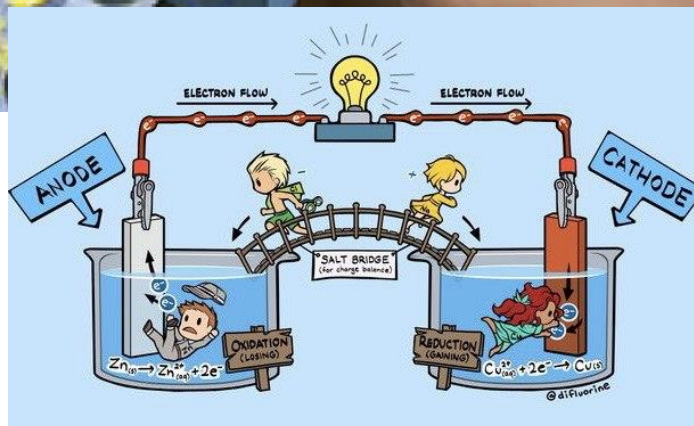


شیمی ۳

آسایش و رفاه در سایه شیمی

فصل ۲



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.

۱۰۲۸۹

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

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

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

برخی قلمروهای الکترو شیمی:



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



ب) تولید مواد (مانند برقکافت و آبکاری)



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

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

۲- تولید مواد جدید (برقکافت، آبکاری): مانند تولید لوله های فلزی انتقال آب، 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 فراورده های دارویی، بهداشتی، غذایی و...

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

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



پ) قطار برقی

ب) سمعک

آ) اتاق باتری

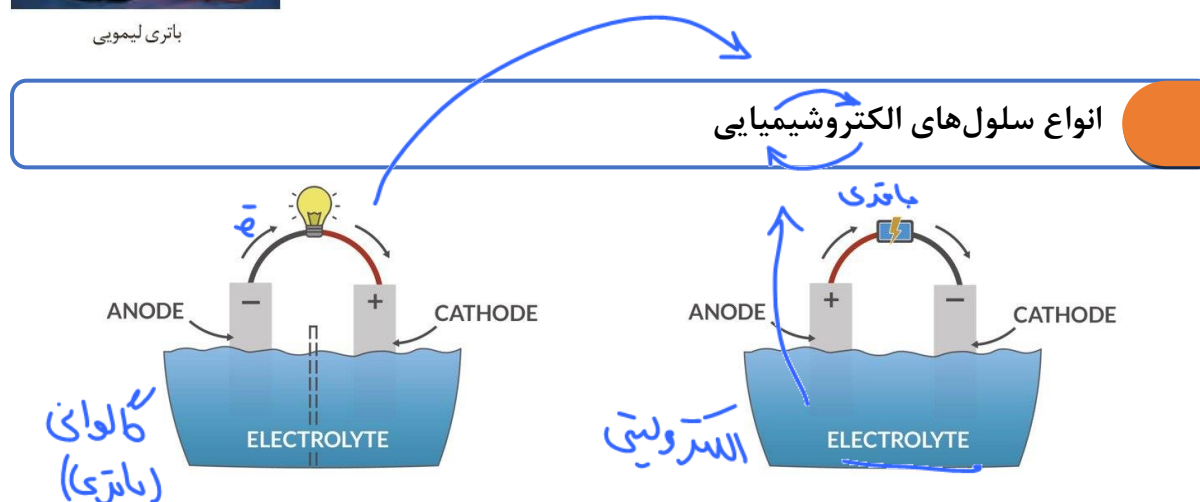
نمونه‌هایی از فناوری که نقش الکتروشیمی را در آسایش و رفاه نشان می‌دهند.

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



باتری لیمویی

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



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

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

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

عدد اکسایش

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



یادآوری:

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

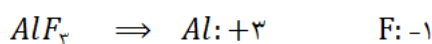
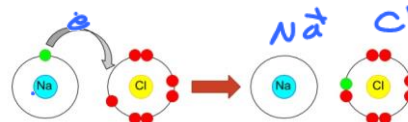
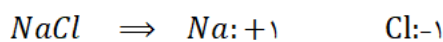


$$F \approx \frac{K \cdot Z^2}{r^2} \quad \text{تعداد پروتون} \approx \text{بار موثر هسته} \approx \frac{\text{تعداد لایه}}{2}$$

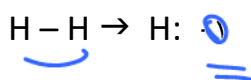
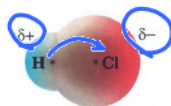
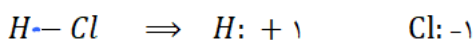
ترتیب الکترون‌گاتیوی نافلزات و شبه فلزات:



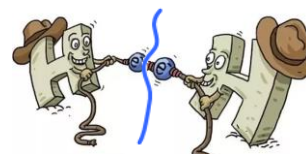
۱- در پیوند یونی چون انتقال الکترون کامل است، عدد اکسایش هر یون تک اتمی برابر با بار آن است.



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



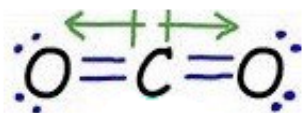
۳- در پیوند کوالانسی ناقطبی عدد اکسایش اتم‌ها صفر خواهد بود



محاسبه عدد اکسایش اتم‌ها



الف) با استفاده از ساختار لوویس



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

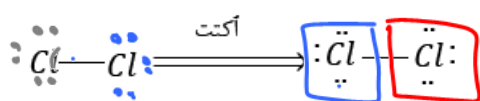
۲- الکترون‌های ناپیوندی هر اتم فقط متعلق به خودش می‌باشد.

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

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

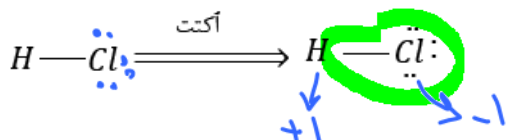
تعداد e های نسبت داده شده - تعداد e های لایه ظرفیت = عدد اکسایش

مثال ۱



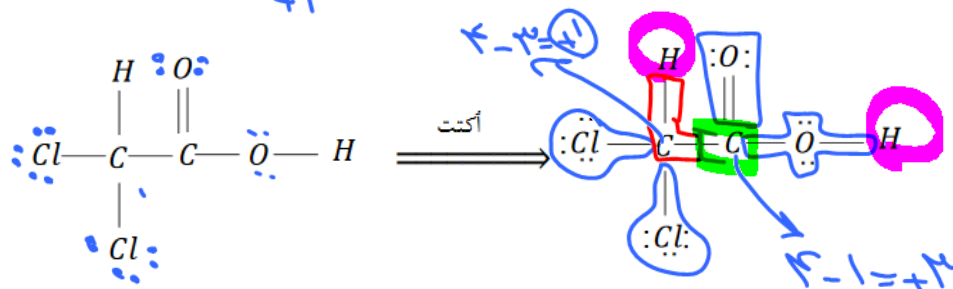
عدد اکسایش هروکلر = $7 - 7 = 0$

عدد اکسایش کلر = $7 - 8 = -1$



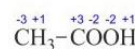
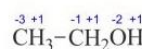
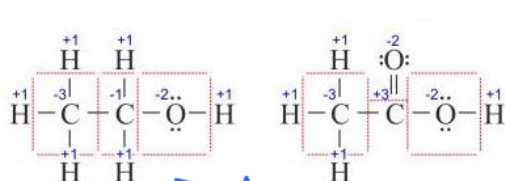
عدد اکسایش هیدروژن = $1 - 0 = +1$

مثال ۲

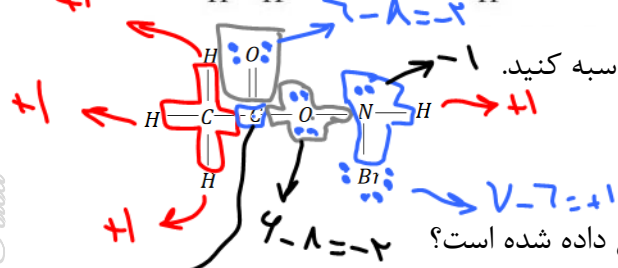


عدد اکسایش اتم‌ها در چند ترکیب آلی:

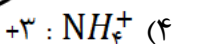
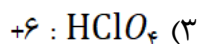
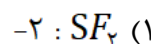
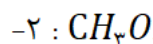
مثال ۳: عدد اکسایش اتم‌ها در چند ترکیب آلی:



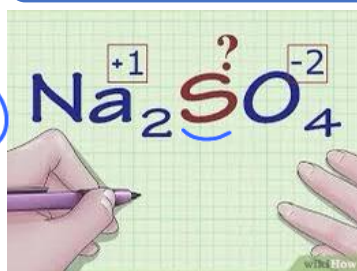
مثال ۴: عدد اکسایش اتم‌ها را با استفاده از ساختار لوویس محاسبه کنید.



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



ب) محاسبه عدد اکسایش اتم مرکزی بدون رسم ساختار لوئیس (به سادگی)



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 در یک مولکول خنثی برابر با صفر می‌باشد.

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

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

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

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

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

۴- عدد اکسایش اتم‌ها در حالت عنصری (آزاد) صفر می‌باشد: $F_2 = 0$
 ۵- عدد اکسایش فلزات در ترکیبات برابر با یون پایدار آنها است.

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

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

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

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

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

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

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

۱۰- CL اتم مرکزی است : باید محاسبه شود:

$$OCl_2 \rightarrow Cl = +1$$

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

$$CHCl_3 \rightarrow Cl = -1$$

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

اتم مرکزی آن FON است: +۱

اتم مرکزی آن FON نیست: -۱

CL اتم کناری

است

(یعنی پیوند)

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

$$H_3PO_4 : 3(+1) + x + 4(-2) = 0 \Rightarrow P = +5$$

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

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

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

$$Fe_2O_3 : Fe = +3$$

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

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

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

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

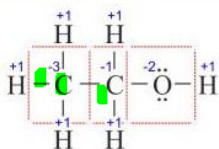
$$NH_4Cl \Rightarrow x + 4(+1) + (+1) = 0 \rightarrow N = -3$$

$$COCl_2 \Rightarrow x + (-2) + 2(-1) = 0 \rightarrow C = +4$$

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

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

$$H_2S_2O_7 \Rightarrow 2(+1) + 2x + 7(-2) = 0 \rightarrow 8 = +7$$



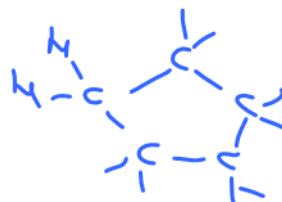
نکته : بطور کلی برای به دست آوردن عدد اکسایش اتم مرکزی در جرمی که

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

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

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

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



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

$$x = -1$$

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

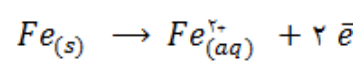
اکسایش: $Zn + O \rightarrow Zn^{2+} + O^{2-}$

کاهش: $1 Zn \rightarrow 1 Zn^{2+} + 2e^-$
 $O + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

اکسایش: به معنی از دست دادن e^- توسط گونه در واکنش می باشد.

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

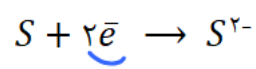
قابل کسینده



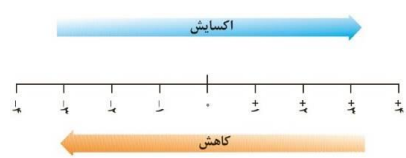
مثالی از نیم واکنش اکسایش:

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

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



مثالی از نیم واکنش کاهش:



گستره عدد اکسایش عناصر:

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

کاهش

یون وایداری

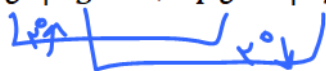
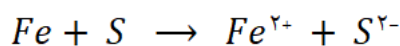
0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															</
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

توجه: یون وایداری

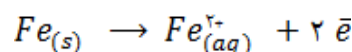
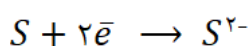
نکته: بازه عدد اکسایش H از -۱ تا +۱ است و اکسیژن از -۲ تا +۲ و همچنین فلئوئور -۱ و ۰ است.

لیگان پروتانه + ۴ و ۲ و ۰ و ۱

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



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

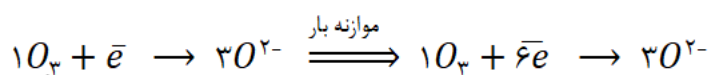


موازنه نیم واکنش‌ها

۱- ابتدا عنصر را به روش واری موازنه می‌کنیم.

