarrow 2Na_{(l)}$$

۳- نیم واکنش آندی:

$$2Cl^{-}_{(l)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e$$

۴- واکنش کلی:

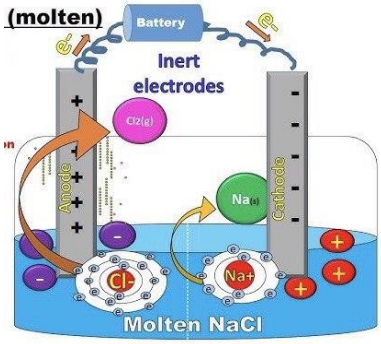
$$2Na^{+}_{(l)} + 2Cl^{-}_{(l)} \longrightarrow 2Na_{(l)} + Cl_{2(g)}$$

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

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

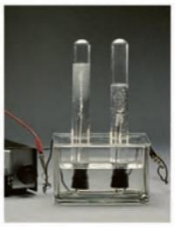
۷- اگر از محلول آبی سدیم کلرید استفاده شود، در رقابت کاتدی به جای یون $Na+$ یون $H+$ (آب) برنده شده و گاز H_2 تولید می‌شود نه Na (در نتیجه برای تولید فلز سدیم اجبارا از برقکافت سدیم کلرید مذاب استفاده می شود نه محلول آبی آن).

۸- علاوه‌بر سدیم، مابقی فلزات فعال مانند گروه ۱و۲و آلومینیوم نیز کاهنده‌ی قوی بوده و اجبارن برای تولید آنها نیز باید برقکافت نمک **مذاب** آنها انجام شود.



Dr. Hasan Palooi

برقکافت آب





تجزیه آب به گازهای هیدروژن و اکسیژن با مصرف انرژی الکتریکی

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

۲- نیم واکنش کاتدی:

$2\ H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2\ OH^-$

محیط اطراف کاتد بازی می‌شود.

۳- نیم واکنش آندی:

$2\ H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$

محیط اطراف آند اسیدی می‌شود.

۴- واکنش کلی:

$2\ H_2O_{(l)} \rightarrow 2\ H_{2(g)} + O_{2(g)}$

PH در کل ۷ خواهد بود.

۵- از این روش برای تولید گاز هیدروژن استفاده می‌شود.

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

تست۱: در برقکافت آب در اثر تولید۶,۷۲ لیتر گاز چند مول الکترون در مدار بیرونی مبادله می‌شود؟

۱- ۰,۲ ۲- ۰,۴ ۳- ۰,۶ ۴- ۰,۸

تست۲: در سلول دانز اگر ۴۶ گرم فراورده در کاتد تولید شود، چند عدد الکترون از سلول گالوانی خارج می شود؟(Na=23cl=35.5)

۱) 1.2×10^{24} ۲) 3.01×10^{23} ۳) 6.02×10^{23} ۴) 6.2×10^{24}

تست۳: کدام عبارت درست می‌باشد؟

۱- واکنش برقکافت آب و واکنش انجام شده در سلول سوختی, عکس یکدیگرند و هر دوemf مثبت دارند

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

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

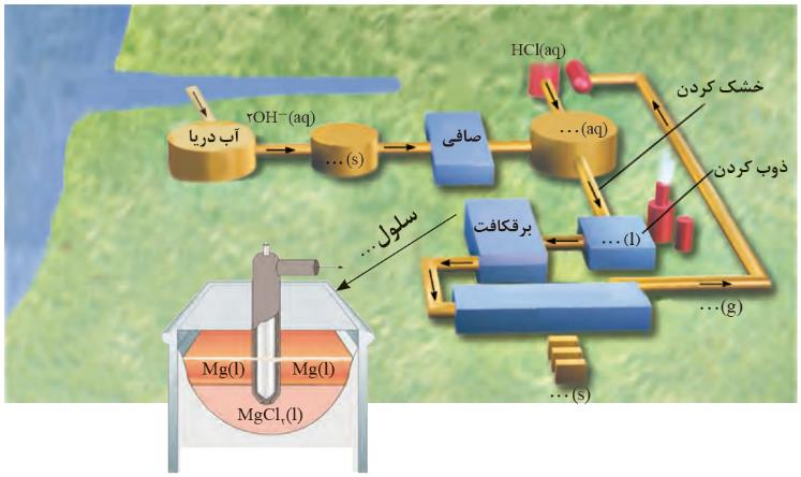
۴- حجم گاز تولیدی در تجزیه آب، در کاتد نصف حجم گاز تولیدی در آند است.

