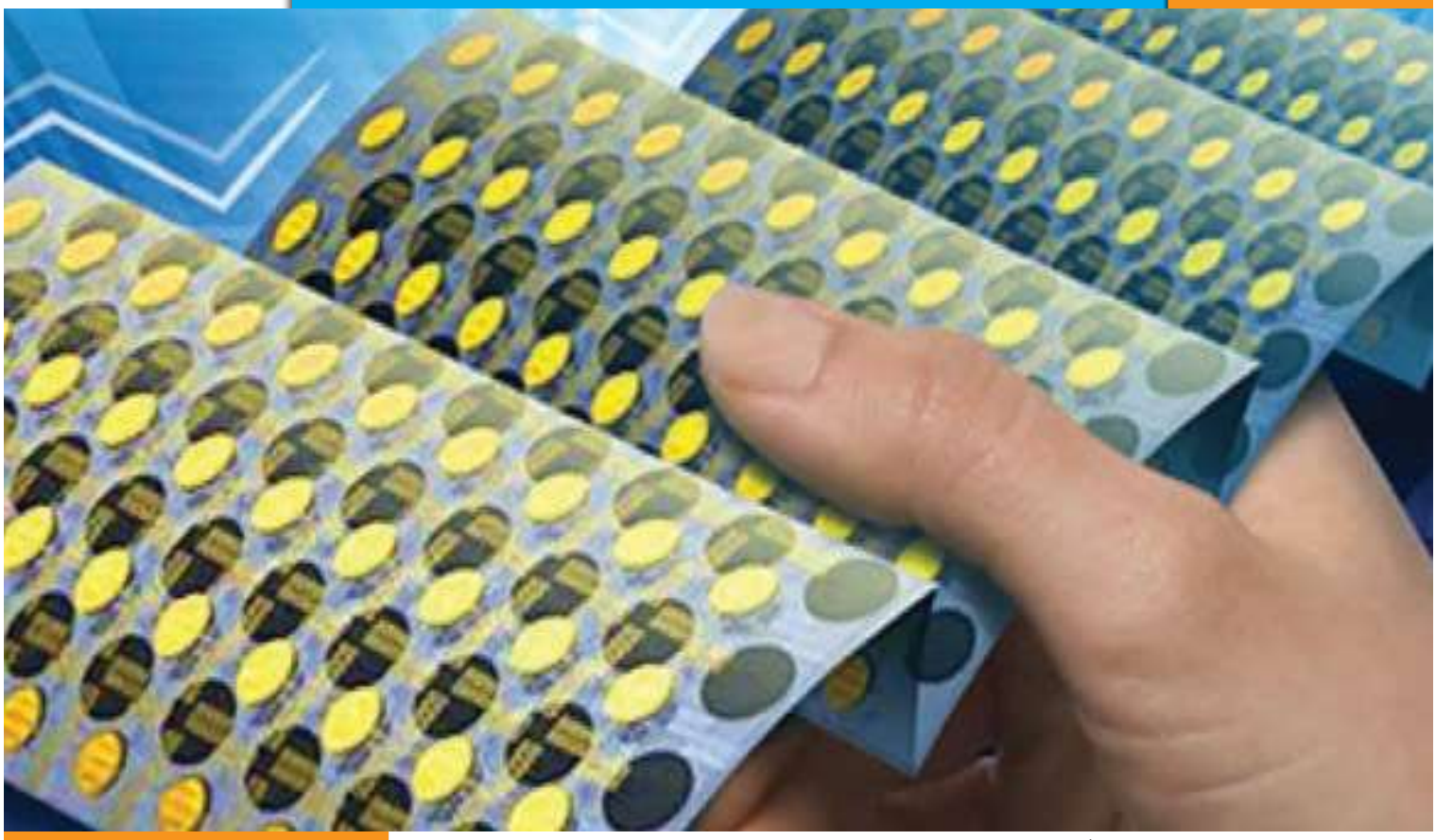
فصل ۲

آسایش و رفاه در سایه شیمی (الکترو شیمی)



هُوَ الَّذِی یُرِیکُمُ الْبَرْقَ خَوْفاً وَ طَمَعاً... (سوره رعد، آیه ۱۲)

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

پدیده‌های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می‌دهند که 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 واکنش‌هایی که شامل داد و ستد الکترون هستند به شکل هدفمند دنبال شود. 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.

تندر
ابر ← ابر

پدیده های طبیعی
آذرخش
صاعقه
رعد و برق
زمین

این پدیده ها ماهیت الکتریکی دارند

الکترو شیمی چیست؟

شاخه ای از دانش شیمی است که به بهبود خواص مواد و تامین انرژی نقش بسزایی دارد

انرژی شیمیایی ⇌ انرژی الکتریکی

رشد دانش و پیشرفت فناوری ← انجام فعالیت های فردی اقتصادی صنعتی ← آسانتر می شود ← افزایش رفاه و آسایش

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).

نیم رخی از افزایش سطح رفاه و آسایش

آ) اتاق باتری ب) سمعک پ) قطار برقی

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

دو رکن اساسی تحقق فناوری ها

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).

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

شکل ۲ـ برخی قلمروهای الکتروشیمی

باتری چیست؟ و برخی از کاربرد های باتری را نام ببرید؟

برخی قلمروهای الکتروشیمی

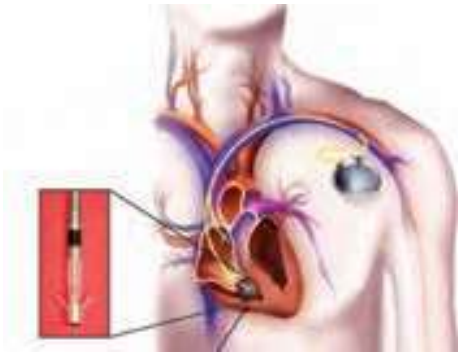
باتری یکی از فراورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتریسیته تولید می‌کند. برای نمونه تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم‌کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است (شکل ۳).

1- تامین انرژی: باتری سلول سوختی و سوخت آن ها

2- تولید مواد: ساخت لوله های فلزی انتقال آب
لوازم آشپزی مقاوم در برابر خوردگی و مانع از آلوده شده آب و مود غذایی
قوطی های محتوی مواد غذایی
برقکافت و آبکاری

3- اندازه گیری و کنترل کیفی ← اطمینان از کیفیت تولید و فراورده های دارویی و بهداشتی و غذایی

۱ـ Electrochemistry



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 بهر گیری 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

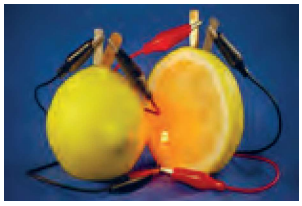
نکته

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 م و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو م توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ **LED** را روشن کرد (شکل ۴).

موتورس لت برقی و تلفن همراه نمونه‌هایی از وسایلی هستند که با انرژی ذخیره شده در باتری کار می‌کنند. 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 واک ش‌های درون باتری‌ها کمک خواهد کرد تا بتوان از واکنش‌های شیمیایی برای رفع نیازها به درستی بهره برد.

انرژی الکتریکی ← (باتری) انرژی شیمیایی

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



شکل ۴ـ باتری لیمویی

آیا می‌دانید

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

اکسید فلز ⟵ اکسیژن + اغلب فلزها

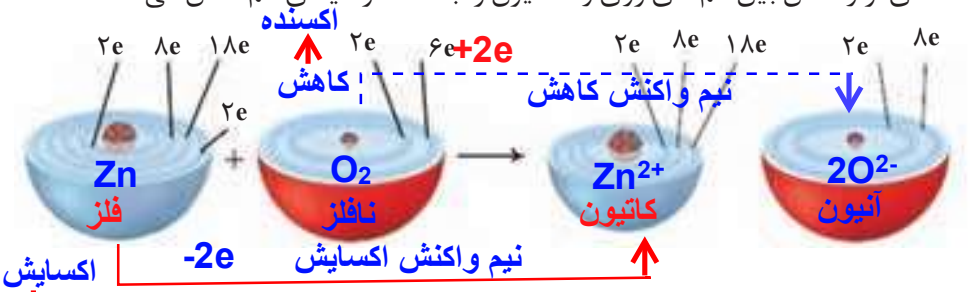
Au طلا
Pt پلاتین
+ اکسیژن ⟵ واکنش نمی دهند

با هم بیندیشیم

$_{30}Zn:[Ar]3d^{10}4s^2$

$_{8}O:[He]2s^22p^4$

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 واک نمی‌دهد. شکل زیر الگوی سا ه‌ای از واکنش بین اتم‌های روی و اکسیژن را با ساختار لایه‌ای اتم نشان می‌دهد.