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

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



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



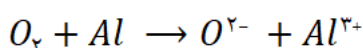
موازنه واکنش اکسایش - کاهش

روش ۱: با استفاده از نیم واکنش‌ها

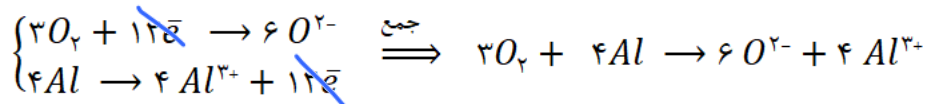
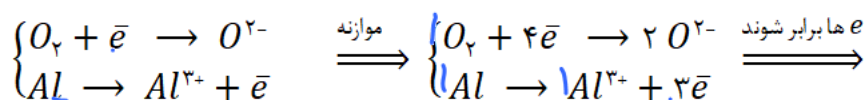
۱- ابتدا نیم واکنش‌ها موازنه می‌شوند. ۲- تعداد e در دو نیم واکنش برابر می‌شوند.

۳- نیم واکنش‌ها جمع می‌شوند.

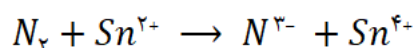
مثال: موازنه واکنش رو به رو به کمک نیم واکنش:



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

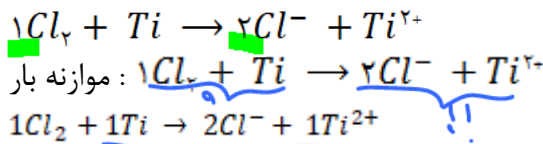


مثال: واکنش زیر را به روش نیم واکنشی موازنه کنید:

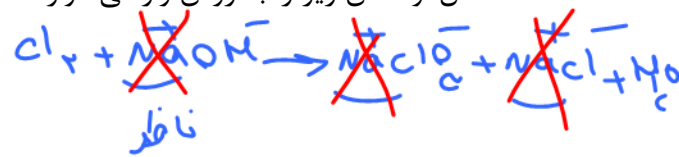
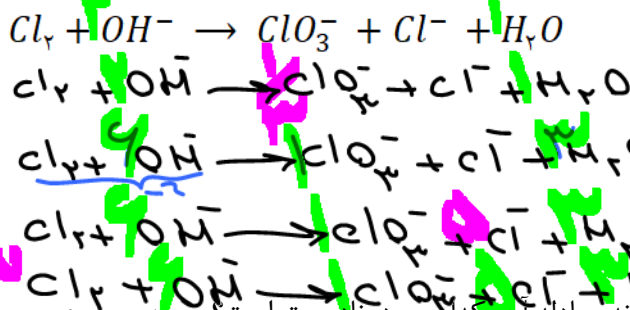


روش ۲: با استفاد از روش واری

- ۱- تا حد امکان موازنه ی عنصرها را انجام می دهیم.
 - ۲- هر جا دیگر امکان موازنه عنصرها نبود، از موازنه بار استفاده می کنیم.
 - ۳- مجدد با استفاده از موازنه عنصرها، همه ضرایب را به دست می آوریم.
- مثال: موازنه واکنش $Cl_2 + Ti \rightarrow Cl^- + Ti^{2+}$

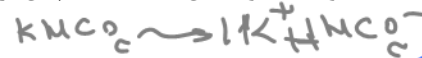
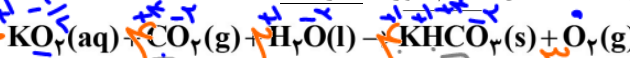


مثال: واکنش زیر را به روش واری موازنه کنید:



مرتبه های اتمی < ۲

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



(۱) عدد اکسایش اتم های کربن، در مجموع، ۳۲ واحد تغییر کرده است.

(۲) تفاوت مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده ها و فراورده ها، برابر ۳ است.

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

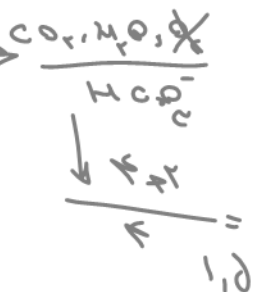
(۴) جمع جبری عدد اکسایش اتم های کربن، ۴ برابر جمع جبری عدد اکسایش اتم های هیدروژن است.

$$2x + 1 = 0$$

$$x = -\frac{1}{2}$$

$$x(+1) = +1$$

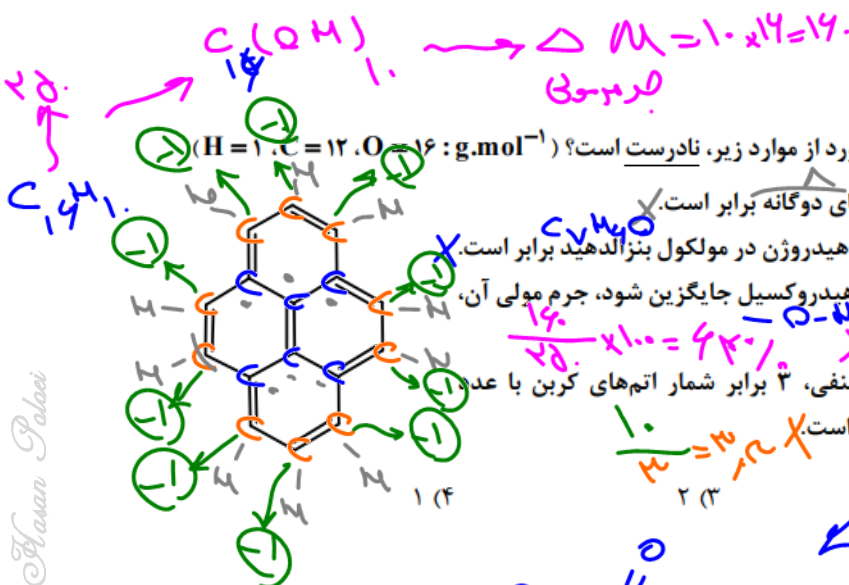
$$x(+4) = +4$$



تست ۲: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

با توجه به ساختار مولکول داده شده، چند مورد از موارد زیر، نادرست است؟ (H=1, C=12, O=16 g.mol⁻¹)

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

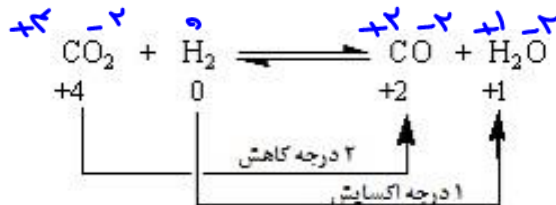


$$\frac{50}{50} \times 100 = 100\%$$

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

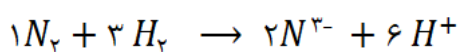
۱- ابتدا عدد اکسایش هر اتم را به دست می آوریم.

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



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

آنها به این شکل مشخص می شود:

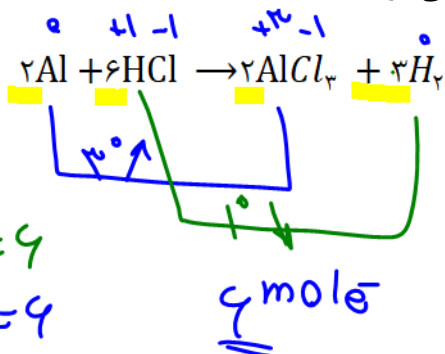


N اکسنده است و هر اتم آن 3° کاهش دارد. H کاهنده است و هر اتم آن 1° اکسایش دارد.

تعداد e مبادله شده در این واکنش: ۶ عدد می باشد.

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

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

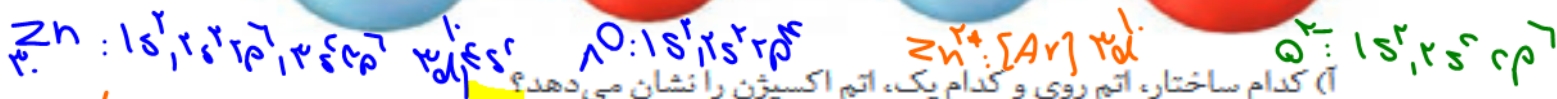
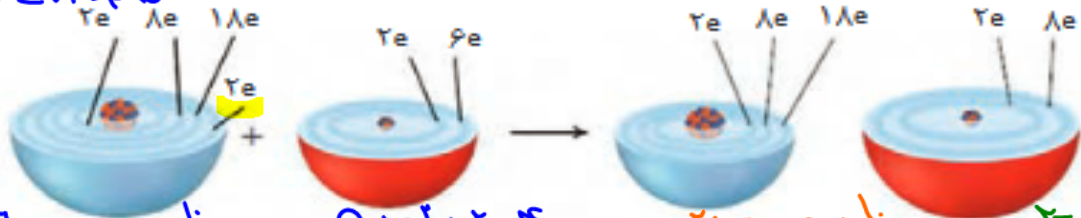


در واکنش بالا Al اکسنده و H کاهنده است.
برای Al : $2 \times 3 = 6$
برای H : $6 \times 1 = 6$

عندراز طلا، پلاتین، پالادیم (فلزات نجیب)

با هم بیندیشیم

اکسیژن نافلزنی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می دهد و آنها را به اکسید فلز تبدیل می کند، درحالی که با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی دهد. شکل زیر الگوی



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

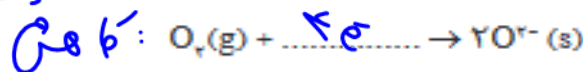
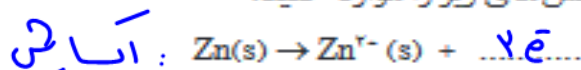
پ) اگر گرفتن الکترون را کاهش^۱ و از دست دادن الکترون را اکسایش^۲ بنامیم، کدام گونه

کاهش و کدام اکسایش یافته است؟

ت) شیمی دان ها هریک از فرایندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک نیم واکنش^۳

نمایش می دهند که هر نیم واکنش باید از لحاظ جرم (اتم ها) و بار الکتریکی موازنه باشد.

اینک با قرار دادن شمار معینی الکترون، هریک از نیم واکنش های زیر را موازنه کنید.



ث) کدام یک از نیم واکنش های بالا، نیم واکنش اکسایش و کدام یک نیم واکنش کاهش را

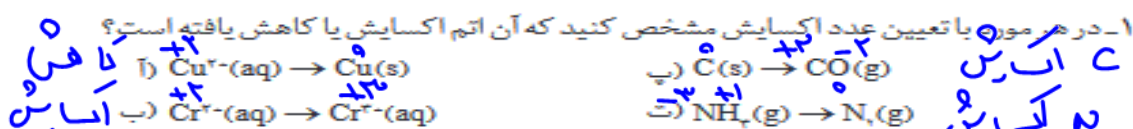
نشان می دهد؟ چرا؟

ج) ماده ای که با گرفتن الکترون سبب اکسایش گونه دیگر می شود، اکسنده^۴ و ماده ای

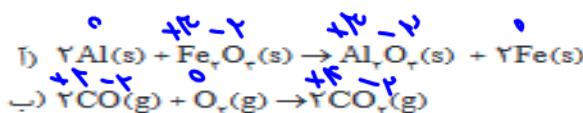
که با دادن الکترون سبب کاهش گونه دیگر می شود، کاهنده^۵ نام دارد. در واکنش روی با

اکسیژن، گونه اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

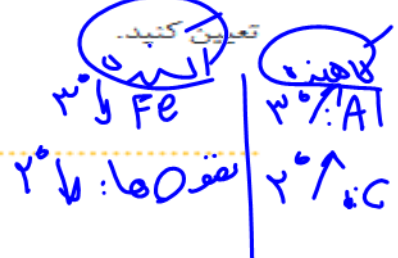
خود را بیازمایید



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



تعیین کنید.



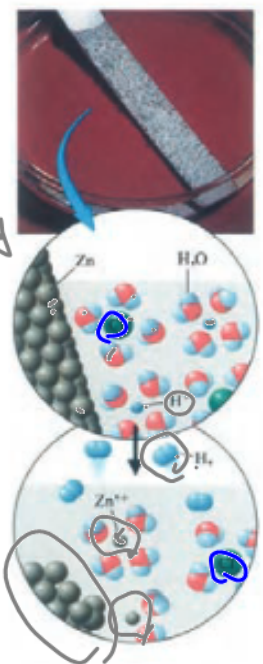
خود را بسازم

۱- اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می کنند. با توجه به این شکل که نمایی از این واکنش را نشان می دهد، به پرسش ها پاسخ دهید.

