شیمی ۳

آسایش و رفاه در سایه شیمی

خط به خط فصل دوم

مصطفی لک زائی

دبیر شیمی دبیرستان های شهرستان آق قلا

@lakzaei53

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

استفاده برای عموم آزاد است.
تکثیر با ذکر نام پدید آورنده و بدون دخل و تصرف بلامانع است.

فصل ۲ آسایش و رفاه در سایه شیمی

آیا می دانید

شکل سخت و نسبتا دست و پاگیر باتری‌های الکتروشیمیایی همیشه مانعی بزرگ در طراحی و کاهش وزن ابزارها بود و از این‌رو، خیلی از مهندسین رویای ساختن یک باتری را که مثل کاغذ، سبک و نازک و انعطاف‌پذیر باشد، در ذهن خود پرورده‌اند و هم اکنون بشر توانست باتری های بسیار نازک کاغذی را بسازد.

هُوَ الَّذِی یُرِیکُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَ طَمَعًا... (سوره رعد، آیه ۱۲)

اوست که برق را به شما نشان می‌دهد که هم مایه ترس و هم مایه امید است

هوالذی یریکم البرق خوفا و طمعا و ینشی ء السحاب الثقال

(اوست آن که برق را به جهت بیم و امید شما می نمایاند و ابرهای گرانبار را پدید می آورد.)

خدا آن کسی است که برق را در برابر چشمان شما هویدا نمود تا دو صفت خوف و رجاء (بیم و امید)را در شما ظاهر سازد، همچنان که مسافران و دریانوردان از برق آسمان می ترسند و حاضران و اهل خشکی به آن امید می بندند که شاید مقدمه باران باشد و خدا کسی است که ابرها را ایجاد می کند که بار سنگین باران را به دوش می کشند. (تفسیر المیزان)

پدیده‌های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می‌دهند که بخشی از این انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود. پدیده‌هایی از این دست که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشمه می‌گیرند سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش‌های شامل داد و ستد الکترون هدفمند دنبال شوند. واکنش‌هایی که مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. تولید انرژی الکتریکی پاک و ارزان دستاوردی از دانش الکتروشیمی است که در سایه فناوری‌های پیشرفته افزایش سطح رفاه و آسایش را در جهان به دنبال داشته است. الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.

۱

۱- کدام دستاورد الکتروشیمی باعث افزایش سطح رفاه و آسایش در جهان شده است؟

نکته : اصطلاح شیمی سبز در رابطه با طراحی محصولات و فرآیند های شیمیایی است که تولید و استفاده از مواد خطرناک را کاهش داده یا کاملا از بین می برد.

الکتروشیمی: علم استفاده از انرژی الکتریکی برای انجام یک تغییر شیمیایی یا تولید انرژی الکتریکی به وسیله واکنش های شیمیایی را الکتروشیمی گویند.

کاربرد های الکتروشیمی:

- تولید انرژی پاک و ارزان (باتری ها و سلول های سوختی و سوخت آن)
- تهیه مواد جدید (برقکافت، آبکاری)
- پیاده شدن اصول شیمی سبز در جهان (اندازه گیری و کنترل کیفی)

www.my-dars.ir

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

۱- مواردی از افزایش سطح رفاه و آسایش را بنویسید؟

۲- مواردی از کاربرد باتری ها را بنویسید؟

۱ رشد دانش و پیشرفت فناوری، انجام فعالیت‌های فردی، اقتصادی، صنعتی و... را آسان‌تر کرده و افزایش سطح رفاه و آسایش را به دنبال داشته است. تأمین روشنایی، گرمایش و سرمایش آسان‌تر، حمل و نقل سریع‌تر و ایمن‌تر، درمان و کاهش اثر نقص عضو و انتقال ایمن آب آشامیدنی نیم رخی از افزایش سطح رفاه و آسایش را نشان می‌دهند (شکل ۱).

شکل ۱ـ نمونه‌هایی از فناوری که نقش الکتروشیمی را در آسایش و رفاه نشان می‌دهند.

دو رکن اساسی تحقق این فناوری‌ها، دستیابی به مواد مناسب و تأمین انرژی است. می‌دانید که پرکاربردترین شکل انرژی در به‌کارگیری این فناوری‌ها انرژی الکتریکی است. **الکتروشیمی**[1] شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد (شکل ۲).

الکتروشیمی

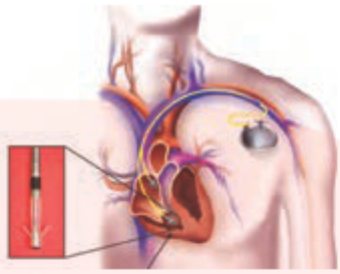
تأمین انرژی (باتری‌ها، سلول سوختی و سوخت آنها) | تولید مواد (مانند برقکافت، آبکاری) | اندازه‌گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فراورده)

شکل ۲ـ برخی قلمروهای الکتروشیمی

۲ باتری یکی از فراورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتریسیته تولید می‌کند. برای نمونه تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم‌کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است (شکل ۳).

۱ـ Electrochemistry

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir



شکل ۳ـ برخی کاربردهای باتری

از سوی دیگر ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی‌های محتوی مواد غذایی، لوازم آشپزی که در برابر خوردگی مقاوم هستند و مانع از آلوده شدن آب و مواد غذایی می‌شوند، همچنین کسب اطمینان از کیفیت تولید فراورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و... چهره‌ای دیگر از افزایش سطح رفاه و آسایش هستند. دستیابی به این موفقیت‌ها در گرو بهره‌گیری از دانش الکتروشیمی است. دانشی که می‌تواند دستاوردهای گوناگونی را برای رفاه بشر به ارمغان آورد و در ایجاد آسایش بیشتر برای مردم همچنین پیشرفت کشورمان نقش ایفا کند. برای دستیابی به این مهم نخست باید بدانید در چه واکنش‌هایی الکترون داد و ستد می‌شود؟ چگونه می‌توان از این واکنش‌ها در تأمین الکتریسیته بهره جست؟ الکتروشیمی چه نقشی در تأمین انرژی سبز و پاک دارد؟ چگونه می‌توان خواص مواد را بهبود بخشید؟

انجام واکنش با سفر الکترون

از درس علوم به یاد دارید که یکی از راه‌های بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده در فلزها، اتصال آنها در شرایط مناسب به یکدیگر است. برای نمونه با یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و یا میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ LED را روشن کرد (شکل ۴).

موتورسیکلت برقی نمونه‌ای از وسایلی است که با انرژی ذخیره شده در باتری کار می‌کند. در واقع باتری، مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود و موتور را به حرکت درآورد. با این توصیف شناخت نوع و شیوه انجام واکنش‌های درون باتری‌ها کمک خواهد کرد تا بتوان از واکنش‌های شیمیایی برای رفع نیازها به درستی بهره برد.

سوال: عدد اکسایش هالوژن ها را در ترکیبات زیر تعیین کنید؟

KO_2 ، MgI_2 ، Na_3AlF_6 ، $AlCl_3$

- عدد اکسایش عنصرها در حالت آزاد آنها مثل O_2 ، N_2 ، S_8 ، Al و .... برابر صفر است.
- عدد اکسایش یک یون تک اتمی مثل برابر بار آن است

سوال: عدد اکسایش طلا و کلر در دو یون زیر تعیین کنید؟

Au^{3+} ، Cl^-

آیا می‌دانید

فاصله میان اندام‌های مصنوعی و واقعی هر روز کمتر و کمتر می‌شود و به لطف پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه ساخت باتری، ربات‌های کنترل‌شونده با مغز و هوش مصنوعی، اندام‌های مکانیکی به عضوی از بدن تبدیل می‌شوند.

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

شکل ۴ـ باتری لیمویی

۱- چراغ خورشیدی چیست؟

نکته : باتری، مولدی است که در آن واکنش های شیمیایی رخ می دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود.

تعریف عدد اکسایش: عدد اکسایش یک اتم در یک گونهٔ شیمیایی، هم ارز با بار الکتریکی است که به اتم آن عنصر نسبت داده می شود، با فرض این که همه پیوندها یونی هستند. برای نمونه، در آهن(II) کلرید، عدد اکسایش آهن برابر ۲+ و عدد اکسایش کلر برابر ۱- است.

تعیین عدد اکسایش:

- عدد اکسایش هیدروژن در ترکیب با فلزات برابر ۱- است مثل هیدروژن در NaH
- عدد اکسایش هیدروژن در ترکیب با نافلزات برابر ۱+ است مثل هیدروژن در HF ، H_2O ، H_2SO_4
- عدد اکسایش فلوئور در ترکیب ها برابر ۱- است. مثل فلوئور در HF ، OF_2 ، Na_3AlF_6
- عدد اکسایش اکسیژن در اکسیدهای معمولی برابر ۲- مثل اکسیژن در H_2O و در پراکسیدها برابر ۱- مثل اکسیژن در H_2O_2 و در سوپر اکسیدها برابر $-\frac{1}{2}$ است مثل اکسیژن در KO_2 و در OF_2 برابر ۲+ است و در HOF برابر صفر است و در O_2F_2 برابر ۱+ است .
- عدد اکسایش هالوژن ها در ترکیب با ترکیبات دوتایی با فلزات و نافلزات برابر ۱- و در ترکیب دو هالوژن ، هالوژن بالاتر در گروه، دارای عدد اکسایش برابر ۱- است.

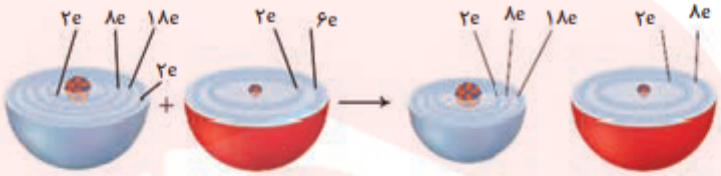
سوال: عدد اکسایش هالوژن ها را در ترکیبات زیر تعیین کنید؟

CCl_4 ، KBr ، MgI_2 ، IF_7

- عدد اکسایش عنصرهای گروه اول ۱+ وعنصرهای گروه دوم برابر ۲+ و آلومینیم در ترکیب ها برابر ۳+ است.

با هم بیندیشیم

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



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

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

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

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

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

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

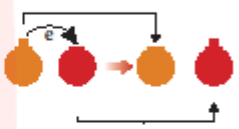
ث) کدام یک از نیم‌واکنش‌های بالا، نیم‌واکنش اکسایش و کدام یک نیم‌واکنش کاهش را نشان می‌دهد؟چرا؟

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

دریافتید که در واکنش‌های اکسایش-کاهش، گونه‌های شیمیایی الکترون داد و ستد می‌کنند به‌طوری که برخی گونه‌ها با ازدست دادن الکترون اکسایش می‌یابند و در مقابل، برخی گونه‌ها با گرفتن الکترون کاهش می‌یابند.

۱- Reduction
۲- Oxidation
۳- Half-reation
۴- Oxidant
۵- Reductant

اکسایش یافته



کاهش یافته

- اکسایش: از دست دادن الکترون
- کاهش: به دست آوردن الکترون

- اغلب فلزها در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون خود را به نافلزها داده و ضمن اکسایش به کاتیون تبدیل شوند. نافلزها نیز با گرفتن یک یا چند الکترون کاهش یافته و به آنیون تبدیل می‌شوند. از این رو فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

تعریف اکسایش کاهش برمبنای عدد اکسایش: اگر در واکنشی عدد اکسایش ماده‌ای افزایش یابد آن ماده اکسایش یافته. واگر عدد اکسایش ماده‌ای کاهش یابد، آن ماده کاهش می‌یابد. به مثال زیر توجه کنید:

$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$

در این مثال چون عدد اکسایش Cu^{2+} کاهش می‌یابد، کاهش یافته و در مقابل عدد اکسایش هیدروژن افزایش یافته و بنابراین اکسایش یافته است.

اکسنده(کاهش یافته یا احیاء شده) : ماده ای است که با گرفتن الکترون از گونه های دیگر، آنها را اکسید کرده و خود کاهش می یابد.

کاهنده(اکسایش یافته یا اکسید شده) : ماده ای است که با دادن الکترون به گونه های دیگر، آنها را کاهش داده و خود اکسایش می یابد.

- مجموع اعداد اکسایش یک ترکیب خنثی برابر صفر و یک یون چندتامی برابر بار آن است.

سوال: عدد اکسایش عنصرهایی که زیر آنها خط کشیده شده را به دست آورید.

$\underline{C}O_3^{2-}$, $H_2\underline{S}O_4$, $\underline{N}O_3^-$

$K\underline{Mn}O_4$, $\underline{O}_3^-$, $\underline{P}Cl_5$,

$\underline{C}O_2$, S_2Cl_2 , H_2O_2

واکنش اکسایش و کاهش: واکنشی که در آن گونه های شیمیایی الکترون داد و ستد می کنند به طوری که برخی گونه ها با ازدست دادن الکترون اکسایش می یابند و در مقابل، برخی گونه ها با گرفتن الکترون کاهش می یابند.

تعریف اکسایش کاهش برمبنای مبادله الکترون: در این تعریف هر ماده‌ای که الکترون از دست بدهد، اکسایش می‌یابد و هر ماده‌ای که الکترون بگیرد کاهش می‌یابد. به مثال زیر توجه کنید:

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

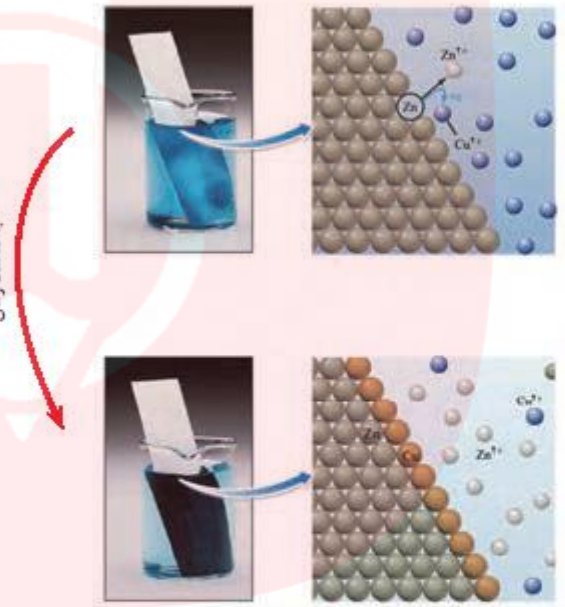
در این مثال هم چون Mg الکترون از دست داده است، پس اکسایش یافته و درمقابل Al^{3+} الکترون گرفته پس اکسایش یافته است.

www.my-dars.ir
Mostafa Lakzaei

برای نمونه هرگاه تیغه‌ای از جنس روی درون محلول مس (II) سولفات آبی رنگ قرار گیرد، به‌تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. این تغییر رنگ نشان‌دهنده انجام واکنش شیمیایی زیر است.

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

در این واکنش اتم‌های خنثای روی (Zn) با از دست دادن دو الکترون به یون‌های روی (Zn^{2+}) اکسایش یافته و هم‌زمان با آن، هر یون مس (Cu^{2+}) با دریافت همان دو الکترون به اتم مس (Cu) کاهش می‌یابد. در واکنش‌هایی از این دست، فراورده‌ها پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند (شکل ۵).



شکل ۵ـ واکنش فلز روی با یون‌های مس (II)

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در هر واکنش شیمیایی هنگامی که بار الکتریکی یک گونه (اتم، مولکول یا یون) مثبت‌تر می‌شود، آن گونه اکسایش یافته و گونه‌ای که بار الکتریکی آن منفی‌تر می‌شود، کاهش می‌یابد.

۱- اگر یک تیغه از جنس روی را درون محلول مس (II) سولفات آبی رنگ قرار دهیم.

آ) واکنش مربوطه را بنویسید.

ب) یون ناظر در این واکنش کدام یون است؟

پ) عدد اکسایش همه عناصر را تعیین کنید.

ت) کدام ذره کاهش و کدام ذره اکسایش یافته است؟ چرا؟

ث) جزء اکسنده و کاهنده را با ذکر دلیل معلوم کنید.

موازنه واکنش های اکسایش و کاهش

- نیم واکنش های اکسایش و کاهش را می نویسیم
- هر نیم واکنش باید هم از نظر تعداد اتم (موازنهٔ جرم) و هم از نظر بار الکتریکی موازنه باشد.
- تعداد الکترون های جابه جاشده در نیم واکنش های اکسایش و کاهش را با هم برابر کرده و سپس این دو نیم واکنش را با هم جمع می کند.