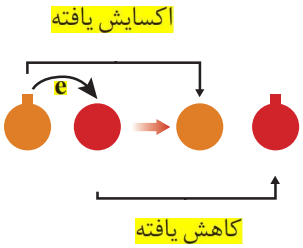
منظور از گونه
اتم
مولکول
یون

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؟ Zn — O_2

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

اکسایش و کاهش را تعریف کنید؟



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

منظور از نیم واکنش چیست؟

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

اینک با قرار دادن شمار معینی الکترون، هریک از نیم‌واک ش‌های زیر را موازنه کنید.

$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(s) + \ldots 2e \ldots$ نیم واکنش اکسایش ⟵ از دست دادن الکترون

$O_2(g) + \ldots 4e \ldots \rightarrow 2O^{2-}(s)$ نیم واکنش کاهش ⟵ بدست آوردن الکترون

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

منظوراز ماده اکسنده و کاهنده چیست؟

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.

منظور از واکنش اکسایش - کاهش چیست؟

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.

نکته
- 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 اکسنده‌هستند.

۱- Reduction کاهنده
۲- Oxidation
۳- Half-Reaction
۴- Oxidant
۵- Reductant

قسمت های واکنش اکسایش - کاهش

-1 نیم واکنش اکسایش: شامل از دست دادن الکترون است (الکترون دهی)

فلز $A \xrightarrow[\text{دادن الکترون}]{\text{اکسایش یافته}} A^{n+}$ کاتیون $+ ne$

مثال
$Na \rightarrow Na^+ + e$
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$

-2 نیم واکنش کاهش: شامل گرفتن الکترون است. (الکترون گیری)

اکسنده
نافلز $B + ne \xrightarrow[\text{گرفتن الکترون}]{\text{کاهش یافته}} B^{n-}$ آنیون

مثال
$N + 3e \rightarrow N^{3-}$
$O + 2e \rightarrow O^{2-}$

نیم واکنش اکسایش: کاهنده ⟶ اکسایش یافته ⟶ الکترون از دست می دهد

نیم واکنش کاهش: اکسنده ⟶ کاهش یافته ⟶ الکترون می گیرد

نیم واکنش ها

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

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

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

واکنش کلی

برای نمونه هرگا 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:

رسوب قهوه ای مایل به سرخ

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

نقره ای — محلول آبی رنگ — محلول بی رنگ

در این واکنش اتم‌های روی (Zn) هر یک 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).

قدرت کاهندگی: $Zn > Cu$

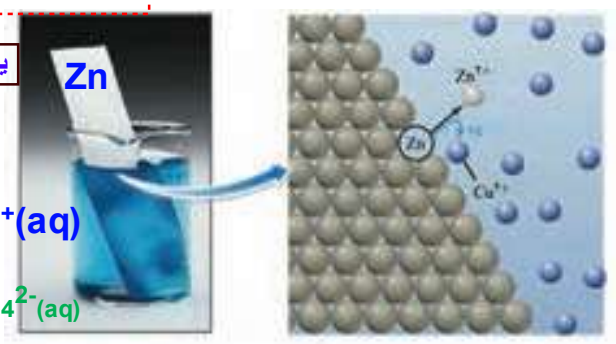
اکسید شدن ⟶ از دست دادن الکترون

قدرت اکسندگی: $Cu^{2+} > Zn^{2+}$

کاهش یافتن ⟶ گرفتن الکترون

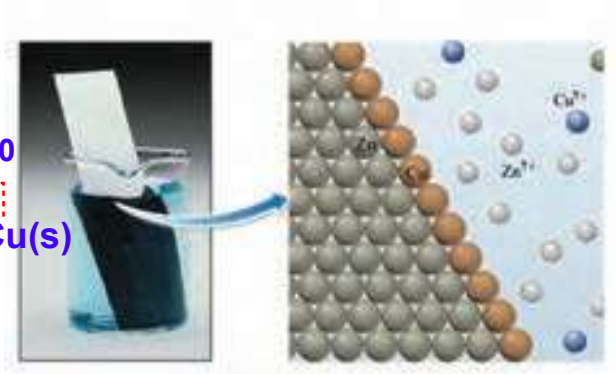
$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + Cu(s)$

یون ناظر یا تماشاچی



با گذشت زمان

$Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

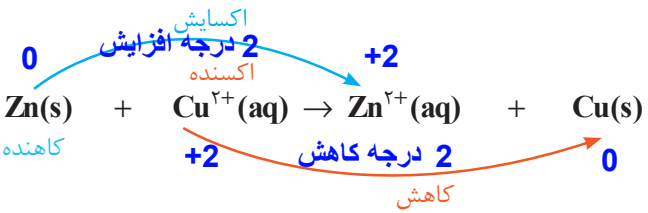


اکسنده ↑ کاهش یافته

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

0 ↑ 2 درجه افزایش +2 — اکسایش یافته ↓ کاهنده

+2 ↓ 2 درجه کاهش 0



ش ل ۵ـ واکنش فلز روی با یون‌های مس (II)

نکته مهم

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.

گاز هیدروژن + نمک آن فلز ← اسیدها + اغلب فلزها

$M(s) + n\,HA(aq) \longrightarrow MA_n(aq) + \frac{n}{2} H_2(g)$

$Zn(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$

$Zn(s) + 2H^+(aq) + 2Cl^-(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + H_2(g)$

0 ← 2 درجه افزایش ← +2

$Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$

اکسایش

+1 ← 1 درجه کاهش ← 0

کاهش

خود را بیازمایید

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

آ) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ چرا؟ Zn اکسایش، H^+ کاهش — Zn الکترون از دست داده است — H^+ الکترون گرفته است

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

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

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

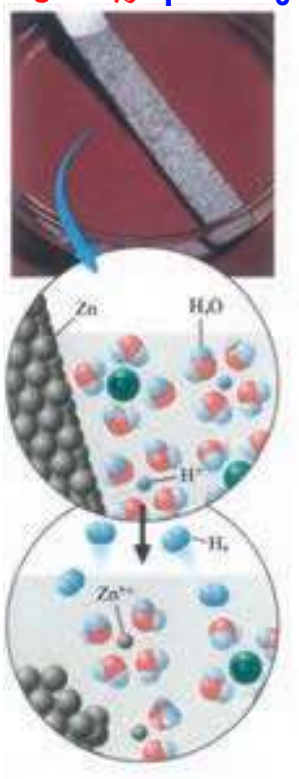
در این واکنش، اتم‌های روی الکترون از دست می‌دهند / به دست می‌آورند و کاهش / اکسایش می‌یابند و سبب یون‌های هیدروژن کاهش / اکسایش می‌شوند، از این رو اتم‌های روی نقش اکسنده / کاهنده دارند. در حالی که یون‌های هیدروژن، الکترون از دست می‌دهند / به دست می‌آورند و کاهش / اکسایش می‌یابند و سبب اتم‌های کاهش /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

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

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

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

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



واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک‌اسید.

نیم واکنش اکسایش : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e$

نیم واکنش کاهش : $2H^+(aq) + 2e \longrightarrow H_2(g)$

واکنش کلی $Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$

نکته Au, Pt, Pd / Hg, Ag, Cu + HCl ⟶ واکنش نمی دهند

در میان تارنما ها

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 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.

جاری شدن انرژی با سفر الکترون

نکته 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.

$2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s) + Q$ (نور و گرما)

$4Na(s) + O_2(g) \longrightarrow 2Na_2O(s) + Q$ (نور و گرما)

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s) + Q(\text{گرما و نور})$$

$$Fe(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s) + Q(\text{گرما و نور})$$

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

واکنش الیاف آهن با محلول مس(II) سولفات.