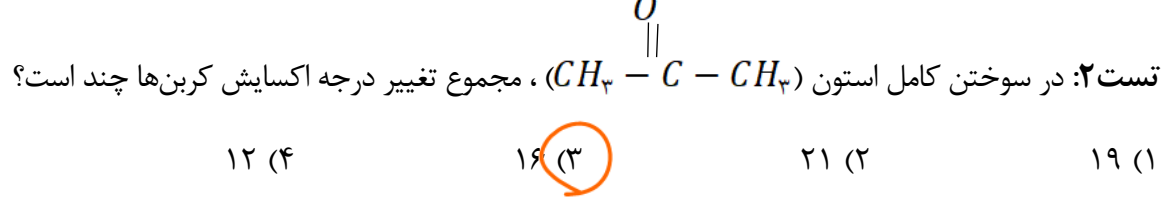
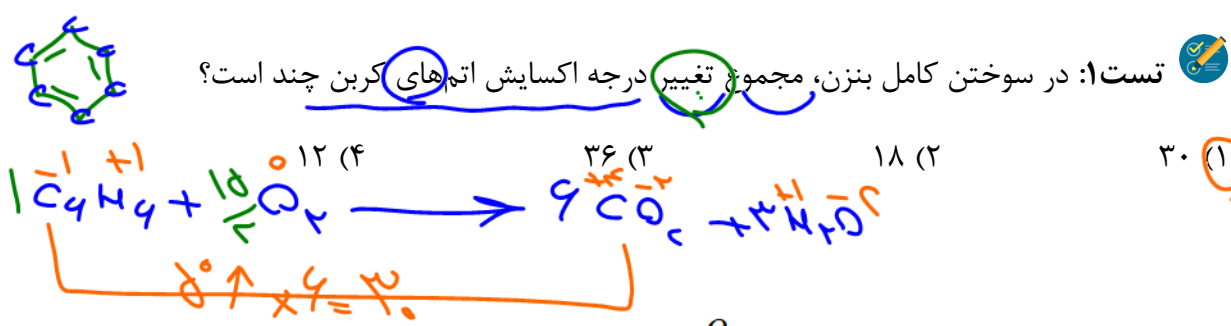
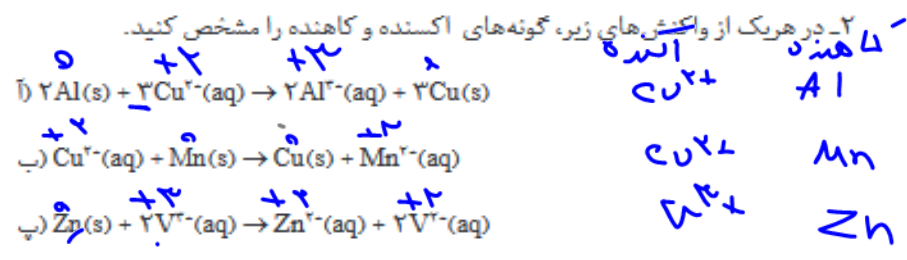
(ا) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ چرا؟
 (ب) نیم واکنش های اکسایش و کاهش را بنویسید و موازنه کنید.
 (پ) نیم واکنش ها را با هم جمع کنید تا با حذف الکترون ها، معادله واکنش به دست آید.
 (ت) با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت داده شده را کامل کنید.

$$2HCl + Zn \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

در این واکنش، اتم های روی الکترون از دست می دهند و به دست می آورند و کاهش می یابند و سبب اکسایش می شوند. از این رو اتم های روی نقش اکسنده دارند. در حالی که یون های هیدروژن، الکترون از دست می دهند و به دست می آورند و اکسایش می یابند و سبب کاهش اتم های روی می شوند، از این رو یون های هیدروژن نقش کاهنده دارند.



۱-۶
۲-۶
۳-۶
۴-۶
۵-۶
۶-۶



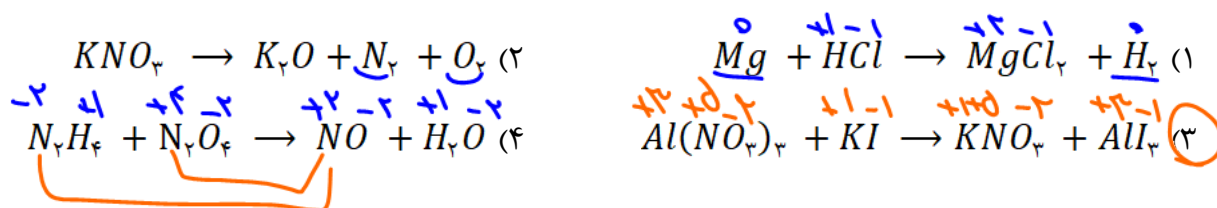
تشخیص واکنش اکسایش-کاهش از دیگر واکنش ها

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

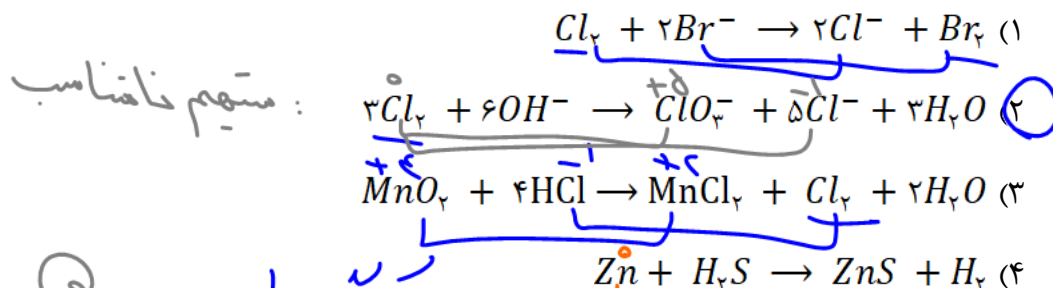
نمونه: Fe, P, O, H و ...
ترتیب: $NaCl, H_2O$ و ...

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

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



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



نسبت متناسب:

سرکوبها:

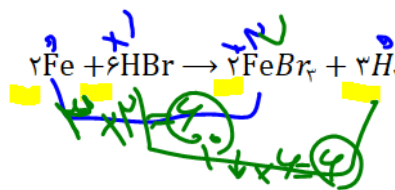
استوکیومتری و عدد اکسایش

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

$$\frac{1.5 \text{ mol } H_2}{\text{kJ}}$$

$$\frac{1.5}{3} = \frac{Q}{-200 \text{ kJ}}$$

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



به عنوان مثال در واکنش تغییر عدد اکسایش هر اتم آهن ۳ درجه می باشد و تغییر درجه اکسایش هر اتم H برابر با ۱ درجه است.

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

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

و ۲۰۰ کیلو ژول گرما آزاد می شود.

مثال: در این مبادله ۰.۲ مول e، چقدر Fe و H₂ تولید می شود؟
(Fe + H₂)

$$\frac{0.2}{6} = \frac{x}{3} \rightarrow x = \frac{1}{9}$$

مثال ۱: در واکنش $\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ در اثر مبادله 0.7 مول e^- چند لیتر CO_2 در شرایط STP تولید می شود؟
 Lit CO_2 $\xrightarrow{0.7 \text{ mol } e^-}$ 22.4 L

$$\frac{0.7}{28} = \frac{x}{4 \times 22.4} \Rightarrow 0.224 \text{ L}$$

مثال ۲: در واکنش $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Al} + 3\text{CO}_2$ اگر $3/0.1 \times 10^{22}$ عدد e^- مبادله شود، چند گرم Al تولید می شود؟ ($\text{Al} = 27$)

تست ۱: کدام گزینه نادرست است؟

- ۱) الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.
- ۲) ساخت لوله های فلزی انتقال آب، قوطی محتوی مواد غذایی، چهره های از افزایش سطح رفاه و آسایش است.

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

۴) اطمینان از کیفیت فرآورده ها در قلمرو تولید مواد دانش الکتروشیمی قرار دارد.

تست ۲: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- در واکنش $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ اتم های روی کاهنده و یون های کلرید اکسند هستند.
- الکتروشیمی شاخه ای از علم شیمی است که در قلمرو تامین انرژی، تولید مواد، اندازه گیری و کنترل کیفی بر پایه اصول شیمی سبز عمل می کند.
- اکسند جسمی است که اکسایش می یابد و کاهنده جسمی است که کاهش می یابد.
- هنگامی که بار یک گونه مثبت تر شود، آن گونه اکسایش یافته است.
- فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسند هستند.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

تست ۳: در واکنش $\text{MnO}_4^- + a\text{H}^+ + b\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + c\text{H}_2\text{O}$ ضرایب a, b, c به ترتیب از راست به چپ کدامند؟

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

تست ۴: پس از موازنه واکنش $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Sn}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Sn}^{4+} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cr}^{3+}$ ضریب یون Sn^{2+} چند برابر یون Cr^{3+} می باشد؟

۱ (۱) ۱/۵ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴)

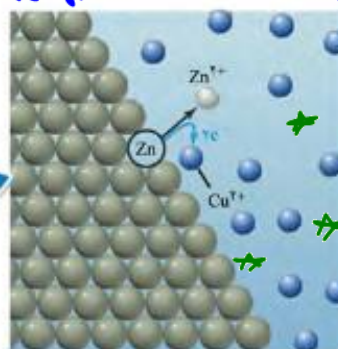
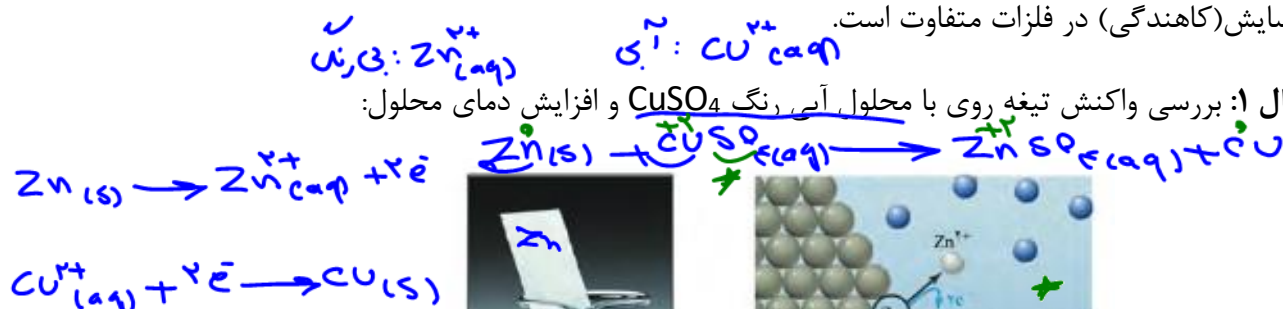
جاری شدن انرژی با سفر الکترون

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

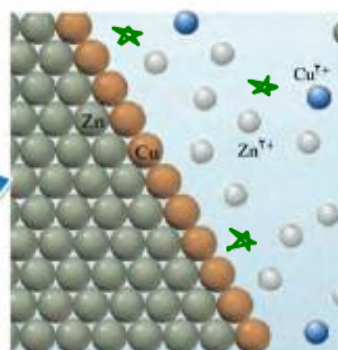
نکته ۱: تبادل الکترون بین دو گونه با آزاد شدن انرژی همراه است و بخشی از این انرژی به شکل گرما ظاهر شده و دمای سامانه افزایش می‌یابد.