مثال: در واکنش های اکسایش کاهش دو نیم واکنش اکسایش و کاهش، هم زمان و همواره در کنار هم رخ می دهند، به طوری که تعداد الکترون های تولید شده در نیم واکنش اکسایش باید با تعداد الکترون های مصرف شده در نیم واکنش کاهش برابر باشد. برای نمونه

$$Al(s) + H^+(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + H_2(g)$$

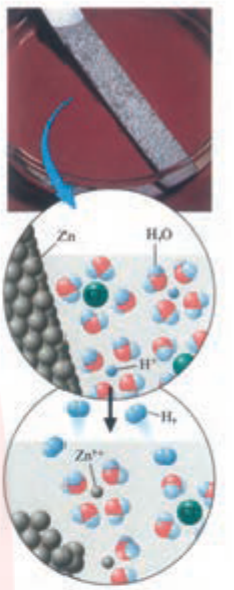
Al تبدیل به Al^{3+} و یون H^+ تبدیل به H_2 شده، ابتدا موازنه جرم می کنیم (ضریب ۲ برای یون H^+ قرار دمی دهیم) و سپس موازنه بار اکتریکی می کنیم برای برابر کردن تعداد الکترون های مبادله شده، نیم واکنش ها را در ۳ و ۲ ضرب می کنیم تا تعداد اکترون های مبادله شده برابر شود (۶ الکترون) و سپس دو نیم واکنش را با هم جمع می کنیم. حال به واکنش موازنه شده رسیدیم.

$Al(s)+H^+(aq)\rightarrow Al^{3+}(aq)+H_2(g)$

نیم واکنش کاهش $3\times(2H^+(aq)+2e\rightarrow H_2(g))$

نیم واکنش اکسایش $2\times(Al(s)\rightarrow Al^{3+}(aq)+3e)$

$2Al(s)+6H^+(aq)\rightarrow 2Al^{3+}(aq)+3H_2(g)$



واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک‌اسید.

خود را بیازمایید

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

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

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

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

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

در این واکنش، اتم‌های روی الکترون (از دست داده / به دست آورده) و (کاهش / اکسایش) یافته‌اند و سبب (کاهش / اکسایش) یون‌های هیدروژن شده‌اند، ازاین‌رو اتم‌های روی نقش (اکسنده / کاهنده) دارند. درحالی‌که یون‌های هیدروژن، الکترون (از دست داده / به دست آورده) و (کاهش / اکسایش) یافته‌اند و سبب (کاهش / اکسایش) یون‌های روی شده‌اند، از این رو یون‌های هیدروژن نقش (اکسنده / کاهنده) دارند.

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

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

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

نکته

در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد. در این واکنش Mg(s) با نور خیره‌کننده‌ای در $O_2(g)$ می‌سوزد و به MgO(s) تبدیل می‌شود. در این واکنش گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

در میان تار نماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر در مورد سیر تحول تولید نور در فلاش عکاسی، از سوختن منیزیم تا لامپ‌های امروزی اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس گزارش کنید. در بحث خود به نقش جریان الکتریکی در نوآوری‌های مرتبط با فلاش عکاسی اشاره نمایید.

در برخی واکنش‌های اکسایش ـ کاهش افزون بر داد و ستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود. در شیمی ۱ دیدید که فلزهایی مانند منیزیم و سدیم در اکسیژن می‌سوزند، نور و گرما تولید می‌کنند.

حاشیه همین صفحه

$Mg(s) + O_2(g) \rightarrow MgO(s)$

منیزیم از عدد اکسایش صفر در Mg به $+2$ در Mg^{2+} رسیده و عدد اکسایش افزایش یافته (الکترون از دست داده است) پس Mg اکسایش یافته و کاهنده است و O_2 از عدد اکسایش صفر به ۲- در O^{2-} رسیده و عدد اکسایش کم شده (الکترون گرفته است) پس O_2 کاهش یافته و اکسنده است.

سوال: فیلم عکاسی که در گذشته برای تهیهٔ عکس های سیاه و سفید استفاده می شد، حاوی بلورهای بسیار ریز نقره برمید در ژلاتین است. هنگامی که این فیلم در برابر تابش نور قرار گیرد، سیاه می شود. در این پدیده نیم واکنش های زیر هم زمان رخ می دهند.

$2Ag^+(s) + \cdots \rightarrow 2Ag(s)$

$2Br^-(s) \rightarrow Br_2(g) + \cdots$

الف) با کامل کردن نیم واکنش ها ، گونه هایی که اکسایش و کاهش یافته مشخص کنید.

ب) گونهٔ اکسنده و کاهنده را در این واکنش مشخص کنید.

پ) معادلهٔ واکنش اکسایش کاهش را به دست آورید.

الف) نیم واکنش کاهش $2Ag^+(s) + 2e \rightarrow 2Ag(s)$ (Ag^+ کاهش یافته)

نیم واکنش اکسایش $2Br^-(s) \rightarrow Br_2(g) + 2e$ (Br اکسایش یافته)

ب) Ag^+ اکسنده و Br^- کاهنده

پ) $2AgBr(s) \rightarrow Br_2(g) + 2Ag(s)$

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

همچنین از واکنش میان فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیم با محلول مس (II) سولفات گرما آزاد می‌شود. شکل ۶ واکنش بین فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات را همراه با معادله شیمیایی آن نشان می‌دهد.

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

■ واکنش بین الیاف آهن با محلول مس (II) سولفات

شکل ۶ـ هنگامی که Al(s) درون $CuSO_4(aq)$ قرار گیرد، بر اثر واکنش اکسایش ـ کاهش، دمای محلول افزایش می‌یابد.

در واکنش بالا هر اتم آلومینیم سه الکترون از دست می‌دهد و اکسایش می‌یابد در حالی که هر یون مس دو الکترون می‌گیرد و کاهش می‌یابد. با این توصیف بر اساس معادله موازنه شده واکنش چند الکترون میان اتم‌های آلومینیم و یون‌های مس داد و ستد می‌شود؟

خود را بیازمایید

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

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

■ تیغه مس درون محلول روی سولفات پس از مدت طولانی.

آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان‌دهنده چیست؟

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

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

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

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

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

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

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

پیوست شماره ۱

تعیین عدد اکسایش ترکیبات آلی

سهم اتم از الکترون های پیوندی – تعداد الکترون های لایه ظرفیت اتم = عدد اکسایش اتم

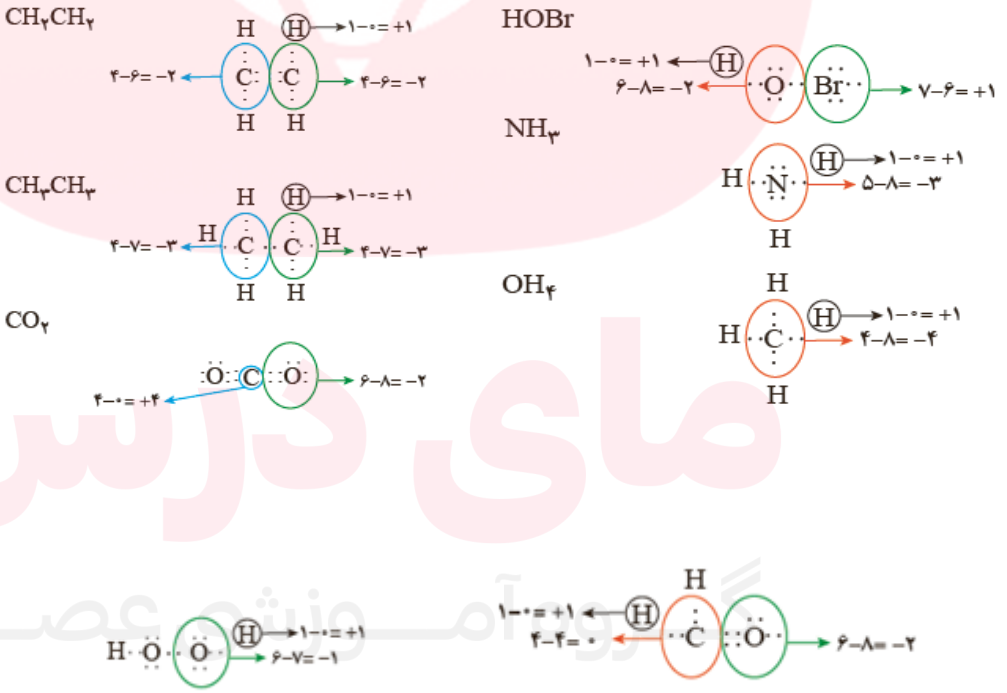
سهم اتم از الکترون های پیوندی

۱. الکترون های ناپیوندی اتم سهم خود اتم است.

۲. الکترون های پیوندی بین دو اتم یکسان به طور مساوی تقسیم می شود و سهم هر دو اتم نصف این الکترون های پیوندی است.

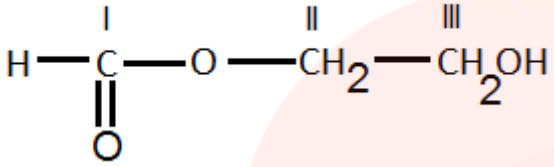
۳. الکترون های پیوندی بین دو اتم غیر یکسان به اتمی تعلق می گیرد که خصلت نافلزی بیش تری دارد.

$$H < C < S < I < Br < Cl < N < O < F$$



www.my-dars.ir

مثال: در ساختار ترکیب مقابل، عدد اکسایش اتم های کربن که با عدد های I ، II و III مشخص شده اند به ترتیب کدام اند؟



۱) ۲+ ،-۱ ، -۱ ۲) ۳+ ،-۲ ، -۲

۳) ۲+ ، ۰ ، -۲ ۴) ۳+ ،-۲ ، -۱

تمرین: عدد اکسایش اتم هایی که زیر آنها خط کشیده شده را به دست آورید.

$H_۲\underline{P}O_۴$ $3(1+)+x+4(2-)=0 \Longrightarrow x=+5$

$H_۲\underline{B}O_۳$ $x+3\times(-2)+3\times(+1)=0 \Longrightarrow x=+3$

$\underline{Mn}O_۴^-$ $x+4\times(-2)=-1 \Longrightarrow x=+7$

$H_۲\underline{S}O_۴$ $2+x-8=0 \Longrightarrow x=+6$

$\underline{Cr}_۲O_۷^{۲-}$ $2x-14=-2 \Longrightarrow x=+6$

$\underline{N}H_۴\underline{N}O_۳$

از دو یون $\underline{N}H_۴^+$ و $\underline{N}O_۳^-$ تشکیل شده است پس

$\underline{N}H_۴^+$ x+۴(+۱)=+۱ , x=-۳

$\underline{N}O_۳^-$ x+۳(-۲)=-۱ , x=+۵

مثال : جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های کربن در مولکول بنزوییک اسید با عدد اکسایش کدام عنصر در ترکیب داده شده، برابر است؟

۱) S در پتاسیم سولفید ۲) C در فرمالدهید

۳) N در نیتریک اسید ۴) Cl در پتاسیم کلرات

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال عدد اکسایش اتم ..... با عدد اکسایش اتم ..... برابر است.

۱) H در KH ـ H در HCl
۲) O در OF_2 ـ Mg در Mg_3N_2
۳) Fe در $(OH)_2$ ـ S در Na_2SO_3 ـ Fe
۴) Mn در $KMnO_4$ ـ Mn در $BaMnO_4$

مثال :عدد اکسایش اتم مرکزی، در مورد کدام ترکیب، درست نشان داده شده است؟

۱) -2 ، OF_2
۲) -2 ، CH_3OH
۳) $+6$ ، $HClO_3$
۴) $+3$ ، NH_4^+

مثال :عدد اکسایش اتم مرکزی، در کدام ترکیب بزرگتر است؟

۱) SF_6
۲) $KMnO_4$
۳) H_2SO_4
۴) $K_2Cr_2O_7$

پیوست شماره ۲

رقابت فلزها برای از دست دادن الکترون

یکی از ویژگی های مهم فلزها، تمایل آنها برای از دست دادن الکترون و تبدیل به یون مثبت است. لذا برای پیش بینی امکان انجام واکنش اکسایش –کاهش لازم است تمایل نسبی دو گونه به اکسایش یا کاهش معین شود.

مثال : اگر چند میخ آهنی را در محلول آبی رنگ مس (II) سولفات موجود در یک بشر وارد کنیم، لایه قرمز رنگی از فلز مس روی میخ آهنی پدید می آید و به تدریج رنگ محلول سبز روشن خواهد شد.

سوال: نیم واکنش ها و واکنش کلی را بنویسید؟

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

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

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

گروه آموزشی عصر www.my-dars.ir

نتیجه: فلز آهن الکترون دهنده تر از فلز مس است پس آهن اکسید شده و از مس کاهنده تر است.

مثال : اگر یک سیم مسی را در محلول بیرنگ نقره نیترات موجود در یک بشر وارد کنیم، پس از مدتی بلورهای ریز نقره روی سیم مسی ظاهر می شود .

سوال: نیم واکنش ها و واکنش کلی را بنویسید؟

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

$$2Ag^{+}(aq) + 2e \rightarrow 2Ag(s)$$

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

نتیجه: فلز مس الکترون دهنده تر از فلز نقره است پس مس اکسید شده و از نقره کاهنده تر است.

ترتیب قدرت کاهندگی (اکسایش)

$$Fe > Cu > Ag$$

هیدروژن کجاست؟؟؟

در یک بشر مقداری محلول هیدروکلریک اسید یک مولار، یک تیغه از فلز مس و یک تیغه از فلز آهن قرار می دهیم. مشاهده می شود که واکنش نسبتاً شدیدی بین آهن و هیدروکلریک اسید روی می دهد و حباب های گاز هیدروژن از آن متصاعد می شود .در حالی که در اطراف تیغه مس تغییری روی نمی دهد

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

$$2H^{+}(aq) + 2e \rightarrow H_2(g)$$

$$Fe(s) + 2H^{+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g)$$

نتیجه : آهن الکترون های خود را به یون های هیدروژن می دهد و آن را به صورت گاز هیدروژن آزاد می کند .پس آهن از هیدروژن الکترون دهنده تر است .اما هیدروژن الکترون دهنده تر از مس است.

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

ترتیب قدرت کاهندگی (اکسایش)

$$Fe \rangle H \rangle Cu \rangle Ag$$

مثال: دانش آموزی با استفاده از فلز Ni و یکی از دو فلز (Al و Ag) یک سلول الکتروشیمیایی ساخته شده است. با توجه به این که این فلز نمی تواند با محلول HCl (aq)، گاز هیدروژن آزاد کند:

آ) از بین Al و Ag کدام فلز را باید انتخاب کند؟ چرا؟

ب) قدرت کاهندگی Al و Ag را با ذکر دلیل باهم مقایسه کنید.

نیم واکنش	$E^{\circ}(V)$
$Ag^{+}(aq)+e^{-}\rightarrow Ag\,(s)$	+۰/۸۰
$۲H^{+}(aq)+۲e^{-}\rightarrow H_{۲}\,(g)$	۰/۰۰
$Ni^{۲+}(aq)+۲e^{-}\rightarrow Ni\,(s)$	−۰/۲۵
$Al^{۳+}(aq)+۳e^{-}\rightarrow Ag\,(s)$	−۱/۶۶

مثال: تیغه‌ای به جرم ۲g از فلز آلومینیم در ۲۰۰mL محلول ۰/۱ مولار مس(II) سولفات انداخته شده است. پس از پایان واکنش، چند گرم آلومینیم سولفات به‌دست می‌آید؟ $(Cu=۶۴, Al=۲۷ : g.mol^{-1})$

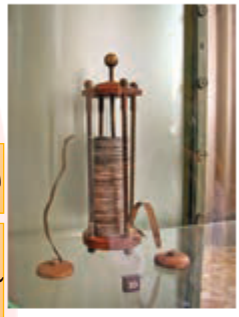
۱) ۸/۴۳ ۲) ۶/۸۴ ۳) ۳/۴۲ ۴) ۲/۲۸

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

آیا می‌دانید

آلساندرو ولتا، سلول ولتا را ابداع کرد. سلولی که از صفحه‌های دایره‌ای شکل از جنس مس و روی تشکیل شده و به‌صورت یک در میان روی هم قرار گرفته‌اند و بین آنها کاغذی آغشته به محلول نمک خوراکی وجود دارد.