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

واکنش انجام می شود

دما افزایش یافته

ش ل۶ـ هنگامی که Al(s) درون $CuSO_4(aq)$ قرار گیرد، بر اثر واکنش اکسایش ـ کاهش، دمای محلول افزایش می‌یابد.

$$2Al(s) + 3CuSO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3Cu(s) + Q(\text{گرما و نور})$$

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؟

$2X3=6e$

0 — 3 درجه افزایش — +3

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

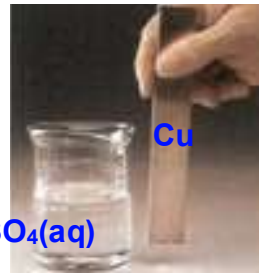
+2 — 2 درجه کاهش — 0

$3X2=6e$

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 در محلول روی سولفات پس از مدت طولانی تغییری نمی‌کند.

آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان‌دهنده چیست؟ معیاری برای مقایسه قدرت کاهندگی

هر چه این تغییر بیشتر باشد قدرت کاهندگی و الکترون دهی آن گونه بیشتر است و راحتتر اکسایش می یابد

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

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

کاهنده — اکسنده

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

کاهنده — اکسنده

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.

Zn > Fe > Cu > Au

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

$Cu(s) + ZnSO4(aq)$ ⟵ واکنش انجام نمی شود

Zn > Cu : قدرت کاهندگی ⟵ تمایل اکسایش ⟵ تمایل به از دست دادن الکترون

نکته مهم

هر چه میزان واکنش پذیری یک فلز(از دست دادن الکترون) بیشتر باشد در واکنش اکسایش ـ کاهش گرمای بیشتری آزاد کرده و قدرت کاهندگی بیشتری دارد یعنی تمایل به از دست دادن الکترون بیشتر است

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.

نکته

آموختید 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 کاهنده تر از مس است.

ZN > Cu

نکته

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 گرم‌تر 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 همراه با تولید گرما، از الکترون‌های داد و ستد شده برای ایجاد جریان الکتریکی استفاده کرد؟

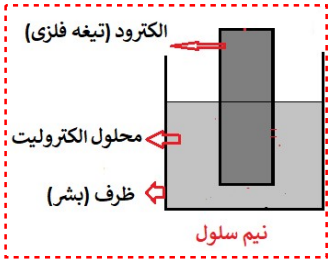
چگونه می توان انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش ـ کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل کرد؟

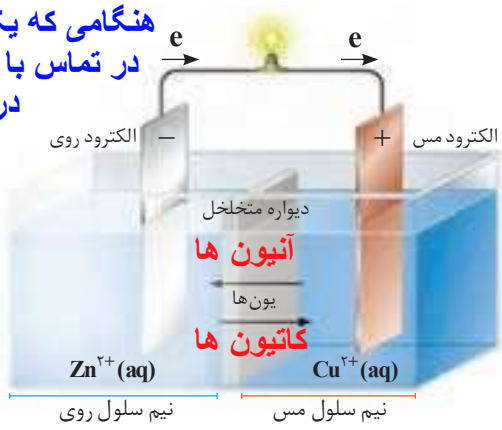
واکنش‌های شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون‌ها

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 اکسنده و کاهنده 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؟

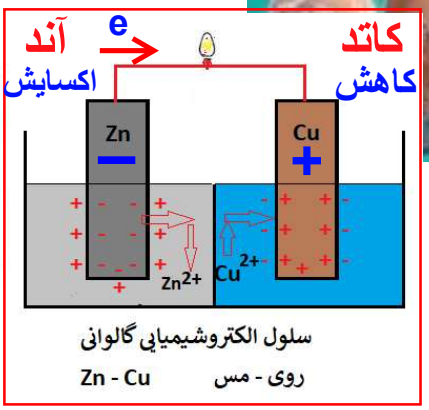
شیمی‌دان‌ها در پژوهش‌ها دریافتند که هرگاه تیغه روی درون محلولی از روی سولفات (نیم سلول روی) و تیغه مس درون محلولی از مس (II) سولفات (نیم سلول مس)قرار گیرد و نیم‌سلول‌ها همانند شکل زیر به یکدیگر وصل شوند، الکترون‌ها در مدار بیرونی جابه‌جا شده و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. جریانی که سبب روشن شدن لامپ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

هنگامی که یک رسانای الکترونی(الکترود) در تماس با یک رسانای یونی(الکترولیت) در یک ظرف(بشر) قرار بگیرد به مجموعه حاصل نیم سلول می گویند





شکل ۷ـ نمایی از سلول گالوانی Zn ـ Cu



قسمت های یک سلول الکتروشیمیایی گالوانی

1- نیم سلول اکسایش : نیم سلولی است که در آن اکسایش(از دست دادن الکترون) روی می دهد

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

2- نیم سلول کاهش : نیم سلولی است که در آن کاهش(گرفتن الکترون) روی می دهد

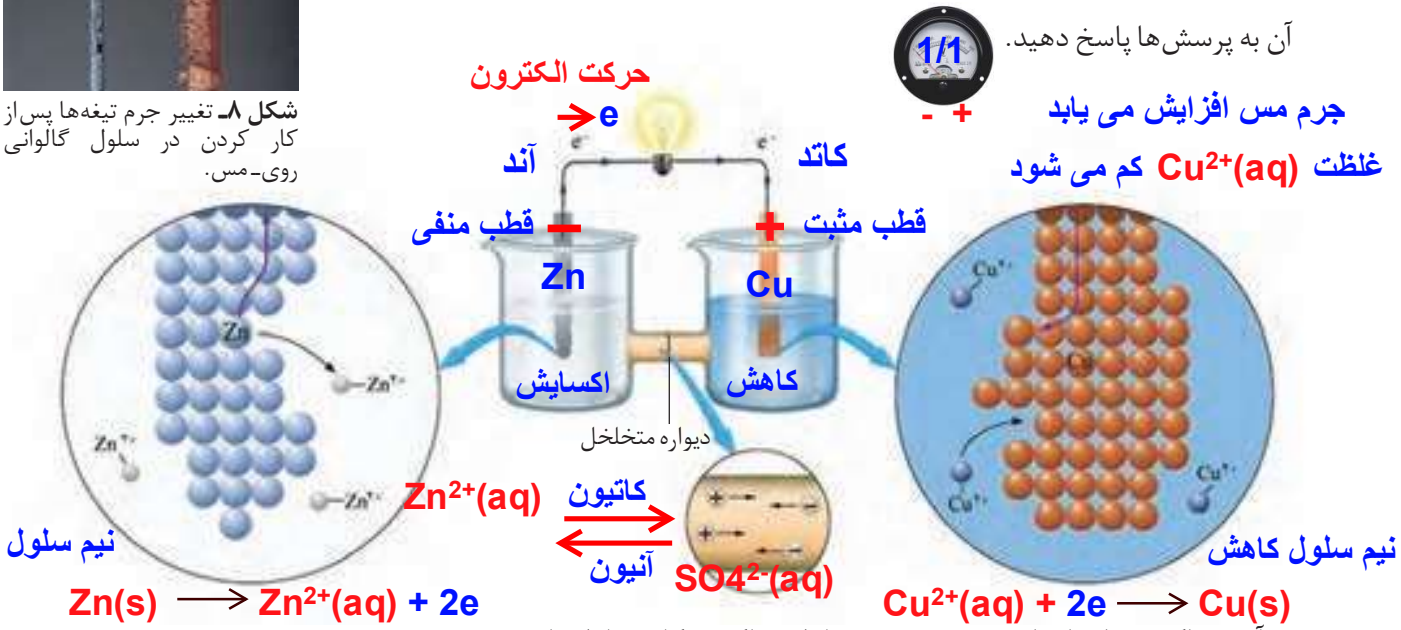
$Cu^{2+}(aq) + 2e \longrightarrow Cu(s)$

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 تیغه‌ها پس‌از کار کردن در سلول گالوانی روی-مس.