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

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



با گذشت زمان



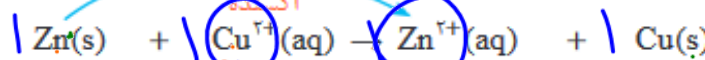
(کاهندگی)، (آب‌شکن) از دست دادن e^-

$\text{Zn} > \text{Cu}$

(آکسیدکن)، (ناهنج) گرفتن e^-

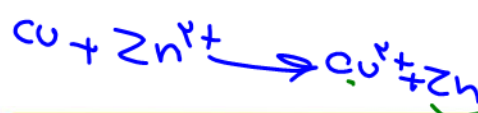
$\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$

اکسایش



کاهش

تغییر پتانسیل الکتروک



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

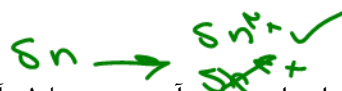
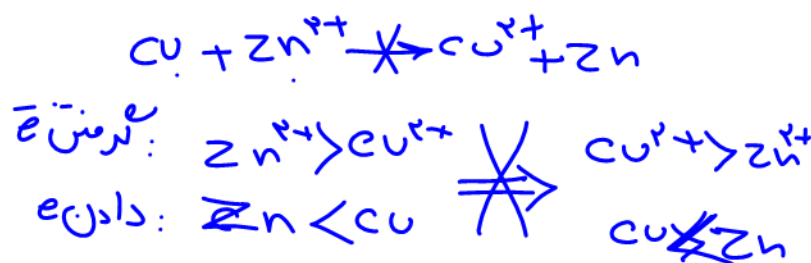
پیش‌بینی: $Cu^{2+} > Al^{3+}$ (کاهش)

پس‌انداز: $Cu < Al$ (افزایش)



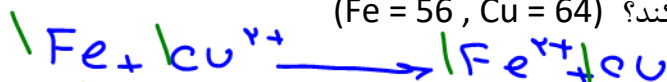
هنگامی که $Al(s)$ درون $CuSO_4(aq)$ قرار گیرد، بر اثر واکنش اکسایش-کاهش، دمای محلول افزایش می‌یابد.

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



مثال ۴: اگر تیغه‌ای از جنس آهن در محلول آبی رنگ مس (Cu^{2+})، قرار گیرد، در اثر مبادله ی 0.1 مول Fe

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



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

مole 0.1

$\frac{0.1}{2} = \frac{K=1}{+1}$

نکته ۳: هر چه تفاوت قدرت اکسید شدن دو فلز بیشتر باشد، در اثر واکنش آن‌ها گرمای بیشتری آزاد شده

و دمای محلول، افزایش بیشتری می‌یابد. (با فرض تعداد الکترون مبادله شده ی برابر)

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

در محلول فلز، فلز به شکل کاتیون می‌باشد.

خود را بیازمایید

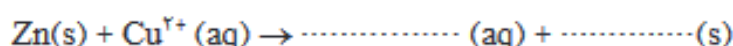
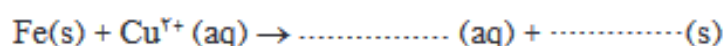
جدول زیر داده‌هایی را از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول مس (II) سولفات Cu^{2+} در دمای $20^{\circ}C$ نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نام فلز	نشانه شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی ($^{\circ}C$)
آهن	Fe	23
طلا	Au	20
روی	Zn	26
مس	Cu	20



(آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان دهنده چیست؟

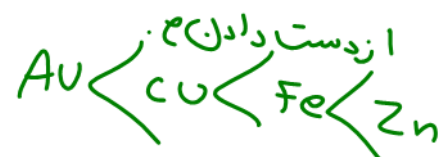
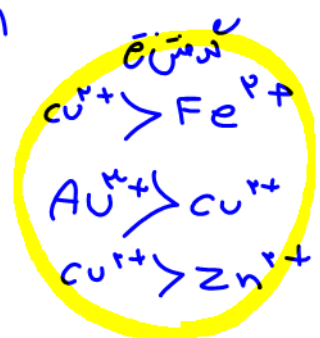
(ب) هریک از واکنش‌های زیر را کامل کرده سپس گونه‌های کاهنده و اکسنده را مشخص کنید.



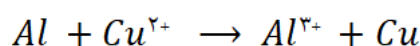
(پ) با توجه به تغییر دمای هر سامانه، کدام فلز تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون دارد؟ چرا؟

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

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



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؟



(۱) $0.03, 2 \times 10^{-4}$ (۲) $0.02, 2 \times 10^{-5}$ (۳) $0.01, 2 \times 10^{-4}$ (۴) $0.01, 2 \times 10^{-4}$

۲

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 6.02×10^{24} الکترون مبادله شود، مقدار انرژی آزادشده برابر با چند کیلو ژول است؟ ($Al = 27$)

$$Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + Fe$$

۳۴۳ (۴)

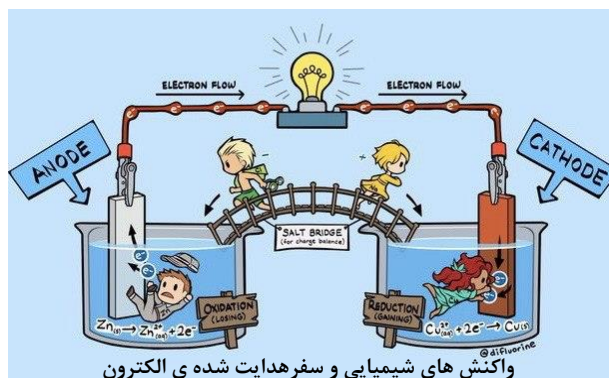
۱۰۲۹ (۳)

۱۳۷۲ (۲)

۶۸۶ (۱)

/

سلول گالوانی یا ولتایی



واکنش های شیمیایی و سفر هدایت شده ی الکترون

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

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

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

اجزای سلول گالوانی

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

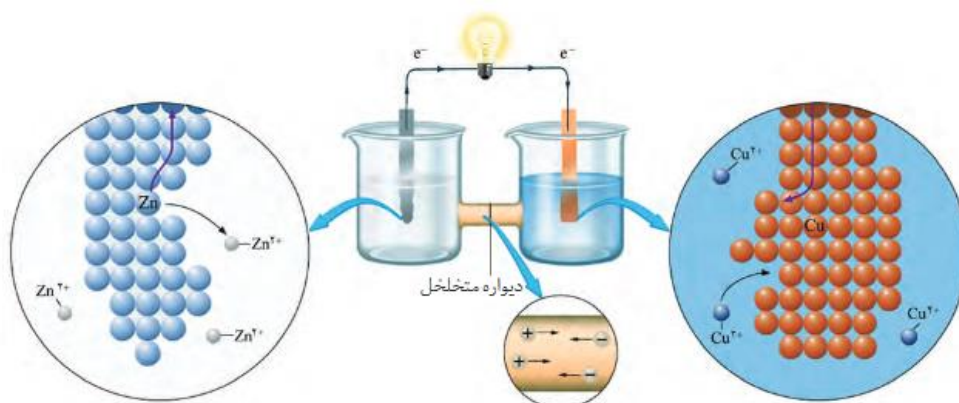
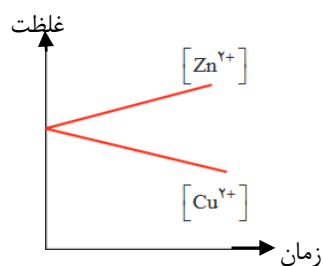
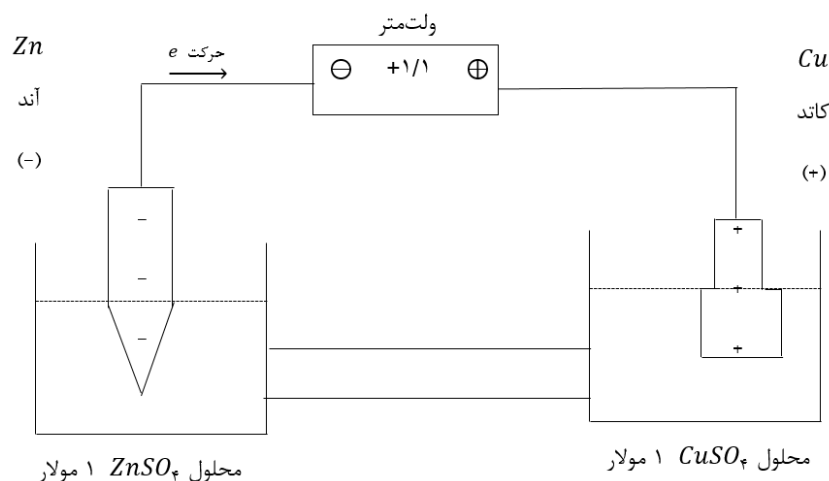
الکتروود: یک رسانای الکترونی است که عمل اکسایش و کاهش در سطح آن انجام می‌شود. (فلز یا گرافیت که الکترون شناور دارند)

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

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

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

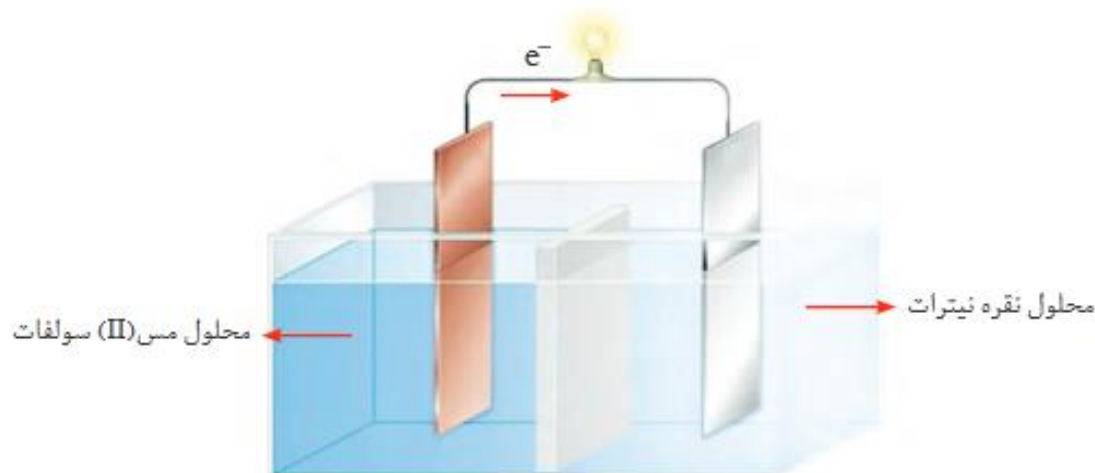
سلول گالوانی روی - مس



(آ) نیم‌واکنش‌های انجام شده در هر نیم سلول و واکنش کلی سلول را بنویسید.
 (ب) آند^۱ الکترودی است که در آن نیم‌واکنش اکسایش و کاتد^۲ الکترودی است که در آن نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد. با این توصیف، کدام الکتروند نقش آند و کدام نقش کاتد را دارد؟
 (پ) در مدار بیرونی، حرکت الکترون‌ها در چه جهتی است؟ چرا؟
 (ت) توضیح دهید چرا پس از مدتی جرم تیغه روی کم و جرم تیغه مس زیاد شده است؟

خود را بیازمایید

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



آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.

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

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

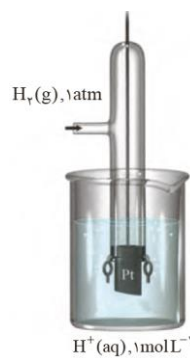
ت) جهت حرکت یون ها را از دیواره متخلخل مشخص کنید.