آیا می‌دانید

شواهد تاریخی نشان می‌دهد که ایرانیان باستان با ظرف‌های سفالی، قطعه‌هایی از فلزهای آهن و مس همراه با محلول نمک خوراکی یا سرکه، دستگاهی برای تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی ساخته بودند.

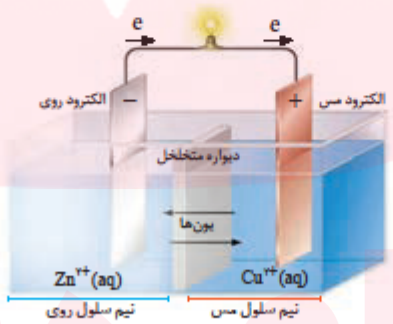
ناموختید که تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون در محلول‌های آبی یکسان نیست. به دیگر سخن فلزها قدرت کاهندگی متفاوتی دارند. برای نمونه فلز روی کاهنده‌تر از مس است. با این توصیف در یک واکنش اکسایش ـ کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می‌تواند با برخی کاتیون‌های فلزی واکنش دهد و آنها را به اتم‌های فلزی بکاهد.

در واکنش‌هایی از این دست، مخلوط واکنش گرم می‌شود زیرا سامانهٔ واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می‌دهد. به نظر شما آیا می‌توان این واکنش‌ها را به گونه‌ای انجام داد تا به‌جای تولید گرما، از الکترون‌های داد و ستد شده برای ایجاد جریان الکتریکی استفاده کرد؟

واکنش‌های شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون‌ها

برای ایجاد جریان الکتریکی باید الکترون‌ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا نمود. اگر به‌جای داد و ستد مستقیم الکترون بین گونه‌های اکسایش و کاهش یافته در یک واکنش، بتوان الکترون‌ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه‌جا کرد آنگاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش ـ کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود. آیا می‌دانید برای دستیابی به این هدف چه تغییری باید در شرایط و چگونگی انجام یک واکنش اکسایش ـ کاهش صورت گیرد؟

شیمی‌دان‌ها در پژوهش‌ها دریافتند که هرگاه تیغه روی درون محلولی از روی سولفات (نیم سلول روی) و تیغه مس درون محلولی از مس (II) سولفات (نیم سلول مس) قرار گیرد و نیم‌سلول‌ها همانند شکل زیر به یکدیگر وصل شوند، الکترون‌ها در مدار بیرونی جابه‌جا شده و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. جریانی که سبب روشن شدن لامپ خواهد شد. نتایج حاصل از چنین پژوهش‌هایی منجر به ساخت **سلول گالوانی**[1] شد (شکل ۷).



شکل ۷ـ نمایی از سلول گالوانی Zn_Cu

۱_ Galvanic Cell

۱- شرط ایجاد جریان الکتریکی چیست؟

۲- چگونه می توان بخشی از گرمای یک واکنش اکسایش و کاهش را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد؟

نکته : آنچه در سلول گالوانی اتفاق می افتد آن است که در آن از انجام یک واکنش اکسایش و کاهش و عبور معین الکترون ها از مسیر سیم خارجی جریان الکتریکی تولید می شود.

سلول الکترو شیمیایی: سلول هایی هستند که در آنها تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی یا بالعکس انجام می شود.

انواع سلول های الکتروشیمیایی:

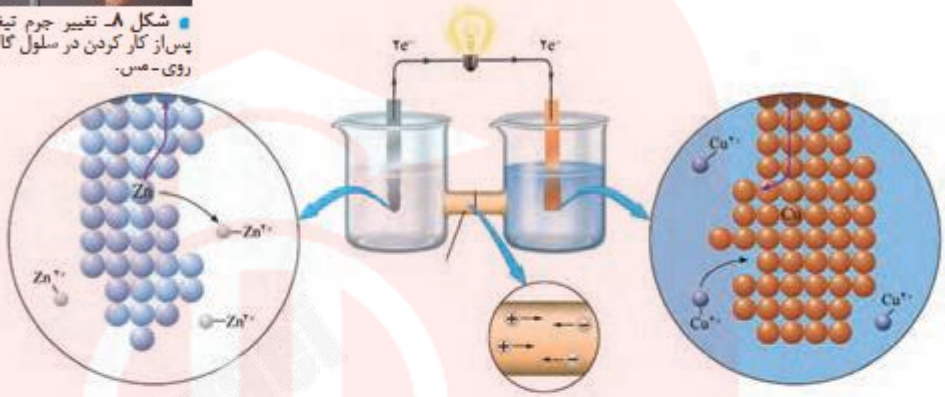
- **سلول های گالوانی(سلول های ولتایی) :** سلول هایی هستند که هر دو نیم واکنش الکترودی آن ها به طور خودبه خودی انجام می گیرد و بر اثر وقوع آن ها، انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. از آنجا که در سلول های گالوانی، انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود، از این سلول ها به عنوان منبع انرژی الکتروشیمیایی یاد می شود.
- **سلول الکترولیتی:** نوع دیگری از سلول های الکتروشیمیایی که با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش راند.

اگر پس از انجام واکنش، تیغه‌های روی و مس را از سلول گالوانی جدا کنید، خواهید دید که از جرم تیغه روی کاسته شده و بر جرم تیغه مس افزوده شده است (شکل ۸).

شکل ۸ـ تغییر جرم تیغه ها پس‌از کار کردن در سلول گالوانی روی ـ مس.

با هم بیندیشیم

شکل زیر نمای ذره‌ای از سلول گالوانی روی ـ مس (Zn ـ Cu) را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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

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

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

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

آموختید که سلول گالوانی، دستگاهی است که می‌تواند بر اساس قدرت کاهندگی فلزها انرژی الکتریکی تولید کند. برای نمونه در سلول گالوانی روی ـ مس، نیم‌واکنش اکسایش در آند (الکترود روی) انجام می‌شود و هر اتم روی دو الکترون از دست می‌دهد و به شکل یون روی وارد محلول می‌شود. به دلیل تولید الکترون در این الکترود آن را با علامت منفی نشان می‌دهند. الکترون‌های تولید شده در سطح الکترود روی از طریق مدار بیرونی (سیم رابط) به سوی کاتد (الکترود مس) روانه می‌شوند. هر یون مس موجود در محلول، این دو الکترون را می‌گیرد و به شکل اتم مس بر سطح تیغه می‌نشیند. انتظار می‌رود با ادامه این روند به تدریج در

نیم‌واکنش اکسایش را نیم‌واکنش آندی و نیم واکنش کاهش را نیم‌واکنش کاتدی می‌نامند.

۱ـ Anode
۲ـ Cathode

نکته های سلول گالوانی

نیم سلول: هنگامی که یک رسانای الکترونی (الکترود) در تماس با یک رسانای یونی (الکترولیت) قرار گیرد، مجموعه حاصل نیم سلول نامیده می شود.

پتانسیل الکترودی : بین تیغه فلزی و محلول دارای یون های آن، اختلاف پتانسیلی وجود دارد که پتانسیل الکترودی گفته می شود.

واکنش الکترودی : واکنش های اکسایش – کاهش در سطح الکترود (مرز میان دو رسانای الکترونی و یونی) روی می دهد.

آند : الکترودی است که در آن اکسایش روی می دهد.

کاتد : الکترودی است که در آن کاهش روی می دهد.

نیم واکنش آندی: نیم واکنش اکسایش

نیم واکنش کاتدی: نیم واکنش کاهش

جریان الکترون : جهت جریان الکترون ها در مدار خارجی سلول الکتروشیمیایی از (-) به (+) است.

نکته : در سلول گالوانی، آند، قطب منفی و کاتد، قطب مثبت است.

جریان یون ها : ضمن جریان برق از مدار در سلول الکتروشیمیایی کاتیون ها از نیم سلول آند به سمت نیم سلول کاتد و آنیون ها از نیم سلول کاتد به سمت نیم سلول آند مهاجرت می کنند.

سوال: چرا بین دو نیم سلول دیواره متخلخل از جنس سفال یا ..... قرار می دهند؟

جواب: زیرا که از مخلوط شدن مستقیم و سریع دو الکترولیت جلوگیری می کند اما برخی یون های موجود در دو محلول می توانند از آن عبور کنند.

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

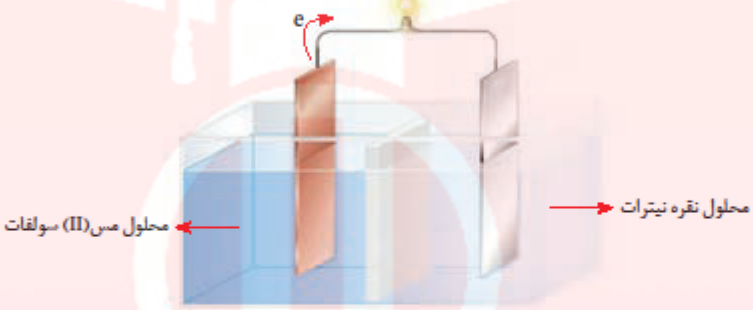
آیا می‌دانید

دیواره متخلخل از جنس سفال، خاک چینی (کائولن)، آزبست یا گرد فشرده شیشه است که از مخلوط شدن مستقیم و سریع دو الکترولیت جلوگیری می‌کند اما برخی یون‌های موجود در دو محلول می‌توانند از آن عبور کنند.

محلول پیرامون الکترود آند، غلظت کاتیون روی از آنیون‌ها بیشتر شده اما در محلول پیرامون الکترود کاتد، غلظت آنیون‌ها از کاتیون مس بیشتر شود. اما در عمل هیچگاه چنین پدیده‌ای رخ نمی‌دهد زیرا برای ادامه واکنش اکسایش ـ کاهش، محلول‌های موجود در هر دو ظرف باید از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. این مهم هنگامی امکان‌پذیر است که کاتیون‌ها از نیم‌سلول آند به کاتد و آنیون‌ها از نیم‌سلول کاتد به آند یا گذر از دیواره متخلخل مهاجرت کنند.

خود را بیازمایید

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



آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.

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

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

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

با ساختار و شیوه کار سلول گالوانی آشنا شدید . سلولی که به دلیل تولید انرژی الکتریکی ویژگی‌های یک باتری را دارد. با اینکه هر سلول گالوانی ولتاژ معینی دارد اما در آنها با تغییر هر یک از اجزای سلول، ولتاژ تغییر می‌کند. آیا می‌دانید این ولتاژ ناشی از چیست؟ چگونه می‌توان آن را اندازه‌گیری کرد؟

ولتاژی که ولت سنج در سلول گالوانی نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌سلول است. کمیتی که به **نیروی الکتروموتوری**[1] معروف است و با **emf** نمایش داده می‌شود. اینک می‌پرسید برای تعیین سهم هر یک از نیم سلول‌ها در ولتاژ سلول چه باید کرد؟

۱ـ Electromotive Force

نکته : در صورت عدم وجود صفحه متخلخل در سلول گالوانی جریان برای یک لحظه در مدار خارجی برقرار و سپس قطع می شود زیرا با انجام نیم واکنش اکسایش در اطراف آند، غلظت کاتیون ها بیش از آنیون ها شده (محلول مثبت می شود) و در اطراف کاتد با انجام نیم واکنش کاهش و مصرف کاتیون ها ، غلظت آنیون ها بیش تر از کاتیون ها می شود. (محلول منفی می شود) در نتیجه جریان در سیم خارجی قطع می شود (چرا؟) اما در عمل هیچ گاه چنین پدیده ای رخ نمی دهد چون برای ادامه واکنش اکسایش کاهش، محلول های موجود در هر دو ظرف باید از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. حال این دیواره متلخل باید راهی فراهم کند که بار مثبت ایجاد شده در نیم سلول آندی و بار منفی ایجاد شده در نیم سلول کاتدی را خنثی نماید در نتیجه از طریق این دیواره متخلخل ، کاتیون ها از نیم سلول آندی به سمت نیم سلول کاتدی و آنیون ها از نیم سلول کاتدی به سمت نیم سلول آندی مهاجرت می کنند.

نکته : هنگامی که دو نیم سلول به شکل مناسبی به یکدیگر متصل می شوند، یک سلول الکتروشیمیایی به وجود می آید .در این سلول الکتروشیمیایی، الکترون ها از نیم سلول با پتانسیل منفی تر به سمت نیم سلول با پتانسیل مثبت تر جریان می یابند .آنچه به وسیلهٔ ولت سنج اندازه گیری می شود فقط اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول یاد شده است .از آنجا که اندازه گیری پتانسیل یک نیم سلول به طور جداگانه ممکن نیست، شیمی دان ها برای حلّ این مشکل، یک نیم سلول استاندارد انتخاب کردند و مقدار پتانسیل آن رابه طور قراردادی برابر با صفر درنظر گرفتند .این نیم سلول استاندارد، الکترود استاندارد هیدروژن (SHE) است.

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به‌طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به‌طور نسبی اندازه‌گیری شود. شیمی‌دان‌ها برای دستیابی به این هدف، نیم سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به‌عنوان مبنا انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند. در ادامه با تشکیل سلول گالوانی از هر نیم سلول با SHE توانستند پتانسیل بسیاری از نیم‌سلول‌ها را اندازه‌گیری کرده و در جدولی ثبت کنند (جدول ۱). این اندازه‌گیری‌ها در دمای ۲۵°C، فشار ۱ atm و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت‌ها انجام شده است. در این شرایط پتانسیل اندازه‌گیری شده را **پتانسیل استاندارد**[۱] نیم‌سلول می‌نامند و با E° نمایش می‌دهند.

جدول ۱- پتانسیل کاهشی استاندارد برای برخی نیم‌سلول‌ها

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

اکسنده قوی‌تر ↑ — کاهنده قوی‌تر ↓

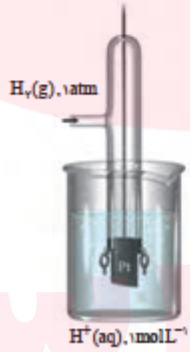
همان‌گونه که مشاهده می‌کنید در این جدول، نیم‌واکنش‌ها به شکل کاهش نوشته شده‌اند و این پیشنهاد آیوپاک است که برای هماهنگی در منابع علمی معتبر به‌کار می‌رود. در هر نیم‌واکنش، الکترون‌ها در سمت چپ و گونه کاهش یافته در سمت راست قرار می‌گیرد. به دیگر سخن گونه کاهنده در سمت راست و گونه اکسنده در سمت چپ نوشته می‌شود. در این جدول علامت E° فلزهایی که قدرت کاهندگی بیشتری از H_2 دارند، منفی و علامت E° فلزهایی که قدرت کاهندگی کمتری از H_2 دارند، مثبت است.

۱- Standard Potential

رتبه‌بندی فلزها به ترتیب کاهش E° آنها در یک جدول، سری الکتروشیمیایی نامیده می‌شود.

آیا می‌دانید

SHE شامل یک الکترود پلاتینی است که در محلولی با pH=۰ و دمای ۲۵°C قرار دارد و گاز هیدروژن با فشار ۱atm از روی آن عبور داده می‌شود.



الکترود استاندارد هیدروژن (SHE)

الکترود استاندارد هیدروژن شامل یک الکترود پلاتینی است که در محلول اسیدی با $PH=۰$ (محلولی که غلظت یون $H^+(aq)$ در آن یک مولار است) قرار دارد و گاز هیدروژن با فشار یک اتمسفر از روی آن عبور داده می شود.

نکته : پتانسیل الکتریکی SHE را در همه دماها صفر در نظر می گیرند.

$$2H^+(aq)+2e^- \rightarrow H_2(g)$$
$$E^\circ = ۰/۰۰\,V$$

پتانسیل استاندارد نیم سلول (E°)

هرگاه در دمای ۲۵°C و فشار $1atm$ و غلظت ۱مولار برای محلول الکترولیت یک نیم سلول را به SHE ببندیم هر آنچه ولت متر نشان می دهد پتانسیل استاندارد یا E° آن نیم سلول گفته می شود.