با هم بیندیشیم

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



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

جرم روی کاهش می یابد

غلظت $Zn^{2+}(aq)$ زیاد می شود

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؟

از آند(قطب منفی) به سمت کاتد(قطب مثبت) حرکت می کند

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؟

سلول گالوانی چیست؟

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 محلول

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

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

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

نیم واکنش آندی و نیم واکنش کاتدی چیست؟

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

۱ـ Anode
۲ـ Cathode

دیوار متخلخل چیست؟ و کاربرد آن را بنویسید؟

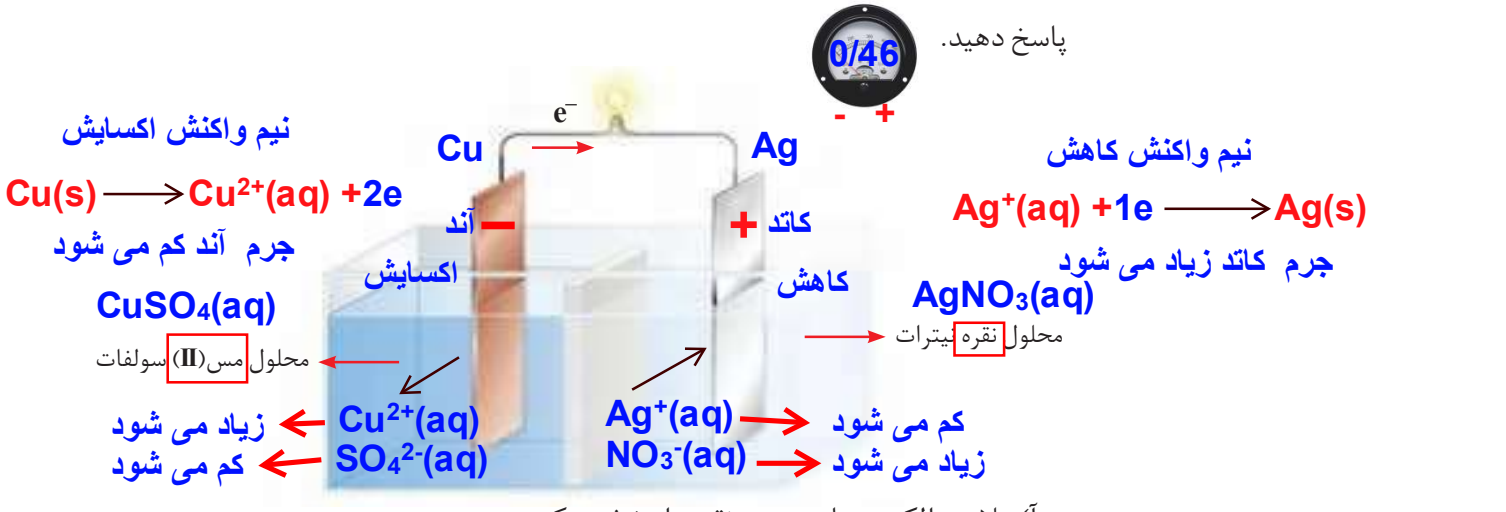
آیا می‌دانید

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.

پیرامون الکترود آند، غلظت کاتیون روی از آنیون‌ها بیشتر شده اما در محلول پیرامون الکترود کاتد، غلظت آنیون‌ها از کاتیون مس بیشتر شود. جالب اینکه در عمل هیچگاه چنین پدید ای 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 با 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 می‌کند؟ توضیح دهید.

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

دیوار متخلخل
کاتیون Cu^{2+}
آنیون NO_3^-

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

$2Ag^+(aq) + 2e \longrightarrow 2\,Ag(s)$

واکنش کلی $Cu(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

نکته

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؟

اگر در سلول گالوانی به‌جای لامپ، ولت‌سنج قرار گیرد، ولتاژی که ولت‌سنج 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

نیروی الکتروموتوری یا emf چیست؟ و رابطه آن را بنویسید؟

کمیتی است که اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول را نشان می دهد

$E_{سلول} = E_{کاتد} - E_{آند}$

نیم سلول استاندارد هیدروژن (SHE) چیست؟

$E_{آند}$ یا $E_{کاتد}$

نکته 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 $25^\circ C$، فشار $1\ atm$ و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت‌ها انجام شده است.

در این شرایط پتانسیل اند ه‌گیری شده را **پتانسیل استاندارد**[1] نیم‌سلول می‌نامند و با E° نمایش می‌دهند.

جدول ۱ـ پتانسیل کاهشی استاندارد برای برخی نیم‌سلول‌ها

نیم‌واکنش کاهش		$E^\circ(V)$
$Au^{3+}(aq)+3e^-$	$\rightarrow Au(s)$	$+1/50$
$Pt^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Pt(s)$	$+1/20$
$Ag^+(aq)+e^-$	$\rightarrow Ag(s)$	$+0/80$
$Cu^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Cu(s)$	$+0/34$
$2H^+(aq)+2e^-$	$\rightarrow H_2(g)$	$0/00$
$Sn^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Sn(s)$	$-0/14$
$Fe^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Fe(s)$	$-0/44$
$Zn^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Zn(s)$	$-0/76$
$Mn^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Mn(s)$	$-1/18$
$Al^{3+}(aq)+3e^-$	$\rightarrow Al(s)$	$-1/66$
$Mg^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Mg(s)$	$-2/37$

اکسنده قوی‌تر

کاهنده قوی‌تر

نیازی به حفظ کردن جدول نیست

هما گونه که مشاهده می‌کنید در این جدول، نیم‌واکنش‌ها به شکل کاهش نوشته شده‌اند و این پیشنهاد آیوپاک برای هماهنگی در همه منابع علمی معتبر به‌کار می‌رود. در هر نیم‌واکنش، 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.

نکات مهم

آیا می‌دانید

SHE شامل یک الکترود پلاتینی است که در محلولی با pH=۰ و دمای $25^\circ C$ قرار دارد و گاز هیدروژن با فشار $1\ atm$ از روی آن عبور داده می‌شود.

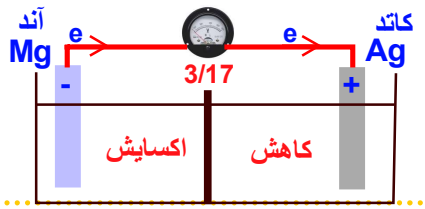
سری الکترو شیمیایی چیست؟

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

آیا می‌دانید

هر یک از نیم‌واکنش‌های جدول E°، می‌تواند بسته به شرایط انجام واکنش کلی، در جهت رفت یا برگشت پیش بروند.

۱ـ Standard Potential



$Ag^+(aq) + e \rightarrow Ag(s)$ $E_{Ag^+/Ag} = 0.8\ V$

$Mg^{2+}(aq) + 2e \rightarrow Mg(s)$ $E_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37\ V$

$E_{سلول} = E_{کاتد} - E_{آند} = 0.8 - (-2.37) = 3.17\ V$

کاتد
آند

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؟ $E_{Ag^+/Ag} > E_{Mg^{2+}/Mg}$ Ag Mg

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

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

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

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

پیوند با ریاضی

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

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

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

هر نیم سلولی که پتانسیل کاهشی استاندارد بزرگتری داشته باشد کاتد است

هر نیم سلولی که پتانسیل کاهشی استاندارد کوچکتری داشته باشد آند است

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

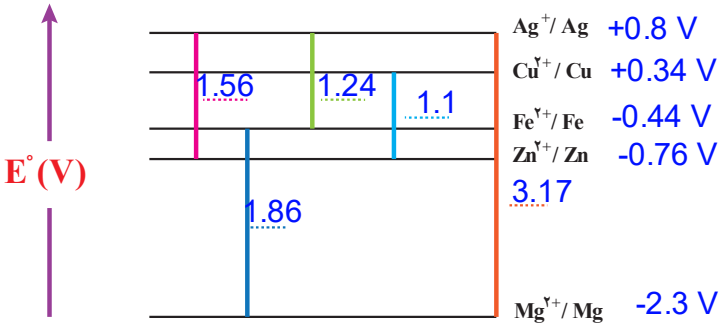
آ) emf این سلول را از روی شکل مشخص کنید. 1/1 V

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

☐ $emf = E^\circ(\text{آند}) - E^\circ(\text{کاتد})$ $= -0/76 - (0.34) = -1.1\ V$

☑ $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند})$ $= 0.34 - (-0/76) = 1/1\ V$

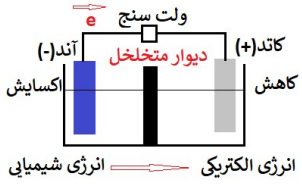
۴ـ در نمودار زیر هر خط رنگی نشان‌دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می‌دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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 $E^\circ_{سلول}$ نیز نشان می‌دهند.