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

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

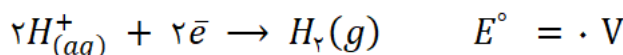
حال با توجه به اینکه تمایل و قدرت گونه‌ها برای گرفتن یا از دست دادن الکترون نیز متفاوت است، می‌توان معیاری برای این کمیت بیان کنیم و در نتیجه قدرت گونه‌ها از این نظر را با یکدیگر مقایسه کنیم. قدرت گونه‌ها برای داد و ستد الکترون را با نماد E° نمایش می‌دهند و طبق قرارداد تمایل یون H^+ برای گرفتن الکترون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

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



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

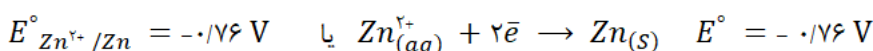
در این صورت پتانسیل الکتریکی SHE ، صفر در نظر گرفته می‌شود:



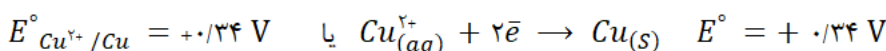
➤ بدست آوردن پتانسیل کاهش استاندارد یک یون فلزی :

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

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



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



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

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

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

سری الکتروشیمیایی عناصر



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

جدول ۱- پتانسیل کاهش استاندارد برای برخی نیم سلول‌ها

نیم واکنش کاهش	E° (V)
$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}(\text{s})$	$+1/50$
$\text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}(\text{s})$	$+1/20$
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	$+0/80$
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	$+0/34$
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	$0/00$
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	$-0/14$
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	$-0/44$
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	$-0/76$
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{s})$	$-1/18$
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	$-1/66$
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	$-2/37$

اکسندۀ قوی‌تر

کاهندۀ قوی‌تر

خود را بیازمایید

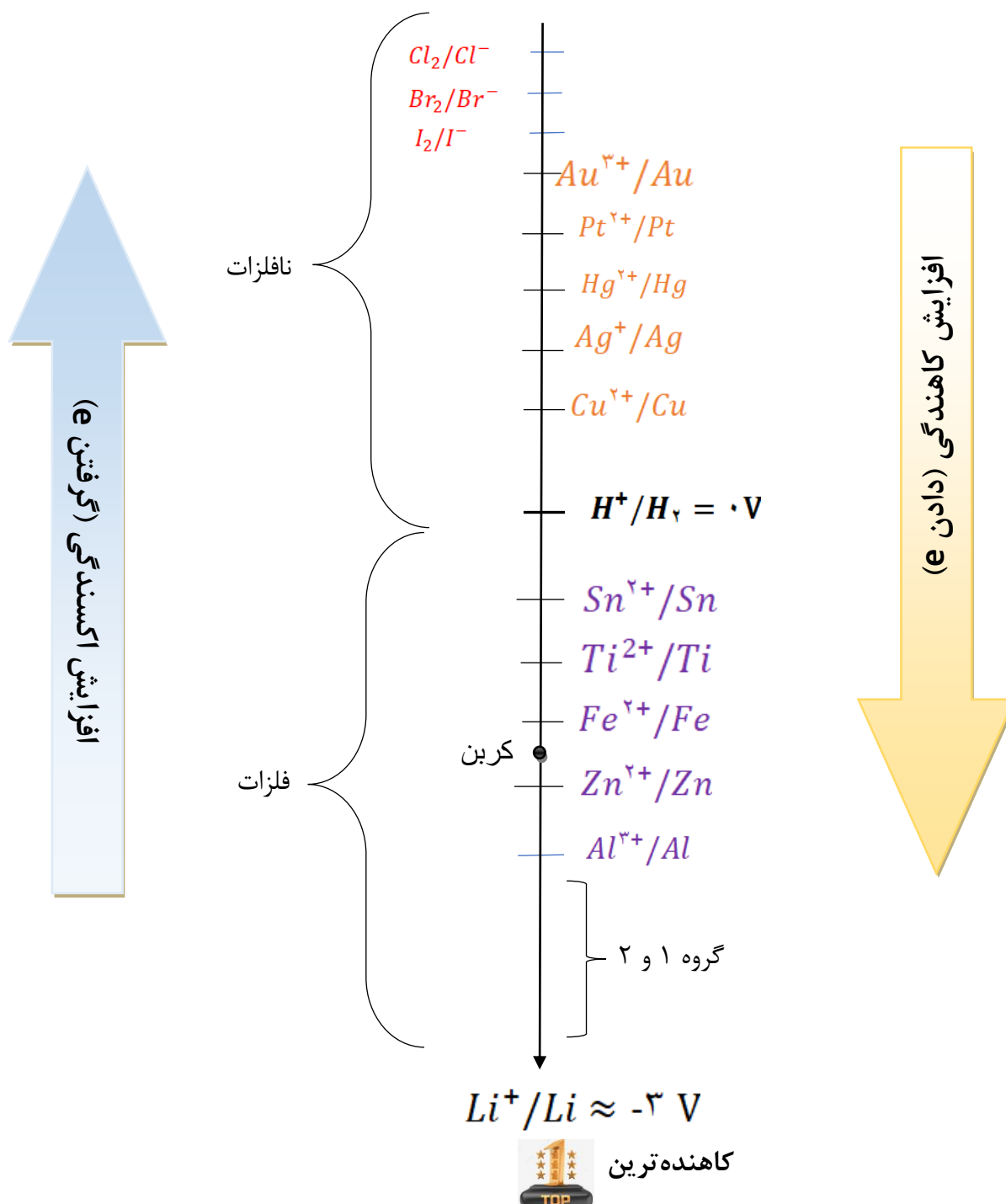
- با استفاده از جدول ۱ مشخص کنید در سلول گالوانی ساخته شده از نقره و منیزیم:
- (آ) کدام الکتروود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟
- (ب) نیم واکنش‌های انجام شده را بنویسید و واکنش کلی سلول را به دست آورید.

سری الکترو شیمیایی تستی:

اکسنده ترین



$$F_2/F^- \approx +3 \text{ V}$$



نکاتی از سری الکتروشیمی

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

$$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\text{ V} \quad \text{یا} \quad Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)} \quad E^\circ = -0.76\text{ V}$$
- 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:

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

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

مقایسه قدرت اکسندگی و کاهش دهنده ها



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

نکته ۲: در سری الکتروشیمیایی گونه سمت راست، اکسید شونده است یعنی کاهش دهنده است و هر چه پایین تر باشد، کاهش دهنده قوی تری است.

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

جواب: گونه هایی که می توانند کاهش یابند (اکسند): $F_2 > Ag^+ > H^+ > Al^{3+} > Li^+$

گونه هایی که می توانند اکسایش یابند (کاهش دهنده): $Zn > H_2 > F^-$

مثال ۲: با توجه به E° های داده شده، گونه ها را براساس اکسندگی و کاهش دهنده مرتب کنید؟

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

جواب:

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

گونه هایی که امکان اکسایش دارند (کاهش دهنده ها): Zn, Cu, Cl^-

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

قدرت کاهش دهنده: $Zn > Cu > Cl^-$

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

- قدرت کاهش دهنده A از B بیشتر است. $A^{2+} + 2e^- \rightarrow A \quad E^\circ = +0.27 V$

- قدرت اکسندگی B^{2+} از A^{2+} بیشتر است. $B^{2+} + 2e^- \rightarrow B \quad E^\circ = -0.34 V$

- واکنش $A^{2+} + B \rightarrow A + B^{2+}$ انجام می شود.

- تمایل A^{2+} برای گرفتن الکترون بیشتر از B^{2+} است.

- تمایل A برای گرفتن الکترون بیشتر از B است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پیوند با ریاضی

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

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

۲- در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم سلول بالا مشخص کنید کدام یک نقش آنود و کدام یک نقش کاتد را دارد؟

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



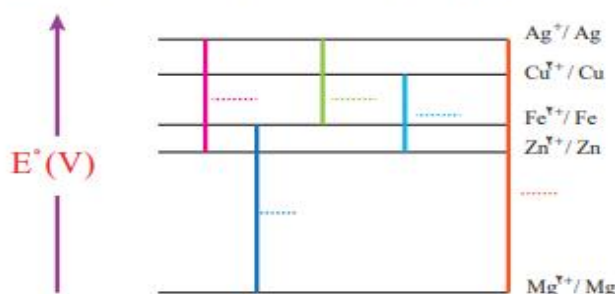
آ) emf این سلول را از روی شکل مشخص کنید.

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

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

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

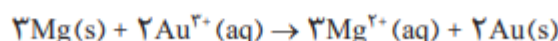
۴- در نمودار زیر هر خط رنگی نشان دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش ها پاسخ دهید.



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

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

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



نکاتی دیگر از سلول گالوانی



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

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

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

۴- در سلول گالوانی به تدریج غلظت کاتیون‌ها در آند بیشتر شده و E° نیم سلول آندی بیشتر می‌شود و در نیم سلول کاتدی نیز به تدریج غلظت کاتیون‌ها کمتر شده و E° نیم سلول کاتدی کاهش می‌یابد. بنابراین به تدریج emf سلول کم می‌شود. (باتری ضعیف می‌شود).

۵- هر اقدامی در جهت روند طبیعی کارکرد طبیعی سلول گالوانی انجام شود، باعث کاهش emf می‌شود.



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

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

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

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

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

تشخیص آند و کاتد با چه سرخ هایی؟



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

تست ۱: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

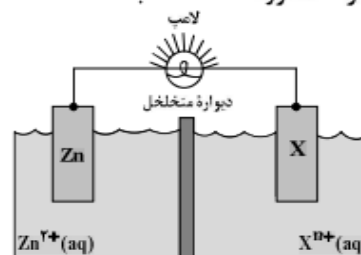


با توجه به شکل داده شده که سلول گالوانی استاندارد تشکیل شده از دو نیم سلول را نشان می دهد، کدام مورد، عبارت زیر را از نظر علمی به درستی کامل می کند؟ ($Zn = 65 \text{ g.mol}^{-1}$)
«اگر X الکترودها باشد،»

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

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

$$E^\circ(Ag^+/Ag) = +0.80V$$



- ۱) Ag : بازاری مبادله 0.2 مول الکترون، جرم الکتروده روی $1/3$ گرم کاهش می یابد
- ۲) V : جهت حرکت الکترون ها با جهت حرکت آنیون های نمک محلول واتادیم، همسو است
- ۳) Ag : جهت حرکت کاتیون های محلول نقره به سمت الکتروده روی است
- ۴) $E^\circ V: E^\circ$ سلول، برابر $0.44+$ ولت و Zn^{2+} ، گونه اکسند است

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؟

۰/۶ (۴)

۰/۸۵ (۳)

۰/۹ (۲)

۰/۸ (۱)

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

(۱) ترتیب کاهندگی: $Z > N > M$

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

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

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

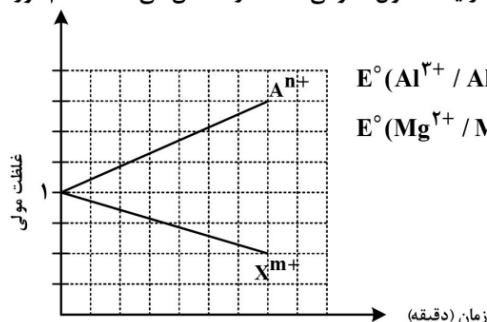
مثال ۱: اگر تیغه Mg در محلول نمک آلومینیوم قرار گیرد در اثر عبور $۳/۰۱ \times ۱۰^{۲۲}$ عدد الکترون، جرم تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ ($Mg = 24$, $Al = 27$)

مثال ۲: در سلول منیزیم - آلومینیوم در اثر عبور $۳/۰۱ \times ۱۰^{۲۲}$ عدد الکترون از مدار بیرونی، تفاوت جرم الکتروودها چند گرم خواهد شد؟ (جرم اولیه الکتروودها برابر است)



تست ۱: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

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



$$E^\circ(\text{Al}^{3+} / \text{Al}) = -1.66 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}) = -0.74 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}) = -2.37 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$$

- ۱) A و X، می‌توانند به ترتیب، کروم و روی باشند و $\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$ ، در سلول، نقش اکسنده را دارد.
- ۲) در این سلول گالوانی، به ازای مصرف ۰/۰۶ مول از فلز X، 1.0836×10^{23} الکترون مبادله می‌شود.
- ۳) نمودار می‌تواند مربوط به سلول گالوانی «منیزیم – آلومینیم» باشد، که مقدار m، ۱/۵ برابر مقدار n، است.
- ۴) E° الکتروود (X^{m+} / X) ، از E° الکتروود (A^{n+} / A) کوچک‌تر است و با گذشت زمان، از جرم تیغه A کاسته می‌شود.

تست ۲: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

اگر در سلول گالوانی استاندارد تشکیل شده از فلز M و فلز مس، به ازای مصرف ۲ مول فلز M، 3.612×10^{24} الکترون مبادله شود و نسبت تغییرات جرم تیغه مس به تغییرات جرم تیغه M، برابر ۱/۸۴ باشد، جرم مولی فلز M، به تقریب کدام است؟ ($\text{Cu} = 64 \text{ g.mol}^{-1}$)

- ۴۵ (۱) ۵۲ (۲) ۷۰ (۳) ۵۹ (۴)

تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

درباره سلول گالوانی استاندارد «آلومینیم – هیدروژن» کدام موارد زیر درست است؟ (حجم هریک از محلول‌های پیرامون آند و کاتد، برابر یک لیتر است، $E^\circ(\text{Al}^{3+} / \text{Al}) = -1.66 \text{ V}$ ، $\text{Al} = 27 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $\text{H} = 1$)

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

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

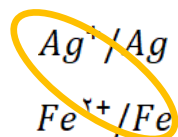
پ: اگر ۰/۵۴ گرم از جرم آند کاسته شود، ۶۷۲ میلی‌لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP، تشکیل شده است.