به عبارت دیگر

به اختلاف پتانسیل الکتریکی میان تیغه و محلول الکترولیت، در یک الکترود استاندارد، پتانسیل الکترودی استاندارد (E°) می گویند.

نکته: رتبه بندی فلزها به ترتیب کاهش E° آن ها مجموعهٔ سودمندی را فراهم می کند که **سری الکتروشیمیایی** نامیده می شود.

نکته: علامت منفی پتانسیل کاهشی استاندارد به معنی آن است که گونه نسبت به هیدروژن که پتانسیل آن صفر است تمایل بیش تری به از دست دادن الکترون (اکسایش) دارد و قدرت کاهندگی آن از هیدروژن بیشتر است و علامت مثبت پتانسیل کاهشی استاندارد به این معنی است که گونه نسبت به هیدروژن تمایل بیش تری به گرفتن الکترون(کاهش) دارد یا قدرت اکسندگی آن از هیدروژن بیشتر است.

گروه آموزشی مای درس
www.my-dars.ir

- هرچه E° بزرگ تر (مثبت تر) باشد، گونه سمت چپ آن اکسنده قوی تر یعنی تمایل آن به کاهش بیش تر خواهد بود.
- هرچه E° کوچک تر (منفی ترت) باشد، گونه سمت راست آن کاهنده قوی تر یعنی تمایل آن به اکسایش بیش تر خواهد بود.

	E° (V)
$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(aq)$	+2.87
$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2H_2O(l)$	+1.77
$Au^+(aq) + e^- \rightarrow Au(s)$	+1.68
$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$	+1.36
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(1)$	+1.23
$Br_2(l) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq)$	+1.09
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+0.80
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$	+0.77
$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$	+0.54
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$	+0.40
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+0.34
$S(s) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2S(g)$	+0.14
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0.00
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pb(s)$	–0.13
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	–0.14
$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$	–0.23
$Co^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Co(s)$	–0.28
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	–0.44
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	–0.76
$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	–0.83
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	–1.03
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	–1.67
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	–2.34
$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$	–2.71
$Ca^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ca(s)$	–2.87
$K^+(aq) + e^- \rightarrow K(s)$	–2.93
$Li^+(aq) + e^- \rightarrow Li(s)$	–3.02

نیم واکنش مربوط به OH^- آب

نیم واکنش مربوط به گاز اکسیژن

نیم واکنش مربوط به SHE

نیم واکنش مربوط به H^+ آب

تمایل به کاهش (اکسندگی) بیش تر

تمایل به اکسایش (کاهندگی) بیش تر

www.my-dars.ir

خود را بیازمایید

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

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

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

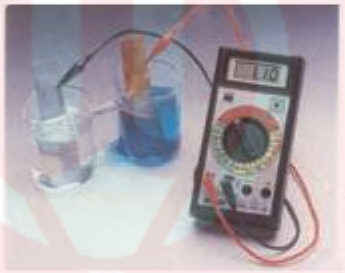
پیوند با ریاضی

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

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

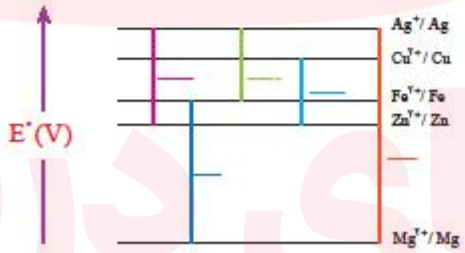
۲ـ در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم‌سلول بالا مشخص کنید کدام یک نقش آند و کدام یک نقش کاتد را دارد؟

۳ـ شکل زیر سلول گالوانی استاندارد روی ـ مس را نشان می‌دهد. با توجه به emf این سلول مشخص کنید کدام رابطهٔ زیر برای محاسبه این کمیت به کار رفته است؟ توضیح دهید.



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

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



آیا می‌دانید

emf کمیتی از جنس انرژی است که آن را در فیزیک با نام نیروی محرکه الکتریکی شناختید. شیمی‌دان‌ها در منابع علمی معتبر آن را با E° نشان می‌دهند.

نیروی الکتروموتوری (emf)

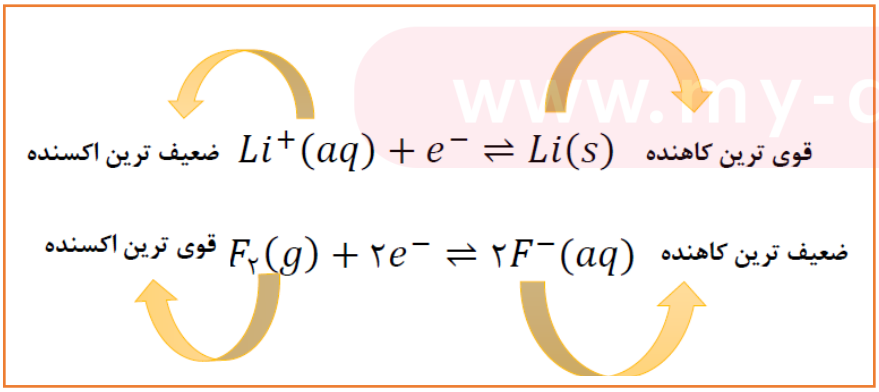
ولتاژی که ولت سنج در سلول گالوانی نشان می دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول است .کمیتی که به نیروی الکتروموتوری معروف است .

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

نکته: در سلول گالوانی که یک واکنش خودبخودی انجام می شود و همیشه $E^\circ_{\text{سلول}} > 0$ است.

سری الکتروشیمیایی

- به پیشنهاد آیوپاک به شکل کاهش نوشته شده است.
- پتانسیل الکترودی استاندارد یک کمیت نسبی است.
- هرچه مقدار پتانسیل الکترودی استاندارد یک نیم واکنش بزرگتر(مثبت تر) باشد، در سری الکتروشیمیایی بالاترقرار دارد و گونهٔ سمت چپ آن ، تمایل بیشتری برای گرفتن الکترون یا کاهیده شدن دارد، در نتیجه اکسندهٔ قوی تری است.
- هرچه مقدار پتانسیل الکترودی استاندارد یک نیم واکنش کوچکتر(منفی تر) باشد، در سری الکتروشیمیایی پایین تر قرار دارد و گونهٔ سمت راست آن، تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون یا اکسید شدن دارد،در نتیجه کاهندهٔ قوی تری است.
- هرگاه بخواهیم با دو الکترود ، یک سلول گالوانی درست کنیم، الکترود با E° کوچکتر (منفی تر) تمایل زیادتری برای از دست دادنِ الکترون(اکسید شدن) دارد، بنابراین آند یا قطب منفی سلول را تشکیل می دهد. و الکترود با E° بزرگتر(مثبت تر) تمایل زیادتری برای گرفتنِ الکترون(کاهش یافتن) دارد، بنابراین کاتد یا قطب مثبت سلول گالوانی را تشکیل می دهد.
- لیتیم (دارای منفی ترین E°) قوی ترین کاهنده و فلوئور(دارای مثبت ترین E°) قوی ترین اکسنده است.



www.my-dars.ir
گروه آموزشی عصر

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

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

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

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

با واکنش‌های اکسایش ـ کاهش و کاربرد آنها در ساخت سلول‌های گالوانی آشنا شدید. سلول‌هایی که می‌توانند به عنوان باتری، منبع تولید انرژی الکتریکی باشند. باید توجه داشت که هر باتری ساختاری مناسب برای کاربردی معین دارد. در ادامه با برخی از آنها آشنا خواهید شد.

پیوند با زندگی

لیتیم، فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی

اگر به پیرامون خود توجه کنید وسایلی را می‌یابید که با باتری کار می‌کنند. ساعت مچی و تلفن همراه از جمله وسایلی هستند که انرژی الکتریکی آنها با استفاده از باتری تأمین می‌شود. باتری‌هایی که در شکل، اندازه و کارایی با یکدیگر تفاوت آشکاری دارند اما در همه آنها با انجام شدن نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می‌شود.

با رشد و پیشرفت چشمگیر صنایع گوناگون هر روز نیاز و تقاضا پیوسته برای ساخت باتری‌ها با ویژگی‌های گوناگون و کاربرد معین افزایش یافته است. شیمی‌دان‌ها در پی پاسخ به این نیازها طی پژوهش‌های بسیاری توانستند به فناوری ساخت باتری‌های جدید دست‌یابند. در این فناوری، نقش فلز لیتیم پررنگ است زیرا لیتیم در میان فلزها کمترین چگالی و E° را دارد. این ویژگی‌های لیتیم سبب شد راه برای ساخت باتری‌های سبک‌تر، کوچک‌تر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی هموار شود. باتری دگمه‌ای از جمله باتری‌های لیتیمی است که در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون به‌کار می‌رود. دسته‌ای دیگر از باتری‌های لیتیمی آنهایی هستند که در تلفن و رایانه همراه به کار می‌روند و می‌توان آنها را بارها شارژ کرد (شکل ۹).

اطلاعات عنصر لیتیم

نشانه شیمیایی	Li	دوره	۲
عدد اتمی	۳	ظرفیت	۱
جرم اتمی	۶/۹۴۱	چگالی	۰/۵۴۳ g/Cm^3
آرایش الکترونی	$1s^2, 2s^1$	پایدار ترین ایزوتوپ	^7Li
نوع عنصر	فلز قلیایی	نقطه ذوب	۱۸۰/۵°C
گروه	۱	نقطه جوش	۱۳۴۷°C

■ در هر تن از نمک دریاچه قم، بیش از ۲۰۰ گرم لیتیم وجود دارد.

آیا می‌دانید

مقدار فلزهای موجود در ۵۰۰ میلیون تلفن همراه به شرح زیر است.

نام فلز	مقدار (تن)
مس	۷۹۰۰
نقره	۱۷۸
طلا	۱۷
پالادیم	۷/۴
پلاتین	۰/۱۸

نکته: درفناوری ساخت باتری های جدید نقش لیتیم بسیار پررنگ است ، لیتیم فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی است.

نکته: باتری دگمه ای دسته ای از باتری های لیتیم دار هستند.

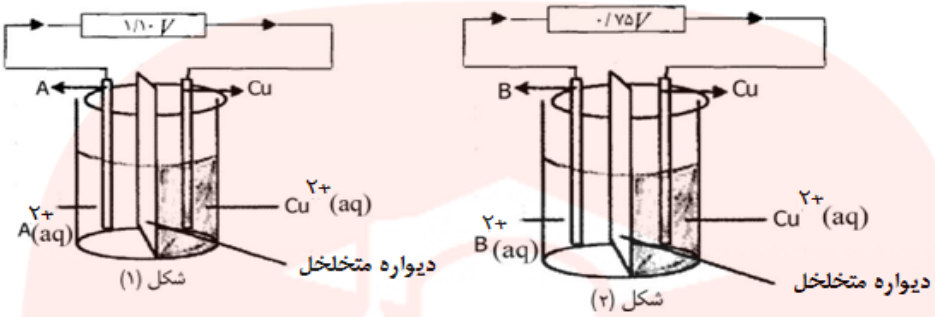
نکته: باتری های قابل شارژ در تلفن و رایانه همراه از نوع باتری های لیتیمی است.

سوال: چرا در فناوری های ساخت باتری های جدید نقش لیتیم بسیار پررنگ است.

جواب: زیرا در میان فلز ها کم ترین چگالی و E° است.

پیوست شماره ۳

مثال: با توجه به شکل سلول های الکتروشیمیایی(۱) و (۲) پاسخ دهید.



آ) نیم واکنش کاتدی شکل شکل (۱) را بنویسید.

ب) کدام یک از فلزهای A یا B بهتر اکسید می شوند؟ چرا؟

پ) اگر بخواهیم با استفاده از دو فلز A و B یک سلول الکتروشیمیایی بسازیم،کدام فلز کاتد است؟

مثال: فلز آهن می تواند با محلول $Ni^{2+}(aq)$ و هم چنین با محلول $Sn^{2+}(aq)$ واکنش دهد. اگر E° سلول (آهن – نیکل) برابر ۰/۱۶V و E° سلول (آهن – قلع) برابر ۰/۲۷V باشد:

آ) $Ni^{2+}(aq)$ بهتر کاهیده می شود یا $Sn^{2+}(aq)$ ؟ چرا؟

ب)در واکنش فلز آهن با $Ni^{2+}(aq)$، اکسنده و کاهنده را تعیین کنید.

مثال: از اتصال کدام دو نیم سلول زیر، سلول الکتروشیمیایی به وجود آمده، دارای بالاترین E° است؟

a) $Mn^{2+}(aq)+2e^{-} \rightarrow Mn(s)$, $E^{\circ}=-1/18\,(V)$

b) $Zn^{2+}(aq)+2e^{-} \rightarrow Zn(s)$, $E^{\circ}=-0/76\,(V)$

c) $Ni^{2+}(aq)+2e^{-} \rightarrow Ni(s)$, $E^{\circ}=-0/25\,(V)$

d) $Sn^{2+}(aq)+2e^{-} \rightarrow Sn^{2+}(aq)$, $E^{\circ}=+0/15\,(V)$

۱) d و b ۲) c و b ۳) b و a ۴) d و a

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال: با توجه به واکنش زیر، کدام گزینه درست است؟

$$MnO_4^-(aq) + H_2C_2O_4(aq) + H^+(aq) \rightarrow MnO_2(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

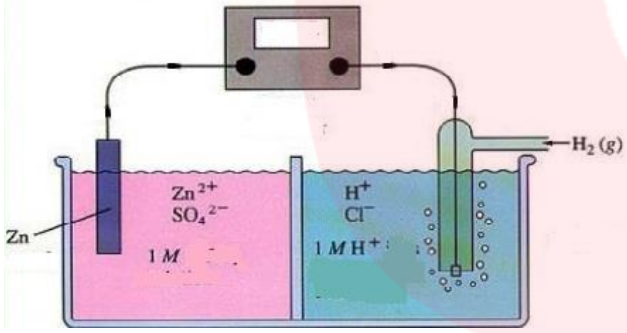
۱) انجام این واکنش، سبب کاهش **pH** محلول می‌شود.

۲) هر اتم منگنز در این واکنش سه درجه کاهش می‌یابد.

۳) در این واکنش اتم‌های اکسیژن، نقش اکسنده دارند.

۴) با مصرف ۰/۱ مول $H_2C_2O_4(aq)$، ۰/۱ مول الکترون مبادله می‌شود.

مثال: با توجه به شکل روبه‌رو و **E°** الکترودها، کدام عبارت درست است؟



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

$$E^\circ[Pt^{2+}(aq)/Pt(s)] = +1/2V$$

۱) با انجام واکنش در این سلول، غلظت $Zn^{2+}(aq)$ افزایش یافته و کاتیون‌ها از صفحه متخلخل به سوی الکترود روی حرکت می‌کنند.

۲) ضمن انجام واکنش در این سلول، جرم تیغهٔ فلزی در کاتد، برخلاف جرم تیغهٔ فلزی در آند، ثابت می‌ماند.

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

۴) الکترود روی، آند است و قطب مثبت این سلول گالوانی را تشکیل می‌دهد.

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال: چند مورد از مطالب زیر، با در نظر گرفتن واکنش داده شده، درست است؟

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

$$E^\circ[Sn^{2+}(aq)/Sn(s)]=-0/14V$$

$$E^\circ[Mg^{2+}(aq)/Mg(s)]=-2/38V$$

- در شرایط استاندارد، انجام‌پذیر است.
- سلول E° این واکنش برابر ۲/۵۲ ولت است.
- قدرت اکسندگی $Mg^{2+}(aq)$ از $Sn^{2+}(aq)$، بیشتر است.
- در جدول پتانسیل‌های کاهشی استاندارد، منیزیم بالا تر از قلع جای دارد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

مثال: با توجه به موقعیت نسبی ۵ عنصر نشان داده شده در جدول پتانسیل های کاهشی استاندارد ، کدام واکنش های زیر، واکنش انجام شده در یک سلول گالوانی می تواند باشد.

Cl
Br
Ag
Fe
Zn

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

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

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

ت) $Br_2(aq)+2KCl(aq)\rightarrow Cl_2(g)+2KBr(aq)$

۱) آ، پ ۲) پ، ت ۳) آ، ب، ت ۴) ب، پ، ت

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال: با توجه به مقدار E° نیم واکنش‌های داده شده، کدام مطلب درست است؟

$E^\circ[Ni^{2+}(aq)/Ni(s)] = -0/25V$

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

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

۱) در شرایط استاندارد، فلز آهن با محلول نمک‌های روی واکنش می‌دهد.