سلول الکترو شیمیایی	
۱) سلول گالوانی	
آند(جرم کاهش می یابد)	کاتد (جرم افزایش می یابد)
-	+
اکسایش	کاهش
حرکت الکترون(مدار خارجی) ⇦ از آند(-) به کاتد(+)	
حرکت یون ها: کاتیون ها ⇦ از آند(-) به کاتد(+) ؛ آنیون ها ⇦ از کاتد(+) به آند(-)	
الکترولیت ⇦ ترکیب یونی که کاتیون آن از جنس الکترود ها است	
انرژی الکتریکی ⟹ انرژی شیمیایی	
جنس الکترود ها ⇦ از جنس کاتیون ، الکترولیت است	



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

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؟ منیزیم و نقره

چون emf آن بیشتر خواهد بود

$emf = 0.8 - (-2.3) = 3.17\ V$

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

آند $E_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37\ V$ کاتد $E_{Au^{3+}/Au} = +1.5\ V$

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

(0 ← +3 کاهش ← کاتد)

(0 → +2 اکسایش ← آند)

$emf = 1.5-(-2.37)=3.87\ V$

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.

$E^\circ = -3/05\ V$

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).

آیا می‌دانید

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

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

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.

اهمیت بازیافت پسماند های الکترونیکی(باتری تلفن و رایانه و .....) چیست؟

سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

معایب و مشکل سوخت های فسیلی چیست؟

نکته

سوخت‌های فسیلی رایج‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها به شمار می‌روند. 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 نگران‌کننده روبه‌رو کرده است. با این توصیف، یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی به ویژه در خودروها ضروری است. **سلول سوختی**[۱] نوعی سلول گالوانی است که شیمی‌دان‌ها برای گذر از این تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط‌زیست 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

آیا می‌دانید

درسال ۱۸۳۹ ویلیام گرو فیزیک‌دان و روزنامه‌نگار انگلیسی اصول کار سلول سوختی را کشف کرد. اما تولید سلول سوختی به سال ۱۸۸۹ توسط لودویک‌مند و چارلز لنجر برمی گردد. 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.

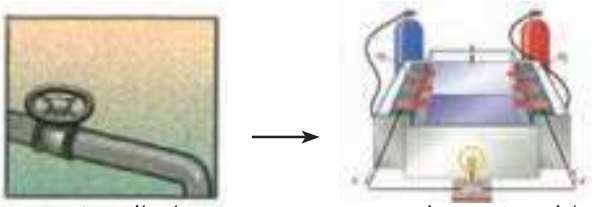
خود را بیازمایید

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.

سوزاندن سوخت های فسیلی

روش ۱

روش ۲ سلول سوختی



آ) در کدام روش اتلاف انرژی به شکل گرما بیشتر است؟ چرا؟ روش اول یعنی سوزاندن سوخت های فسیلی مراحل بیشتری دارد

ب) کدام روش کارایی بالاتری دارد؟ توضیح دهید روش دوم یعنی سلول سوختی مراحل کمتر و اتلاف انرژی کمتر است در ضمن مصرف ماده سوختی کمتر و انرژی بیشتری تولید می کند

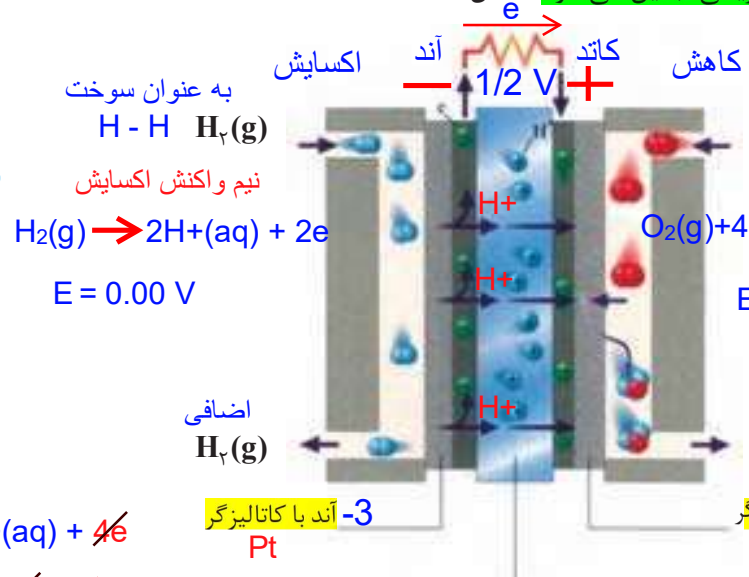
سلول سوختی، هیدروژن - اکسیژن چیست؟

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 ۱).

- 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.

آیا می‌دانید

- در برخی از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور، پژوهش های خوبی روی سلول‌های سوختی انجام شده و موفقیت‌هایی نیز به دست آمده است. تولید توده سلول سوختی در دانشگاه شهید رجایی نمونه‌ای از آنها است.



شکل ۱ ـ نوعی سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن

قسمت های یک سلول سوختی، هیدروژن - اکسیژن را بنویسید؟

نیم واکنش اکسایش $2H_2(g) \rightarrow 4H^+(aq) + 4e$

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

واکنش کلی $O_2(g)+2H_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

$emf = 1.2 - (0.00) = 1.2\ V$

تفاوت سلول سوختی و گالوانی

1- در سلول سوختی واکنش دهنده ها داخل سلول قرار ندارند بطوریکه بطور مدام از یک منبع خارجی به درون سلول تزریق می شود

2- در سلول سوختی علاوه بر تولید انرژی الکتریکی، آب نیز تولید می کند

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.

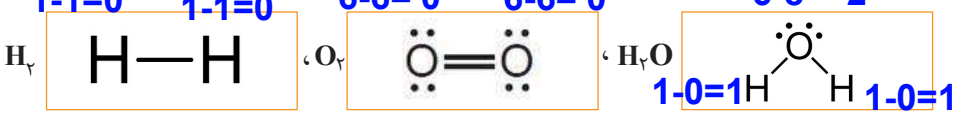
عدد اکسایش چیست؟

تعداد بارهای مثبت یا منفی که می توانیم به یک اتم نسبت بدهیم با این فرض که همه پیوند ها یونی و انتقال الکترون کامل باشد

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 شرکت‌کننده را رسم کنید.



الف) تعیین عدد اکسایش به کمک ساختار لوویس را بنویسید؟

ب) در هر ساختار:

1- ابتدا ساختار لوویس مولکول یا یون مورد نظر را رسم می کنیم

2- به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم یکسان، یک الکترون به هر اتم نسبت دهید.

3- همه الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت دهید.

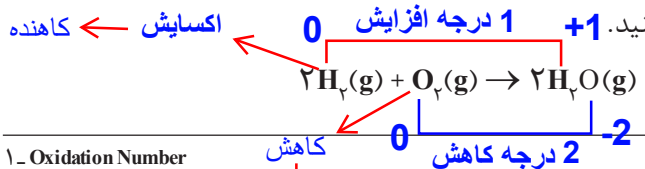
4- به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم متفاوت، هر دو الکترون را به اتم با خصلت نافلزی بیشتر نسبت دهید.

خصلت نافلزی F>O>N>Cl>Br>I>S>C>H

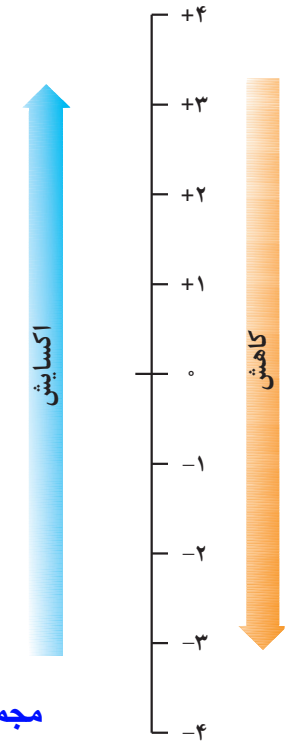
5- پ) الکترون‌های نسبت داده شده به هر اتم را بشمارید و آن را از شمار الکترون‌های ظرفیت همان اتم کم کنید. عدد به دست آمده عدد اکسایش اتم مورد نظر را نشان می‌دهد.

مجموع تعداد الکترون های پیوندی و ناپیوندی - تعداد الکترون ظرفیت = عدد اکسایش هر اتم

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.



۱ـ Oxidation Number



نکته ● 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.