ت: در نمودار «مول – 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»

پیش بینی انجام پذیری یا انجام ناپذیری یک واکنش

روش ۱: یک واکنش شیمیایی در صورتی انجام می شود که گونه سمت چپ و بالاتر در مجاورت گونه سمت راست و پایین تر قرار گیرد (شیب منفی):



روش ۲: 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 می شود؟

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

نکته ۱: طبق توضیحات روش ۱ و ۲، کاتیون فلز بالایی با فلز خنثی پایین تر از خود واکنش می دهد.

نکته ۲: همه فلزات پایین تر از هیدروژن می توانند با محلول اسیدها واکنش دهند و گاز H_2 آزاد کنند.

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

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



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

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

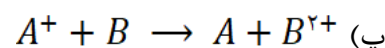
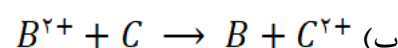
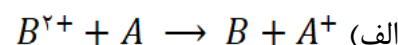
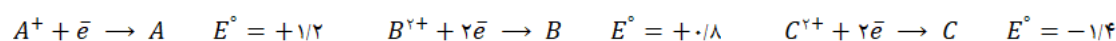
محلول A: محلول آبی رنگ $CuSO_4$ و تیغه آلومینیومی.

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).
محلول‌ها را براساس افزایش دمای محلول و سرعت واکنش مرتب کنید؟



مثال ۳: کدام واکنش خود به خودی انجام نمی‌شود؟

(۱) واکنش تیغه روی با محلول آهن II کلرید.

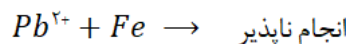
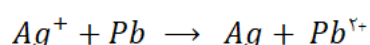
(۲) واکنش گاز فلوئورید با محلول سدیم برمید.

(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؟

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



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

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

تست ۱: اگر تیغه‌ای از جنس سرب را در محلول آبی رنگ Cu^{2+} قرار دهیم، رنگ آبی محلول کم

رنگ می‌شود، با توجه به E° یون مس چند مورد از مطالب زیر درست است؟ $E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34 \text{ V}$

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

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

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

۴ (۴)

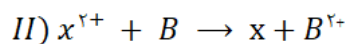
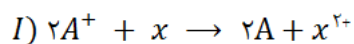
۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

تست ۲: با توجه به واکنش‌های زیر اگر E° واکنش (I) به اندازه 0.1 ولت بیشتر از E° واکنش (II) بوده و

E° گونه‌های A^+ و B^{2+} به ترتیب 0.3 و -0.5 ولت باشد، پتانسیل کاهش گونه x^{2+} چند ولت است؟



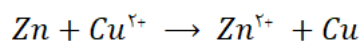
-0.35 (۴)

-0.45 (۳)

-0.15 (۲)

-0.05 (۱)

تست ۳: اگر با قرار دادن تیغه روی در محلول یون Cu^{2+} بعد از مدتی 0.05 مول الکترون مبادله شود، جرم



تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ ($Zn = 65$ ، $Cu = 64$)

0.5 گرم کاهش (۴)

0.5 گرم افزایش (۳)

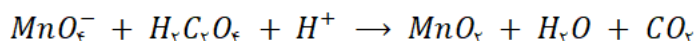
0.025 گرم کاهش (۲)

0.025 گرم افزایش (۱)

تست ۴: با قرار دادن تیغه روی در محلول اسید به ازای مبادله 1.0×10^{-3} الکترون، چند میلی لیتر گاز در شرایطی که چگالی گاز اکسیژن 1.28 g.L^{-1} است تولید می‌شود؟ ($H = 1, O = 16$)

(۱) ۳۹ (۲) ۱۲۵ (۳) ۶۲۵ (۴) ۱۲۵۰

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



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

تست ۶: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

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

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

$$E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = +1.35 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{I}_2/2\text{I}^-) = +0.54 \text{ V}$$

(۱) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش: $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ پس از موازنه معادله آن برابر ۶ است و به‌طور طبیعی انجام می‌شود.

(۲) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش: $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{s}) \rightarrow \text{FeI}_3(\text{aq})$ پس از موازنه معادله 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؟

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

(۱) $\text{Cl}^-(\text{aq})$ ، کاهنده‌ای قوی‌تر از $\text{Sn}^{2+}(\text{aq})$ و $\text{Cu}^+(\text{aq})$ ، اکسنده‌ای قوی‌تر از $\text{Sn}^{4+}(\text{aq})$ است.

(۲) $\text{Sn}^{4+}(\text{aq})$ می‌تواند $\text{Cu}(\text{s})$ را در شرایط مناسب اکسید و انرژی تولید کند.

(۳) اگر فلز X با $\text{Sn}^{4+}(\text{aq})$ به‌طور طبیعی واکنش دهد، به یقین فلز X، با گاز کلر نیز واکنش می‌دهد.

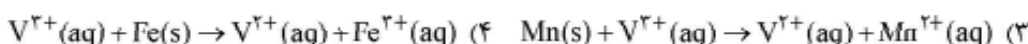
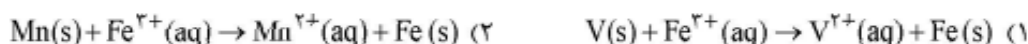
(۴) واکنش: $2\text{Cu}^+(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Cu}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ ، به‌طور طبیعی انجام می‌شود.

تست ۸: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

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

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

$$E^\circ(\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}) = -1.18 \text{ V}, \quad E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}$$



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 سپکتر، کوچکتر و با توانایی ذخیره انرژی بیشتر تولید کرد.

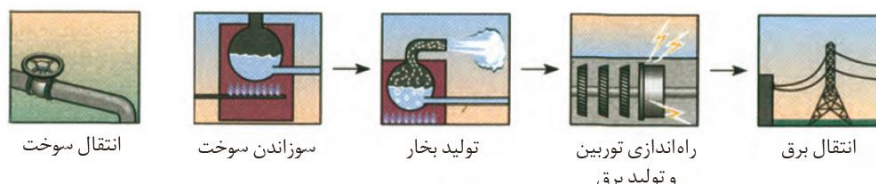
۲- باتری‌های دکمه‌ای و نیز باتری‌های قابل شارژ (رایانه و تلفن) از جمله باتری‌های لیتیم دار هستند.

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 و تولید گرما:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + Q$$

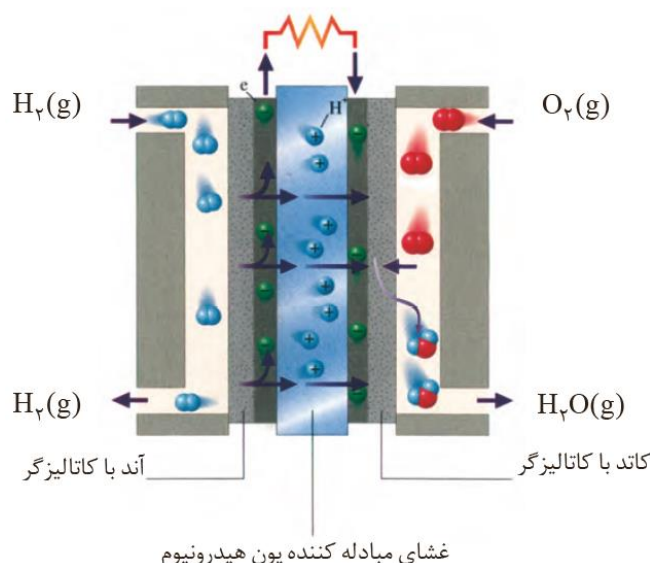
مرحله ۳: به جوش آمدن آب موجود در دیگ های آب و تولید بخار آب که انرژی مکانیکی دارد.

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 می‌شود و از طرفی انتقال سوخت و ساخت نیروگاه و توربین (مولد) نیز هزینه زیادی دارد.

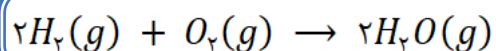
سلول‌های سوختی هیدروژن - اکسیژن



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



۳- واکنش کلی انجام شده :

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

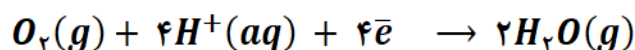
۵- کاتد و آند کاتالیزگرهایی هستند از جنس گرافیت (C)

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



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

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



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

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

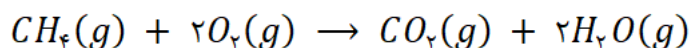
۸- نیروی الکترو موتوری این سلول (نظری) :

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

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



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



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

- ۱- نوعی سلول گالوانی است که در آن از سوختن سریع H_2 یا CH_4 به طور مستقیم برق تولید می شود.
 - ۲- آند و کاتد آن نقش کاتالیزگر را نیز داشته و جرم آنها به ترتیب کم و زیاد می شود.
 - ۳- غشا مبادله کننده پروتون نقش دیواره متخلخل را دارا است ولی فقط در آن کاتیون حرکت می کند.
 - ۴- نسبت به موتورهای درون سوز بازده بیشتری داشته و آلاینده محیط زیست نیستند.
- تست ۲:** اگر در سلول سوختی به جای هیدروژن از سوخت ارزان تر و کم خطر تر متان استفاده شود، برای عبور همان شمار الکترون ناشی از مصرف ۱ مول هیدروژن از مدار بیرونی، چند گرم متان مصرف می شود؟ ($C = ۱۲, H = ۱$)

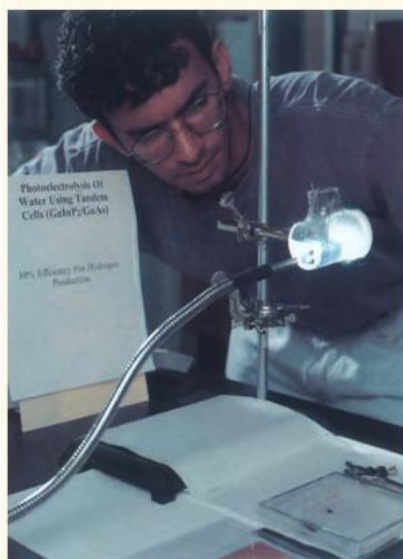
۳۲ (۴)

۱۶ (۳)

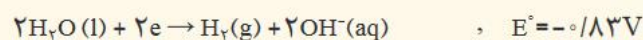
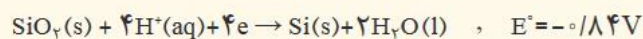
۸ (۲)

۴ (۱)

سلول فوتو الکتروشیمیایی



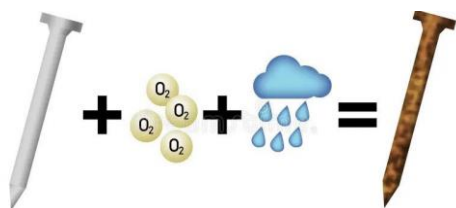
شیمی دان ها در برخی سلول های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش - کاهش از نور بهره می برند و آنها را سلول نور الکتروشیمیایی می نامند. در نمونه ای از آنها که برای تهیه گاز هیدروژن از آب به کار می رود، با توجه به نیم واکنش های زیر:



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

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

اکسایش و خوردگی فلزات



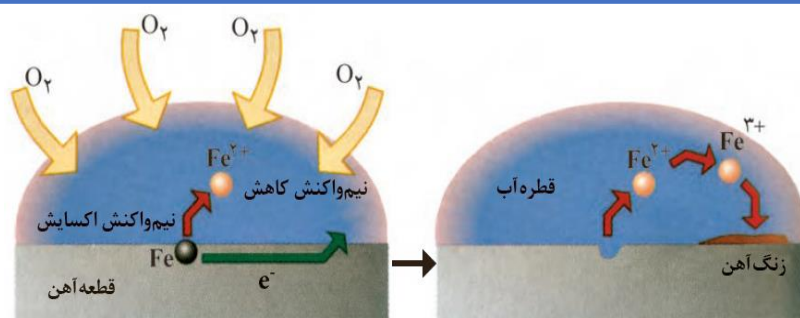
اکسایش فلزات : غیر از فلزات نجیب (طلا، پلاتین و پالادیوم) که حتی در محیط اسیدی هم اکسایش نمی‌یابند، مابقی فلزات با اکسیژن (به دلیل مثبت بودن زیاد E° اکسیژن) واکنش داده و اکسایش می‌یابند.

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

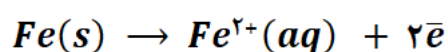
نکته: اکسید فلزاتی مانند آلومینیوم، منیزیم، قلع و روی خوردگی نمی‌یابند و پایدارند.

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

زنگ زدن و خوردگی آهن

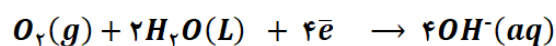


- ۱- برای اکسایش و خوردگی فلزات از جمله آهن وجود اکسیژن و آب الزامی است.
- ۲- در جاییکه غلظت اکسیژن محلول در آب کمتر است آهن اکسایش یافته و به شکل Fe^{2+} وارد آب شده و الکترون آن از طریق ورقه‌های آهنی به جاییکه غلظت اکسیژن در آب بیشتر است حرکت می‌کند:



نیم واکنش آندی:

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



نیم واکنش کاتدی:

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



۵- واکنش کلی اکسایش آهن:

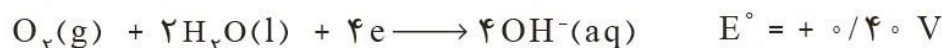
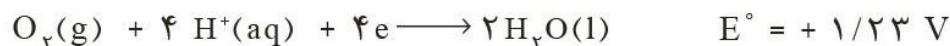
- ۶- در محیط اسیدی سرعت زنگ زدن فلزات بیشتر و در محیط بازی کمتر می‌شود.



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

با هم بیندیشیم

با توجه به نیم واکنش های زیر توضیح دهید چرا :



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

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

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

فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

حفاظت کاتدی

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

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



(ب)



(آ)

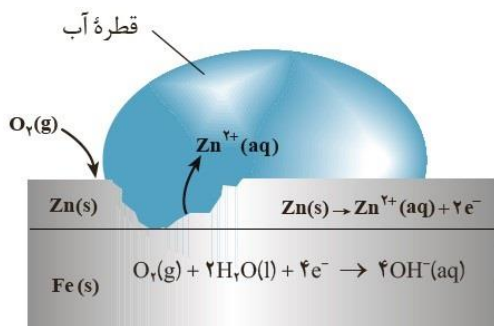
حفاظت از آهن با منیزیم، (آ) بدنه کشتی (ب) لوله های نفتی

آهن سفید یا گالوانیزه

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

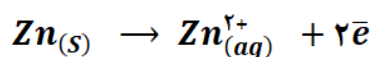


• تانکر آب ساخته شده از آهن سفید.



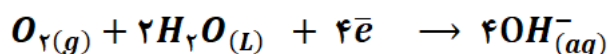
۴- با ایجاد خراش در سطح آهن گالوانیزه، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند اما چون E° فلز روی کمتر است، روی در اکسایش برنده شده و آهن حفاظت کاتدی می‌شود.

۵- نیم واکنش آندی:



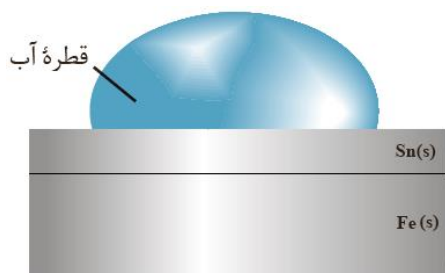
رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

۶- نیم واکنش کاتدی:



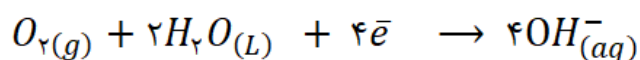
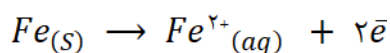
حلبی

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



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

۴- نیم واکنش آندی:



۵- نیم واکنش کاتدی:

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

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

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

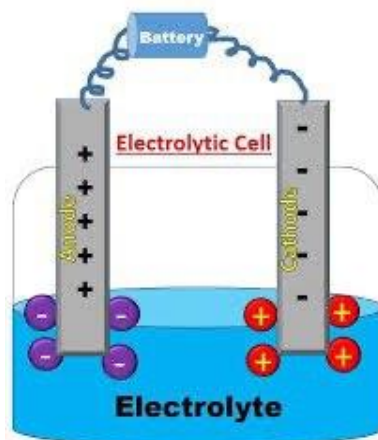
- ۱- آب نقش واکنش دهنده دارد.
- ۲- در خوردگی آهن، در محل آندی ورقه‌های آهنی کاهش جرم و در محل کاتدی افزایش جرم می‌یابد.
- ۳- فلزاتی مانند طلا، پلاتین اکسید می‌شوند اما خوردگی نمی‌یابند.
- ۴- فلزاتی مانند روی، قلع و آلومینیوم در مقابل خوردگی مقاوم هستند، هرچند اکسید می‌شوند.

تست ۲: چه تعداد از مطالب زیر درست است؟

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

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

سلول‌های الکترولیتی



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

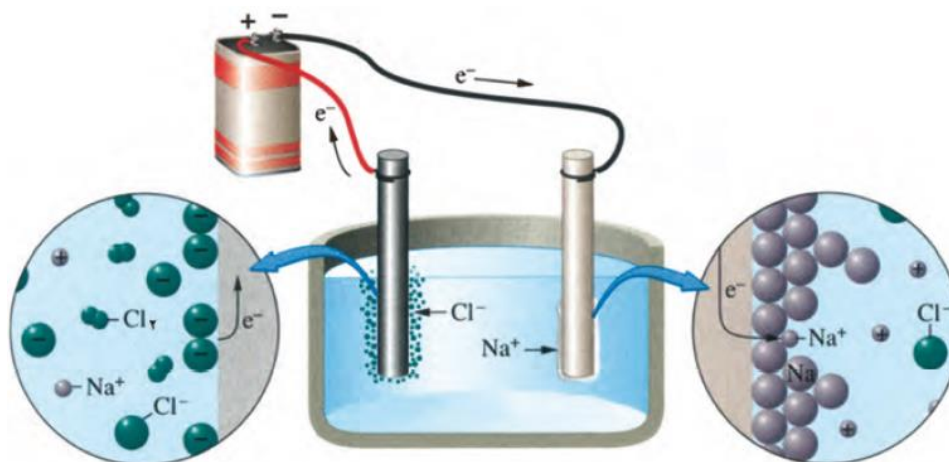
۲- سلول برقکافت آب: برای تولید گاز H_2

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

۴- سلول آبکاری

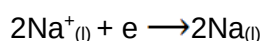
۵- سلول برقکافت Al_2O_3 مذاب: برای تولید Al (سلول هال)

برقکافت سدیم کلرید مذاب

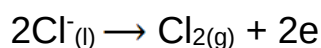


۱- سدیم کلرید به همراه مقداری کلسیم کلرید (کمک ذوب) به حالت مذاب وارد سلول الکترولیتی می‌شود.

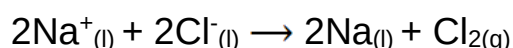
۲- نیم واکنش کاتدی:



۳- نیم واکنش آندی:



۴- واکنش کلی:

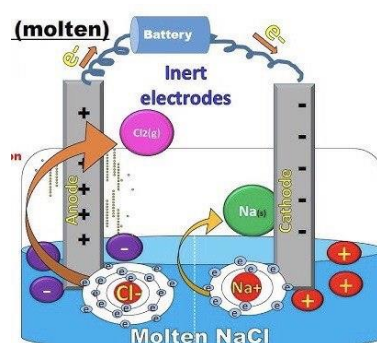


۵- در صنعت برقکافت سدیم کلرید مذاب در سلولی به نام (دانز) انجام می‌شود.

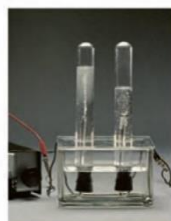
۶- سدیم کلرید خالص در 801°C سانتیگراد ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود 587°C سانتیگراد پایین می‌آورد. این کار از نظر اقتصادی باعث کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌گی کمتر هواکره می‌شود.

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

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

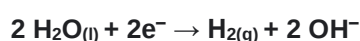


برقکافت آب



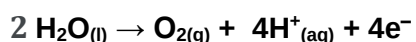
تجزیه آب به گازهای هیدروژن و اکسیژن با مصرف انرژی الکتریکی

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



۲- نیم واکنش کاتدی:

محیط اطراف کاتد بازی می شود.



۳- نیم واکنش آندی:

محیط اطراف آند اسیدی می شود.



۴- واکنش کلی:

PH در کل ۷ خواهد بود.

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

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

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

۰,۸-۴

۰,۶-۳

۰,۴-۲

۰,۲-۱

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

6.2×10^{24} (۴)

6.02×10^{23} (۳)

3.01×10^{23} (۲)

1.2×10^{24} (۱)

تست ۳: کدام عبارت درست می باشد؟

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

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

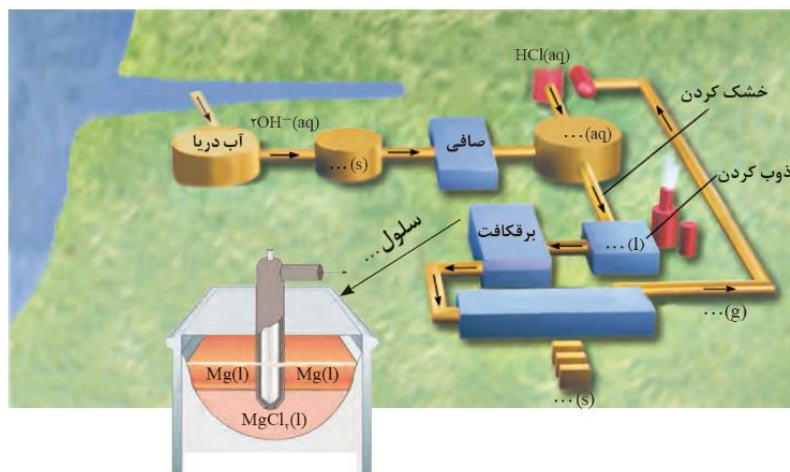
۳- حرکت الکترون ها در سلول گالوانی و الکترولیتی از آند به کاتد است.

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

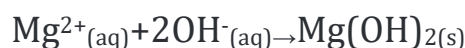
برقکافت منیزیم کلرید مذاب

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

مراحل تولید منیزیم کلرید از آب دریا:

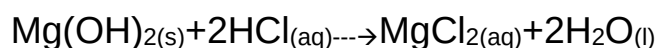


۱- واکنش یون هیدروکسید با یون منیزیم تولید منیزیم هیدروکسید:



۲- عبور از صافی برای جداسازی ناخالصی‌ها

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

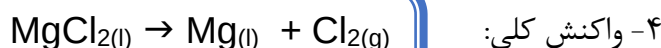
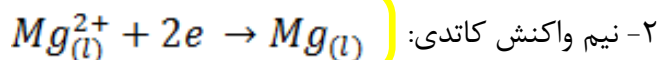
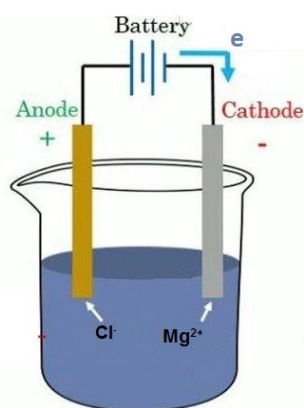


۴- خشک کردن محلول منیزیم کلرید و تولید منیزیم کلرید جامد.

۵- برقکافت منیزیم کلرید مذاب و تولید فلز منیزیم

➤ برقکافت منیزیم کلرید مذاب و تولید منیزیم:

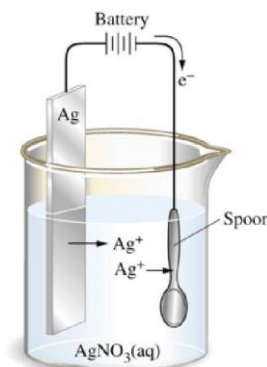
۱- منیزیم کلرید جامد را ذوب کرده و وارد سلول الکترولیتی می‌کنند



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

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

سلول الکترولیتی آبکاری

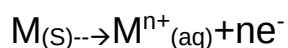


آبکاری: پوشاندن یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی را "آبکاری" گویند که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود.