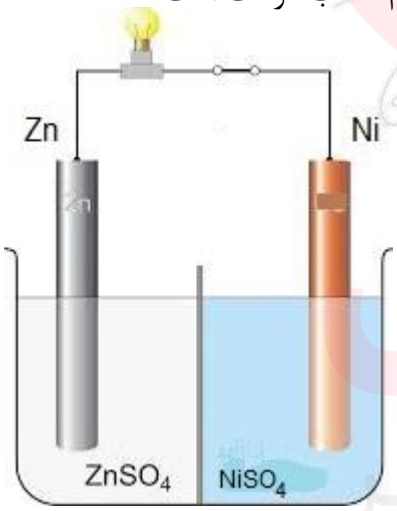
۲) قدرت کاهندگی این سه فلز، به صورت $Ni > Fe > Zn$ است.

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

۴) تفاوت E° سلول الکتروشیمیایی آهن ـ نیکل با E° سلول الکتروشیمیایی روی ـ نیکل برابر $0/32$ ولت است.

کدام مطلب درست است؟

مثال: با توجه به شکل روبه رو که به سلول الکتروشیمیایی «روی - نیکل» مربوط است، کدام مطلب درست است؟



$E^\circ\ Ni^{2+}(aq)/Ni(s) = -0/25V$

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

۱) E° آن برابر $1/01$ ولت است.

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

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

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

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

آیا می‌دانید

با بازیافت باتری‌ها می‌توان حجم انبوهی از فلزهای گوناگون را به چرخه مصرف برگرداند. جدول زیر مصرف سالانه فلزها برای تولید باتری در جهان را نشان می‌دهد.

نام فلز	مقدار (کیلوتن)
کبالت	۱۳
لیتیم	۳۰
نیکل	۱۵۰
منگنز	۵۲۰۰
پلاتین	۰/۱۸

آیا می‌دانید

در سال ۱۸۳۹ ویلیام گروفیزیک‌دان و روزنامه نگار انگلیسی اصول کار سلول سوختی را کشف کرد. اما تولید سلول سوختی به سال ۱۸۸۹ توسط لودویک مند و چارلز لنجر برمی‌گردد. از سال ۱۹۶۰ ناسا از سلول‌های سوختی در سفینه‌های جیمینی و آپولو برای تهیهٔ الکتریسیته و آب مورد نیاز فضانوردان استفاده کرد. در دههٔ هفتاد میلادی فناوری سلول سوختی در وسایل خانگی و خودروها به‌کار گرفته شد. از دههٔ هشتاد به بعد شرکت بالارد کانادا زیردریایی مجهز به سلول سوختی را ساخت. پهپاد سلول سوختی در سال ۲۰۰۰ با نیروی محرکهٔ دوگانه (باتری خورشیدی و سلول سوختی) با توان شش ماه پرواز به بهره برداری رسید.

شکل ۹ـ نمونه‌هایی از باتری‌های لیتیمی

افزایش تقاضا برای باتری‌های لیتیمی، سبب شد این فلز جایگاه ممتازی در تأمین انرژی جهان پیدا کند به‌طوری که سالانه از میلیاردها باتری لیتیمی درون دستگاه‌های الکترونیک در سرتاسر جهان استفاده می‌شود و سرانجام این دستگاه‌ها به همراه باتری‌های درون خود به شکل پسماند دور ریخته می‌شوند. به این ترتیب حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی مانند تلفن و رایانه همراه، باتری‌های لیتیمی و... تولید می‌شود. این پسماندها به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند زیرا محیط زیست را آلوده می‌کنند. از سوی دیگر برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران‌قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

سوخت‌های فسیلی همچنان مناسب‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها به شمار می‌رود. از این رو استخراج و مصرف بی‌رویهٔ این سوخت‌ها سبب شده تا ذخایر آن به سرعت کاهش یابد. از سوی دیگر گسترش روزافزون آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، جهان را با چالشی نگران کننده روبه‌رو کرده است. با این توصیف یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی به ویژه خودروها ضروری است. **سلول سوختی**[1] نوعی سلول گالوانی است که شیمی‌دان‌ها برای گذر از این تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می‌دهند. این سلول‌ها افزون بر کارایی بیشتر می‌توانند ردپای کربن‌دی‌اکسید را کاهش دهند به‌طوری که دوستدار محیط زیست بوده و منبع انرژی سبز به شمار می‌روند.

۱ـ Fuel Cell

نکته: پسماندهای الکترونیکی مانند تلفن و رایانه همراه، باتری های لیتیمی و ... به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند البته به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

۱- چرا یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت های فسیلی ضروری است؟

سلول های سوختی

- نوعی سلول گالوانی است که شیمی دان ها برای گذر از تنگناهای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می دهند.
- این سلول ها افزون بر کارایی بیشتر می توانند ردپای کربن دی اکسید را کاهش دهند به طوری که دوستدار محیط زیست بوده و منبع انرژی سبز به شمار می روند.
- رایج ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن اکسیژن است. دستگاهی که در آن گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به صورت کنترل شده واکنش می دهد و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود.
- سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می دهد.

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

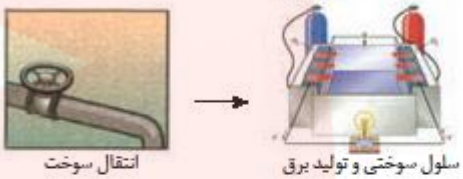
نکته: دو روش برای تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی وجود دارد.

خود را بیازمایید

در هریک از روش‌های زیر مراحل تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی نشان داده شده است. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

روش ۱

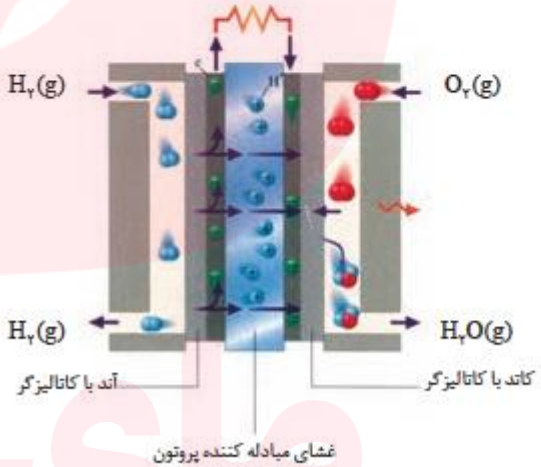
روش ۲



آ) در کدام روش اتلاف انرژی به شکل گرما کمتر است؟ چرا؟

ب) کدام روش کارایی بالاتری دارد؟ توضیح دهید.

رایج‌ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن ـ اکسیژن است. دستگاهی که در آن گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به‌صورت کنترل شده واکنش می‌دهد و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ ـ نوعی سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن

سلول سوختی هیدروژن- اکسیژن

- هر سلول سوختی سه جزء اصلی دارد. یک غشاء مبادله کننده پروتون ، الکترود آند و الکترود کاتد
- در واقع آند و کاتد کاتالیزگرهایی هستند که انجام نیم واکنش اکسایش و نیم واکنش کاهش را آسان تر می کنند.

- گاز هیدروژن به صورت یک جریان پیوسته از قسمت فوقانی سلول وارد می شود، مقداری از این گاز در الکترود آند نفوذ کرده و نیم واکنش آندی را به صورت زیر انجام می دهد:

$$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^- \quad E^\circ = 0/00V$$

- در بخش کاتدی، گاز اکسیژن از قسمت فوقانی سلول وارد میشود .این گاز به داخل الکترود کاتد نفوذ کرده و به همراه $H^+(aq)$ و الکترون هایی که از بخش آندی به بخش کاتدی مهاجرت کرده اند،نیم واکنش کاتدی را به صورت زیر انجام می دهد

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

- **واکنش کلی سلول :** نیم واکنش آندی را در ۲ ضرب می کنیم تا تعداد الکترون های مبادله شده برابر شود.

$$2H_2(g) \rightarrow 4H^+(aq) + 4e^-$$
$$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$$
$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$$

آیا می‌دانید

- سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون‌سوز بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می‌دهد.
- در برخی از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور پژوهش های خوبی روی سلول های سوختی انجام شده و موفقیت‌هایی نیز به دست آمده است. تولید توده سلول سوختی در دانشگاه شهید رجایی نمونه‌ای از آن‌ها است.

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

آیا می‌دانید

مهندسان و پژوهشگران کشور در چند دانشگاه نمونه‌هایی از خودروهای برقی را طراحی کرده و ساخته‌اند این خودرو از طریق ترکیب هیدروژن و اکسیژن در سلول سوختی، انرژی خود را تأمین می‌کند. همچنین در این خودرو یک باتری شارژی وجود دارد.

همان‌گونه که شکل ۱۰ نشان می‌دهد هر سلول سوختی سه جزء اصلی دارد به‌طوری که شامل یک غشا، الکترود آند و الکترود کاتد است. در این سلول، آند و کاتد دارای کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش سرعت می‌بخشند. واکنش کلی در چنین سلولی به‌صورت زیر است:

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

از عملکرد این سلول پیداست که گاز هیدروژن به عنوان سوخت پیوسته وارد شده، اکسایش می‌یابد و هم‌زمان با آن گاز اکسیژن در واکنش با سوخت کاهش می‌یابد. روندی که در معادله واکنش دیده نمی‌شود زیرا همه گونه‌های شرکت کننده در واکنش، مولکول‌های خنثی هستند و شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها در واکنش تغییر نمی‌کند. به راستی در واکنش‌هایی از این دست چگونه می‌توان گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کرد؟ شیمی‌دان‌ها با معرفی **عدد اکسایش**[1] راه حل مناسبی برای حل این مشکل ارائه کردند.

با هم بیندیشیم

۱ ـ با توجه به واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) ساختار الکترون ـ نقطه‌ای گونه‌های شرکت کننده را رسم کنید.

H_2 ، O_2 ، H_2O

ب) در هر ساختار:

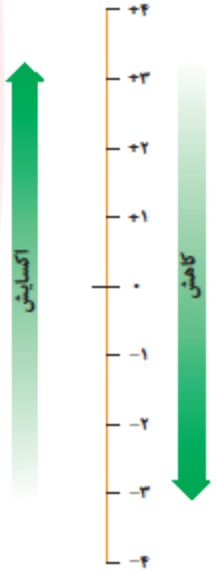
- به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم یکسان، یک الکترون به هر اتم نسبت دهید.
- به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم متفاوت، هر دو الکترون را به اتم با خصلت نافلزی بیشتر نسبت دهید.
- همه الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت دهید.

پ) الکترون‌های نسبت داده شده به هر اتم را بشمارید و آن را از شمار الکترون‌های ظرفیت همان اتم کم کنید. عدد به دست آمده عدد اکسایش اتم مورد نظر را نشان می‌دهد.

۲ـ هرگاه بدانید که بیشتر شدن عدد اکسایش، نشان‌دهنده اکسایش یافتن و کمتر شدن آن نشان دهنده کاهش یافتن اتم‌هاست، در واکنش زیر گونه‌های اکسایش یافته، کاهش یافته، اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

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

۱ـ Oxidation Number



افزایش عدد اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و فرایند اکسایش است در حالی که کاهش آن به معنای به‌دست آوردن الکترون و فرایند کاهش است.

سوال: با توجه به اطلاعات زیر، اگر در عمل، ولت سنج نیروی الکتروموتوری سلول سوختی هیدروژن – اکسیژن را ۰/۷ V نشان دهد، بازده این سلول چنددرصد است؟

$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^- \quad E^\circ = 0/0V$

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

$E^\circ = +1/2V$

جواب: گاز هیدروژن نیم واکنش آندی را انجام و یون های H^+ و الکترون های آند با گاز اکسیژن ورودی، نیم واکنش کاتدی را انجام می دهند.

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

$$emf = 1/2 - 0 = 1/2$$

این عدد مقدار نظری است.

$$\text{بازده} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{0/7}{1/2} \times 100$$

$$\text{بازده} = \%\,58/91$$

سوال: در هر مورد با محاسبهٔ عدد اکسایش معلوم کنید که اتم مشخص شده اکسایش یا کاهش یافته است.

الف) $MnO_4^{2-}(aq) \rightarrow MnO_4^-(aq)$

ب) $Sn^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{4+}(aq)$

پ) $CuO(s) \rightarrow Cu(s)$

ت) $CH_4(g) \rightarrow CO_2(g)$

ث) $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + 2H_2O(l)$

ج) $CO_2(g) + 4H_2(g) \rightarrow CO(g) + H_2O(g)$

++++++++

$$\overset{-4}{CH_4(g)} \longrightarrow \overset{+4}{CO_2(g)} \quad \text{اکسایش}$$

$$\overset{+4}{MnO_2(s)} + \overset{-1}{HCl} \longrightarrow \overset{+2}{MnCl_2(aq)} + \overset{0}{Cl_2(g)} + 2H_2O(l) \quad \text{اکسایش} \ / \ \text{کاهش}$$

$$\overset{+4}{CO_2(g)} + \overset{0}{H_2(g)} \longrightarrow \overset{+2}{CO(g)} + H_2O(g) \quad \text{اکسایش} \ / \ \text{کاهش}$$

$$\overset{+6}{MnO_4^{2-}(aq)} \longrightarrow \overset{+7}{MnO_4^-(aq)} \quad \text{اکسایش}$$

$$\overset{+2}{Sn^{2+}(aq)} \longrightarrow \overset{+4}{Sn^{4+}(aq)} \quad \text{اکسایش}$$

$$\overset{+2}{CuO(s)} \longrightarrow \overset{0}{Cu(s)} \quad \text{کاهش}$$

۳ـ دانش‌آموزی نیم‌واکنش‌های انجام شده در نوعی سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن را به‌صورت زیر از منابع علمی معتبر استخراج کرده است.

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

$H_2(g) \longrightarrow H^+(aq) + e^- \quad E^\circ = 0/0\ V$

آ) هر یک از نیم واکنش‌ها را موازنه کنید سپس واکنش کلی سلول را به دست آورید.

ب) **emf** این سلول را حساب کنید.

با تعیین عدد اکسایش اتم‌ها در یک گونه شیمیایی آشنا شدید. برای نمونه عدد اکسایش هیدروژن و اکسیژن به حالت آزاد برابر با صفر است. از این رو عدد اکسایش دیگر عنصرها نیز به حالت آزاد مانند Fe، Mg و Cl_2 برابر با صفر خواهد بود. در حالی که عدد اکسایش یون‌های تک اتمی برابر با بار الکتریکی آنهاست. برای نمونه عدد اکسایش یون اکسید و یون کلسیم در CaO به ترتیب برابر با ۲− و ۲+ است. همچنین دریافتید که با تغییر عدد اکسایش اتم‌ها در یک واکنش می‌توان گونه‌های اکسنده و کاهنده را تعیین کرد. روشی که به کمک آن می‌توان واکنش اکسایش ـ کاهش را از دیگر واکنش‌ها تشخیص داد.

خود را بیازمایید

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

آ) $Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s)$ پ) $C(s) \rightarrow CO(g)$

ب) $Cr^{2+}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq)$ ت) $NH_3(g) \rightarrow N_2(g)$

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

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

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

اینک می‌پذیرید که برای تأمین انرژی الکتریکی می‌توان از واکنش‌های اکسایش ـ کاهش در سلول‌های گالوانی مانند باتری‌ها و سلول‌های سوختی بهره برد. با اینکه سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند اما در آنها نیز پیوسته سوخت در شرایط کنترل شده، مصرف و جریان الکتریکی برقرار می‌شود. یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی هیدروژن ـ اکسیژن خودنمایی می کند، تأمین سوخت آنهاست. آیا با استفاده از دانش الکتروشیمی می‌توان راهی برای تولید گاز هیدروژن یافت؟

نکته

- اغلب نافلزها و فلزهای واسطه عددهای اکسایش گوناگونی در ترکیب‌های خود دارند. برای نمونه عدد اکسایش آهن در $FeCl_2$ و $FeCl_3$ به ترتیب ۲+ و ۳+ در حالی که عدد اکسایش گوگرد در Na_2S و SO_3 به ترتیب ۲− و ۶+ است.