روش های تعیین عدد اکسایش

الف) تعیین عدد اکسایش به کمک ساختار لوویس

ب) تعیین عدد اکسایش با تشکیل معادله

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

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

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

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

نیم واکنش اکسایش $2H_2(g) \longrightarrow 4H^+(aq) + 4e$

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

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

ب) **emf** این سلول را حساب کنید. $emf= 1.2 - (0.00)=1.2\ V$

۴ـ با پیشرفت علم و فناوری، سلول‌های سوختی تازه‌ای طراحی شده‌اند که در آنها به جای گاز خطرناک هیدروژن، گاز متان مصرف می‌شود. با توجه به معادله واکنش کلی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

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

آ) با تعیین عدد اکسایش اتم‌ها، گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

ب) از دید محیط زیست گاز هیدروژن چه مزیتی نسبت به گاز متان دارد؟

چون فراورده آن آب هست و هوا را آلوده نمی کند اما متان می تواند گاز کربن دی اکسید که یک آلاینده است تولید کند

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.

- اغلب نافلزها و فلزهای واسطه عدد اکسایش گوناگونی در ترکیب‌های خود دارند. برای نمونه عدد اکسایش آهن در $FeCl_2$ و $FeCl_3$ به ترتیب ۲+ و ۳+ است. به همین دلیل این ترکیب‌ها را آهن (II) کلرید و آهن (III) کلرید می‌نامند. همچنین عدد اکسایش اتم گوگرد در SO_2 و SO_3 به ترتیب ۴+ و ۶+ است. (چرا؟)

$FeCl_2$ $(1xFe)+(2x(-1)=0$ $Fe=+2$

$FeCl_3$ $(1xFe)+(3x(-1)=0$ $Fe=+3$

SO_2 $(1xS)+(2x(-2)=0$ $S=+4$

SO_3 $(1xS)+(3x(-2)=0$ $S=+6$

خود را بیازمایید

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

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

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

پ) $C(s) \rightarrow CO(g)$ اکسایش

ت) $NH_3(g) \rightarrow N_2(g)$ اکسایش

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

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

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

Al_2O_3 $(2xAl)+(3x(-2)=0$ $Al=+3$

Fe_2O_3 $(2xFe)+(3x(-2)=0$ $Fe=+3$

CO_2 $(1xC)+(2x(-2)=0$ $C=+4$

مقایسه باتری ← 1- تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی 2- انرژی شیمیایی را ذخیره می کنند
3- واکنش دهنده ها در داخل سلول قرار دارند

سلول سوختی
1- تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی و تولید آب
2- انرژی شیمیایی ذخیره نمی شود وسوخت در شرایط کنترل شده و پیوسته و دائم وارد سلول می شود
3- واکنش دهنده ها در داخل سلول قرار ندارد و مدام از بیرون تزریق می شود

یک می‌پذیرید که برای تأمین انرژی الکتریکی می‌توان از واکنش‌های اکسایش ـ کاهش 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؟

برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن

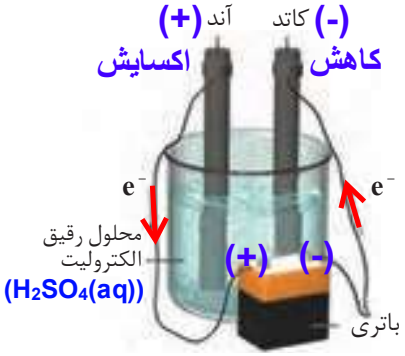
سلول الکترولیتی چیست؟

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.

انرژی شیمیایی ← انرژی الکتریکی

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

(الکترولیز) واکنش شیمیایی که با عبور جریان برق از محلول یونی یا ترکیب یونی مذاب انجام می شود



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

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

خود را بیازمایید

تولید گاز اکسیژن

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

نیم واکنش آندی ← $2H_2O(l) \xrightarrow{\text{اکسایش}} O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e$

نیم واکنش کاتدی ← $2e + 2H_2O(l) \xrightarrow{\text{کاهش}} H_2(g) + 2OH^-(aq)$

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

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

$6H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 2H_2(g) + 4H_2O(l)$

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

واکنش کلی

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

تولید گاز هیدروژن

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؟

کاغذ PH → قرمز

اسیدی

نیم واکنش آندی $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e$

نیم واکنش کاتدی $2e + 2H_2O(l) \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

بازی

کاغذ PH → آبی

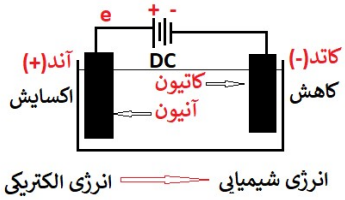
۱- Electrolytic Cells
۲- Electrolysis

سلول الکترو شیمیایی	
۲) سلول الکترولیتی	
کاتد	آند
-	+
کاهش	اکسایش
حرکت الکترون(مدار خارجی) ⇦ از آند(+) به کاتد(-)	
حرکت یون ها	کاتیون ها ⇦ کاتد(-) آنیون ها ⇦ آند(+)
الکترولیت ⇦ یک ترکیب یونی مذاب یا محلول یونی که یون آزاد دارد	
منبع جریان برق ⇦ جریان مستقیم DC یا باتری	
الکترود ها ⇦ از جنس گرافیت یا پلاتین	

ویژگی سلول الکترولیتی را بنویسید؟

دریافتید که در سلول الکترولیتی، دو الکترود درون یک الکترولیت قرار دارند که اغلب گرافیتی هستند. در این سلول‌ها، کاتد به قطب منفی باتری و آند باتری متصل است و الکترولیت محتوی یون‌هایی است که آزادانه جابه‌جا می‌ش

در واقع الکترولیت یک محلول یونی یا یک ترکیب یونی مذاب است. هنگامی ک ولتاژ معینی اعمال شود، یون‌ها به سوی الکترود با بار ناهمنام حرکت می کنن کاتیون‌ها به سوی کاتد و آنیون‌ها به سوی آند روانه می‌شوند تا به سطح الکترود نیم واکنش اکسایش و کاهش شرکت کنند.



آیا می‌دانید

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.

چرا فلز سدیم را از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی بدست می آورند

برقکافت NaCl (l) و تهیه فلز سدیم

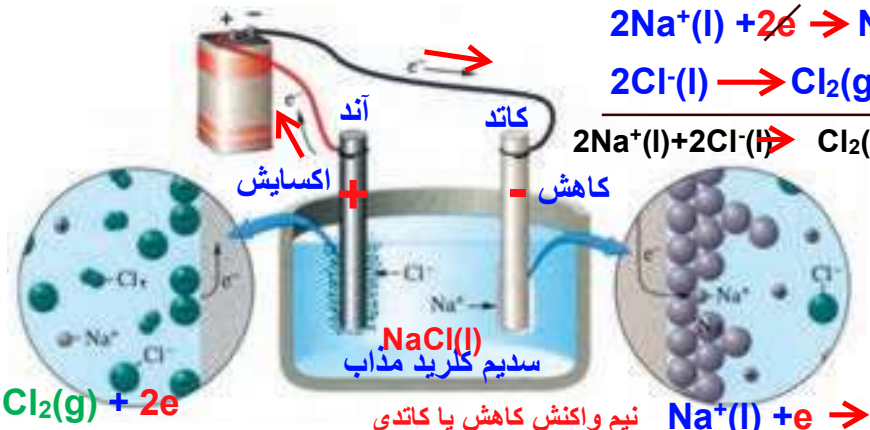
1) فلز سدیم یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود، عنصری که
2) در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. این واقعیت نشان
3) می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند. به همین دلیل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. شکل ۱۲، تهیه این فلز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

$Cl_2(g)$

$2Na^+(l) + 2e \rightarrow Na(s)$

$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e$

$2Na^+(l) + 2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2Na(s)$



$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e$ نیم واکنش اکسایش یا آندی

$Na^+(l) + e \rightarrow Na(s)$ نیم واکنش کاهش یا کاتدی

شکل ۱۲- برقکافت سدیم کلرید مذاب، با نوشتن نیم‌واکنش‌ها، معادله واکنش کلی را برای آن به‌دست آورید.

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 کلرید مذاب تهیه می کنند.

نکته

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؟

انرژی کمتری مصرف می شود و تولید سدیم مقرون به صرفه است

801-587=214 °C

خود را بیازمایید

شکل صفحهٔ بعد مراحل تهیه فلز منیزیم را ازآب دریا نشان می‌دهد. جاهای خالی را پرکرده و درباره این روش در کلاس گفت‌وگو کنید.