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

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

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



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



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

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



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

۱- جنس فلز آند

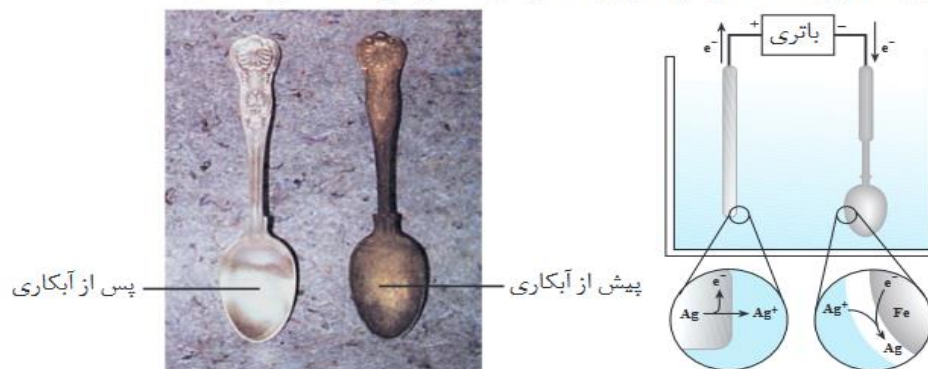
۲- جنس محلول الکترولیت

۳- نیم واکنش آندی

۴- نیم واکنش کاتدی

خود را بیازمایید

شکل زیر آبکاری یک قاشق فولادی را با فلز نقره نشان 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

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

آبکاری

پیش از برقراری جریان الکتریکی

تیغه‌ای از جنس نقره به قطب مثبت باتری متصل می‌شود.

مدتی پس از برقراری جریان الکتریکی

جسمی که آبکاری می‌شود به قطب منفی باتری اتصال دارد. در این قطب یون‌های نقره با گرفتن الکترون به نقره تبدیل می‌شوند و روی جسم می‌نشینند.

در این قطب فلز نقره با از دست دادن الکترون به یون نقره تبدیل می‌شود

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

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

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

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

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

$$۱- ۱,۲ \times ۱۰^{۲۳} \quad ۲- ۱,۲ \times ۱۰^{۲۲} \quad ۳- ۲,۴ \times ۱۰^{۲۳} \quad ۴- ۲,۴ \times ۱۰^{۲۲}$$

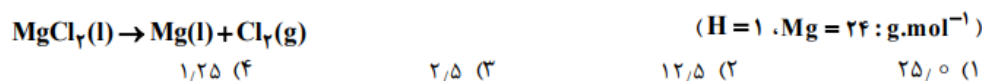
تست ۲: در آبکاری یک کلید آهنی توسط نیکل، کدام گزینه نادرست است؟
 ۱- کلید به قطب منفی وصل شده و نقش کاتد را خواهد داشت و به تدریج به جرم آن افزوده می‌شود
 ۲- قطعه ای فلز نیکل به قطب مثبت وصل شده و آند بوده و به تدریج کاهش جرم خواهد داشت
 ۳- نیم واکنش آندی و کاتدی عکس هم بوده گونه کاهنده و اکسنده نیکل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

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

$$۱-۱ \quad ۲-۲ \quad ۳-۳ \quad ۴-۴$$

تست ۴: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

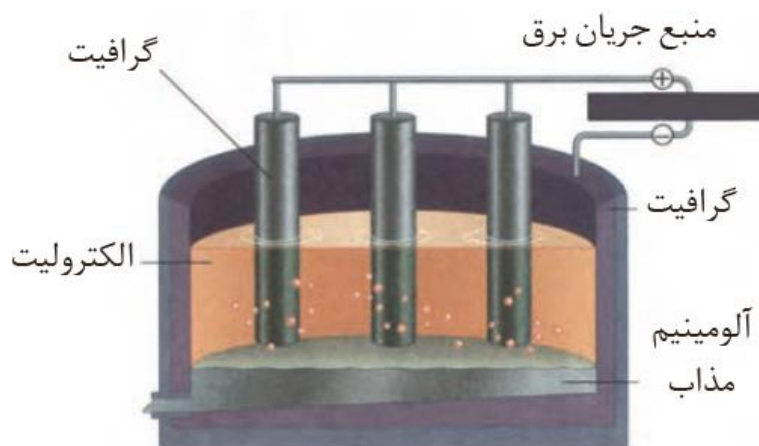
اگر از الکترون‌های تولیدشده در سلول سوختی هیدروژن برای تهیه فلز منیزیم از آب دریا استفاده شود، با مصرف چند کیلوگرم گاز هیدروژن در سلول سوختی با بازدهی ۶۰ درصد، می‌توان ۱۸ کیلوگرم منیزیم مذاب تهیه کرد؟



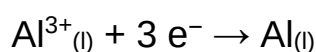
$$۱) ۲۵/۰ \quad ۲) ۱۲/۵ \quad ۳) ۲/۵ \quad ۴) ۱/۲۵$$

برقکافت آلومینیوم اکسید مذاب (سلول هال)

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

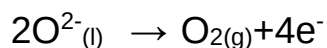


- ۱- الکترولیت آلومینیوم اکسید مذاب می باشد.
- ۲- دیواره و کف سلول هال از جنس گرافیت بوده و به قطب منفی متصل بوده است و یون Al^{3+} کاهیده شده و فلز آلومینیوم مذاب تولید می شود.



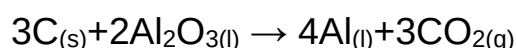
نیم واکنش کاتدی:

- ۳- آند به شکل استوانه های گرافیتی است که به قطب مثبت متصل بوده یون O^{2-} در آن اکسایش می یابد:



نیم واکنش آندی:

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



۵- واکنش کلی:

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



تست ۱: کدام مورد درباره سلول هال درست است؟

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

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

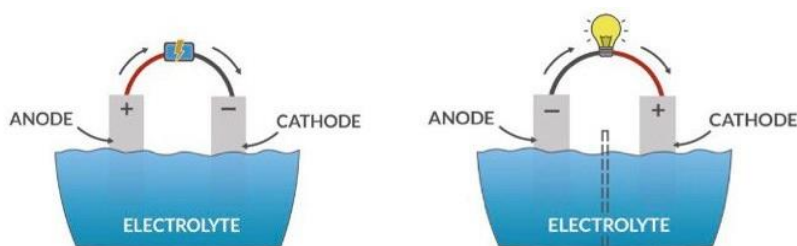
- ۱-۱ ۲-۰.۵ ۳-۰.۲۵ ۴-۲

تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

کدام مورد، نادرست است؟

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

مقایسه سلول گالوانی و الکترولیتی



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

تمرین‌های دوره‌ای

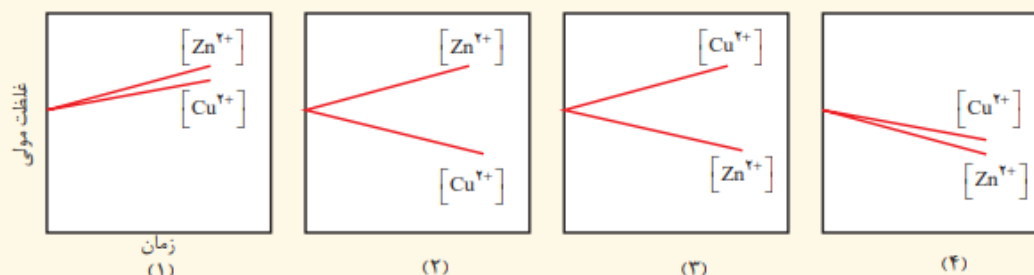
۱- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

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

ب) فلوئور، اکسندترین عنصر در جدول دوره‌ای است.

پ) عدد اکسایش اکسیژن در OF_2 برابر با $+2$ است.

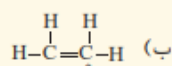
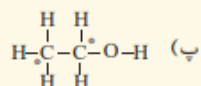
۲- با مراجعه به جدول ۱، توضیح دهید کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی-مس در بخشی از زمان نشان می‌دهد.



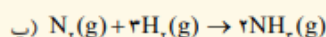
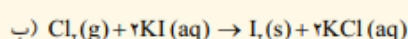
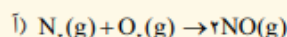
۳- emf سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با $1/98 \text{ V}$ است. E° نیم سلول A را حساب کرده و با مراجعه به جدول ۱، مشخص کنید A کدام فلز است؟



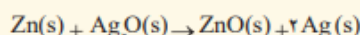
۴- عدد اکسایش اتم نشان داده شده با ستاره را مشخص کنید.



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



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



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

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

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

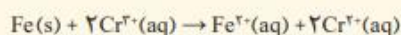
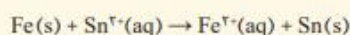
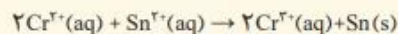
نیم‌واکنش کاهش	$E^{\circ}(V)$
$A^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow A(s)$	$+1/33$
$B^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow B(s)$	$+0/87$
$C^{2+}(aq) + e^{-} \rightarrow C^{+}(aq)$	$-0/12$
$D^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow D(s)$	$-1/59$

آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسنده است؟

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهنده است؟

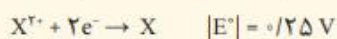
پ) کدام گونه (ها) می‌توانند C^{2+} را اکسید کنند؟

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



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

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



۱۲- در یک آزمایش چهار فلز A، B، C و D رفتارهای زیر را نشان داده‌اند:

● فقط فلزهای A و C با محلول ۰/۱ M هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن تولید می‌کنند.

● با قرار دادن فلز C در محلول‌های حاوی یون‌های D^{2+} ، B^{2+} و A^{2+} به ترتیب فلزهای D، B و A رسوب می‌کنند.

● یون B^{2+} اکسندۀ قوی‌تری از D^{2+} است.

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

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

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

اگر $E^\circ C^{2+}/C = ۰/۰۰$ V و فلز A با یون C^{2+} واکنش ندهد:

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

(ب) نماد اکسندۀ ترین و کاهندۀ ترین گونه را بنویسید.

تست جامع فصل



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

الف- انجام خود به خودی واکنش

ب- جنس الکترودهای آند و کاتد

پ- داشتن دو الکتروود 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؟

۱۹-۱ ۱۸-۲ ۱۲-۳ ۱۰-۴

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

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

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

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

۱-۲۱۶۰ ۲-۴۳۲۰ ۳-۶۴۸۰ ۴-۸۶۴۰

تست ۵: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

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

۱-۱ ۲-۲ ۳-۳ ۴-۴

تست ۶: کدام یک از عبارتهای زیر درست است؟

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 اکسند و کاهنده به ترتیب اتمی قلع و یون قلع است

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

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

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

چند گرم تغییر می‌کند؟ $zn=65$

۴-۱۹۵

۳-۱۲۰

۲-۱۲۵

۱-۶۵

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

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

گازهای تولید شده در شرایط به تقریب چند لیتر است؟

۱۸۶۶-۴

۹۳۳-۳

۶۲۲-۲

۳۱۱-۱

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

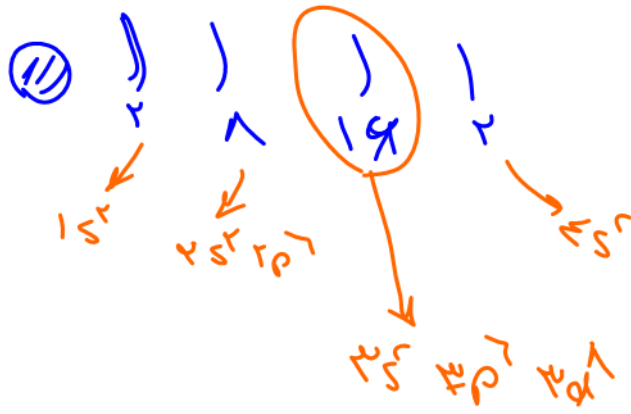
در سلول اول به جرم فلز تولید شده در سلول دوم کدام است؟ $Mg=24$ $Na=23$

$\frac{46}{24}$ -۴

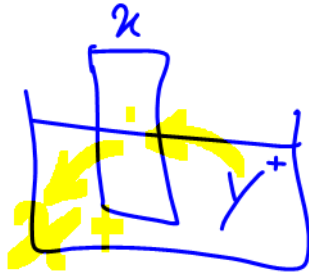
$\frac{46}{68}$ -۳

$\frac{23}{48}$ -۲

$\frac{23}{24}$ -۱



$\theta_1 = \pi$
 $\theta_c = \pi$



E^0
 اللّٰه ونفائتي

مدّش $\bar{\theta}$
 دالّج

$\underline{x} + \underline{y}^+ \rightarrow \underline{x}^+ + \underline{y}$
 $y^+ > x^+$
 $y < x$