تشابه سلول های سوختی و باتری ها

۱) در هردو برای تامین انرژی الکتریکی از واکنش های اکسایش و کاهش استفاده می شود.

۲) در هر دو پیوسته سوخت در شرایط کنترل شده ، مصرف و جریان الکتریکی برقرار می شود.

تفاوت سلول های سوختی و باتری ها

سلول های سوختی بر خلاف باتری ها ، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی کنند.

نکته: یکی از چالش هایی که درکاربرد سلول های سوختی هیدروژن اکسیژن خودنمایی می کند تأمین سوخت آنهاست.

مثال: کدام واکنش از نوع اکسایش و کاهش نیست؟

۱) $NH_4HS(s) \rightarrow NH_3(g) + H_2S(g)$

۲) $CO(g) + H_2O(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2(g)$

۳) $4KNO_3(s) \rightarrow 2K_2O(s) + 2N_2(g) + 5O_2(g)$

۴) $2NO(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$

جواب: گزینه ۱ زیرا هیچ عنصری در آن تغییر درجه اکسایش نداده است در حالی که در سه گزینه دیگر عنصر به حالت آزاد داریم مثل $H_2(g)$، $N_2(g)$ و $O_2(g)$ بنابراین این سه گزینه قطعا" تغییر درجه اکسایش دارند و واکنش اکسایش – کاهش هستند.

برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن

تاکنون با سلول‌هایی آشنا شدید که در آنها با انجام واکنش‌های اکسایش ـ کاهش انرژی تولید می‌شود. نوع دیگری از سلول‌های الکتروشیمیایی وجود دارند که با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش راند.

این سلول‌ها به **سلول‌های الکترولیتی**[1] معروف هستند و **برقکافت**[2] آب یک نمونه از واکنش‌هایی است که در آنها انجام می‌شود (شکل ۱۱).

شکل ۱۱ـ تجزیه آب به عنصرهای سازنده آن با مصرف انرژی الکتریکی

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

در واقع کاتیون الکترولیت باید دارای E° کوچکتر از ملکول های آب باشد تا در رقابت برای کاهش در کاتد بازنده و آنیون الکترولیت باید دارای E° بزرگتر از آب باشد تا در رقابت برای اکسایش در آند نسب به آب بازنده باشد. مثل KNO_3

خود را بیازمایید

نیم واکنش‌های انجام شده در سلول الکترولیتی هنگام برقکافت آب به صورت زیر است:

$$H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + H^+(aq)$$
$$H_2O(l) \longrightarrow H_2(g) + OH^-(aq)$$

آ) با وارد کردن نماد الکترون در هر نیم واکنش مشخص کنید کدام نیم واکنش آندی و کدام کاتدی است؟

ب) هر یک از نیم واکنش‌ها را موازنه کنید و معادله کلی واکنش را به‌دست آورید.

پ) پیش‌بینی کنید کاغذ pH در محلول پیرامون آند و کاتد به چه رنگی درمی‌آید؟ چرا؟

دریافتید که در سلول الکترولیتی، دو الکترود درون یک الکترولیت قرار دارند. الکترودهای بی اثری که در واکنش شرکت نمی‌کنند و اغلب گرافیتی هستند. در این سلول‌ها، کاتد به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل است و الکترولیت محتوی یون‌هایی است که آزادانه جابه‌جا می‌شوند.

۱ـ Electrolytic Cells
۲ـ Electrolysis

واکنش کلی برقکافت آب: واکنش کاتدی را در ۲ ضرب می کنیم تا تعداد الکترون های مبادله شده برابر شود و ثانیا" در محصولات $4H^+(aq)$ و $4OH^-(aq)$ را برابر $4H_2O(l)$ در نظر گرفته و با همین تعداد مول آب در واکنش دهنده ها ساده می کنیم.

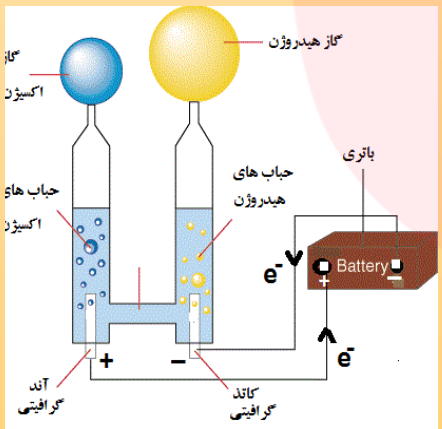
$$4H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq)$$
$$2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + O_2(g) + 4e^-$$

$$2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$$

سلول الکترولیتی:
نوعی از سلول های الکترو شیمیایی ا ست که با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش راند.

کاربرد های سلول های الکترولیتی
۱. برقکافت
۲. آب فلز کاری
۳. استخراج (پالایش) فلزها

نکته: برقکافت آب در سلول های الکترولیتی انجام می شود.



نکته: یون های H^+ به طرف قطب منفی یا کاتد می روند تا با الکترون هایی که از قطب منفی باتری می آیند، کاهش یابند نیم واکنش کاتدی به شکل زیر است.

$$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$$

نکته: یون های OH^- آب به طرف قطب مثبت یا آند باتری می روند و طی اکسایش الکترون های تولیدی از طریق سیم خارجی به باتری می رسند.

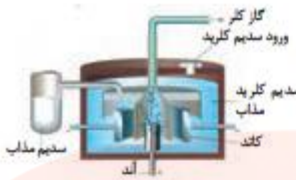
$$2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + O_2(g) + 4e^-$$

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

الکترولیت ها دو دسته اند.
۱. محلول یونی
۲. ترکیب یونی مذاب

۱- الکترولیت را تعریف کنید؟

در واقع الکترولیت یک محلول یونی یا یک ترکیب یونی مذاب است. هنگامی که به این سلول ولتاژی اعمال شود، یون‌ها به سوی الکترود با بار ناهمنام حرکت می‌کنند. به‌طوری که کاتیون‌ها به سوی کاتد و آنیون‌ها به سوی آند روانه می‌شوند تا به سطح الکترودها برسند و در نیم واکنش اکسایش و کاهش شرکت کنند.

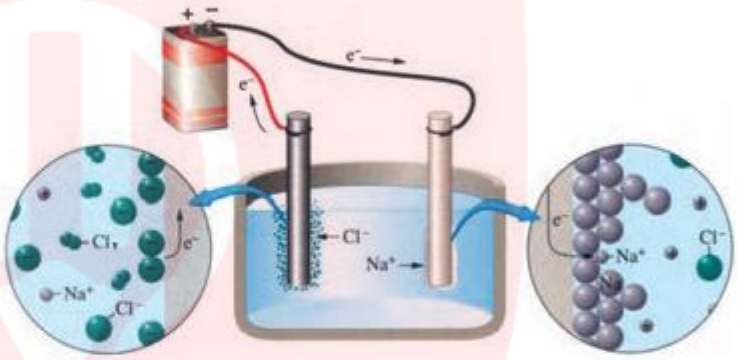


سلول دانز یک سلول الکترولیتی است که در صنعت برای تهیه فلز سدیم به کار می‌رود. در این سلول، برقکافت سدیم کلرید مذاب انجام می‌شود.

سدیم کلرید خالص در ۸۰۱°C ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود ۵۸۷°C پایین می‌آورد. این کار از نظر اقتصادی چه مزیتی دارد؟

برقکافت NaCl (l) و تهیه فلز سدیم

فلز سدیم یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود، عنصری که در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند. به همین دلیل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد (شکل ۱۲). تهیه این فلز را از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- برقکافت سدیم کلرید مذاب

از آنجا که دیگر فلزهای فعال نیز کاهنده‌های قوی هستند، باید آنها را همانند سدیم از برقکافت نمک مذاب آنها تهیه کرد. برای نمونه فلز منیزیم را در صنعت از برقکافت منیزیم کلرید مذاب تهیه می‌کنند.

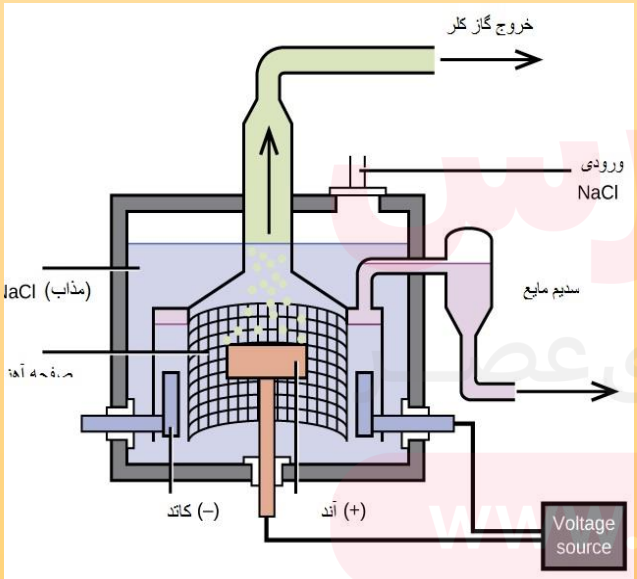
نکته های سلول دانز

- سلول دانز یک سلول الکترولیتی ا ست که در صنعت برای تهیه فلز سدیم به کار می رود. در این سلول، برقکافت سدیم کلرید مذاب انجام می شود.
- سدیم کلرید خالص در ۸۰۱°C ذوب می شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود ۵۸۷°C پایین می آورد.
- آند از جنس گرافیت و کاتد می تواند آهنی باشد.
- در آند گاز کلر و در کاتد سدیم مذاب تهیه می شود.

نیم‌واکنش آندی: $2Cl^-(l) \longrightarrow 2e^- + Cl_2(g)$

نیم‌واکنش کاتدی: $2\left(Na^+(l) + e^- \longrightarrow Na(l)\right)$

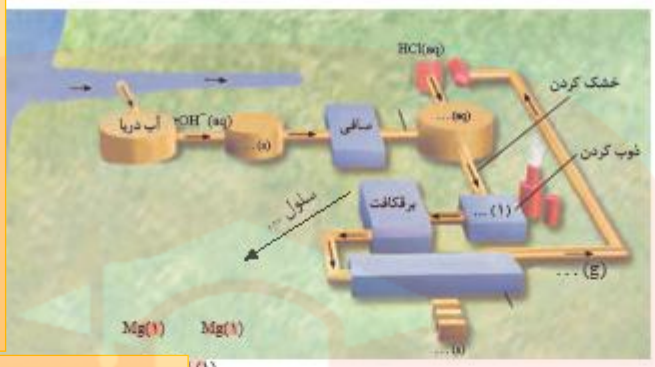
واکنش کلی: $2Na^+(l) + 2Cl^-(l) \longrightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$



خود را بیازمایید

۱ ـ با توجه به شکل ۱۲، واکنش کلی برقکافت سدیم کلرید مذاب را به‌دست آورید.

۲ ـ شکل زیر مراحل تهیه فلز منیزیم را ازآب دریا نشان می‌دهد. جاهای خالی را پرکرده و درباره این روش در کلاس گفت و گو کنید.



مراحل تولید منیزیم از آب دریا

۱. یون منیزیم موجود در آب دریا در اثر واکنش با یون هیدروکسید به رسوب منیزیم هیدروکسید تبدیل می شود.

$$Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s)$$

۲. پس از عبور از صافی این رسوب را با هیدروکلریک اسید وارد واکنش می کنند که طی آن $MgCl_2(aq)$ تولید می شود.

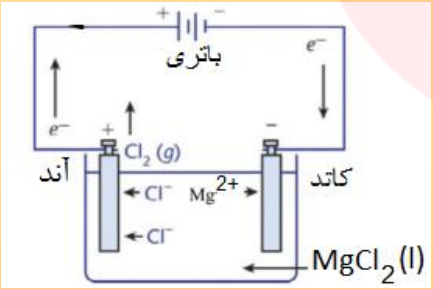
$$Mg(OH)_2(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

۳. با تبخیر آب ، منیزیم کلرید خشک تهیه می کنند.

۴. منیزیم کلرید را با حرارت دادن ذوب می کنند.

۵. با برقکافت منیزیم کلرید مذاب می توان منیزیم و گاز کلر تهیه کرد.

برقکافت منیزیم کلرید مذاب



تاکنون با دو نوع سلول الکتروشیمیایی آشنا شدید. در سلول گالوانی، انجام یک واکنش اکسایش ـ کاهش منجر به تولید انرژی الکتریکی شده اما در سلول الکترولیتی با اعمال یک ولتاژ بیرونی یک واکنش اکسایش ـ کاهش دلخواه انجام می‌شود. واکنش‌های انجام شده در هر دو سلول، مطلوب و سودمند هستند، این در حالی است که پیرامون ما واکنش‌های اکسایش ـ کاهش زیادی مانند سیاه شدن وسایل نقره‌ای، فساد مواد خوراکی و... انجام می‌شوند که مطلوب ما نیستند و گاهی زیان‌هایی را به دنبال دارند.

● نقره کدر شده با انجام واکنش اکسایش ـ کاهش.

خوردگی، یک واکنش اکسایش ـ کاهش ناخواسته

سالانه صدها میلیون تن از فلزهای گوناگون برای ساختن اسکله نفتی، اسکلت ساختمان، پل، کشتی، لوکوموتیو و راه آهن، خودرو، هواپیما و... مصرف می‌شود. هنگامی که فلزها در هوا قرار می گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید در می‌آیند. در فلزهایی مانند آهن با ادامه اکسایش، لایه‌ای ترد و شکننده تشکیل می‌شود که به‌تدریج فرو می‌ریزد. در این حالت می گویند فلز خورده شده است.

● نقره‌پرداخت‌شده با انجام واکنش اکسایش ـ کاهش.

از آنجا که آهن پر مصرف‌ترین فلز در جهان است، خوردگی آن خسارت‌های هنگفتی به اقتصاد کشورها وارد می‌کند به طوری که سالانه حدود ۲۰ درصد از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورده شده مصرف می‌شود.

● خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش ـ کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن، تیره شدن نقره و زنگار سبز بر سطح مس نمونه‌هایی از خوردگی هستند.

$$MgCl_2 \longrightarrow Mg^{2+} + 2Cl^-$$

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^- \quad \text{نیم واکنش آندی}$$

$$Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg \quad \text{نیم واکنش کاتدی}$$

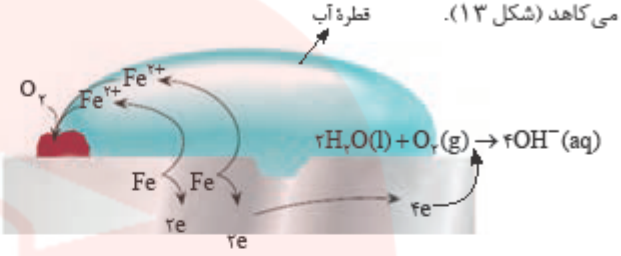
$$MgCl_2 \longrightarrow Mg + Cl_2 \quad \text{واکنش کلی}$$

۱- خوردگی را باذکر مثال تعریف کنید؟

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

۱ پتانسیل کاهشی اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است. با این توصیف اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آنها را اکسید کند.

هنگامی که وسایل آهنی در هوای مرطوب قرار گیرند، یک واکنش اکسایش ـ کاهش انجام می‌شود. واکنشی که به‌طور طبیعی باعث اکسایش آهن می‌شود و از زیبایی و استحکام آن می‌کاهد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ـ زنگ زدن آهن در هوای مرطوب

با هم بیندیشیم

۱ ـ با توجه به شکل بالا و نیم واکنش‌های انجام شده در آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + \cdots$

$O_2(g) + H_2O(l) + \cdots \longrightarrow OH^-(aq)$

آ) هر یک از نیم واکنش‌ها را موازنه کنید.

ب) با توجه به اینکه زنگ آهن حاوی یون آهن (III) است، نیم واکنش اکسایش یون آهن(II) به یون آهن(III) را بنویسید.

پ) فراورده نهایی خوردگی، زنگ آهن بوده که فرمول شیمیایی آن $Fe(OH)_3$ است. اگر معادله واکنش کلی زنگ زدن آهن به صورت زیر باشد، آن را موازنه کنید.