نیم واکنش اکسایش یا آندی

$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e$

نیم واکنش کاهش یا کاتدی

$Mg^{2+}(l) + 2e \rightarrow Mg(s)$

$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e$

$Mg^{2+}(l) + 2e \rightarrow Mg(s)$

$Mg^{2+}(l) + 2Cl^-(l) \rightarrow Mg(s) + Cl_2(g)$

در آند تولید می شود

در کاتد تولید می شود

نکته

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 ولتاژ بیرونی معین، 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 به دنبال دارند.

مضر نامطلوب

- ظرف نقره‌ای در اثر انجام واکنش اکسایش ـ کاهش کدر می‌شود.

مفید سودمند

- ظرف نقره‌ای که در اثر انجام واکنش اکسایش ـ کاهش، جلا می‌یابد.

خوردگی، یک واکنش اکسایش ـ کاهش ناخواسته (نامطلوب و مضر)

سالانه صدها میلیون تن از فلزهای گوناگون به‌ویژه آهن برای ساختن اسکله نفتی، اسکلت ساختمان، پل، کشتی، لوکوموتیو و راه آهن، خودرو، هواپیما و... مصرف می‌شود. هنگامی که فلزها در هوا قرار می‌گیرند، 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.

نکته

نکته

فلزات

- فسادپذیر ← آهن
- تراکم پذیر ← آلومینیوم

در این حالت می‌گویند فلز خورده شده است.

نکته

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.

نکته

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

منظور از خوردگی چیست؟

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

نفوذ H_2O, O_2 در لایه های زیرین

آهن $Fe(s)$ ⇐ زنگار متخلخل ⇐ فساد پذیر ⇐ آهن

آهن(III) اکسید Fe_2O_3 هماتیت ⇐ قهوه ای رنگ ترد و شکننده

همه فلز آهن به زنگ آهن تبدیل می شود ⇒ واکنش اکسایش- کاهش مضر و نامطلوب

$Fe^{2+}(aq)+2e \rightarrow Fe(s)$ E= -0.44 V آند

$O_2(g+2H_2O(l)+4e \longrightarrow 4OH^-(aq)$ E= +0.4 V کاتد

می‌شود. واکنشی که به‌طور طبیعی باعث اکسایش آهن می‌شود و از زیبایی و استحکام آن می‌کاهد (شکل ۱۳).

شکل ۱۳ـ نمونه‌ای از زنگ زدن آهن، بدنه آهنی کشتی در مجاورت هوا و رطوبت قرار گرفته و بر سطح آن زنگ آهن تشکیل شده است. فرایندی که باعث خوردگی می‌شود.

با هم بیندیشیم

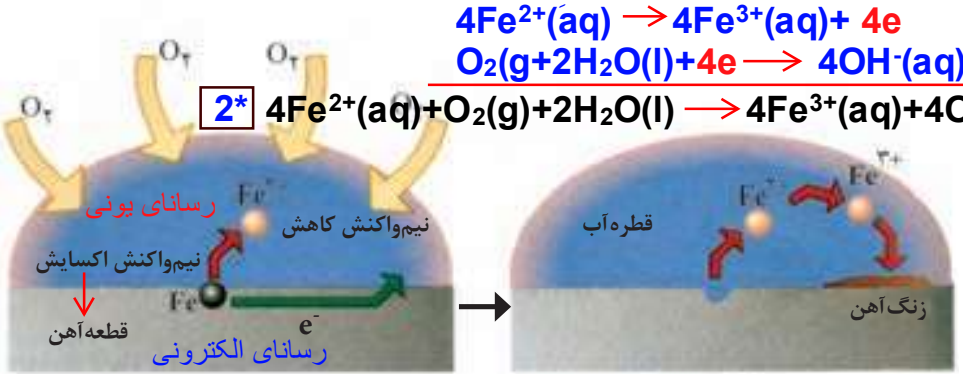
کاتیون Fe^{2+} که در آند تولید می شود می تواند در مجاورت گاز اکسیژن اکسید شده و به یون های Fe^{3+} تبدیل شود

۱ ـ با توجه به شکل‌های زیر، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

$4Fe^{2+}(aq) \rightarrow 4Fe^{3+}(aq)+ 4e$

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

2* $4Fe^{2+}(aq)+O_2(g)+2H_2O(l) \longrightarrow 4Fe^{3+}(aq)+4OH^-(aq)$



آ) چگونگی تشکیل زنگ آهن را توصیف کنید.

نیم واکنش اکسایش(آند) $2Fe(s) \rightarrow 2Fe^{2+}(aq)+ 4e$

نیم واکنش کاهش(کاتد) $O_2(g+2H_2O(l)+4e \longrightarrow 4OH^-(aq)$

1* $2Fe(s)+O_2(g)+2H_2O(l) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq)+4OH^-(aq)$

ب) هر یک از نیم واکنش‌های زیر را موازنه کنید.

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

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

پ) با توجه به این که زنگ آهن حاوی یون آهن (III) است، نیم واکنش اکسایش یون آهن(II) به یون آهن(III) را بنویسید.

$Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e$

ت) فراورده نهایی خوردگی، زنگ آهن است. اگر فرمول شیمیایی آن را $Fe(OH)_3$ در نظر بگیریم، معادله واکنش زیر را به روش وارسی موازنه کنید.

2x 1* + 2* = 3*

3* $Fe(s) + H_2O(l) + O_2(g) \longrightarrow Fe(OH)_3(s)$ مجموع ضرایب = 17

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

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

آیا می‌دانید

فرمول شیمیایی $Fe(OH)_3$ را به‌شکل $Fe_2O_3.3H_2O$ نیز نشان می دهند و با نام آهن(III)اکسید آبپوشیده خوانده می‌شود.

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

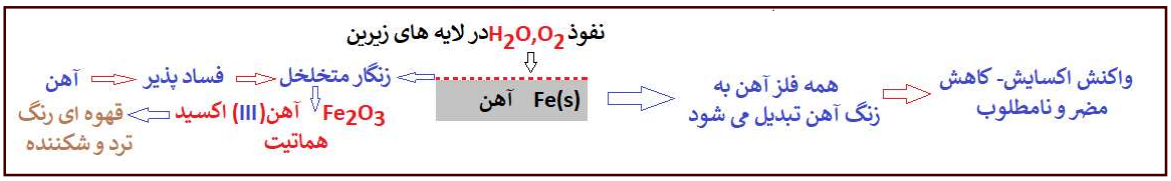
آ) خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می دهد؟ پتانسیل کاهشی استاندارد اکسیژن در محیط اسیدی بزرگتر است، قدرت اکسندگی گاز اکسیژن در محیط اسیدی بیشتر است و بهتر می تواند آهن را اکسید کند

ب) با گذشت زمان فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان درخشان باقی می‌ماند؟ پتانسیل کاهشی استاندارد طلا بالاتر از پتانسیل کاهشی استاندارد اکسیژن در محیط اسیدی و خنثی است

پی بردید که فلزهای نجیبی مانند طلا و پلاتین حتی در محیط های اسیدی اکسایش نمی‌یابند اما وسایل آهنی در هوای مرطوب دچار خوردگی می‌شوند. واکنش ناخواسته‌ای که در شهرهای بندری و ساحلی بیشتر خودنمایی می کند. 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.

راههای جلوگیری از زنگ زدن آهن را بنویسید؟

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



فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

از دست دادن الکترون

هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می کنند. 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).

(ب)

(آ)

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

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.

کاهنده قویتر

$E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = +0/34\ V$
$E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0/44\ V$
$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0/76\ V$
$E^\circ(Mg^{2+}/Mg) = -2/37\ V$

حفاظت کاتدی چیست؟

حفاظت فلز در برابر خوردگی از راه اتصال آن به یک فلز با پتانسیل کاهشی منفی تر است (E^0 منفی تر)

آهن سفید یا آهن گالوانیزه چیست؟

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).

تانکر آب ساخته شده از آهن سفید.