Dr. Hasan Palooi

برقکافت منیزیم کلرید مذاب

برای تولید فلز منیزیم ابتدا باید یون منیزیم موجود در آب دریا را به شکل MgCl2 در آورد و سپس این نمک را به شکل مذاب برقکافت کرد.

مراحل تولید منیزیم کلرید از آب دریا:



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

$$Mg^{2+}_{(aq)}+2OH^{-}_{(aq)}\rightarrow Mg(OH)_{2(s)}$$

۲- عبور از صافی برای جداسازی ناخالصی‌ها

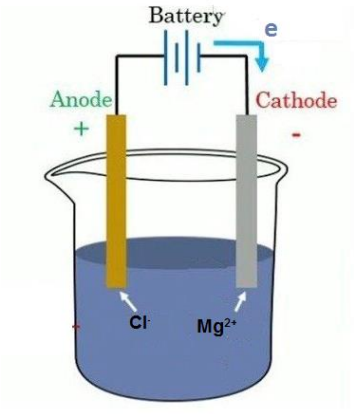
۳- واکنش منیزیم هیدروکسید با هیدروکلریک اسید و تولید منیزیم کلرید محلول:

$$Mg(OH)_{2(s)}+2HCl_{(aq)}\dashrightarrow MgCl_{2(aq)}+2H_2O_{(l)}$$

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

۵-برقکافت منیزیم کلرید مذاب و تولید فلز منیزیم

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



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

۲- نیم واکنش کاتدی: $Mg^{2+}_{(l)} + 2e \rightarrow Mg_{(l)}$

۳-نیم واکنش آندی: $2Cl^{-}_{(l)}\rightarrow Cl_{2(g)}+2e$

۴- واکنش کلی: $MgCl_{2(l)} \rightarrow Mg_{(l)} + Cl_{2(g)}$

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

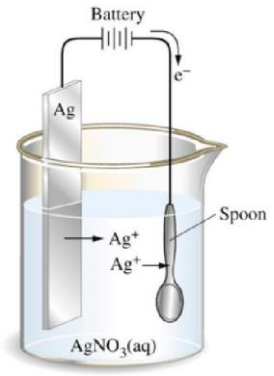
۶- در برقکافت $MgCl_2$ مذاب نیز همانند برقکافت NaCl مذاب و آب، فلز منیزیم مذاب بر روی الکترولید جمع آوری می‌شود.

Dr. Hasan Palooi

سلول الکترولیتی آبکاری







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

۱- وسایل آشپزخانه، شیرآلات، دستگیره درب و غیره که فلز اصلی آنها آهن یا مس می‌باشد، خوردگی می یابند که هم سبب ازبین رفتن زیبایی آن ها می شود و هم به سلامت آسیب می رساند درنتیجه توسط فلزاتی مانند نقره کروم نیکل روی و قلع پوشانده می‌شوند.

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

۳- فلزی که قرار است لایه نازک را ایجاد کند (فلز پوشاننده) به عنوان آند (قطب مثبت) قرار می‌دهند و نیم واکنش اکسایش انجام شده و به شکل کاتیون وارد محلول می‌شود (جرم آند کم می‌شود):

$$M_{(S)} \rightarrow M^{n+}_{(aq)} + ne^-$$

۴- جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می‌شود را به عنوان کاتد (قطب منفی) قرار می‌دهند و کانیون محلول به سمت آن آمده و عمل کاهش روی آن ایجاد می‌شود و بر روی جسم متصل می‌شود (جرم کاتد زیاد می‌شود):

$$M^{n+}_{(aq)} + ne^- \rightarrow M_{(S)}$$

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

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

$$M^{n+}_{(aq)} + ne^- \rightarrow M_{(S)}$$

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

۱- جنس فلز آند

۲- جنس محلول الکترولید

۳- نیم واکنش آندی

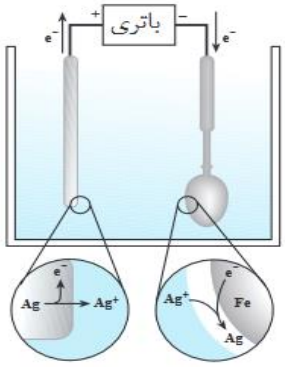
۴- نیم واکنش کاتدی

Dr. Hasan Palooi

خود را بیازمایید

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





آ) قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟

ب) نیم واکنش کاتدی را بنویسید.

پ) چرا الکترولیت را محلولی از نمک نقره انتخاب کرده‌اند؟

خود را بیازمایید

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



Dr. Hasan Palaei

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

تست۱: اگر در فرایند آبکاری یک جسم مسی توسط نقره، تغییر جرم جسم مورد نظر۲,۱۶ گرم باشد، چند الکترون در مدار خارجی این سلول بین تیغه‌های آندی و کاتدی مبادله شده است؟ (Ag=108) (بازده ۵۰ درصد)

۱- $۱,۲\times۱۰^{۲۳}$ ۲- $۱,۲\times۱۰^{۲۲}$ ۳- $۲,۴\times۱۰^{۲۳}$ ۴- $۲,۴\times۱۰^{۲۲}$

تست۲: در آبکاری یک کلید آهنی توسط نیکل، کدام گزینه نادرست است؟

۱- کلید به قطب منفی وصل شده و نقش کاتد را خواهد داشت و به تدریج به جرم آن افزوده می‌شود

۲- قطعه ای فلز نیکل به قطب مثبت وصل شده و آند بوده و به تدریج کاهش جرم خواهد داشت

۳- نیم واکنش آندی و کاتدی عکس هم بوده گونه کاهنده و اکسنده نیکل و یون نیکل می‌باشد

۴- الکترولیت نمک آهن در محلول آبی آن می‌باشد.

تست۳: چه تعداد از مطالب در برقکافت منیزیم کلرید مذاب و سدیم کلرید مذاب مشابهت وجود دارد؟

*نیم واکنش آند *نیم واکنش کاتدی *تغییر جرم آند *مقدار افزایش جرم کاتد *علامت emf

۱- ۱ ۲- ۲ ۳-۳ ۴-۴

تست ۴: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

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

$(H=۱ ،Mg=۲۴ : g.mol^{-۱})$

$MgCl_۲(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_۲(g)$

۱) ۲۵/۰ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۱/۲۵

Dr. Hasan Palooi

برقکافت آلومینیوم اکسید مذاب (سلول هال)

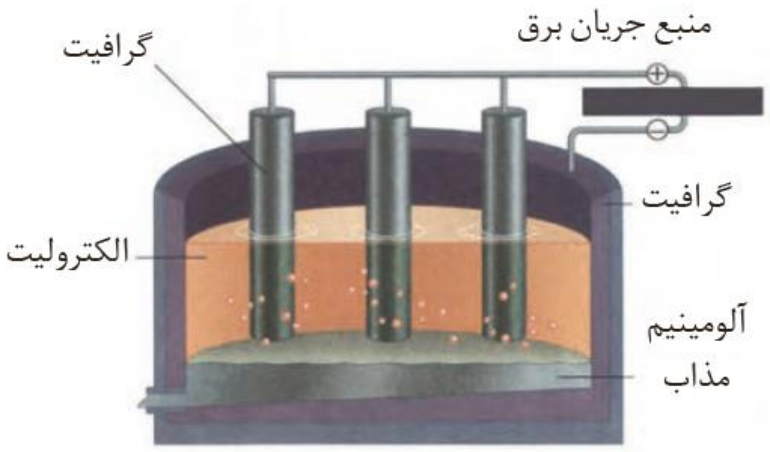
- فلز آلومینیوم را از برقکافت آلومینیوم اکسید مذاب تولید می‌کنند.

۲- فلزاتی مانند آلومینیوم با اینکه به سرعت در هوا اکسید می‌شوند اما به دلیل لایه چسبنده و متراکم Al_2O_3 ، از ادامه اکسایش لایه زیرین جلوگیری می‌شود و استحکام ورقه آلومینیوم حفظ می‌شود. در نتیجه آلومینیوم فلزی مناسب برای ساخت لوازم خانگی، هواپیما و کشتی و غیره می‌باشد.

۳- آلومینیوم نیز همانند دیگر فلزات فعال در طبیعت به شکل ترکیب و به خصوص ترکیب با اکسیژن (Al_2O_3) وجود دارد. بوکسیت، سنگ معدن آلومینیوم یعنی Al_2O_3 ناخالص می‌باشد.

۴- برای تولید آلومینیوم عنصری، Al_2O_3 مذاب را در سلول الکترولیتی به نام "هال" برقکافت می‌کنند.

فرآیند هال



۱- الکترولیت آلومینیوم اکسید مذاب می‌باشد.

۲- دیواره و کف سلول هال از جنس گرافیت بوده و به قطب منفی متصل بوده است و یون $Al^{3+}_{(l)}$ کاهیده شده و فلز آلومینیوم مذاب تولید می‌شود.

نیم واکنش کاتدی: $Al^{3+}_{(l)} + 3\,e^- \rightarrow Al_{(l)}$

۳- آند به شکل استوانه‌های گرافیتی است که به قطب مثبت متصل بوده یون $O^{2-}_{(l)}$ در آن اکسایش می‌یابد:

نیم واکنش آندی: $2O^{2-}_{(l)} \rightarrow O_{2(g)}+4e^-$

۴- گاز اکسیژن تولیدی به محض تولید با کربن آند واکنش داده $C_{(s)}+O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ و CO_2 تولید می‌شود (وزن آند کم می‌شود)

۵- واکنش کلی: $3C_{(s)}+2Al_2O_{3(l)} \rightarrow 4Al_{(l)}+3CO_{2(g)}$

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

Dr. Hasan Palooi

تست۱: کدام مورد درباره سلول هال درست است؟

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

تست۲: در شرایط یکسان به ازای مبادله شدن تعداد الکترون برابر، حجم گاز تولیدی در برقکافت سدیم کلرید مذاب، چند برابر حجم گاز تولیدی در فرایند هال است؟

۱- ۱ ۲- ۰,۵ ۳- ۰,۲۵ ۴- ۲

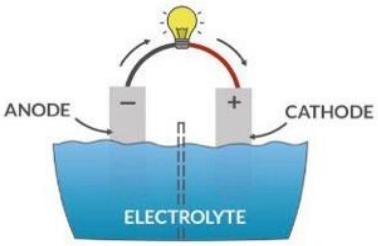
تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

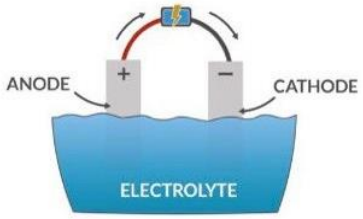
کدام مورد، نادرست است؟

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

Dr. Hasan Palooi

مقایسه سلول گالوانی و الکترولیتی





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

Dr. Hasan Palooi

تمرین‌های دوره‌ای

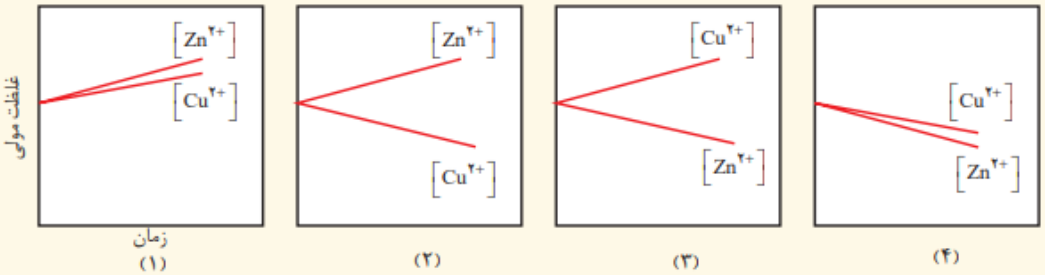
۱ـ برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

آ) فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.

ب) فلوئور، اکسنده‌ترین عنصر در جدول دوره‌ای است.

پ) عدد اکسایش اکسیژن در OF_2 برابر با ۲+ است.

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



۳ـ emf سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با ۱/۹۸ V است. E° نیم سلول A را حساب کرده و با مراجعه به جدول ۱، مشخص کنید A کدام فلز است؟

$$A(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow A^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

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

آ) $\overset{*}{S}O_4^{2-}$

ب) $H-\overset{H}{\underset{*}{C}}=\overset{H}{C}-H$

پ) $H-\overset{H}{\underset{H}{\overset{|}{\underset{*}{C}}}}-\overset{H}{\underset{H}{\overset{|}{C}}}-O-H$

۵ ـ در هر یک از واکنش‌های زیر گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

آ) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$

ب) $Cl_2(g) + 2KI(aq) \rightarrow I_2(s) + 2KCl(aq)$

پ) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

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

$$Zn(s) + Ag_2O(s) \rightarrow ZnO(s) + 2Ag(s)$$

آ) گونه‌های اکسنده و کاهنده را در آن مشخص کنید.

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

Dr. Hasan Palaei

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

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ(V)$
$A^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow A(s)$	+۱/۳۳
$B^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow B(s)$	+۰/۸۷
$C^{3+}(aq) + e^{-} \rightarrow C^{2+}(aq)$	−۰/۱۲
$D^{3+}(aq) + 3e^{-} \rightarrow D(s)$	−۱/۵۹

آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسنده است؟

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهنده است؟

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

۸ـ با توجه به واکنش‌های زیر که به‌طور طبیعی انجام می‌شوند، گونه‌های کاهنده و گونه‌های اکسنده را بر حسب کاهش قدرت مرتب کنید.

$2Cr^{3+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + Sn(s)$

$Fe(s) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Sn(s)$

$Fe(s) + 2Cr^{3+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Cr^{3+}(aq)$

۹ـ با توجه به جدول پتانسیل‌های کاهشی استاندارد توضیح دهید محلول هیدروکلریک اسید را در کدام ظرف (مسی یا آهنی) می‌توان نگه داشت؟

۱۰ـ قدر مطلق پتانسیل کاهشی دو عنصر X و Y در زیر داده شده است. هنگامی که این دو نیم‌سلول را به هم وصل می‌کنیم، جریان الکتریکی از اتم X به اتم Y برقرار می‌شود و با اتصال نیم‌سلول X به نیم‌سلول هیدروژن، الکترون‌ها از اتم X به سمت نیم‌سلول هیدروژن جاری می‌شوند. نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی شامل این دو نیم‌سلول را حساب کنید.

$Y^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Y \quad |E^\circ| = 0/34\ V$

$X^{2+} + 2e^{-} \rightarrow X \quad |E^\circ| = 0/25\ V$

Dr. Hasan Palaei

۱۲ـ در یک آزمایش چهارفلز A، B، C و D رفتارهای زیر را نشان داده‌اند:

- فقط فلزهای A و C با محلول ۰/۱M هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن تولید می‌کنند.
- با قرار دادن فلز C در محلول‌های حاوی یون‌های D^{2+}، B^{2+} و A^{2+} به ترتیب فلزهای D، B و A رسوب می‌کنند.
- یون B^{2+} اکسنده قوی‌تری از D^{2+} است.

با توجه به این داده‌ها، ترتیب کاهندگی این چهار فلز را مشخص کنید.

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

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

اگر $E^{\circ}\ C^{+}/C = 0.00$ V و فلز A با یون C^{2+} واکنش ندهد:

آ) مقدار پتانسیل کاهشی استاندارد را برای دو عنصر A و B به‌دست آورید.

ب) نماد اکسنده‌ترین و کاهنده‌ترین گونه را بنویسید.

Dr. Hasan Palaei

تست جامع فصل

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

الف- انجام خود به خودی واکنش

ب- جنس الکترودهای آند و کاتد

پ- داشتن دو الکترود با الکترولیت‌های مجزا

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

۱-الف، پ ۲-ب، ت ۳-الف، ب ۴-پ، ت

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

۱-۱۹ ۲-۱۸ ۳-۱۲ ۴-۱۰

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

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

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

تست ۴: الکتریسیته حاصل از عبور ۴۴۸ لیتر گاز اکسیژن و واکنش آن با هیدروژن در یک سلول سوختی، چند گرم نقره را در یک سلول آبکاری نقره به جسم مورد نظر می‌توان انتقال دهد؟ (O=16 Ag=108)

۱-۲۱۶۰ ۲-۴۳۲۰ ۳-۶۴۸۰ ۴-۸۶۴۰

تست ۵: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

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

۱-۱ ۲-۲ ۳-۳ ۴-۴

Dr. Hasan Palaei

تست ۶: کدام یک از عبارت‌های زیر درست است؟

آ- نیم واکنش انجام شده در قطب مثبت سلول هال: $2O^{2-}_{(l)} \rightarrow o_{2(g)} + 4e^-$

ب- نیم واکنش انجام شده در قطب مثبت برقکافت آب: $2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$

پ- نیم واکنش انجام شده در آند سلول گالوانی مس- نقره: $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

ت- نیم واکنش کاتدی خوردگی آهن سفید: $O_2 + 2H_2o + 4e^- \rightarrow 4oH^-$

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

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

تست ۷: در سلول گالوانی روی- هیدروژن، الکترولیت به کار رفته در نیم سلول کاتدی ۱۰ لیتر محلول هیدروکلریک اسید یک مولار است. اگر پس از گذشت مدتی، PH این الکترولیت به ۱/۰ برسد، جرم تیغه آند چند گرم تغییر می‌کند؟ zn=65

۱-۶۵ ۲-۱۲۵ ۳-۱۲۰ ۴-۱۹۵

تست ۸: در تجزیه آب به عناصر سازنده آش، از یک کیلوگرم آب نمک با غلظت یک درصد به عنوان الکترولیت استفاده شده است. اگر آزمایش تا زمانی ادامه یابد که غلظت آب نمک به ۲ درصد برسد حجم گازهای تولید شده در شرایط به تقریب چند لیتر است؟

۱-۳۱۱ ۲-۶۲۲ ۳-۹۳۳ ۴-۱۸۶۶

تست ۹: به ازای عبور مقادیر یکسان جریان برق در سلول دانز و سلول منیزیم، نسبت جرم فلز تولید شده در سلول اول به جرم فلز تولید شده در سلول دوم کدام است؟ Na=23 Mg=24

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

Dr. Hasan Palooi

مثال: حد واکنش $2C_2H_4 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$ در مدت ۲۰ s، مقدار 3.1×10^{21} اتم اکسیژن مبادله شود، سرعت تولید H_2O چند $\frac{mol}{s}$ است؟

$28 \times 4 = 112$

تعداد مبادله شده: 3.1×10^{21}

$mol.H_2O$: x

$\frac{3.1 \times 10^{21}}{20 \times 6.02 \times 10^{23}} = \frac{x}{6} \Rightarrow x = \frac{3}{2800}\ mol$

$\bar{R}_{H_2O} = \frac{\Delta n_{H_2O}}{\Delta t} = \frac{\frac{3}{2800}}{20} = \frac{3}{56000}\ \frac{mol}{s} = 5.3 \times 10^{-4}\ \frac{mol}{s}$