$Fe(s) + H_2O(l) + O_2(g) \longrightarrow Fe(OH)_3(s)$

۲- با توجه به نیم واکنش‌های زیر توضیح دهید چرا :

$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e \longrightarrow 2H_2O(l)$	$E^\circ = +1/23\ V$
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e \longrightarrow 4OH^-(aq)$	$E^\circ = +0/40\ V$
$Au^{3+}(aq) + 3e \longrightarrow Au(s)$	$E^\circ = +1/50\ V$
$Fe^{2+}(aq) + 2e \longrightarrow Fe(s)$	$E^\circ = +0/44\ V$

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

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

۵۷

کشتی یو نانی یکی از جاذبه‌های گردشگری جزیره کیش است این کشتی در ۴ مرداد ۱۳۴۵ در نزدیکی روستای باغو به گِل نشست. این کشتی در سال ۱۳۲۲ توسط شرکت ویلیام همیلتون در گلاسکو ساخته شد. وزن کشتی در هنگام ساخت ۷۰۶۱ تن و طول آن ۱۳۶ متر بوده‌است.

بدنه آهنی کشتی در مجاورت هوا و رطوبت قرار گرفته و بر سطح آن زنگ آهن تشکیل شده است. فرایندی که باعث خوردگی می‌شود.

۱- اکسیژن چه نقشی در اکسایش و خوردگی فلزات دارد؟

نکته های خوردگی آهن:

هنگامی که یک قطعه آهن در تماس با یک قطره آب قرار می گیرد، یک واکنش اکسایش – کاهش در سطح آن روی می دهد.

- **اکسایش در آند**

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

- **نیم واکنش کاتدی**: الکترون های آزاد شده در آند به اکسیژن محلول در آب می رسد.

$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

- یون های آهن (II) هنگام عبور از آب به صورت $Fe(OH)_2$ رسوب می دهند. در ادامه، این رسوب نیز دوباره اکسایش یافته و به آهن (III) اکسید آبپوشیده یا زنگ آهن تبدیل می شود.
- **واکنش کلی زنگ زدن** آهن به شکل زیر است.

$4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \rightarrow 4\,Fe(OH)_3(s)$

- در محیط اسیدی H^+ با OH^- در نیم واکنش کاهش اکسیژن واکنش داده و تولید آب می کند و در نتیجه واکنش کاهش اکسیژن شدت گرفته و خوردگی شدت می گیرد.
- اگر یکی از موارد ،گاز اکسیژن یا رطوبت نباشد، آهن زنگ نمی زند.
- محیط بازی، سرعت زنگ زدن آهن را کم می کند. بالا رفتن غلظت OH^- باعث می شود نیم واکنش کاتدی با پیشرفت کم تری انجام شود.
- وجود الکترولیت های مناسب، مثل NaCl باعث تسریع زنگ زدن آهن می شود.
- جهت حرکت الکترون ها در بدنه آهنی و جهت حرکت کاتیون های آهن در قطره آب یکسان است.

گروه آموزشی دبیر
www.my-dars.ir

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

نکته

پی بردید که فلزهای نجیبی مانند طلا و پلاتین حتی در محیط‌های اسیدی اکسایش نمی‌یابند اما وسایل آهنی در هوای مرطوب دچار خوردگی می‌شوند. واکنش ناخواسته‌ای که در شهرهای بندری و ساحلی بیشتر خودنمایی می‌کند. بدیهی است که برای جلوگیری از خوردگی آهن، ساده‌ترین راه ایجاد یک پوشش محافظ است تا از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری کند. پوششی که با روش‌هایی مانند رنگ زدن، قیراندود کردن و روکش دادن ایجاد می‌شود. باید توجه داشت که چنین روش‌هایی نمی‌توانند به‌طور کامل از خوردگی پیشگیری کنند زیرا به‌تدریج رطوبت و اکسیژن از روزنه‌های این پوشش‌ها به درون نفوذ کرده و به سطح آهن می‌رسند و خوردگی دوباره آغاز می‌شود. با توجه به آنچه که آموخته‌اید چه روش دیگری پیشنهاد می‌کنید که تا حد امکان آسیب‌ها و زیان‌های خوردگی را کاهش دهد؟

نکته: برای جلوگیری از خوردگی آهن، ساده ترین راه ایجاد یک پوشش محافظ است. پوششی که با روش هایی مانند رنگ زدن، قیراندود کردن و روکش دادن ایجاد می شود.

حافظت کاتدی: فلزی را که می خواهیم از خوردگی محافظت شود به یک فلز کاهنده تر (با E° کم تر) متصل می کنیم تا در صورت تشکیل سلول گالوانی ، فلز با E° کم تر خورده شود. (آند فداکار) زیرا در میدان رقابت برای اکسایش ماده ای پیروز است که E° کم تر یا منفی تری داشته باشد.

پیوند با صنعت

فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز کاهنده‌تر در این رقابت برنده می‌شود. برای پیش بینی فلز برنده باید از پتانسیل کاهشی استاندارد کمک گرفت. اینک به E° فلزهای زیر توجه کنید.

$E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = +0/34\ V$ $\quad E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0/44\ V$

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

تصور کنید فلز روی یا منیزیم در هوای مرطوب با آهن تماس داشته باشد، با توجه به E° آنها بی‌شک روی یا منیزیم است که در رقابت برنده شده و اکسید می‌شود. اکسایشی که نشان از فداکاری آنها داشته و سبب پیشگیری از اکسایش آهن خواهد شد. این در حالی است که اگر فلز مس در تماس با آهن باشد در این رقابت، آهن دچار خوردگی می‌شود. اینک می‌پذیرید که مهندسین با تکیه بر دانش الکتروشیمی توانسته‌اند روش‌های عملی و مؤثرتری برای حفاظت از آهن در محیط‌های گوناگون به کار گیرند (شکل ۱۴).

باید توجه داشت که با گذشت زمان منیزیم اکسایش یافته و مصرف می‌شود. از این رو باید به شکل دوره‌ای تکه‌های منیزیم را تعویض کرد.

(ب)

(آ)

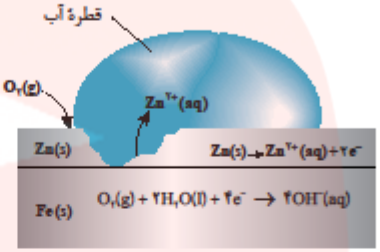
شکل ۱۴ـ حفاظت از آهن با منیزیم ، آ) بدنه کشتی ب) لوله‌های نفتی

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

فداکاری فلز روی برای حفاظت از آهن سبب شد تا در صنعت ورقه‌های آهنی با پوششی از فلز روی تهیه شود. این نوع آهن به **آهن گالوانیزه**[1] (آهن سفید) معروف است و در ساخت تانکر آب، کانال کولر و... به کار می‌رود.

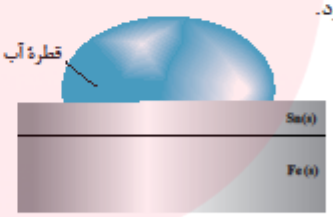
هنگامی که خراشی در سطح آهن گالوانیزه پدید می‌آید، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند و برای اکسایش رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز روی اکسید شده و آهن محافظت می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵ـ رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

خود را بیازمایید

شکل روبه‌رو بخشی از یک ورقهٔ آهنی را نشان می‌دهد که با لایهٔ نازکی از قلع پوشیده شده است. به این نوع آهن، حلبی می‌گویند. از ورقه‌های حلبی برای ساختن قوطی‌های کنسرو و روغن نباتی استفاده می‌شود.



آ) در اثر ایجاد خراش در سطح این نوع آهن، کدام فلز خورده می‌شود؟ کدام فلز در برابر خوردگی محافظت می‌شود؟

ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید.

پ) توضیح دهید چرا برخلاف حلبی از آهن گالوانیزه نمی‌توان برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد؟

نکته: پتانسیل الکترودی استاندارد مربوط به $2H^+/H_2$ بالاتر از پتانسیل الکترودی روی و قلع هست و بنابراین باید با هر دو (قلع و روی) وارد واکنش شود ولی چون پتانسیل قلع خیلی نزدیک به پتانسیل $2H^+/H_2$ است و عملا" غلظت H^+ در مواد غذایی یک مولار نیست بنابراین پتانسیل الکترودی $2H^+/H_2$ عددی خواهد شد که H^+ مواد غذایی به عنوان اکسید کننده نمی تواند باعث اکسایش قلع شود اما می تواند باعث اکسایش روی و آلومینیم شود که دارای E° کم تری نسبت به قلع هستند. بنابراین ظرف های روی و آلومینیم مناسب برای پخت غذاهای دارای چاشنی نیستند.

تانکر آب ساخته شده از آهن سفید

آهن سفید (گالوانیزه): ورق آهنی با پوششی از فلز روی است که در ساخت تانکر آب ، کانال کولر و .... استفاده می شود.

ورق حلبی: ورق آهنی با پوششی از قلع که برای ساختن قوطی کنسرو و روغن نباتی استفاده می شود.

سوال: با توجه به شکل و اطلاعات داده شده اگر خراشی بر روی ورق گالوانیزه اتفاق بیافتد، چه اتفاقی می افتد؟

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

$Zn^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Zn(s) \quad E^\circ=-0/76V$

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

جواب: هرگاه خراشی در سطح آهن سفید ایجاد شود، در محل خراش یک سلول گالوانی تشکیل شده که Zn به عنوان آند اکسایش یافته و خورده می شود.

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

الکترون های حاصل از اکسایش فلز روی در سطح فلز آهن و در حضور رطوبت به اکسیژن داده می شود.

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

در نتیجه، آهن به عنوان الکترود کاتد عمل کرده و از خوردگی می گریزد.

سوال: با توجه به شکل و اطلاعات داده شده اگر خراشی بر روی ورق حلبی اتفاق بیافتد، چه اتفاقی می افتد؟

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

$Sn^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Sn(s) \quad E^\circ=-0/14V$

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

جواب: آهن نقش آند را ایفا می کند و خورده می شود و قلع در برابر خوردگی محافظت می شود.

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

الکترون های حاصل از اکسایش فلز آهن در سطح فلز قلع و در حضور رطوبت به اکسیژن داده می شود.

$O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

پیوند با زندگی

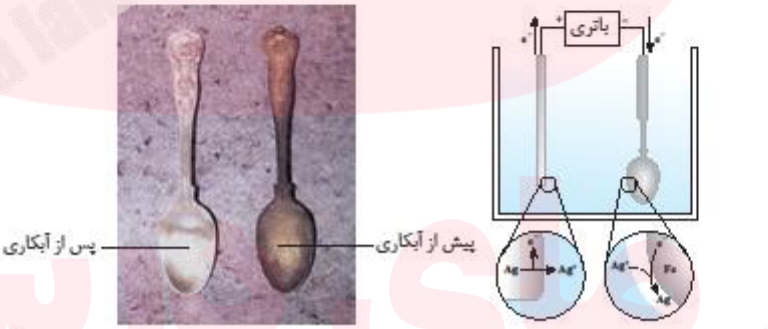
در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره درب و... استفاده می‌شود که فلز اصلی سازنده آنها آهن یا مس است. خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن زیبایی وسیله می‌شود و از سوی دیگر به سلامتی بدن آسیب می‌رساند. به همین دلیل، سطح اغلب این وسایل فلزی را با فلزهایی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می‌پوشانند (شکل ۱۶).

شکل ۱۶ـ نمونه‌هایی از برخی وسایل فلزی

پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، **آبکاری**[1] نام دارد. فرایندی که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود.

خود را بیازمایید

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



۱ـ Electroplating

نکته: سطح اغلب وسایل فلزی را با فلزهایی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می پوشانند.

آبکاری

- پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری نام دارد .
- جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می شود باید رسانای جریان برق باشد.
- فلزی که قرار است روی جسم مورد نظر بنشیند، یعنی فلز پوشاننده را به عنوان آند (قطب مثبت) قرار می دهند. بدیهی است مانند سایر سلول های الکترولیتی، آند به قطب مثبت منبع تغذیه (باتری) متصل می شود و نیم واکنش اکسایش در آن انجام می گیرد و به تدریج از وزن آن کاسته می شود.

$$M(s) \rightarrow M^{n+}(aq) + ne^-$$

- جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می شود را به عنوان کاتد (قطب منفی) قرار می دهند. این جسم باید رسانای جریان برق باشد. بدیهی است مانند سایر سلول های الکترولیتی، کاتد به قطب منفی منبع تغذیه (باتری) متصل می شود و نیم واکنش کاهش در آن انجام می گیرد و به تدریج بر وزن آن افزوده می شود.

$$M^{n+}(aq) + ne^- \rightarrow M(s)$$

- در فرایند آبکاری، هردو نیم واکنش آندی و کاتدی مربوط به فلز پوشاننده است. چنانچه نیم واکنش های آندی و کاتدی سلول را با هم جمع کنیم، واکنش کلی فرایند آبکاری به صورت زیر نوشته می شود.

$$M(s, \text{آند}) \rightarrow M(s, \text{کاتد})$$

www.my-dars.ir
گروه آموزشی عصر

آ) قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟

ب) نیم واکنش کاتدی را بنویسید.

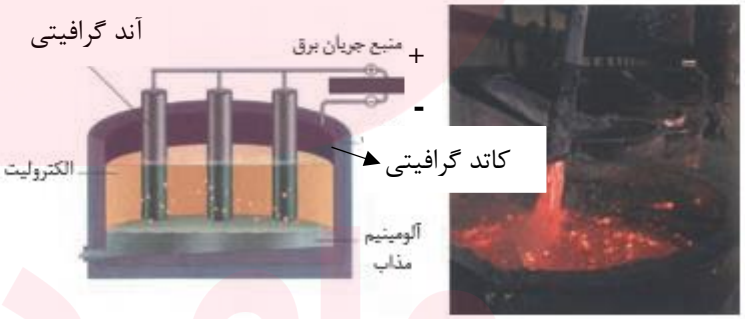
پ) چرا الکترولیت را محلولی از نمک نقره انتخاب کرده‌اند؟

۱ برخی فلزها با اینکه اکسایش می‌یابند اما خورده نمی‌شوند. از این فلزها می‌توان برای ساخت وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی‌تری استحکام خود را حفظ می کنند. آلومینیم یکی از این فلزهاست. فلزی فعال که به‌سرعت در هوا اکسید می‌شود ($E^\circ(Al^{3+}/Al = -1/66V$). این فلز با تشکیل لایه چسبنده و متراکم Al_2O_3 از ادامه اکسایش جلوگیری می کند به‌طوری که لایه‌های زیرین برای مدت طولانی دست نخورده باقی می‌ماند و استحکام خود را حفظ می کند. این ویژگی آلومینیم سبب شده که از آن در ساخت لوازم خانگی، هواپیما، کشتی و ... استفاده کرد (شکل ۱۷).

شکل ۱۷- برخی کاربردهای آلومینیم

با این توصیف فلز آلومینیم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است. آلومینیم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود از این رو این فلز تنها از برقکافت نمک‌های مذاب آن به دست می‌آید. رایج‌ترین روشی که به **فرایند هال**[1] معروف است (شکل ۱۸).

$$2Al_2O_3(s)+3C(s) \rightarrow 4Al(l)+3CO_2(g)$$



شکل ۱۸- فرایند هال برای تولید آلومینیم از Al_2O_3

ادامه نکته های آبکاری:

- آند لاغر و کاتد چاق می شود.
- الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای یون های فلزی باشد که قرار است لایه ی نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد. (در واقع الکترولیت باید دارای یون های فلز پوشاننده باشد.)
- باتری نقش یک پمپ الکترون را ایفا می کند، به طوری که الکترون های آند را تخلیه کرده و به کاتد الکترون دهی می کند. در واقع باتری، الکترون های آند را به سمت کاتد می فرستد.

نکته: برخی فلزها با اینکه اکسایش می یابند اما خورده نمی شوند از این فلزها می توان برای ساخت وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی تری استحکام خود را حفظ می کنند مثل فلز آلومنیم

۱- چه ویژگی هایی از آلومنیم باعث شده است که از آن در ساخت لوازم خانگی ، هواپیما ، کشتی و ..... استفاده شود؟

نکته: رایج ترین روش تهیه آلومنیم فرایند هال است که از برقکافت آلومنیم اکسید ، آلومنیم تهیه می شود.