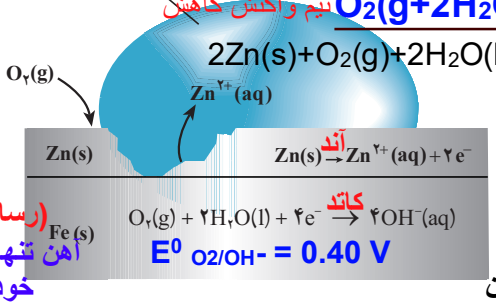
آهن سفید یا گالوانیزه

روی Zn ← → آهن Fe

نیم واکنش اکسایش: $2Zn(s) \longrightarrow 2Zn^{2+}(aq) + 4e$ (قطرهٔ آب (رسانای یونی))

نیم واکنش کاهش: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e \longrightarrow 4OH^-(aq)$

$2Zn(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Zn^{2+}(aq) + 4OH^-(aq)$



$E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0.44\ V$
$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0.76\ V$

کاهندگی: Zn > Fe

از دست دادن الکترون

شکل ۱۵ـ رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

آیا می‌دانید

هنگامی که خراشی در سطح آهن سفید ایجاد می‌شود، نیم‌واکنش کاتدی در سطح آهن انجام خواهد شد، گویی آهن نقش کاتد را دارد. به همین دلیل در منابع علمی فرایند حفاظت از آهن یا هر فلز دیگر با استفاده از فلزهای کاهنده‌تر را **حفاظت کاتدی** می‌نامند.

آهن رسانای الکترونی هست خودش کاهش نمی یابد وفقط الکترون در اختیار مولکول های اکسیژن می گذارد تا آن کاهش یابد

خود را بیازمایید

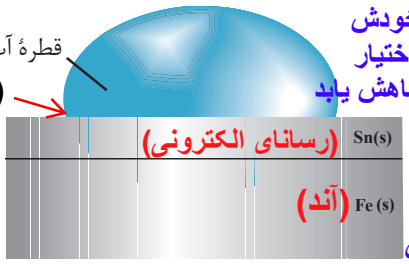
قلع Sn ← → آهن Fe (حلبی)

حلبی چیست؟ و کاربرد آن را بنویسید؟

شکل زیر 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 روغن نباتی و کنسرو استفاده می‌شود. با مراجعه به جدول E°:

پس از مدتی

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



قلع تنها رسانای الکترونی هست خودش کاهش نمی یابد وفقط الکترون در اختیار مولکول های اکسیژن می گذارد تا آن کاهش یابد

$E^0_{Sn2+/Sn} = -0.14\ V$
$E^0_{Fe2+/Fe} = -0.44\ V$

کاهندگی: Fe > Sn

از دست دادن الکترون

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

ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید.

نیم واکنش اکسایش: $2Fe(s) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + 4e$

نیم واکنش کاهش: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e \longrightarrow 4OH^-(aq)$

$2Fe(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + 4OH^-(aq)$

پ) توضیح دهید چرا برخلاف حلبی از آهن گالوانیز نمی‌توان برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد؟ **اسید های موجود در مواد غذایی و میوه ها بر فلز قلع در حلبی اثر نمی کنند اما بر فلز روی در آهن سفید اثر می کنند، و یون $Zn^{2+}(aq)$ وارد مواد غذایی می شود و آن ها را فاسد می کند**

۱ـ Galvanized Iron

پیوند با زندگی

در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره در 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

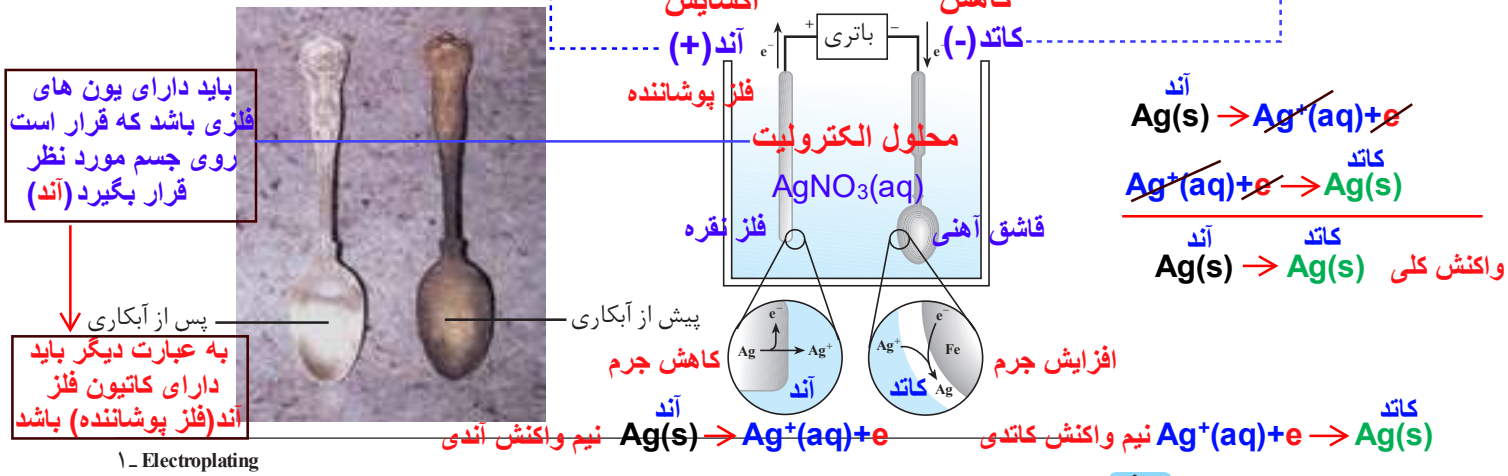
پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، **آبکاری**[1] نام دارد. فرایندی که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود. **آبکاری چیست؟**

خود را بیازمایید

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

فلزی را که قرار است روی جسم مورد نظر بنشیند (فلزپوشاننده)

جسمی که روکش فلزی برروی آن ایجاد می شود این جسم حتما رسانای جریان برق باید باشد



۱ـ Electroplating

نکته در فرایند آبکاری، نیم واکنش های آندی و کاتدی هر دو مربوط به فلز پوشاننده(نقره) است

نکته در آبکاری، کاتیون فلز پوشاننده باید در رقابت کاتدی با آب پیروز شود، درغیر این صورت، آبکاری انجام نمی شود

واکنش اکسایش- کاهش ⟸ فقط لایه روی آلومینیم به آلومینیم اکسید تبدیل می شود ⟸ آلومینیم Al ⟸ زنگار چسبنده ⟸ تراکم پذیر ⟸ آلومینیم

آلومینیم اکسید(بوکسیت) $Al_2O_3(s)$ ⟸ از ادامه اکسایش آلومینیم جلوگیری می کند(خورده نمی شود)

لایه های زیرین محافظت می شود

آ) قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟ **کاتد (-)**

ب) نیم واکنش کاتدی را بنویسید. $Ag^+(aq) + e \rightarrow Ag(s)$

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

الکترولیت باید دارای یون های فلزی باشد که قرار است روی جسم مورد نظر قرار بگیرد

برخی فلزها با اینکه اکسایش می‌یابند اما خورده نمی‌شوند. از این فلزها می توان 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).

چرا از آلومینیم در ساخت لوازم خانگی، هواپیما و ..... استفاده می شود؟

آ) چرخ گوشت ب) قطعه‌ای از موتور خودرو

شکل ۱۷- برخی کاربردهای آلومینیم را بنویسید؟

چارلز مارتین هال (۱۹۱۴-۱۸۶۳)
این شیمی‌دان آمریکایی در ۲۳ سالگی این روش را ابداع کرد.

آلومینیم را چگونه تولید می کنند؟

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 هم 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

2072^{0C}

۱- Hall Process

نکته

فرایند هال 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.

نکته

آیا می‌دانید

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

فلز	درصد جرمی
Al	۸۳
Mg	۱۵
Ca	۲

خود را بیازمایید

لوحه آموزشی زیر، آبکاری یک قاشق مسی را با فلز نقره نشان می‌دهد. درباره آن در کلاس فت‌وگو کنید.

فلز پوشاننده ← آند و قطب مثبت

جسمی که آبکاری می شود ← کاتد و قطب منفی

آند
نیم واکنش آندی $Ag(s) \rightarrow Ag^+(aq)+e$
کاتد
نیم واکنش کاتدی $Ag^+(aq)+e \rightarrow Ag(s)$

واکنش کلی
آند کاتد
$Ag(s) \rightarrow Ag(s)$