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

نیم واکنش آندی:

$$\begin{cases} 2O^{2-}(l) \rightarrow O_2(g)+4e \\ C(\text{گرافیت})+O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \end{cases}$$

گاز اکسیژن تولید شده با کربن آند گرافیتی واکنش داده و گاز کربن دی اکسید تولید می کند.

$$4Al^{3+}(l)+12e \rightarrow 4Al(l)$$

$$\begin{cases} 6O^{2-}(l) \rightarrow 3O_2(g)+12e \\ 3C(\text{گرافیک})+3O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) \end{cases}$$

واکنش کلی: $\underbrace{4Al^{3+}(l)+6O^{2-}(l)}_{2Al_2O_3}+3C(\text{گرافیک}) \rightarrow 4Al(l)+3CO_2(g)$

گروه آموزشی عصر www.my-dars.ir

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

آیا می‌دانید

آلومینیم در صنایع به‌طور عمده به شکل آلیاژ استفاده می‌شود. از این فلز آلیاژهای گوناگونی تهیه می‌شود. نمونه‌ای از آنها مگنالیوم است که در ساخت بدنه کشتی به کار می‌رود. درصد فلزهای سازنده این آلیاژ مطابق جدول زیر است.

فلز	درصد جرمی
Al	۸۳
Mg	۱۵
Ca	۲

فرایندهال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی هزینهٔ بالایی دارد از این رو با بازیافت فلز آلومینیم می‌توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم‌ترین منابع تجدید ناپذیر طبیعت، برخی از هزینه‌های تولید این فلز را کاهش داد. برای نمونه تولید قوطی‌های آلومینیمی از قوطی‌های کهنه فقط به ۷درصد از انرژی لازم برای تهیهٔ همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

۱- چرا بازیافت آلومینیم به صرفه است؟

نکته: برای نمونه تولید قوطی های آلومینیمی ازقوطی های کهنه فقط به ۷ در صد از انرژی لازم برای تهیهٔ همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

خود را بیازمایید

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

مثال: چند مورد از موارد زیر برای آبکاری یک قاشق مسی با فلز نقره نادرست است.

- قاشق مسی نقش کاتد را دارد.
- نقره باید به قطب مثبت باتری وصل شود.
- نیم واکنش های کاتدی و آندی هر دو مربوط به نقره هستند.
- محلول الکترولیت باید شامل کاتیون های $Ag^+(aq)$ باشد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۰

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

پیوست ۴

مثال: چند مورد از موارد زیر درست است؟

- در آبکاری با نقره بر سطح یک جسم فلزی، نقره در آند اکسید می شود.
- در برقکافت نمک خوراکی مذاب، شمار مول های فراورده ها در کاتد، دو برابر آند است.
- به ازای هر مول آلومینیم در فرایند هال، ۱۶/۸ لیتر گاز در شرایط STP تولید می شود.
- در اتصال نیم سلول استاندارد همه فلزها به SHE، پتانسیل الکترودی منفی، مشاهده می شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ . ۴) ۴

مثال: کدام یک از عبارت های زیر درست است؟

آ) نیم واکنش انجام شده در قطب مثبت سلول فرآیند هال به صورت $2O^{2-}(l) \rightarrow O_2(g) + 4e^-$ است.

ب) نیم واکنش انجام شده در قطب مثبت سلول فرآیند برقکافت آب به صورت $2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + O_2(g) + 4e^-$ است.

پ) نیم واکنش انجام شده در آند سلول گالوانی $Cu - Ag$ به صورت $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ است.

ت) نیم واکنش کاتدی خوردگی آهن سفید به صورت $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$ است.

ث) در سلول آبکاری قاشق آهنی با فلز نقره ذره ی اکسنده و کاهنده به ترتیب اتم نقره و یون نقره است.

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

مثال: کدام عبارت درست است؟

۱) در الکترود استاندارد هیدروژن، الکترود پلاتین در آند اکسید می شود.

۲) در تبدیل $MnO_4^- \rightarrow MnO_4^{2-}$ ، منگنز اکسایش یافته است.

۳) در سلول سوختی استاندارد « هیدروژن ـ اکسیژن» ، حجم گاز مصرف شده در آند و کاتد در شرایط STP، برابر است.

۴) تولید قوطی های آلومینیمی ازقوطی های کهنه فقط به ۷ در صد از انرژی لازم برای تهیهٔ همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

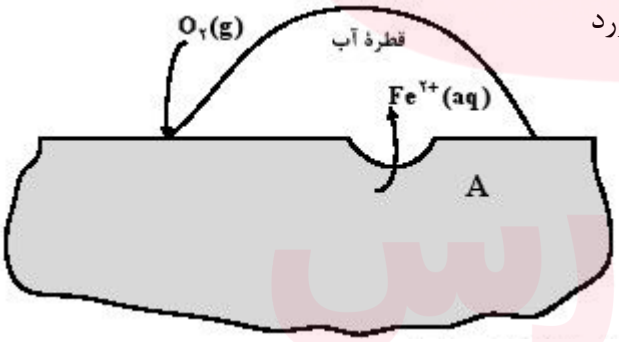
مثال: کدام مطلب، نادرست است؟

۱) پوشاندن سطح آهن با فلز قلع، نمونه ای از حفاظت کاتدی آهن است.
۲) در مراحل تهیه منیزیم از آب دریا $Mg(OH)_2(s)$ را پس از صاف کردن با $HCl(aq)$ وارد واکنش می کنند.
۳) مقاومت حلبی در برابر خوردگی در مقایسه با آهن گالوانیزه، کم تر است.
۴) سلول های سوختی بر خلاف باتری ها ، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی کنند.

مثال: کدام مورد درباره فرایند تهیه آلومنیم به روش هال، درست است؟

۱) مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده ها در واکنش کلی موازنه شده آن، برابر ۶ است.
۲) فلز آلومنیم به دست آمده، از بالای سلول الکترولیتی به صورت مذاب خارج می شود.
۳) برخلاف سلول دانز، الکترود آند در این فرایند نقش واکنش دهنده نیز دارد.
۴) این فرایند به علت از بین رفتن الکترودهای گرافیتی، هزینه بالایی دارد.

مثال: با توجه به شکل زیر که به زنگ زدن آهن مربوط است، چند مورد از مطالب زیر، درست اند؟



- نقطه A جایی است که در آن واکنش کاتدی انجام می شود.
- نیم واکنش آندی جایی که غلظت اکسیژن زیاد است انجام می شود.
- با کاهش هر مول گاز اکسیژن در آب، ۴ مول یون هیدروکسید تولید می شود.
- جهت حرکت کاتیون های آهن در قطره آب، مخالف جهت حرکت الکترون ها در قطعه آهن است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

مثال: در واکنش سوختن کامل استون، مجموع تغییر عددهای اکسایش اتم های کربن کدام است؟

۱) ۱۲ ۲) ۱۴ ۳) ۱۶ ۴) ۱۸

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال: سلول گالوانی و سلول الکترولیتی استاندارد مس ـ نقره، در کدام موارد، همواره مشابهت دارند؟

آ) انجام خودبه‌خودی واکنش

ب) جنس الکترودهای آند و کاتد

پ) داشتن دو الکترود با الکترولیت‌های مجزا

ت) جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی از آند به کاتد

۱) آ، پ ۲) ب، ت ۳) آ، ب ۴) پ، ت

مثال: اگر در فرایند زنگ زدن آهن، در واکنش تبدیل فرو هیدروکسید به فریک هیدروکسید، ۰/۱ مول گاز اکسیژن شرکت کند، تفاوت جرم واکنش‌دهندهٔ جامد با جرم فراورده، چند گرم است؟

$(H = 1, O = 16, Fe = 56 : g.mol^{-1})$

۱) ۱/۷ ۲) ۳/۲ ۳) ۶/۸ ۴) ۸/۵

مثال: در تولید صنعتی هر تن آلومینیم، به‌تقریب به چند کیلوگرم گرافیت نیاز است و چند مترمکعب گاز در شرایطی که حجم مولی گازها برابر ۲۵ L است، تولید می‌شود؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید؛ $Al = 27, C = 12 : g.mol^{-1}$)

۱) ۳۳۳ ، ۶۹۴/۴ ۲) ۴۴۴ ، ۶۹۴/۴

۳) ۳۳۳ ، ۶۹۹۴/۴ ۴) ۴۴۴ ، ۶۹۹۴/۴

مثال: الکتریستهٔ حاصل از عبور ۴۴۸ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP و واکنش آن با گاز هیدروژن کافی در یک سلول سوختی (با فرض بازدهی ۱۰۰٪)، چند گرم نقره را در یک سلول آبکاری نقره، به جسم مورد نظر می‌تواند انتقال دهد؟ $(O = 16, Ag = 108 : g.mol^{-1})$

۱) ۲۱۶۰ ۲) ۴۳۲۰ ۳) ۶۴۸۰ ۴) ۸۶۴۰

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال: در یک کارگاه، از گاز کلر حاصل از یک سلول دانز برای تهیهٔ مایع سفیدکنندهٔ خانگی (محلول ۵٪ جرمی از $NaClO(aq)$، طبق واکنش (موازنه نشده): $NaOH(aq) + Cl_2(g) \rightarrow NaCl(aq) + NaClO(aq) + H_2O(l)$، استفاده می‌شود. در این کارگاه به ازای تولید $1/150\ kg$ فلز سدیم، به‌تقریب چند لیتر محلول سفیدکننده $(d \approx 1 g.mL^{-1})$ تولید می‌شود؟

۱) ۳۵/۷۸ ۲) ۳۷/۲۵ ۳) ۵۱/۵۶ ۴) ۷۴/۵

مثال: مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ واکنش اکسایش آهن(II) هیدروکسید و تبدیل آن به آهن(III) هیدروکسید، در فرایند زنگ زدن آهن کدام است؟

۱) ۹ ۲) ۱۱ ۳) ۱۲ ۴) ۱۳

مثال: واکنش تبدیل کدام دو گونه به یک دیگر از نوع اکسایش ـ کاهش است و شمار بیشتری از الکترون‌ها در آن جابه‌جا می‌شوند؟

۱) یون کرومات به کروم (III) اکسید
۲) سدیم اکسید به سدیم هیدروکسید
۳) یون پراکسید به یون اکسید
۴) گوگرد تری‌اکسید به سولفوریک اسید

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال: جمع جبری تغییر عددهای اکسایش اتم‌های کربن در معادلهٔ سوختن کامل ۱-پروپانول، کدام است؟

۱) ۱۹ ۲) ۱۸ ۳) ۱۲ ۴) ۱۰

مثال: اگر در برقکافت چهار لیتر محلول غلیظ نمک خوراکی، ۱٫۱۲ لیتر گاز در شرایط STP در آند تولید شود، غلظت سدیم هیدروکسید تولید شده به تقریب چند مول بر لیتر است؟

۱) ۰٫۰۲۵ ۲) ۰٫۰۵ ۳) ۰٫۰۷۵ ۴) ۰٫۱

مثال: در نیم واکنش: $aMnO_4^-(aq) + aH^+(aq) + be^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + cH_2O(l)$، ضریب‌های a، b و c به ترتیب از راست به چپ، کدام‌اند؟

۱) ۳ ، ۳ ، ۸ ۲) ۳ ، ۲ ، ۵ ۳) ۴ ، ۴ ، ۵ ۴) ۴ ، ۵ ، ۸

مثال: در یک سلول ..... با انجام یک واکنش اکسایش ـ کاهش ..... الکترون‌ها در مدار بیرونی از ..... به‌سوی ..... می‌روند.

۱) گالوانی ـ غیرخودبه‌خودی ـ کاتد ـ آند ۲) الکترولیتی ـ غیرخودبه‌خودی ـ کاتد ـ آند

۳) گالوانی ـ خودبه‌خودی ـ قطب منفی ـ قطب مثبت ۴) الکترولیتی ـ خودبه‌خودی ـ قطب مثبت ـ قطب منفی

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال اگر برقکافت یک سلول الکترولیتی با ولتاژ ۱/۵ ولت قابل انجام باشد، با اتصال سلول گالوانی استاندارد تشکیل شده از الکترودهای کدام دو فلز به آن، برقکافت در ان انجام می‌شود؟

$E^\circ [A^{2+}(aq)/A(s)] = -0/74\ V$ ، $E^\circ [B^{2+}(aq)/B(s)] = -0/44\ V$

$E^\circ [D^{2+}(aq)/D(s)] = +0/80\ V$ ، $E^\circ [E^{2+}(aq)/E(s)] = +0/34\ V$

۱) D , A ۲) D , B

۳) E , B ۴) E , D

مثال: کدام عبارت نادرست می باشد؟

۱)واکنش برقکافت آب ، با واکنش سلول سوختی اکسیژن – هیدروژن رابطه عکس دارد.

۲) در خوردگی آهن، الکترون ها در مدار درونی که رسانایی الکتریکی دارد، جریان می یابند.

۳) در نیم واکنش کاهش اکسیژن به یون پراکسید، دو الکترون مصرف می شود.

۴) برای محافظت از لوله های نفت، از میله های فلز مس می توان استفاده کرد.

مثال: در سلول الکترولیتی مورد استفاده در روش هال، در آند ..... تولید می شود و جنس آند و کاتد به کار رفته ..... است.

۱) کربن دی اکسید، یکسان ۲) آلومینیم، یکسان ۳) اکسیژن ، متفاوت ۴) کربن دی اکسید، متفاوت

تمرین‌های دوره‌ای

۱ـ برای هر یک از جمله‌های زیر، دلیلی بنویسید.

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

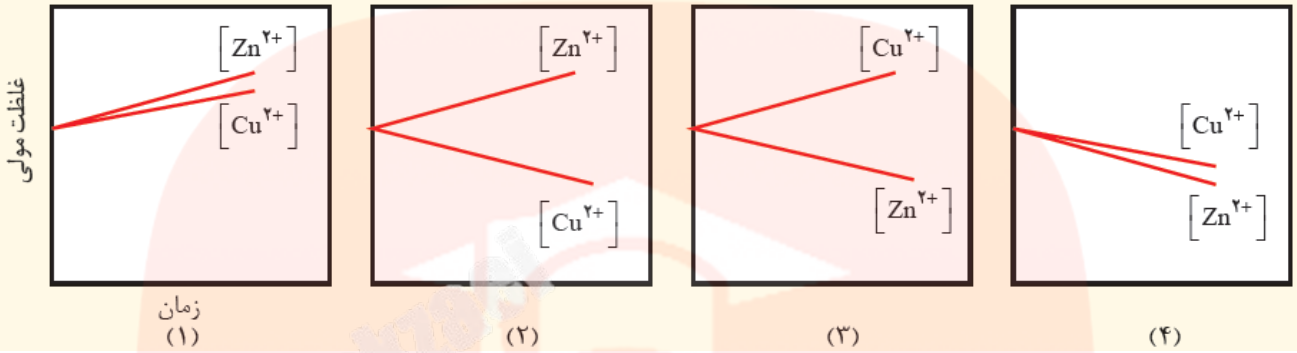
ب) $F_2(g)$ اکسنده‌ترین گونه در جدول پتانسیل کاهشی استاندارد است.

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

ت) عدد اکسایش کربن هنگام سوختن کامل گاز متان ۸ درجه افزایش می‌یابد.

www.my-dars.ir

۲ ـ با مراجعه به جدول پتانسیل کاهشی استاندارد توضیح دهید کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی ـ مس نشان می‌دهد.



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

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

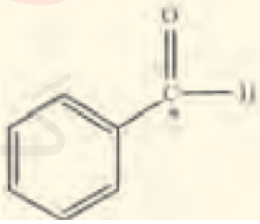
۴ـ عدد اکسایش اتم نشان داده شده با ستاره را مشخص کنید.

آ) $\overset{*}{S}O_4^{2-}$

ب) $\overset{*}{H_2}O_2$

پ) $\overset{*}{N}H_4\overset{*}{N}O_3$

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

ث) 

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

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

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

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

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

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

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

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

آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسنده است؟

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهنده است؟

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

۸ـ با توجه به جدول پتانسیل‌های کاهشی استاندارد توضیح دهید کدام ظرف(مسی یا آهنی) برای نگه‌داری محلول هیدروکلریک اسید مناسب است؟

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مصطفی لک زائی (@lakzaei53)

۹ـ باتری‌های روی ـ نقره از جمله باتری‌های دگمه‌ای هستند که در آنها واکنش زیر انجام می‌شود.

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

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

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

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir